



**Studio Servizi Tecnici**  
Settore geologia e ambiente

*DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE*

*Via Roma, 10*

*44021 CODIGORO (Ferrara)*

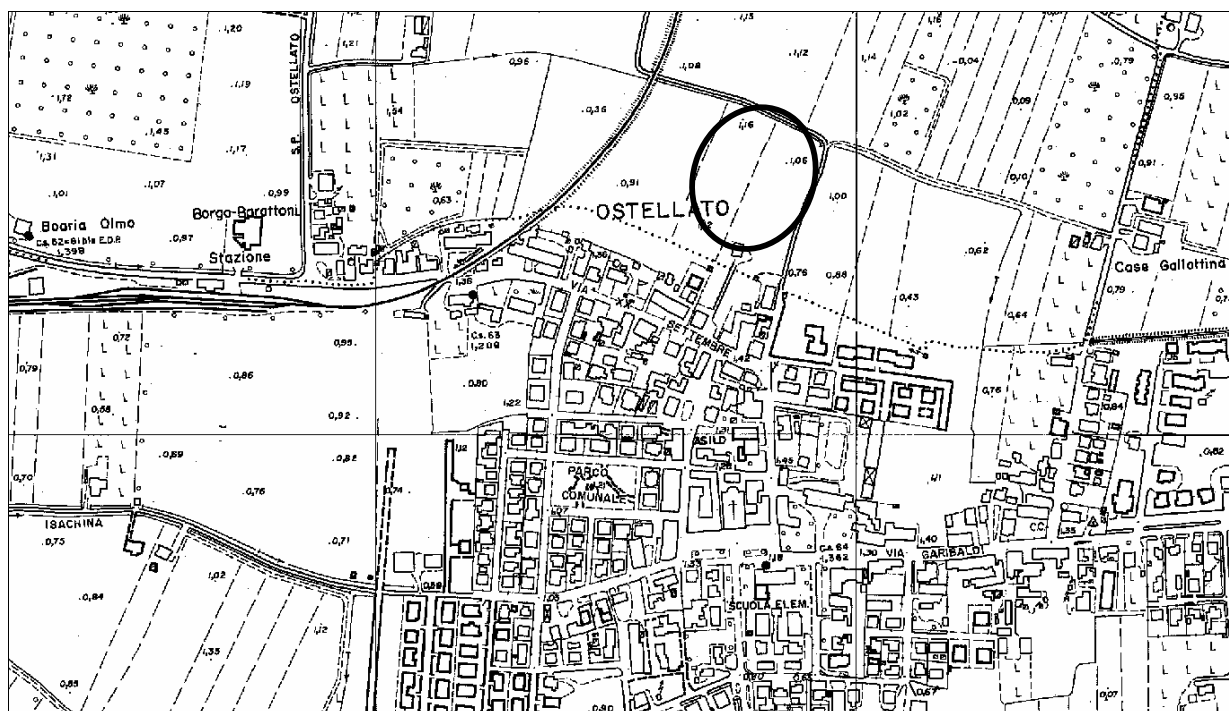
Tel e fax. 0533 / 713798 – cell. 335. 5240380

E-mail: thomas.veronese@tin.it

## MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

### COMUNE DI OSTELLATO

Piano Urbanistico Attuativo e Progetto per realizzazione di un nuovo supermercato in via della Croce ad Ostellato (Fe), riferimenti catastali foglio 138 mappale 126, 139 e 137 comune di Ostellato (Fe).



Committente: Ali Spa  
Sede in: via Olanda n. 2  
35100 Padova Pd

31 gennaio 2014

Studio S.S.T. Settore Geologia e Ambiente  
Geotecnica; Studio terreni di fondazione; Idrogeologia; Contributi allo Studio di Impatto Ambientale; Definizione dei Rischi Ambientali; Assistenza alle pubbliche amministrazioni negli studi di fattibilità e di realizzazione dei P.R.G., cimiteri, discariche, piani attività estrattive, studi di acquiferi per la tutela e per l'utilizzo di risorse idriche sotterranee; Gestione e pianificazione territoriale; subirrigazioni,

Timbro  
DOTT. THOMAS VERONESE  
Emilia-Romagna  
GEOLOGO  
PROV. DI ALBO. P. VENEZIA  
*Thomas Veronese*

INDICE:

1. PREMESSA.....	3
NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO .....	4
2. MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	4
2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA.....	4
2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI .....	6
2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI .....	10
2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI .....	12
3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI .....	13
3.1 DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA .....	13
<i>Categoria di suolo.....</i>	<i>15</i>
<i>Parametri sismici D.M. 14 gennaio 2008.....</i>	<i>18</i>
<i>Magnitudo di progetto .....</i>	<i>21</i>
3.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE .....	22
3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI TERRENI GRANULARI .....	30
4. MODELLAZIONE GEOTECNICA .....	33
4.1. ACQUISIZIONE DATI CON PROVE PENETROMETRICHE STATICHE .....	35
4.2. FONDAZIONI SUPERFICIALI .....	39
4.2.1. CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE <i>Rd</i> .....	39
<i>Cedimenti .....</i>	<i>41</i>
5. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE .....	45



CPTU1



CPTU2



CPTU3



CPTU4



CPTU5

*Fase di esecuzione prove penetrometriche statiche*



## 1. PREMESSA

Su incarico della ditta Ali S.p.a., con sede in via Olanda n. 2 a Padova (Pd), si redige lo studio per ricostruire la modellazione geologica e geotecnica per il progetto di "realizzazione di un nuovo supermercato" in via Croce ad Ostellato (Fe), i cui identificativi catastali sono foglio 138 mappale 126, 139 e 137 del comune di Ostellato (Fe).

L'ubicazione del sito è riportata in FIGURA 1.1.

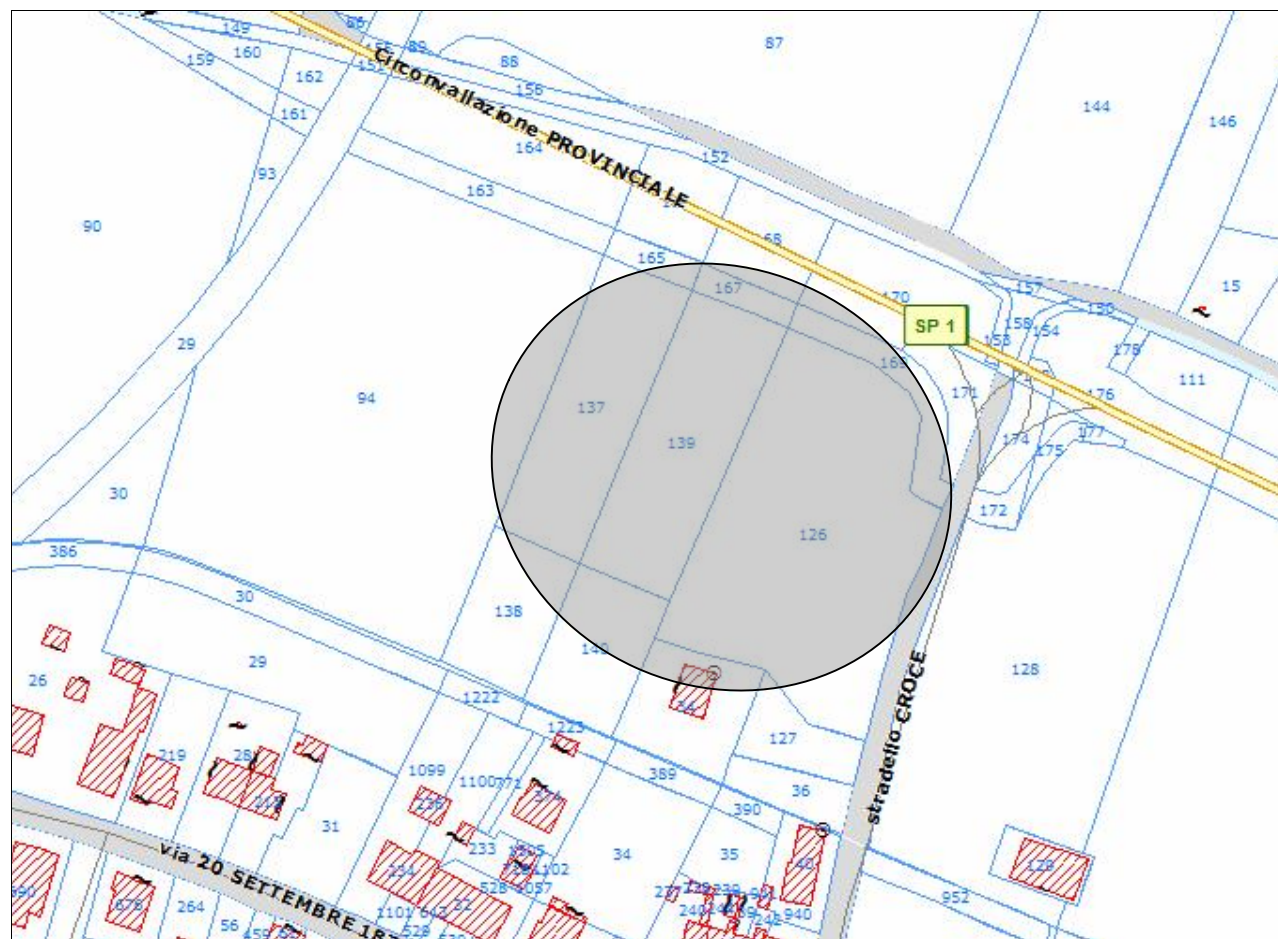
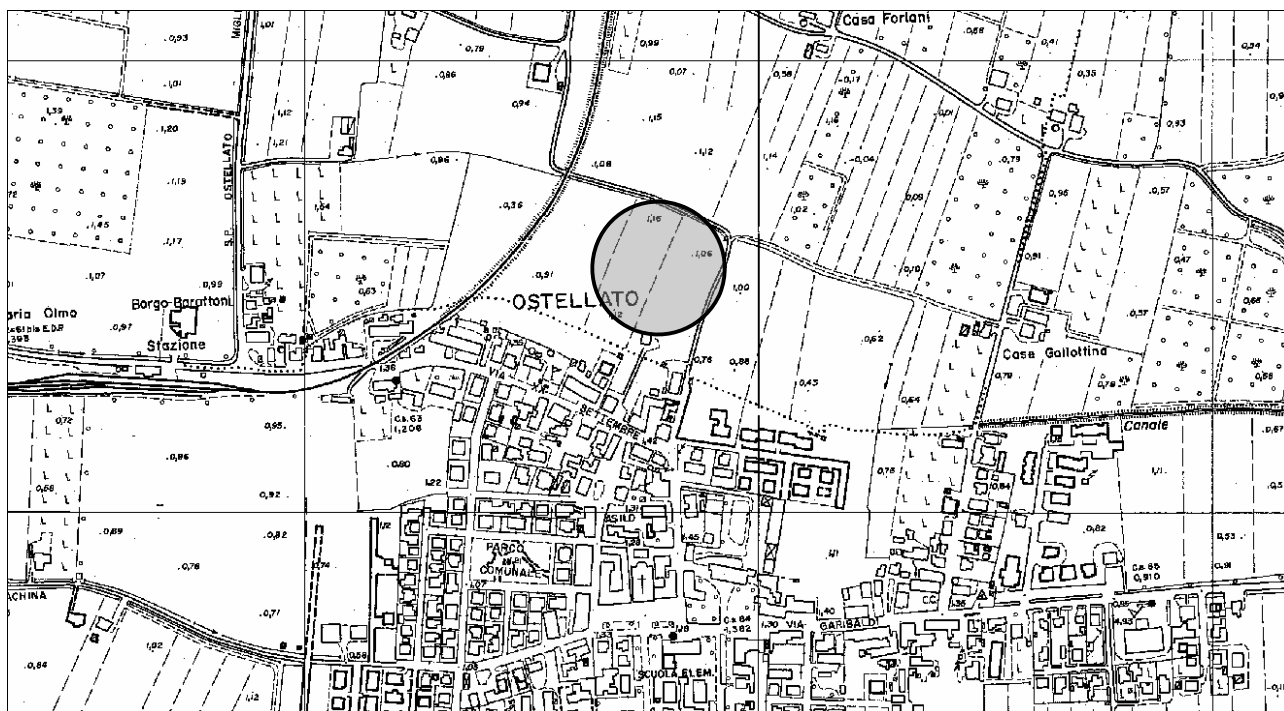


FIGURA 1.1 – Ubicazione dell'area di studio a Ostellato



## Normativa e Raccomandazioni di riferimento

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, suppl. ord. N. 30, che entrano in vigore il 6 marzo 2008.
- Circolare Applicativa n° 617 del 02/02/2009 alle NTC/2008.
- Delibera Assemblea Legislativa n°112/2007 della Regione Emilia Romagna "Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico" per gli studi di microzonizzazione sismica.
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)  
"Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977).
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)  
"Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)".
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)  
"Aspetti geotecnici nella progettazione in zona sismica (Edizione Provvisoria, marzo 2005)".
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
- Eurocode EC-7: Geotechnics, design – dicembre 1987.
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.
- Eurocode EC-8: Design provisions for earthquake resistance of structures – ottobre 1994.

## 2. MODELLAZIONE GEOLOGICA

### 2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA

Nella FIGURA 2.1 si riporta la sezione geologica passante per Cotignola, Bagnacavallo, Ravenna, Comacchio, Codigoro, Mesola, Chioggia in cui si possono apprezzare gli spessori dei sedimenti del Quaternario sopra i pliocenici, che coincide con il passaggio dai sedimenti sciolti a quelli litificati o pseudolitificati.

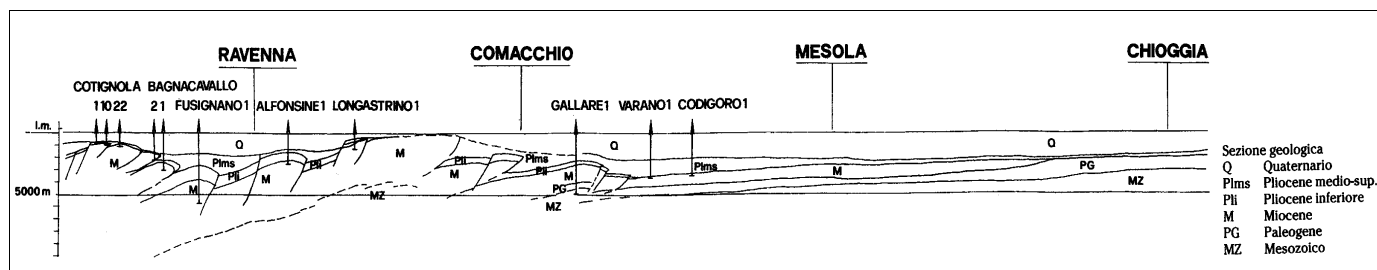


FIGURA 2.1 – Sezione geologica della bassa pianura padana.

Nella FIGURA 2.2 si riporta uno stralcio della Carta Strutturale della Pianura Padana, con le Pieghe Ferraresi dell'Appennino sepolto (Pieri & Groppi, 1981, CNR, 1992) con visibili le varie strutture sepolte e le faglie e sistemi trascorrenti attivi e non attivi, che sono all'origine della nuova attribuzione alla Zona sismica 3, in cui Ostellato è stato inserito nella OPCM 3274/2003.

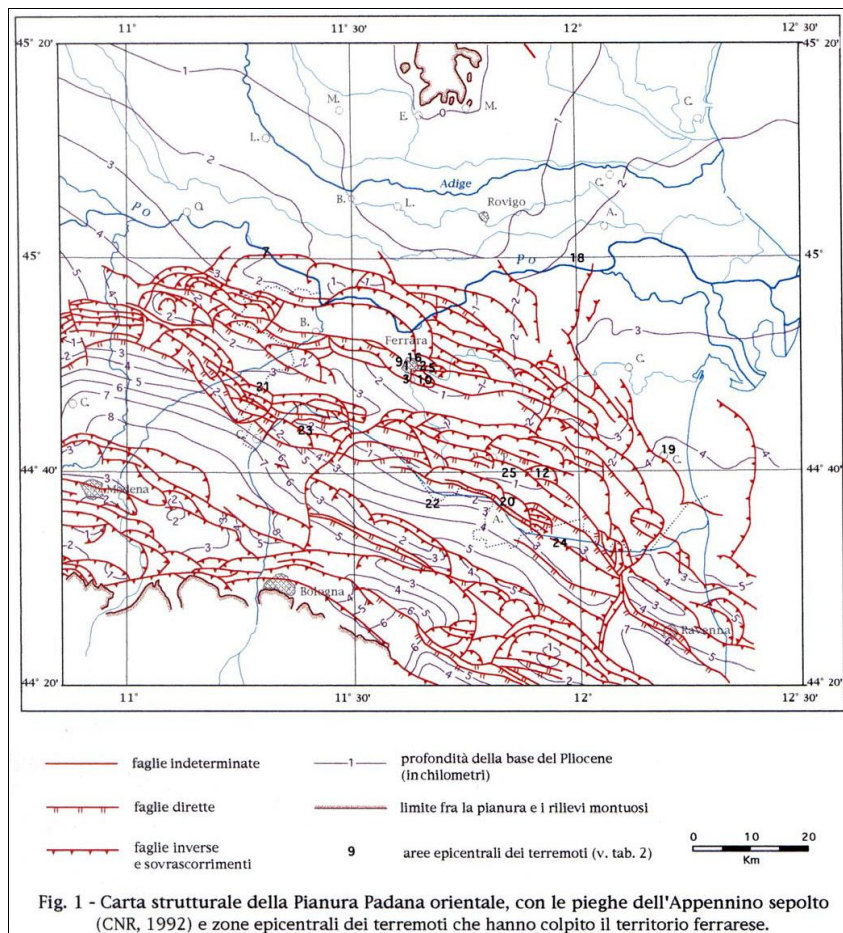


FIGURA 2.2 – Carta strutturale della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1992)

Si fa inoltre presente che tutto il territorio comunale di Ostellato ricade all'interno della zona sismogenetica 912 (FIGURA 2.3), infatti si può affermare che l'area in esame è sulla Dorsale Ferrarese, e dunque è sede epicentrale di eventi sismici.

La zonizzazione sismica ZS9 pone come magnitudo attesa massima nella zona sismogenetica 912 il valore di  $M = 6,14$  (INGV, Veletti e Malensise, 2004).

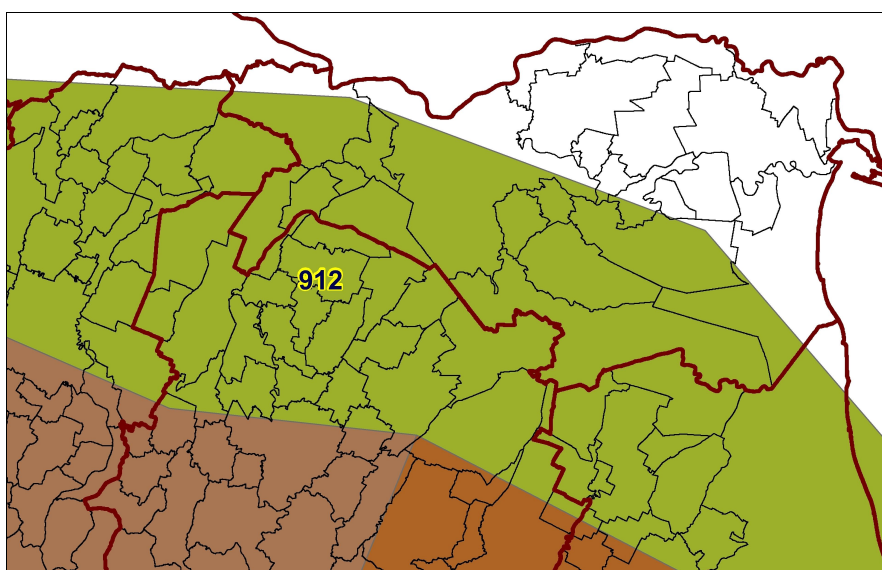


FIGURA 2.3 – Mappa delle aree sismogenetiche dell'Italia Settentrionale

## 2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI

Generalmente i sedimenti che si rilevano ad Ostellato sono di derivazione alluvionale, legati alla presenza del paleoalveo del Padoa-Eridano.

In corrispondenza del paleoalveo del Padoa-Eridano si rilevano prevalentemente depositi di canale e di argine prossimale con sedimenti tipici di alta energia idrodinamica; mentre al di fuori di questa struttura geomorfologica prevalgono i sedimenti di argine distale, caratterizzati da sedimenti argilloso limosi, con possibile presenza di livelli torbosi, talora è possibile rilevare anche banchi sabbiosi di spessori da decimetrici a metrici a diverse profondità.

La zona allo studio è posizionata su questa importante struttura ed è caratterizzata da depositi di canale distributore e di argine con sedimenti prevalentemente depositati in ambienti di alta energia idrodinamica con strati di sabbie da medie a fini, lateralmente intercalate a sabbie fini e limose.

Per la validazione del modello geologico è stata eseguita una campagna di indagine per la ricostruzione di un modello tridimensionale del terreno che permetta di definire al meglio la stratigrafia del sottosuolo dell'area in esame, consistente in cinque prove penetrometriche statiche con punta elettrica CPTU spinte fino alla profondità di -25,40 m dal p.c. la CPTU1 e la CPTU2, a -8,70 m da p.c. la CPTU3 e la CPTU4 e a -10,70 m da p.c. la CPTU5, con rif. U136-13. Inoltre è stata presa in considerazione la prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU1 con rif. U23-12 spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c., eseguita per la redazione della relazione geologica del piano operativo comunale.

In FIGURA 2.4 viene riportato uno stralcio planimetrico generale di progetto con l'ubicazione delle indagini svolte in sito.

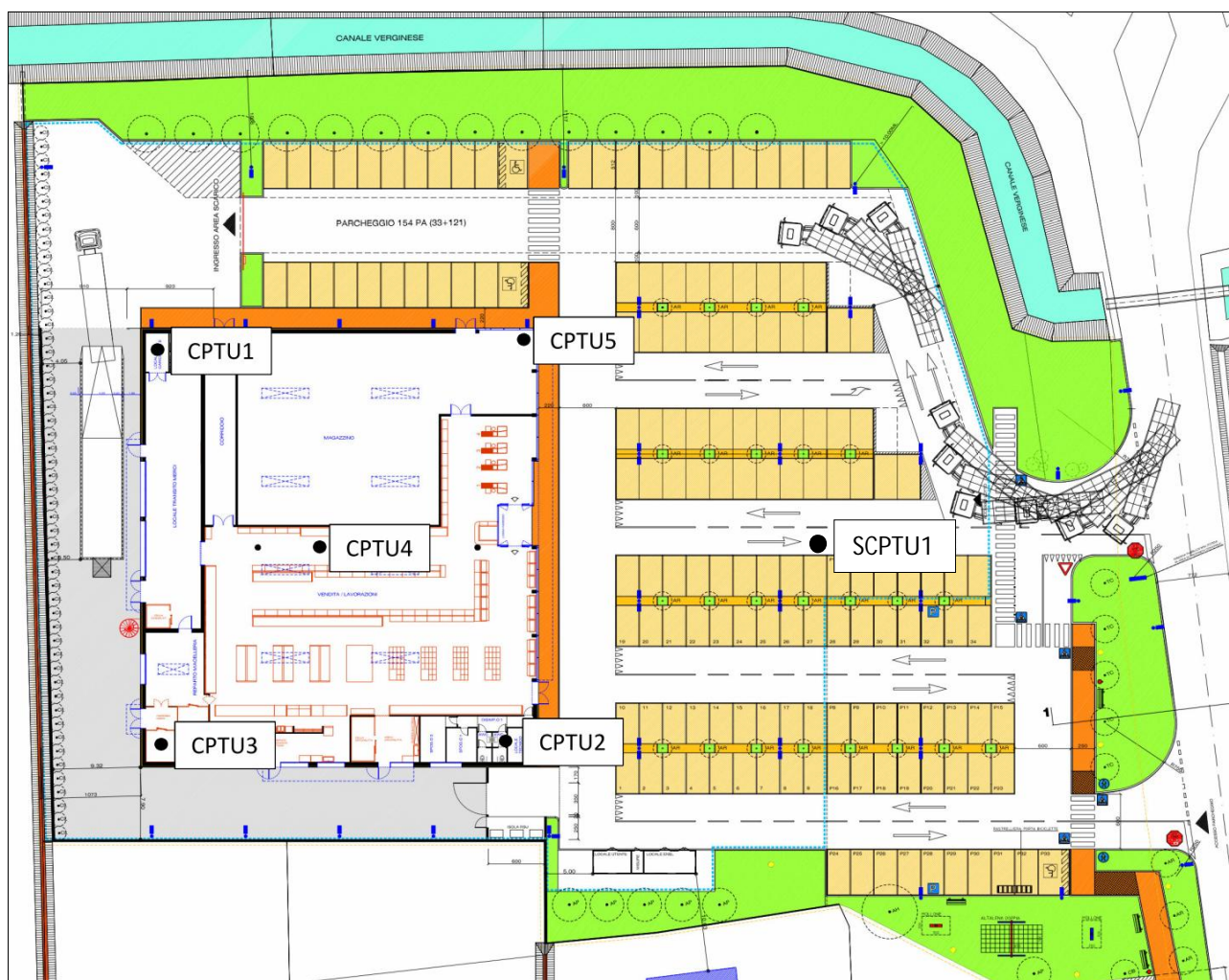


FIGURA 2.4 – Planimetria generale con ubicazione indagini



Il punto investigato con la prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU1 rileva:

- da p.c. fino a -1,40 m da p.c. uno strato di terreni di natura incerta probabilmente coesivi sovraconsolidati per essiccamento con un valore di resistenza alla punta  $R_p$  media di 14,5 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -1,40 m da p.c. fino a -8,00 m da p.c. uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente granulari moderatamente addensati con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 66,5 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -8,00 m da p.c. fino a -9,80 m da p.c. un banco di terreni prevalentemente coesivi moderatamente consistenti con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 9,7 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -9,80 m da p.c. fino a -11,50 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 69,5 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -11,50 m da p.c. fino a -13,50 m da p.c. uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente coesivi moderatamente consistenti, di probabile natura organica, con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 8,1 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -13,50 m da p.c. fino a -20,30 m da p.c. uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente coesivi consistenti con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 11,1 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -20,30 m da p.c. fino a -20,80 m da p.c. un banco di terreni prevalentemente granulari poco addensati con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 30,6 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -20,80 m da p.c. fino a -22,30 m da p.c. uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente coesivi consistenti con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 11,7 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -22,30 m da p.c. fino a -24,50 m da p.c. uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente coesivi molto consistenti con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 23,8 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -24,50 m da p.c. fino a -25,40 m da p.c., massima profondità di investigazione, uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente coesivi consistenti con un valore di resistenza alla punta  $R_p$  media di 16,4 kg/cm<sup>2</sup>.

Il punto investigato con la prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU2 rileva:

- da p.c. fino a -1,00 m da p.c. uno strato di terreni di natura incerta probabilmente coesivi sovraconsolidati per essiccamento con un valore di resistenza alla punta  $R_p$  media di 10,6 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -1,00 m da p.c. fino a -3,50 m da p.c. uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente granulari moderatamente addensati con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 46,8 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -3,50 m da p.c. fino a -17,10 m da p.c. un banco di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 76,5 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -17,10 m da p.c. fino a -19,70 m da p.c. uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente coesivi consistenti con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 15,0 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -19,70 m da p.c. fino a -21,50 m da p.c. uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente granulari moderatamente addensati con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 77,6 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -21,50 m da p.c. fino a -25,40 m da p.c., massima profondità di investigazione, uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente coesivi molto consistenti con un valore di resistenza alla punta  $R_p$  media di 21,5 kg/cm<sup>2</sup>.

Il punto investigato con la prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU3 rileva:

- da p.c. fino a -1,10 m da p.c. uno strato di terreni di natura incerta probabilmente coesivi sovraconsolidati per essiccamento con un valore di resistenza alla punta  $R_p$  media di 11,6 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -1,10 m da p.c. fino a -8,70 m da p.c., massima profondità di investigazione, uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta  $R_p$  media di 66,4 kg/cm<sup>2</sup>.

Il punto investigato con la prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU4 rileva:

- da p.c. fino a -1,40 m da p.c. uno strato di terreni di natura incerta probabilmente coesivi sovraconsolidati per essiccamento con un valore di resistenza alla punta  $R_p$  media di 12,8 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -1,40 m da p.c. fino a -2,10 m da p.c. uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente granulari poco addensati con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 31,2 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -2,10 m da p.c. fino a -8,70 m da p.c., massima profondità di investigazione, uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta  $R_p$  media di 75,3 kg/cm<sup>2</sup>.

Il punto investigato con la prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU5 rileva:

- da p.c. fino a -1,60 m da p.c. uno strato di terreni di natura incerta probabilmente coesivi sovraconsolidati per essiccamento con un valore di resistenza alla punta  $R_p$  media di 12,9 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -1,60 m da p.c. fino a -8,00 m da p.c. uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente granulari moderatamente addensati con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 73,2 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -8,00 m da p.c. fino a -10,00 m da p.c. un banco di terreni prevalentemente coesivi moderatamente consistenti con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 8,6 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -10,00 m da p.c. fino a -10,70 m da p.c. , massima profondità di investigazione, uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 40,8 kg/cm<sup>2</sup>,

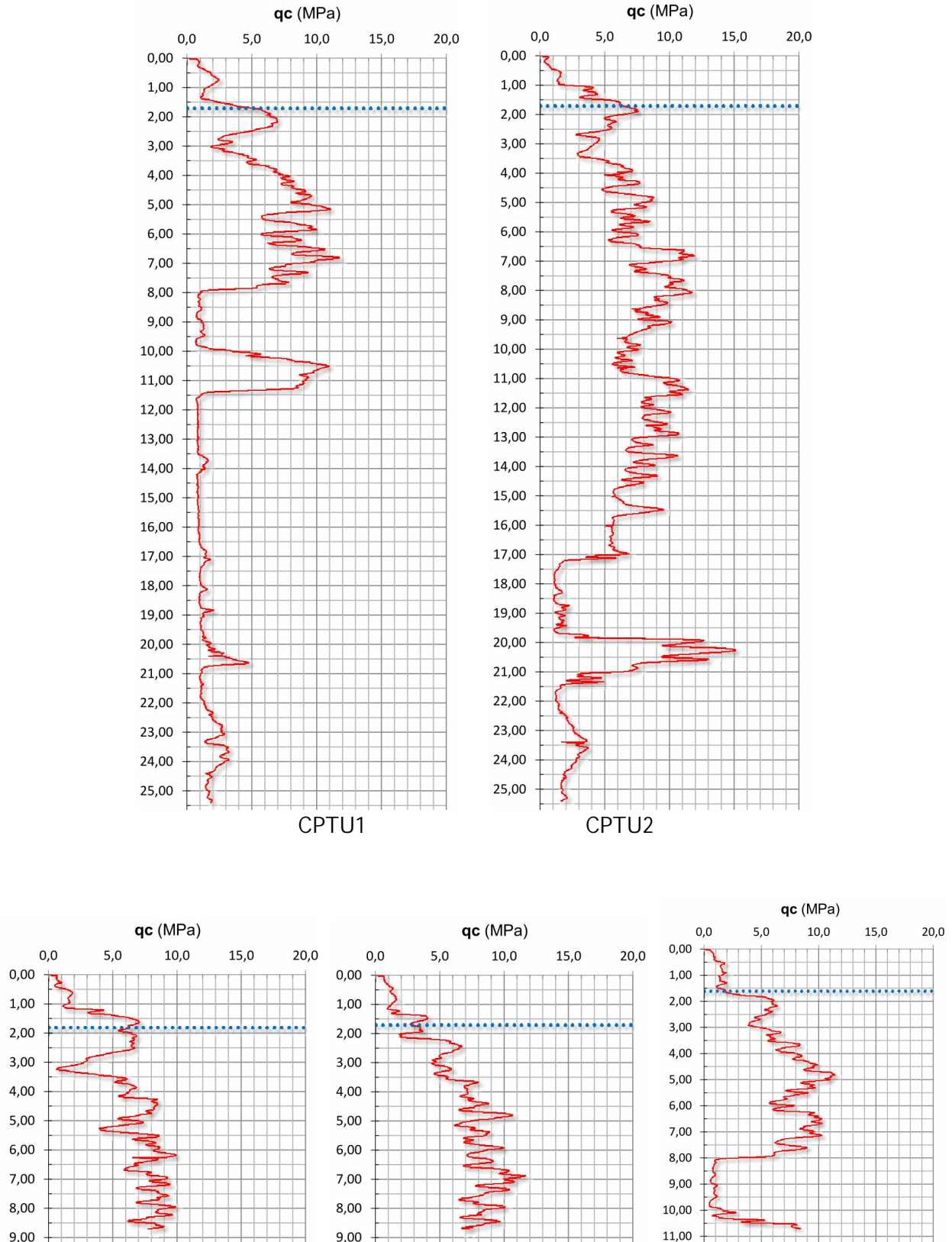
Il punto investigato con la prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU1 rileva:

- da p.c. fino a -1,50 m da p.c. uno strato di terreni di natura incerta probabilmente coesivi sovraconsolidati per essiccamento con un valore di resistenza alla punta  $R_p$  media di 23,0 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -1,50 m da p.c. fino a -3,10 m da p.c. uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente granulari poco addensati con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 34,2 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -3,10 m da p.c. fino a -13,40 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 75,7 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -13,40 m da p.c. fino a -20,00 m da p.c. uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente coesivi consistenti con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 10,6 kg/cm<sup>2</sup>,
- da -20,00 m da p.c. fino a -21,30 m da p.c. uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente granulari moderatamente addensati con una resistenza alla punta  $R_p$  media di 64,0 kg/cm<sup>2</sup>,

- da -21,30 m da p.c. fino a 30,00 m da p.c., massima profondità di investigazione, uno strato di terreni caratterizzato da sedimenti prevalentemente coesivi consistenti con un valore di resistenza alla punta  $R_p$  media di  $19,5 \text{ kg/cm}^2$ .

Da queste indagini e dalla foto interpretazione aerea di immagini fotografiche in B/N del sito, si possono ricostruire i caratteri geomorfologici del sito.

Successivamente vengono riportati i diagrammi di resistenza delle prove svolte in sito.

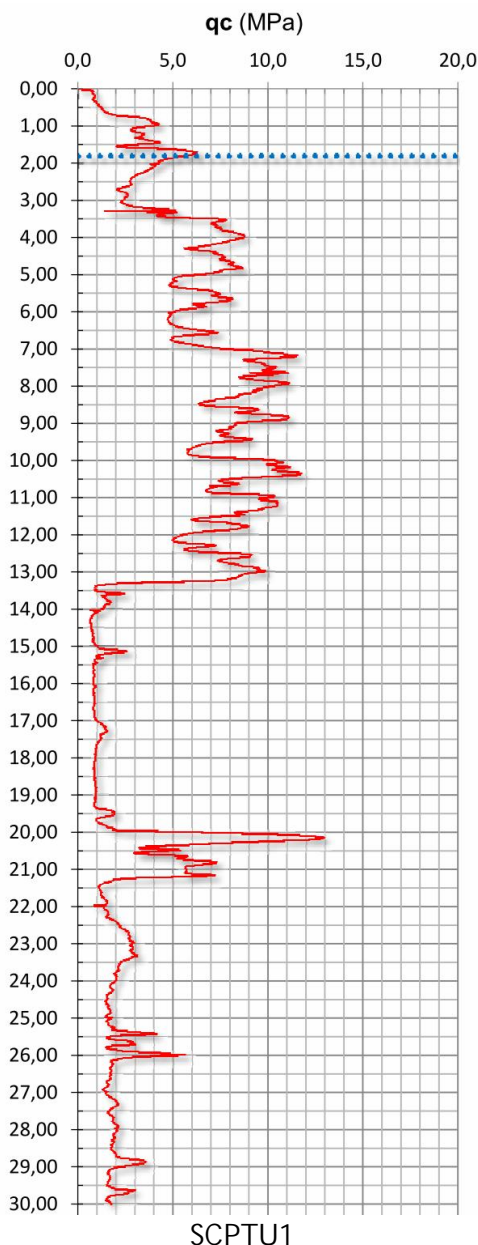




CPTU3

CPTU4

CPTU5



### 2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

L'area di intervento ricade in un'area geomorfologicamente complessa, dove ha avuto sede fino a circa un millennio fa, il corso del fiume Padoa-Eridano (poi Pado-Vetere), antica diramazione di quello che è poi diventato l'attuale fiume Po.

In antichità i fiumi non erano irrigiditi in imponenti sistemi arginali come quelli antropici, e dunque divagavano con una certa facilità, cambiando spesso corso.

In prossimità del suo corso il fiume Padoa-Eridano ha portato alla sedimentazione di terreni sabbiosi e limosi (tipici di ambienti di alta energia idrodinamica).

Appena fuori da tali corsi e allontanandosi dai punti di rotta fluviale tornano a dominare sedimenti argilloso-limosi tipici di ambienti distali dal fiume, a bassa energia idrodinamica.

L'area di intervento è sempre stata emersa poiché localizzata sul dosso morfologico del paleoalveo, quindi in posizione topografica rilevata rispetto ai bassi bacini vallivi (poi bonificati) che la circondavano.

In FIGURA 2.5 viene riportato uno stralcio della *Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara*, dove si può notare come il sito allo studio ricada al limite esterno del paleoalveo del Padoa-Eridano comunque rilevato con la prova penetrometrica statica con punta elettrica.

*Le litologie presenti non possono comunque essere definite senza un'indagine puntuale, poiché sedimenti generalmente fini di esondazione fluviale, e sedimenti generalmente più grossolani di alveo, sono stati sovrapposti, rendendo possibile la presenza di sabbie, o limi, o argille, o torbe, o miscele binarie e ternarie degli stessi, senza il rispetto di regole fisse sulla loro presenza e sulla loro distribuzione geometrica.*

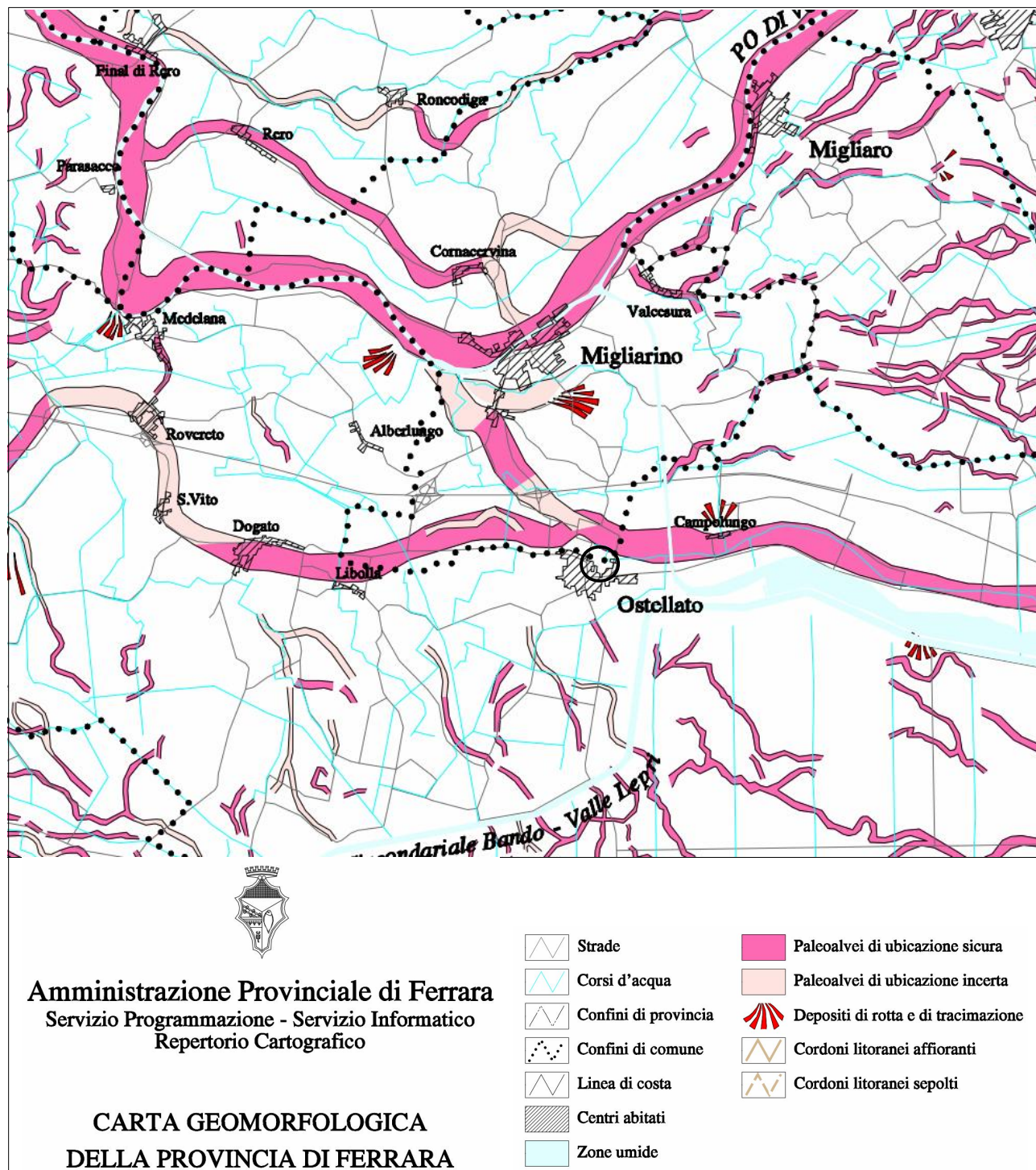


FIGURA 2.5 – Stralcio della Carta geomorfologica della provincia di Ferrara.

## 2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI

Nell'area è stata rilevata la quota della superficie di falda all'interno del foro di esecuzione della prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU1, CPTU2, CPTU3, CPTU4 e CPTU5 con rif. U136-13 e SCPTU1 con rif. U23-12. La quota di falda delle prove svolte è riportata in Tabella 2.1.

Prova Penetrometrica	Data	Livello freatico (m da p.c.)
CPTU1	12/11/2013	1,70
CPTU2	12/11/2013	1,70
CPTU3	12/11/2013	1,80
CPTU4	12/11/2013	1,70
CPTU5	12/11/2013	1,60
SCPTU1	10/10/2012	1,80

Tabella 2.1 – Livelli freatici

Il livello freatico potrebbe oscillare rispetto ai valori riscontrati in tal giorno, solo un monitoraggio di un anno idrogeologico permetterebbe di valutare le oscillazioni stagionali di queste quote.

L'area in esame è situata a nord-ovest rispetto all'abitato di Mirabello, il deflusso delle acque meteoriche che precipita all'interno dell'area cortiliva è a carico della rete scolante costituita da piccole scoline o impluvi che convogliano le acque verso un'importante arteria fluviale posta a nord e ad est rispetto al sito in esame, il Canale Verginese.

In FIGURA 2.6 "La carta delle aree storicamente allagate negli anni 95-96" dove sono evidenziate le aree che hanno subito allagamenti storici in concomitanza con eventi meteo particolarmente intensi, come si può vedere l'area in esame non è stata soggetta ad allagamenti persistenti (aree tratteggiate).

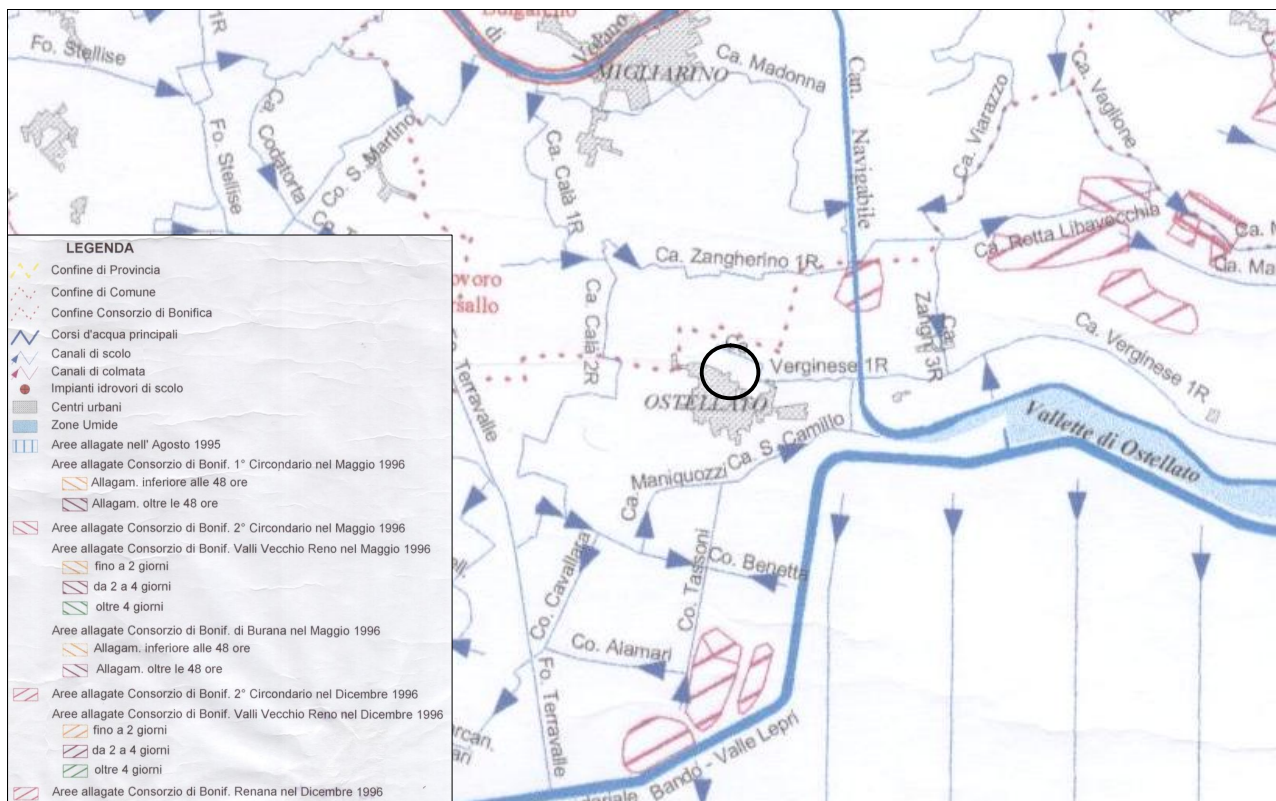


FIGURA 2.6 – Carta delle aree storicamente allagate in seguito a piogge intense negli anni 1995 e 1996 (Amministrazione provinciale di Ferrara)



Inoltre in FIGURA 2.7 viene riportata la Carta delle Criticità Idrauliche, tratta dal PSC del comune di Ostellato, che mostra in dettaglio l'abitato e come l'area ANS2(2) non sia stata soggetta ad allagamenti di tipo persistente confermando quanto affermato in precedenza.

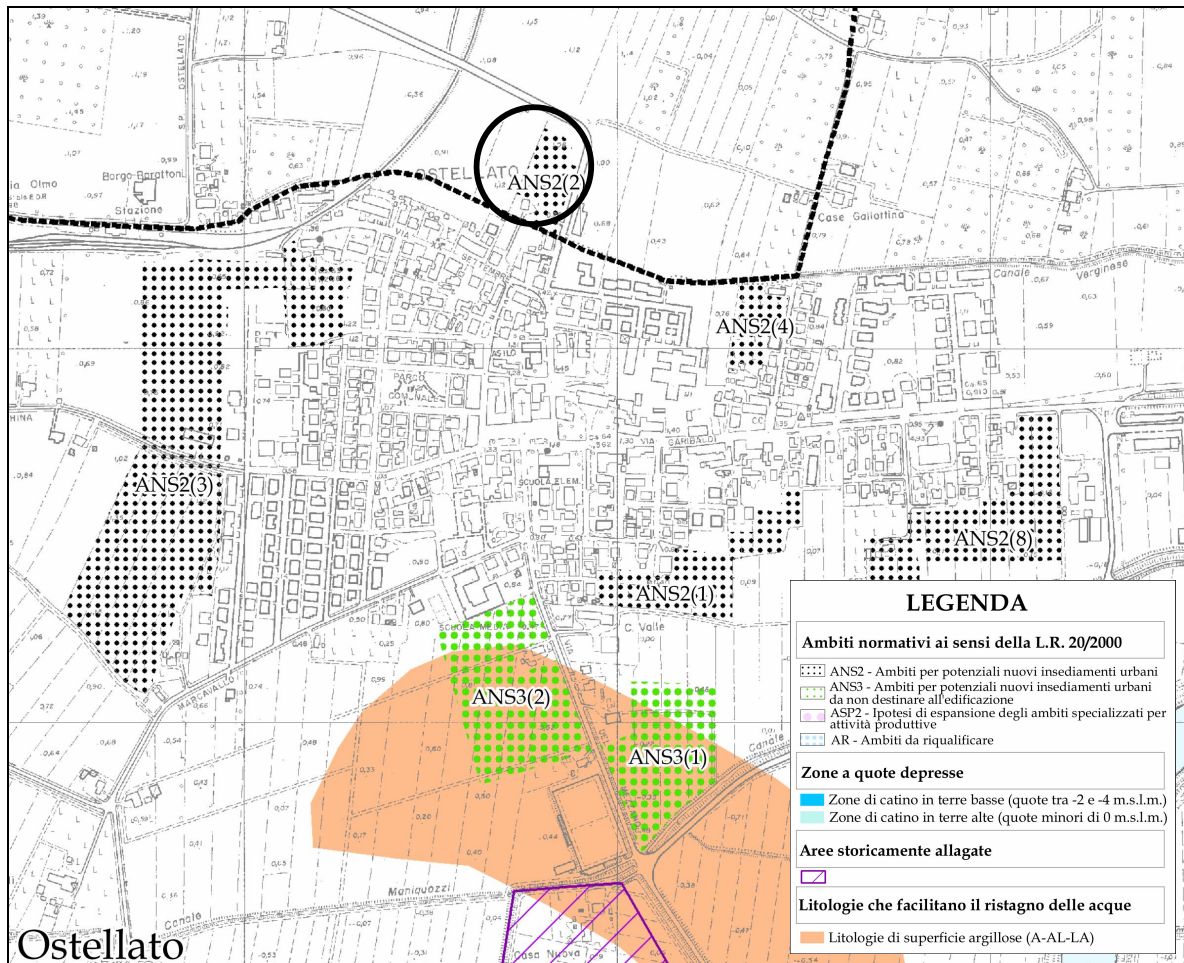


FIGURA 2.7 – Particolare della Carta delle Criticità Idrauliche, tratta dal PSC del comune di Ostellato

L'area in esame si sviluppa su quote di circa +0.80 m sul l.m.m. nella parte meridionale fino a +1.10 m sul l.m.m. nella parte settentrionale.

Il sito di intervento è ricoperto da una coltre di sedimenti argilloso-limosi prevalenti (che va da un minimo di 1,00 m a un massimo di 1,60 m) che di fatto non consentono una efficace infiltrazione delle acque meteoriche. Dunque il sito non può considerarsi come un'area di ricarica del dosso, pur avendo riscontrato al di sotto di tale coltre argillosa superficiale un importante spessore di sabbie di paleoalveo.

Tra l'altro il canale Verginese scorre attorno all'area di intervento (lato nord) e garantisce una costante infiltrazione di acque nell'acquifero sabbioso, che viene intercettato dal fondo del canale, che oltrepassa le argille.

### 3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

#### 3.1 DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA

“La Regione Emilia Romagna non è esente da attività sismo-tettonica. La sua sismicità può però essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, poiché i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell'Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5) sono il margine appenninico-padano tra la Val d'Arda e Bologna, l'arco

della dorsale ferrarese e il crinale appenninico" (Note illustrative, Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, 2004).

Gli eventi sismici del maggio 2012 hanno avuto magnitudo massima di 5,9.

### Categoria di suolo

Il parametro  $V_{s30}$  rappresenta la media ponderata dei valori delle velocità dell'onda di taglio "S" nei primi 30 m di sottosuolo indagato, matematicamente espressa da (eq. 1):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

Dove:

$V_{s30}$  : velocità media ponderata delle onde di taglio "S",

$h_i$  : spessore dello strato  $i$  simo,

$v_i$  : velocità delle onde di taglio "S" nello strato  $i$  simo.

Il valore di  $V_{s30}$  è stato rilevato in sito attraverso misure dirette, mediante la realizzazione di una prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU con *ref. U23-12* spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c..

Si ricorda che la  $V_{s30}$  va calcolata dal piano di posa della fondazione.

In FIGURA 3.1 è riportata l'ubicazione della prova SCPTU1 con *ref. U23-12*.

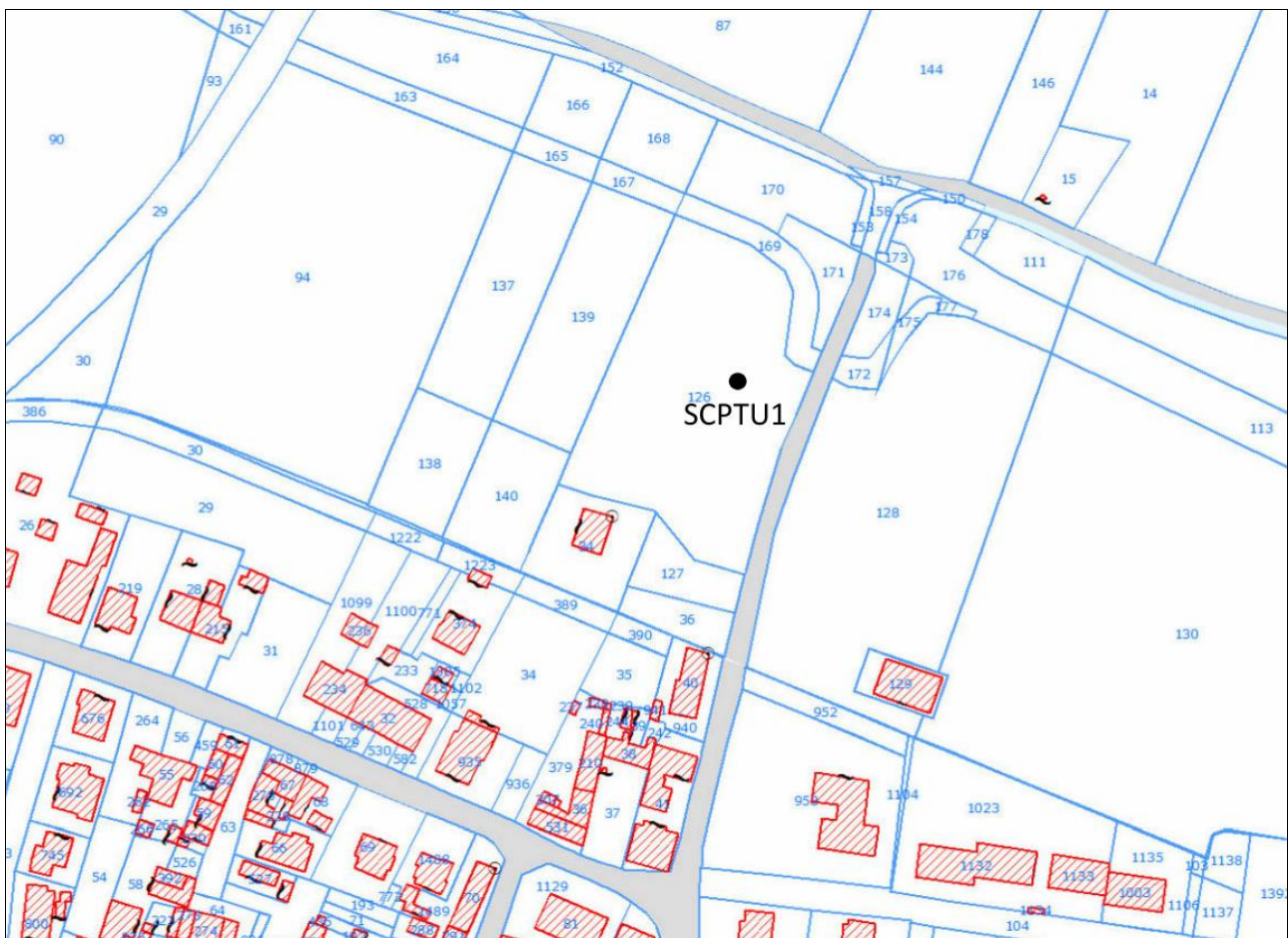


FIGURA 3.2 – Stralcio di mappa catastale della provincia con l'ubicazione della prova SCPTU1



La prova consiste nell'inserire sulla punta elettrica della prova penetrometrica elettrica dei ricevitori (geofoni) che con opportuna strumentazione e una sorgente di onde in superficie possono essere misurati, a profondità diverse, in questo caso ogni metro di profondità, i tempi di arrivo delle onde sismiche fra la superficie (sorgente) ed i ricevitori (in profondità), analogamente a quanto avviene con il metodo geofisico cosiddetto "downhole". La punta utilizzata prende il nome di Piezocono G1-CPL2IN (FIGURA 3.2).

In base ai tempi di arrivo conoscendo la distanza tra la sorgente ed il ricevitore si può calcolare la velocità delle onde sismiche ed in particolare delle onde di taglio ( $V_s$ ).

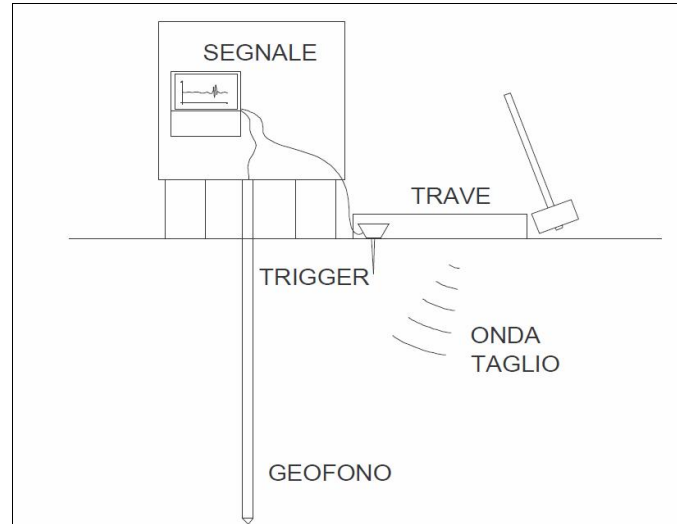


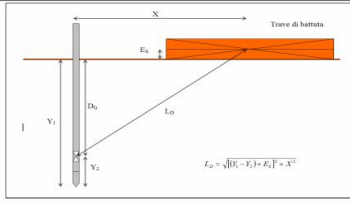
FIGURA 3.2 – Rappresentazione grafica della prova penetrometrica con piezocono sismico

Durante la realizzazione della prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU1 con rif. U23-12 sono state realizzate letture dirette dei tempi di arrivo delle onde di taglio S ad intervalli regolari, in questo caso ogni metro di profondità.

Attraverso questo strumento è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde S alla profondità di 30 metri ( $V_{s30}$ ). Di seguito viene riportata l'elaborazione della prova SCPTU1 svolta in sito.

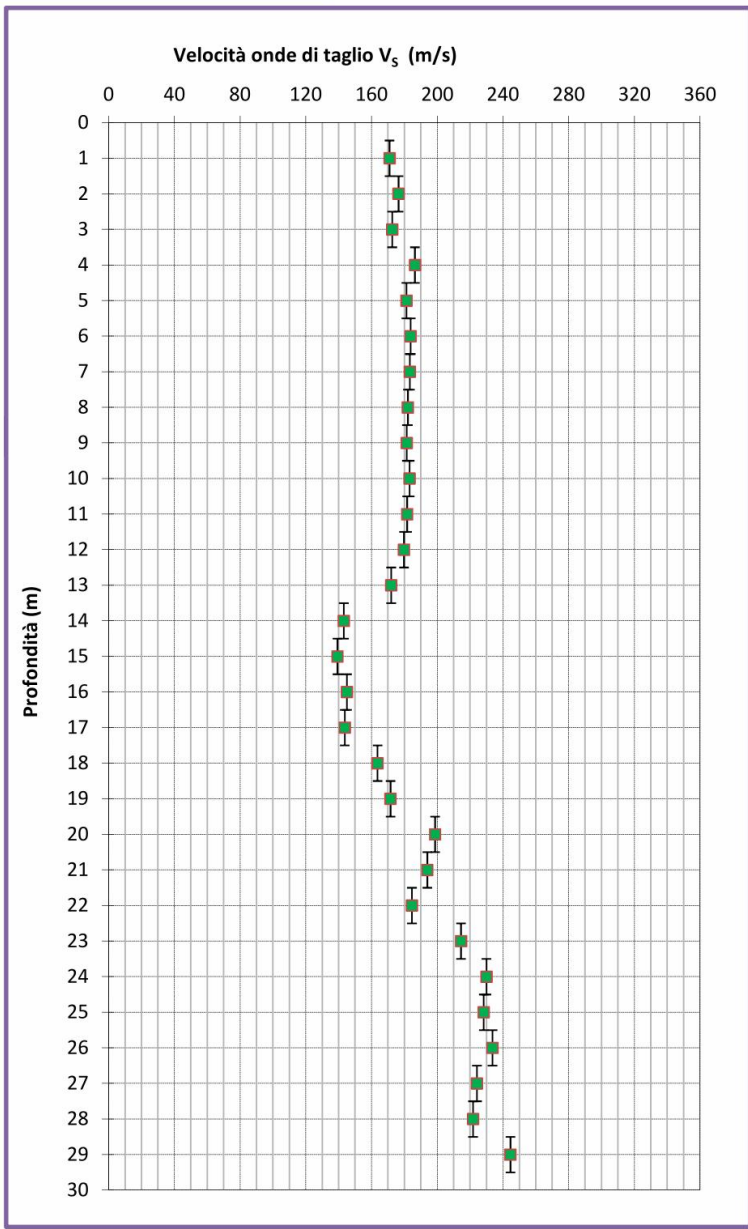
<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA</b> <b>PROVA DOWN HOLE SCPTU</b>	RIF. PROVA:	CPTU n°:
	rif.U 23-12	SCPTU1
COMMITTENTE: ALÍ s.p.a.	PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00	
CANTIERE: POC Ostellato Area ANS2 (2)	PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,80	
DATA: 10/10/2012	PREFORO (m da p.c.): 0,00	

Peso mazza battente:  
Ricevitore Down Hole: G1-cpl2IN  
Equipaggiamento di registrazione: D1-SISMI USB  
Distanza centro sorgente-verticale X: 4 m  
Distanza punta-accelerometro Y<sub>2</sub>: 0,2 m



**Vs<sub>30</sub> = 183 m/sec Categoria suolo di fondazione = C**

Profondità punta elettrica Y <sub>1</sub> (m)	Tempo di arrivo onda S (millisecondi)	Velocità onde S dello strato (m/sec)
0	0	0
1	22,196	171
2	23,993	176
3	26,806	173
4	30,484	186
5	34,406	181
6	38,805	184
7	43,396	183
8	48,178	182
9	53,124	181
10	58,186	183
11	63,275	182
12	68,465	180
13	73,756	172
14	79,326	143
15	86,056	139
16	93,006	145
17	99,705	144
18	106,487	164
19	112,458	172
20	118,167	199
21	123,106	194
22	128,174	185
23	133,508	214
24	138,104	230
25	142,396	228
26	146,723	234
27	150,956	224
28	155,371	222
29	159,836	245
30	163,888	



Il valore di Vs<sub>30</sub> risultante dalla lettura dei tempi di arrivo delle onde S alla profondità di 30,00 m da p.c. è di 183 m/s e quindi la Categoria di suolo di fondazione è C.

**Vs<sub>30</sub> = 183 m/s      Categoria di suolo C**

Parametri sismici D.M. 14 gennaio 2008

La classificazione sismica introdotta dall'OPCM 3519/2006, recepita dal D.M. 14/01/2008, attribuisce a questa zona del comune di Ostellato un valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo appartenente agli intervalli 0,125g – 0,150g, con T=0, su suolo rigido ( $V_{s30} > 800\text{m/sec}$ ) e con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Secondo il vigente D.M., gli spettri di risposta rappresentano delle componenti (orizzontale e verticale) delle azioni sismiche di progetto di un generico sito del territorio nazionale.

In FIGURA 3.3, si riporta un particolare della mappa di pericolosità sismica redatta dall'INGV, secondo la Tabella 1, allegata alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

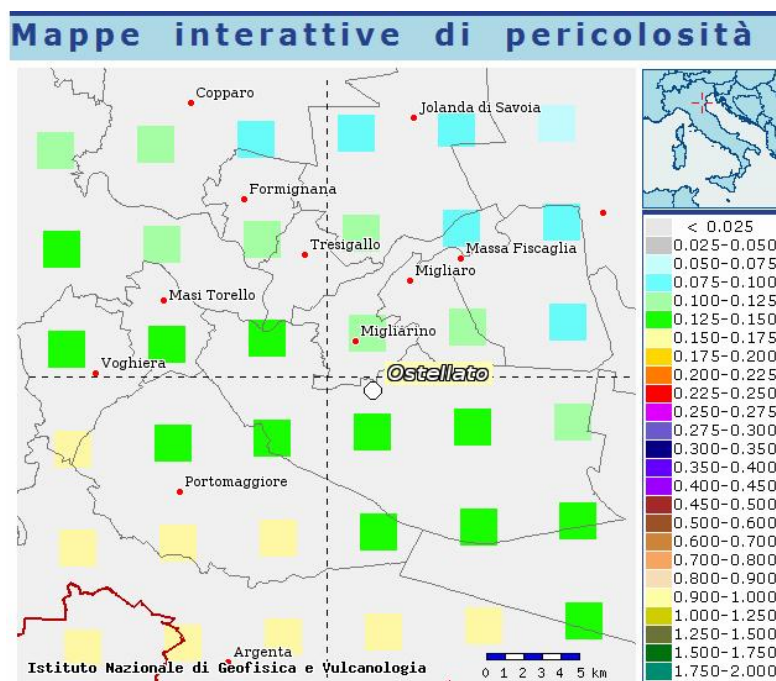


FIGURA 3.3 – Carta pericolosità sismica, da progetto DCP – INGV – S1. fonte: <http://esse1-gis.mi.ingv.it>

Per la scelta della strategia di progettazione, il progettista procede in funzione delle caratteristiche dell'opera progettata e definisce lo spettro di risposta. Ai fini della normativa, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- $T^*C$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma per tutti i siti italiani, sono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T^*C$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Nella Tabella 3.1 tratta dalla normativa si riportano i valori di probabilità di superamento per i diversi stati limiti a cui si può spingere la progettazione.

Stati Limite		$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 3.1 – D.M. 14-01-2008 Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato

Di seguito si riportano i parametri sismici calcolati secondo un approccio "sito dipendente". Come indicato nell'Allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, si possono ottenere i valori dei suddetti parametri spettrali ( $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$ ) del sito in esame utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (FIGURA 3.4).

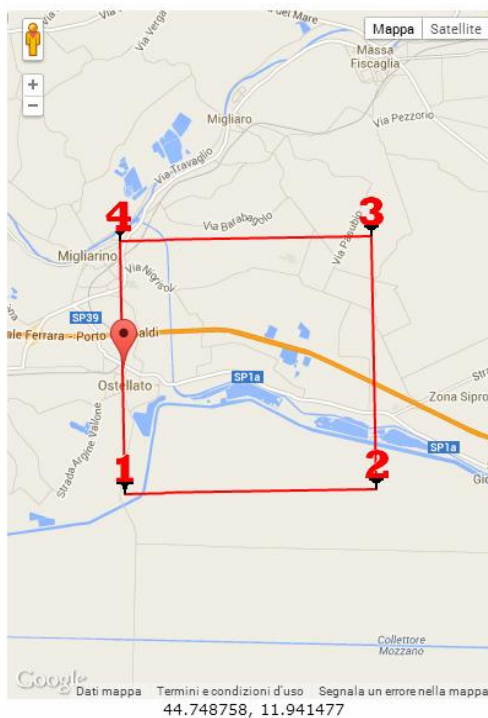


FIGURA 3.4 – Vertici della griglia di riferimento  
(<http://www.geostru.com/geoapp/Parametri-Sismici.aspx>)

Per le analisi di mitigazione del rischio sismico si valutano i parametri spettrali  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*c$  per il sito di progetto (approccio "sito-dipendente") a titolo esemplificativo considerando l'amplificazione stratigrafica e topografica (T1) (Cap. 3.2 del D.M. 2008) la categoria del sottosuolo © e la classe d'uso della costruzione (II) (Cap. 2.4 del D.M. 2008) per tempi di ritorno di 475 anni.

Per le analisi sulle sollecitazioni strutturali, si farà riferimento alla classe d'uso dell'edificio in valutazione, e si ricaveranno le sollecitazioni sismiche a cui dovrà resistere.

### Parametri sismici

Sito in esame.

Latitudine: 44,749686  
longitudine: 11,942461  
Classe: 3  
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 15851	Lat: 44,7248Lon: 11,9428	Distanza: 2764,007
Sito 2	ID: 15852	Lat: 44,7257Lon: 12,0131	Distanza: 6182,032
Sito 3	ID: 15630	Lat: 44,7757Lon: 12,0119	Distanza: 6200,557
Sito 4	ID: 15629	Lat: 44,7748Lon: 11,9416	Distanza: 2795,658



#### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 75anni  
Coefficiente cu: 1,5

#### Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 45 [anni]  
ag: 0,043 g  
Fo: 2,518  
Tc\*: 0,274 [s]

#### Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 75 [anni]  
ag: 0,054 g  
Fo: 2,505  
Tc\*: 0,286 [s]

#### Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 712 [anni]  
ag: 0,149 g  
Fo: 2,578  
Tc\*: 0,279 [s]

#### Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 1462 [anni]  
ag: 0,198 g  
Fo: 2,533  
Tc\*: 0,285 [s]

#### Coefficienti Sismici

##### SLO:

Ss: 1,500  
Cc: 1,610  
St: 1,000  
Kh: 0,013  
Kv: 0,006  
Amax: 0,631  
Beta: 0,200

##### SLD:

Ss: 1,500  
Cc: 1,590  
St: 1,000  
Kh: 0,016  
Kv: 0,008  
Amax: 0,794  
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,470  
Cc: 1,600  
St: 1,000  
Kh: 0,052  
Kv: 0,026  
Amax: 2,142 (Amax/g= 0,218)  
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,400  
Cc: 1,590  
St: 1,000  
Kh: 0,066  
Kv: 0,033  
Amax: 2,713  
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software – [www.geostru.com](http://www.geostru.com)

Coordinate WGS84

latitudine: 44.748758

longitudine: 11.941478

Magnitudo di progetto

La zonizzazione sismica ZS9 pone come magnitudo attesa massima nella zona sismogenetica 912 il valore di  $M = 6,14$ . Nei tempi storici erano stati stimati eventi con magnitudo di 5,6. Durante gli eventi del maggio 2012 si sono liberate energie sismiche sulla dorsale ferrarese con magnitudo di 5,9 (che è stato stimato da Picotti, 2013, come evento con  $T_R$  di 1000 anni). Conservativamente lo scrivente adotterà per le analisi della liquefazione delle sabbie la magnitudo di 6,14.

Magnitudo di progetto $M = 6,14$ Mw
--

Nella FIGURA 3.5 sono riportati i sismi che hanno colpito la provincia di Ferrara in tempi storici relativamente recenti.

Comune	Lat.	Lon.	lmax	Mw
ARGENTA	44.61459	11.83658	9	6,1
ARGENTA	44.61459	11.83658	9	6,1
BONDENO	44.88857	11.41666	8	5,6
CENTO	44.72685	11.28937	7	5,2
CODIGORO	44.83096	12.10568	<= 6	4,8
<b>COMACCHIO</b>	<b>44.69444</b>	<b>12.18290</b>	<b>7</b>	<b>5,2</b>
COPPARO	44.89391	11.82986	8	5,6
FERRARA	44.83559	11.61842	8	5,6
FORMIGNANA	44.84187	11.85894	8	5,6
JOLANDA DI SAVOIA	44.88518	11.97726	7	5,2
LAGOSANTO	44.76249	12.13965	7	5,2
MASI TORELLO	44.79369	11.79704	8	5,6
MASSA FISCAGLIA	44.80818	12.01334	7	5,2
MESOLA	44.92060	12.23033	<= 6	4,8
MIGLIARINO	44.77058	11.93149	8	5,6
MIRABELLO	44.82534	11.46031	8	5,6
OSTELLATO	44.74516	11.94085	8	5,6
POGGIO RENATICO	44.76571	11.48392	8	5,6
PORTOMAGGIOR	44.69759	11.80509	8	5,6
RO	44.94634	11.76146	8	5,6
SANT'AGOSTINO	44.79258	11.38519	8	5,6
VIGARANO MAINARDA	44.84191	11.49759	8	5,6
VOGHIERA	44.75737	11.75011	8	5,6
TRESIGALLO	44.81771	11.89393	8	5,6
GORO	44.85334	12.30076	<= 6	4,8
MIGLIARO	44.79835	11.97311	7	5,2
Mw=0,430lmax+2,182				

FIGURA 3.5 – Sismi che hanno colpito la provincia di Ferrara in tempi storici relativamente recenti

### 3.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

L'obiettivo della riduzione del rischio sismico passa anche per l'analisi delle componenti territoriali che possono innescare fenomeni negativamente impattanti con le strutture antropiche e la loro sicurezza. Vale comunque la pena evidenziare che laddove sono presenti i caratteri predisponenti, non è detto che si possano realizzare le condizioni di cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi, ma nell'area non si verificherà un sisma con energia sufficiente ad indurre liquefazione.

In particolare vengono ritenuti motivi di esclusione dalla verifica a liquefazione, la verifica di almeno una di queste circostanze:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo di momento Mw inferiore a 6 e durata inferiore a 15 sec. ("La Liquefazione del terreno in condizioni sismiche" – Crespellani, Nardi, Simoncini – Zanichelli 1988).
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,1g;
3. Accelerazioni massime al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
  - frazione di fine, FC, superiore al 20% (FC = frazione passante al setaccio ASTM 200, 0,074mm), con indice di plasticità PI > 10;
  - FC ≥ 35% e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
  - FC ≤ 5% e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

Dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella FIGURA 3.6 da distinguere i materiali in funzione del coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  o  $U_c > 3,5$ .
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15m dal piano campagna.
6. Copertura di strati superficiali non liquefacibili con spessore maggiore di 3m, oppure con spessore maggiore di 5m per magnitudo maggiori di M > 7.
7. Un ulteriore motivo di esclusione dalla verifica di liquefazione è dato dal valore della densità relativa Dr del deposito. Gibbs ha eseguito diversi studi su risultati di vari autori stabilendo che una densità relativa pari a 70% è valore limite tra terreni liquefacibili e non liquefacibili (*Manuale di geotecnica per l'ingegneria civile*" di Nunziante Marino, Maggioli Editore, 2006), di conseguenza tutti i terreni con Dr > 70% vengono automaticamente esclusi dalla verifica alla liquefazione.

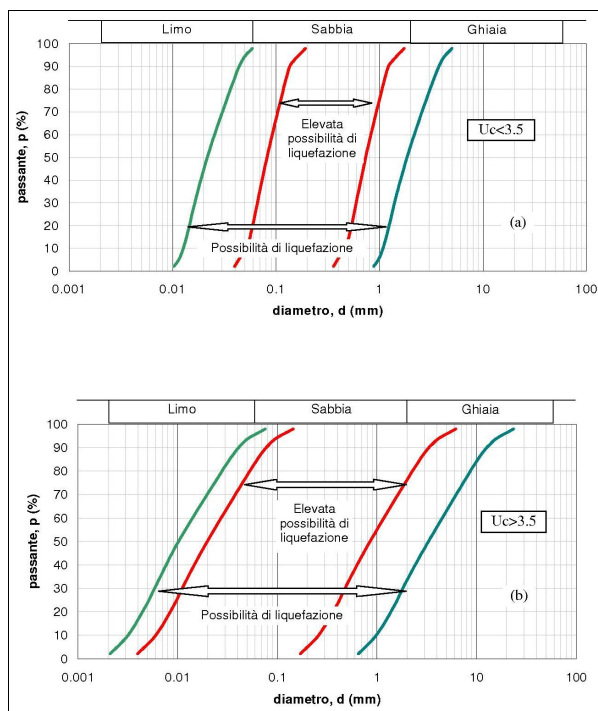


FIGURA 3.6: Fusi granulometrici liquefacibili

Il D.M. 14/01/2008 ha riassunto in questi 5 punti i casi in cui non è prevista liquefazione:

#### 7.11.3.4.2

#### Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

Per la verifica della liquefazione delle sabbie è stato utilizzato un software di calcolo che analizzando ogni strato da 2 cm individuato dalle prove CPTU, ne verifica la potenzialità di liquefazione.

Ai fini del calcolo sono state considerate le 5 prove penetrometriche statiche con punta elettrica SCPTU1 con rif. U23-12 spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c., CPTU1 e CPTU2 spinte entrambe fino alla profondità di -25,40 m da p.c., CPTU3 e CPTU4 spinte entrambe fino alla profondità di -8,70 m da p.c. e CPTU5 spinta fino alla profondità di -10,70 m da p.c., con rif. U136-13.

Per la verifica della resistenza alla liquefazione delle sabbie si utilizzano i parametri di accelerazione ag che si utilizzano nella microzonizzazione sismica ovvero quelle legati agli eventi con tempo di ritorno 475 anni.

Quindi i dati di input che caratterizzano le energie sismiche adottate sono:

- $A_{max}$ : 2,142 ( $A_{max}/g = 0,218 \approx 0,22g$ ) ( $T_R = 475$  anni)
- $M_w = 6,14$



Utilizzando i dati di input visualizzati in FIGURA 3.7, se ne deduce che nell'area di studio il fenomeno della liquefazione è un effetto di sito atteso, per i banchi di sabbia rilevati con le prove svolte in sito.

Project title : Ali Spa

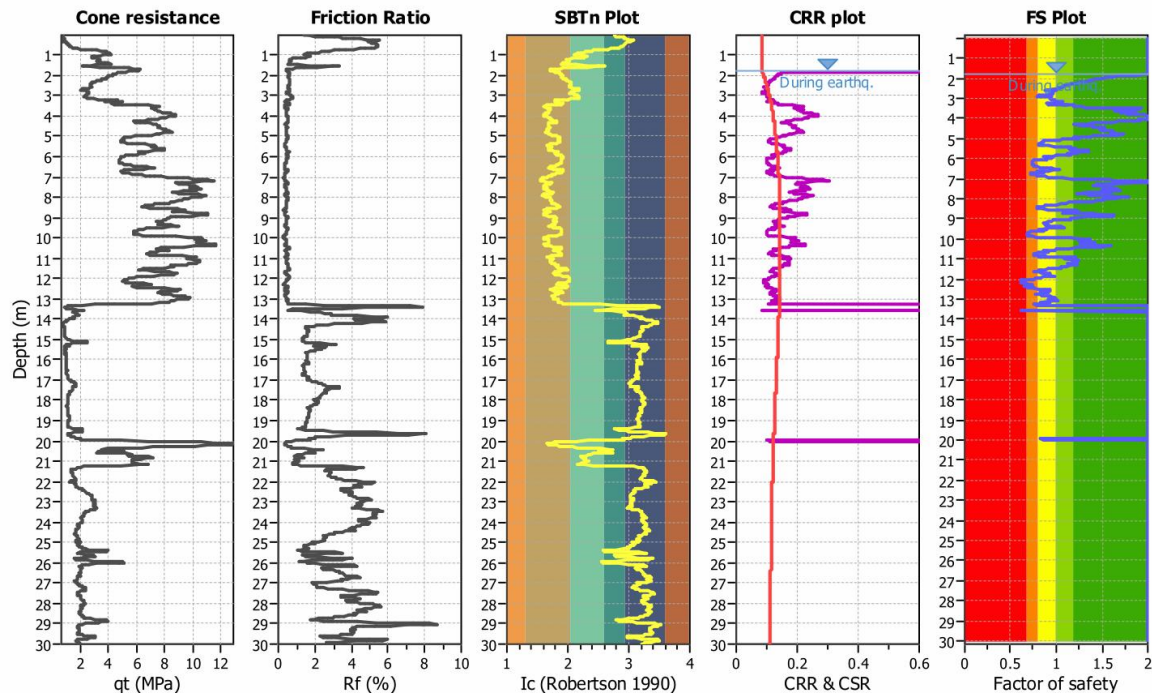
Location : Ostellato Fe

SCPTU1

CPT file : POC Ostellato Ali

Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.80 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.80 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_\sigma$ applied:	Yes	MSF method:	Method based



Project title : Ali Spa

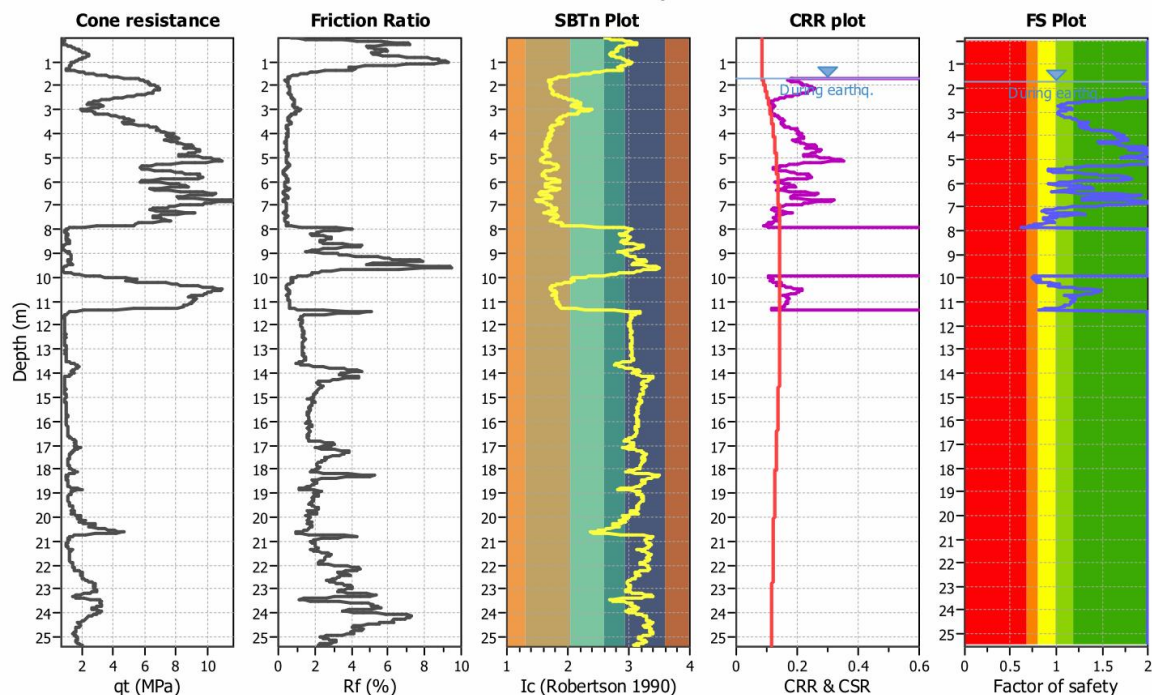
Location : Ostellato Fe

CPTU1

CPT file : rif. U136-13 CPTU1

Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.70 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.70 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_\sigma$ applied:	Yes	MSF method:	Method based



Project title : Ali Spa

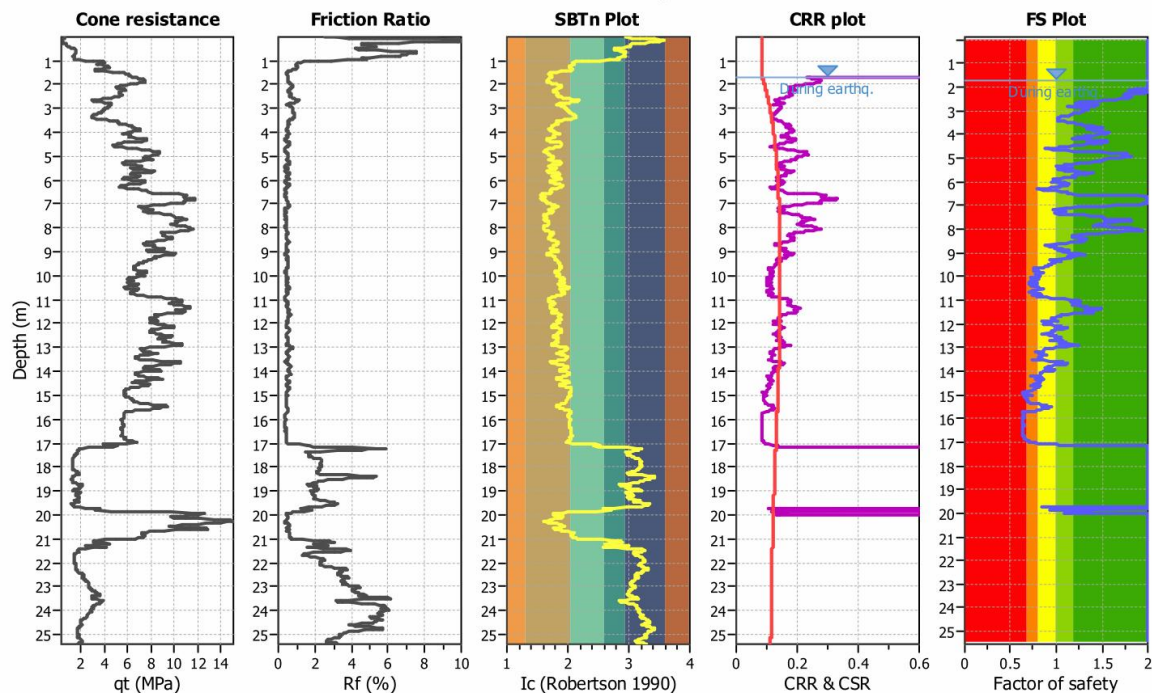
Location : Ostellato Fe

CPTU2

CPT file : rif. U136-13 CPTU2

Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.70 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.70 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_0$ applied:	Yes	MSF method:	Method based



Project title : Ali Spa

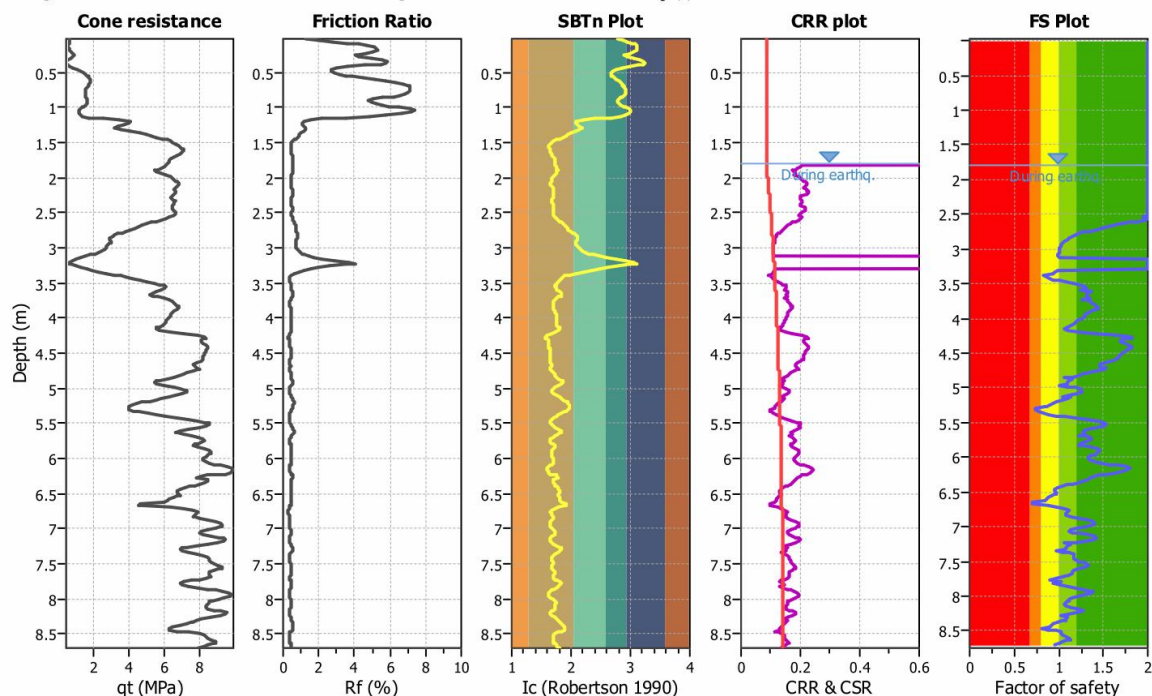
Location : Ostellato Fe

CPTU3

CPT file : rif. U136-13 CPTU3

Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.80 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.80 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_0$ applied:	Yes	MSF method:	Method based





Project title : Ali Spa

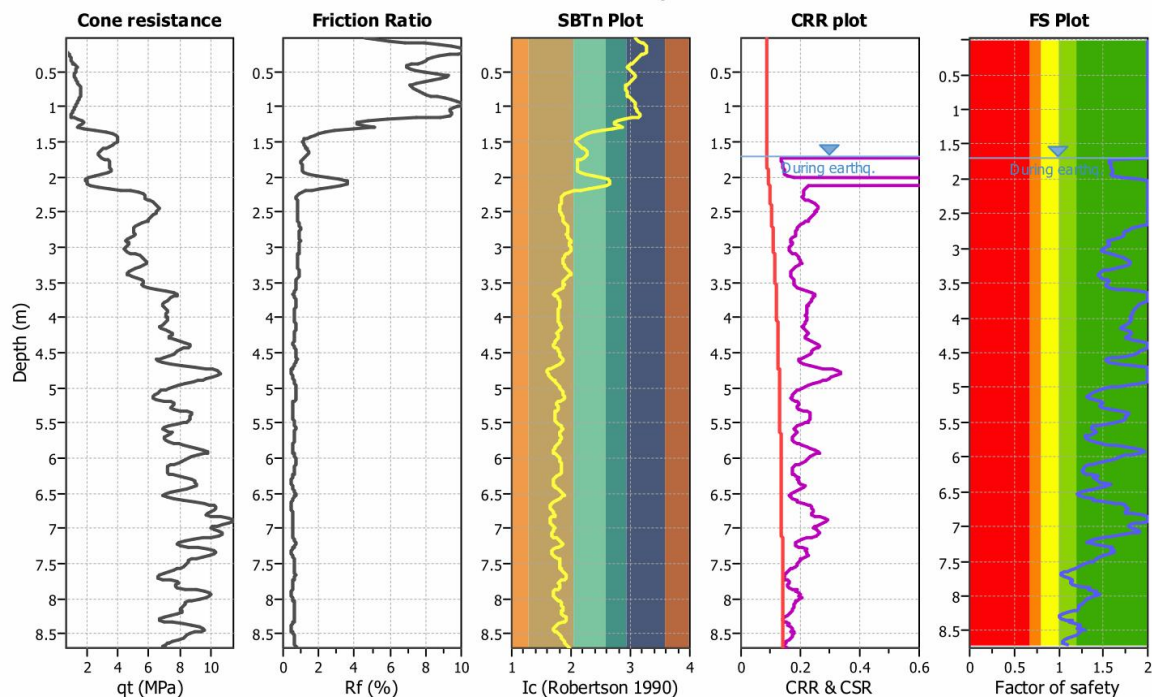
Location : Ostellato Fe

CPTU4

CPT file : rif. U136-13 CPTU4

**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.70 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.70 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_\sigma$ applied:	Yes	MSF method:	Method based



Project title : Ali Spa

Location : Ostellato Fe

CPTU5

CPT file : rif. U136-13 CPTU5

**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	1.60 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	1.60 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	No
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.14	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	N/A
Peak ground acceleration:	0.22	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_\sigma$ applied:	Yes	MSF method:	Method based

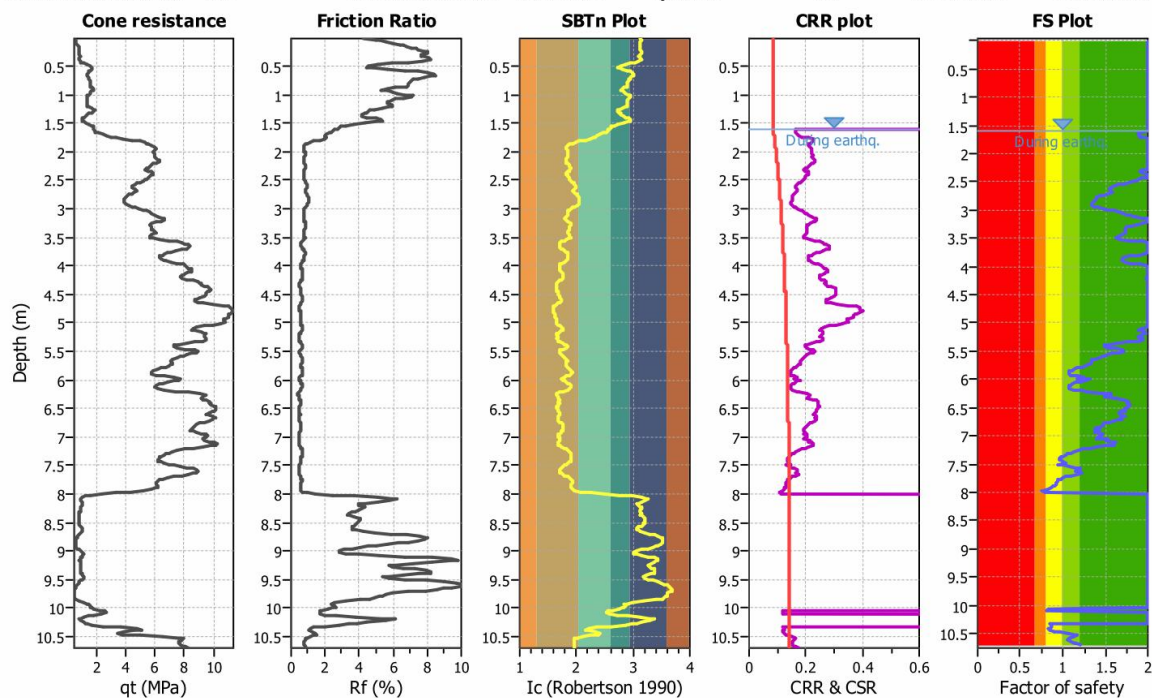
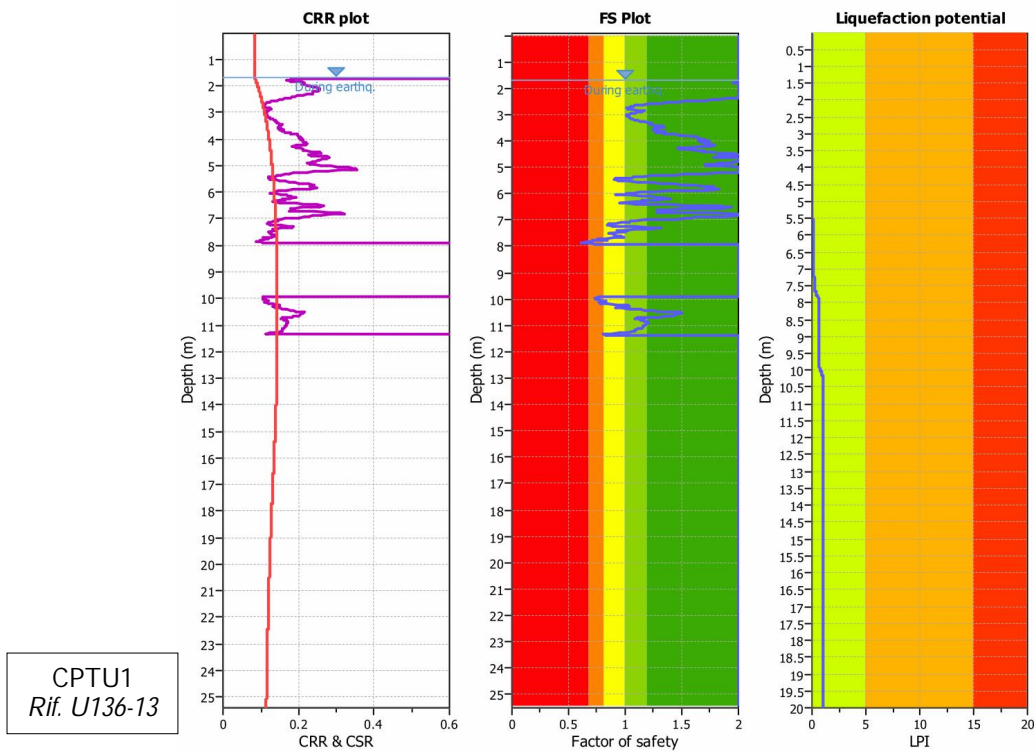
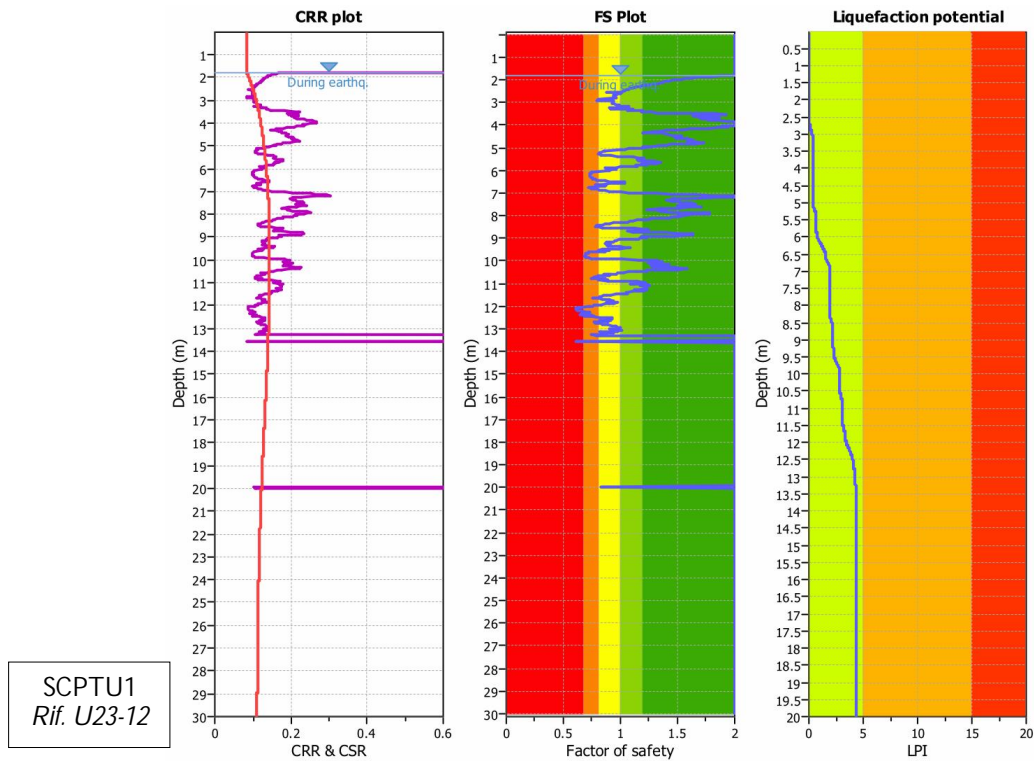


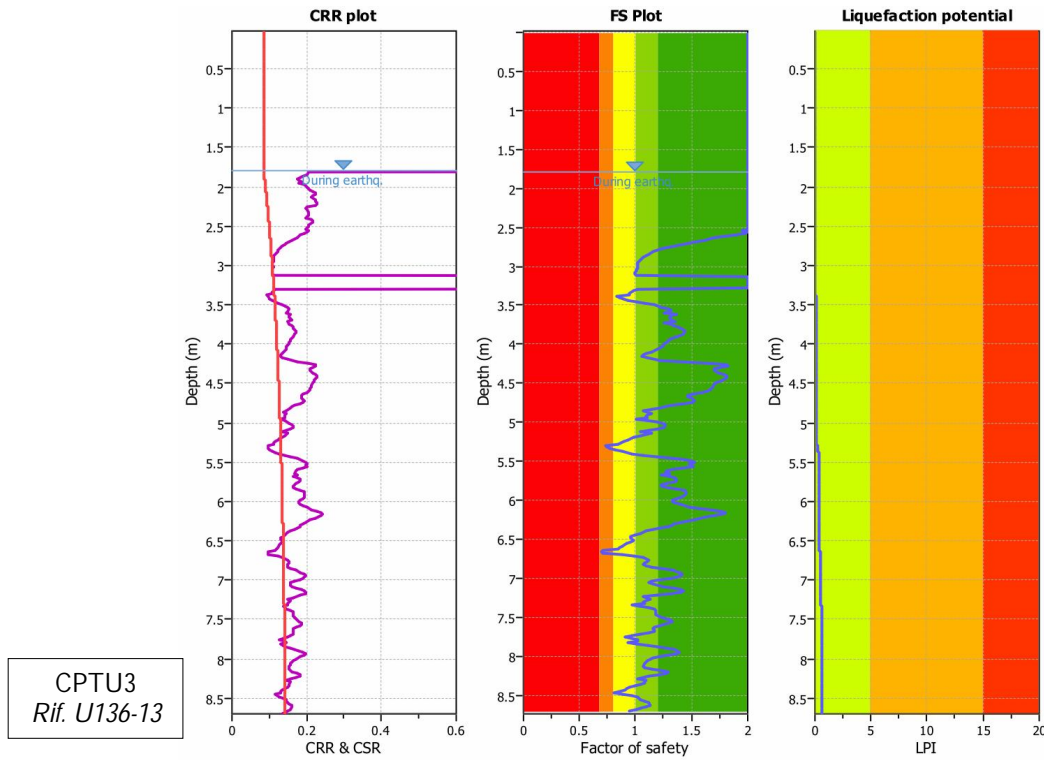
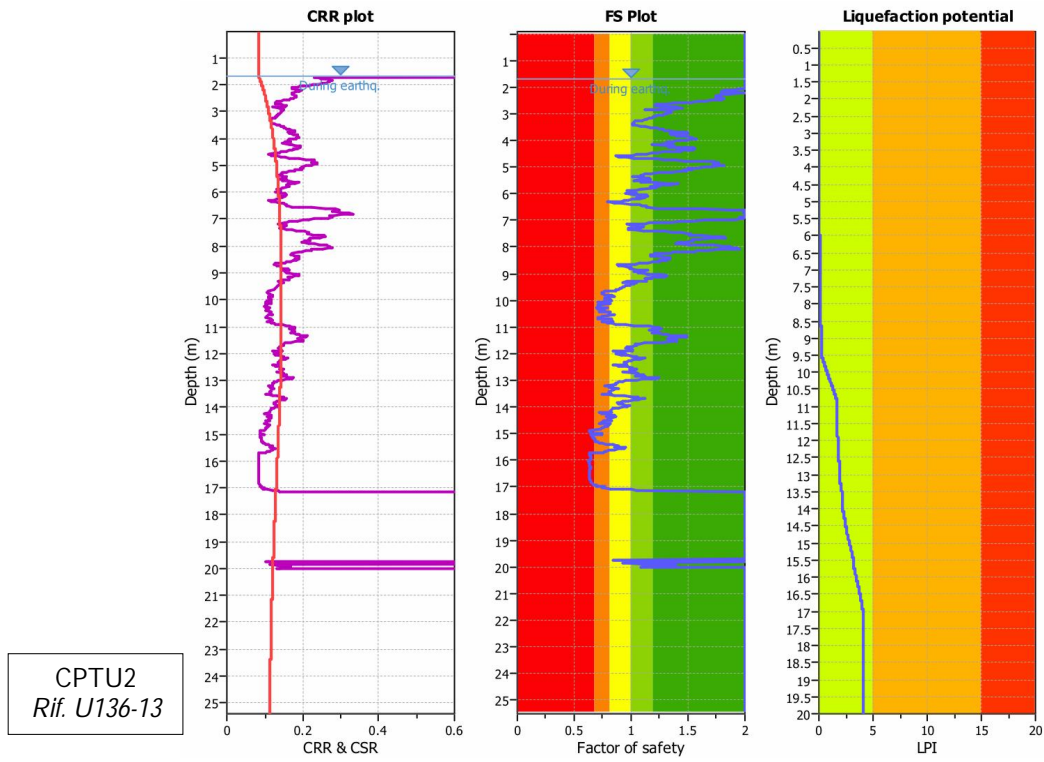
FIGURA 3.7: Dati input e metodi di calcolo adottati secondo D.M. 14 gennaio 2008

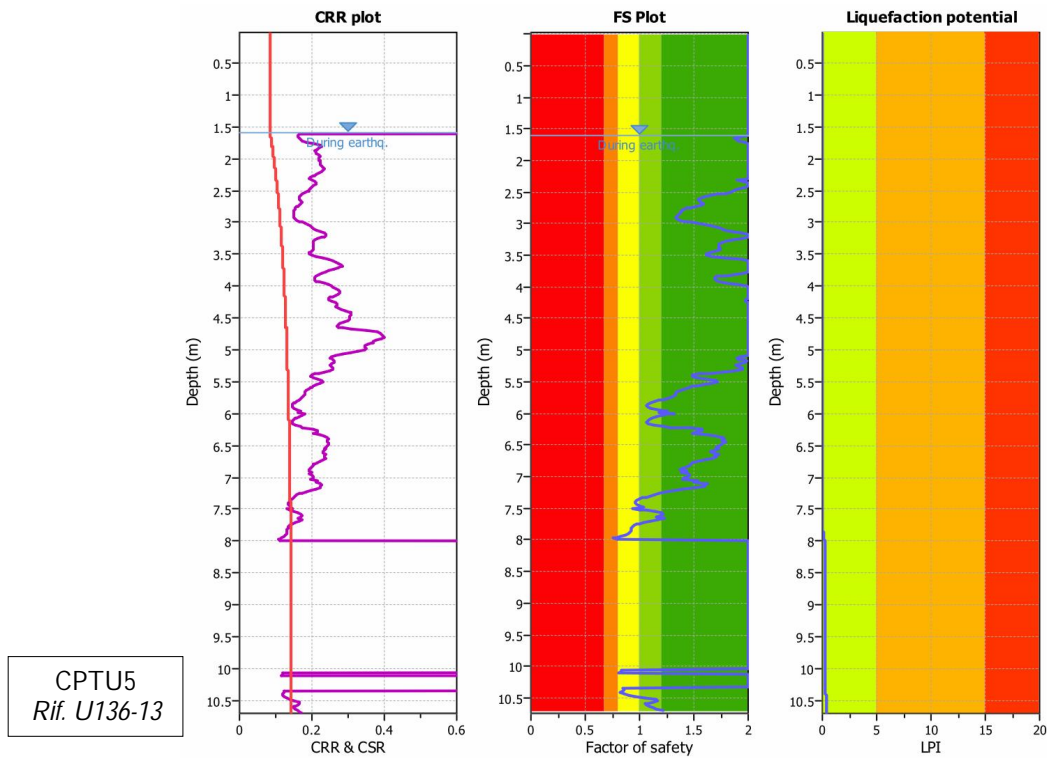
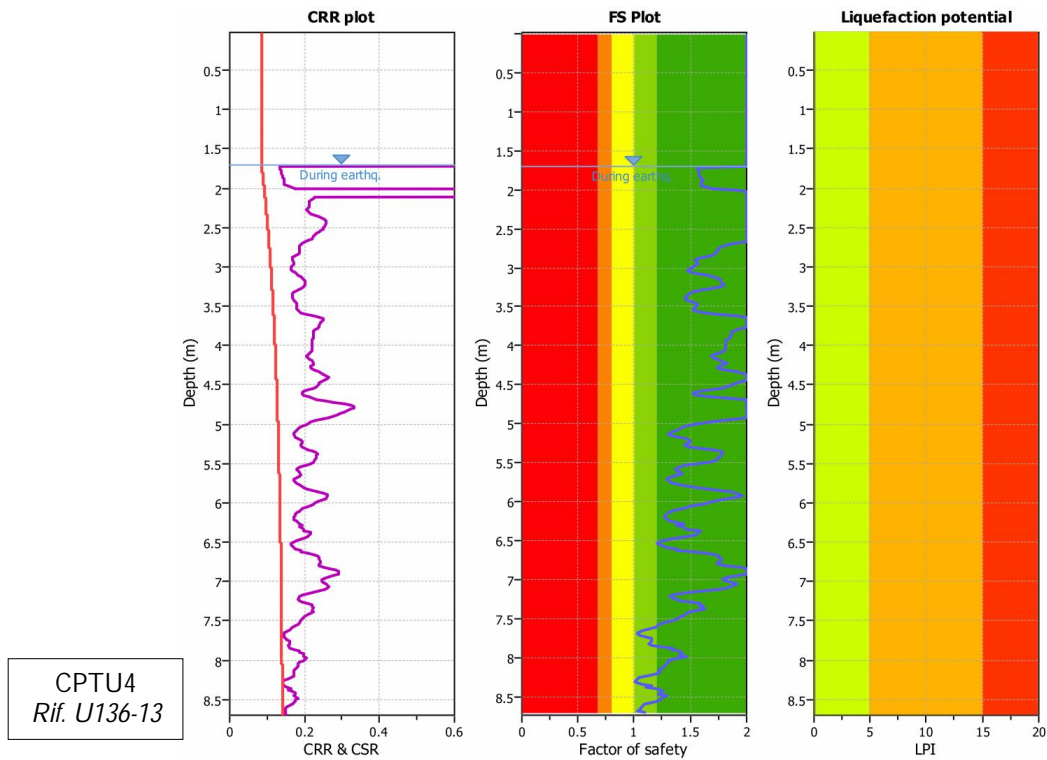
In FIGURA 3.8, si riporta il diagramma del CRR e del CSR, dove si evidenziano strati in cui il fattore di resistenza alla liquefazione è inferiore a 1,00.

Nella stessa figura è riportato il valore dell'indice del potenziale di liquefazione IPL calcolato per le cinque prove penetrometriche analizzate.









**F.S. color scheme**

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

**LPI color scheme**

- Very high risk
- High risk
- Low risk

FIGURA 3.8: Particolare dell'analisi condotta con una Magnitudo di progetto di 6.14 ed una accelerazione PGA di 0,22g

Dei calcoli effettuati si riporta solo la sintesi dei risultati finali.

Per quantificare il tipo di ripercussioni sulle strutture costruite in un determinato sito, dal punto di vista ingegneristico, si ricorre al calcolo dell'indice del potenziale di liquefazione,  $I_L$ , definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz,$$

in cui  $z$  è la profondità dal piano di campagna in metri e  $w(z)=10-0.5z$

Ad una quota  $z$  il fattore  $F(z)=F$  vale:

$$F = 1 - F_L \text{ se } F_L \leq 1.0$$

$$F = 0 \text{ se } F_L > 1.0$$

dove  $F_L$  è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

Con il software si calcola il valore del potenziale di liquefazione per tutti gli strati incoerenti.

I terreni in esame risultano avere un moderato rischio di liquefazione per quanto riguarda la prova SCPTU1 con rif. U23-12 ( $I_{PL} = 4,40$ ) e la prova CPTU2 con rif. U136-13 ( $I_{PL} = 4,09$ ), un basso rischio di liquefazione la prova CPTU1 ( $I_{PL} = 1,07$ ), CPTU3 ( $I_{PL} = 0,66$ ), CPTU4 ( $I_{PL} = 0,00$ ) e CPTU5 ( $I_{PL} = 0,36$ ) con rif. U136-13 se sollecitati da un sisma di  $M_w=6,14$  ed una accelerazione di  $0,22g$  (Tabella 3.3 e 3.4).

Potenziale Liquefazione $I_{PL}$	Classificazione
$I_{PL} = 0$	<i>Non liquefacibile</i>
$0 < I_{PL} \leq 2$	<i>Basso</i>
$2 < I_{PL} \leq 5$	<i>Moderato</i>
$5 < I_{PL} \leq 15$	<i>Alto</i>
$I_{PL} \geq 15$	<i>Molto Alto</i>

Tabella 3.3 – Classificazione indice potenziale liquefazione (Somnez, 2003)

CPTU	Potenziale Liquefazione $I_{PL}$
SCPTU1	4,40
CPTU1	1,07
CPTU2	4,09
CPTU3	<i>Non calcolabile</i>
CPTU4	<i>Non calcolabile</i>
CPTU5	<i>Non calcolabile</i>

Tabella 3.4 – Indice potenziale liquefazione CPTU

Considerata la presenza di suoli di categoria S2 (sabbie sature liquefacibili) e valutato che  $I_{PL}$  è maggiore di 2, si procederà nel capitolo 6 ad una analisi di risposta sismica locale.

### 3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI TERRENI GRANULARI

Dell'elaborazione completa dei cedimenti post sismici si riporta solo il risultato finale; sono stati stimati i cedimenti postsismici nei banchi sabbiosi rilevati con le tre prove penetrometriche statiche con punta elettrica SCPTU1 con rif. U23-12 spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c., CPTU1 e CPTU2 spinte entrambe fino alla profondità di -25,40 m da p.c., CPTU3 e CPTU4 spinte entrambe fino alla profondità di -8,70 m da p.c. e CPTU5 spinta fino alla profondità di -10,70 m da p.c. con rif. U136-13.

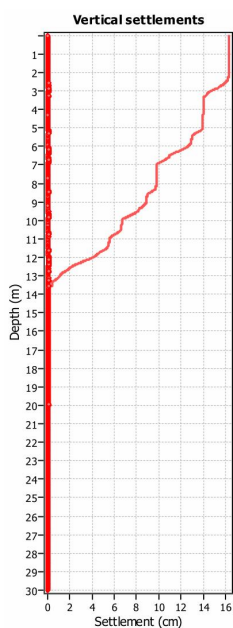


Dalle elaborazioni informatiche, si ricava che con una Magnitudo di progetto di 6.14 ed una accelerazione PGA di 0,22g, alcuni dei livelli hanno il fattore di resistenza alla liquefazione superiore a 1,25 (EC-8), determinando cedimenti post sismici nei terreni granulari per le tre prove eseguite in sito (Tabella 3.5).

CPTU	Cedimenti postsismici (cm) Mw=6,14 PGA= 0,22
SCPTU1	16,32
CPTU1	4,93
CPTU2	23,99
CPTU3	3,97
CPTU4	0,69
CPTU5	1,95

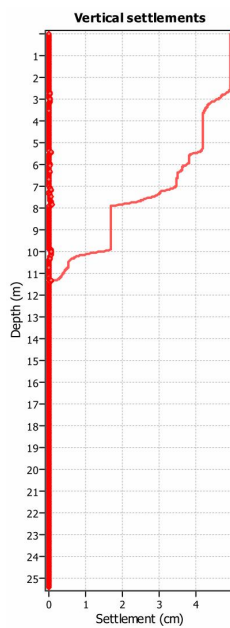
} calcolato solo alla profondità di fine prova a circa -8,6/-10,6m dal p.c.

Tabella 3.5 – Cedimenti post-sismici



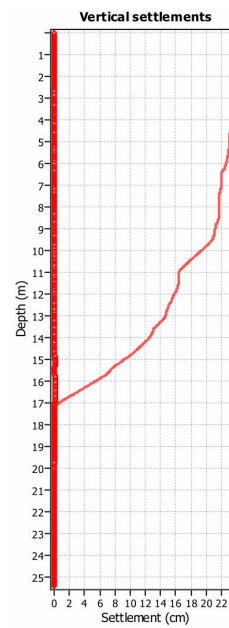
SCPTU1

**Total estimated settlement: 16.32**



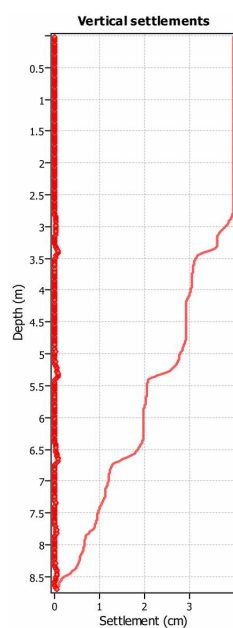
CPTU1

**Total estimated settlement: 4.93**



CPTU2

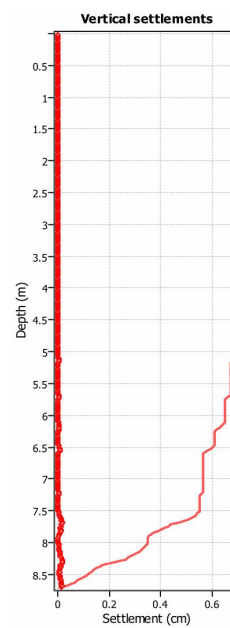
**Total estimated settlement: 23.99**



CPTU3

**Total estimated settlement: 3.97**

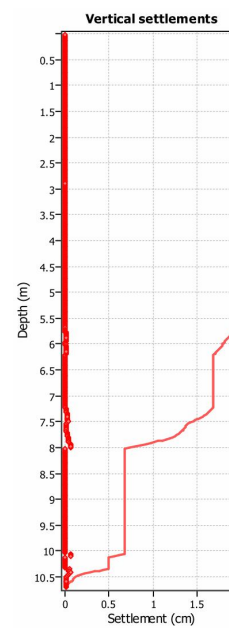
*fino a -8,6m*



CPTU4

**Total estimated settlement: 0.69**

*fino a -8,60m*



CPTU5

**Total estimated settlement: 1.95**

*fino a -10,60m*

La presenza di terreni liquefacibili con indice di potenziale di liquefazione talora attorno a 4, pur essendo moderato, può rendere necessario il ricorso a sistemi di consolidamento dei terreni di fondazione, che possono essere di tipo attivo o di tipo passivo.

Lo scrivente ritiene che in questo contesto stratigrafico e sismico, il ricorso a sistemi passivi sia sufficiente (sistemi atti a consentire la dissipazione delle sovrappressioni neutre, dovute al sisma). I sistemi passivi possono contemplare pali in ghiaia, dreni, trincee o pozzi.

In alternativa si può ricorrere anche a pali di fondazione, che oltrepassino gli orizzonti sabbiosi liquefacibili, e la cui capacità portante deve essere in grado di sostenere i carichi di progetto, senza il contributo degli strati liquefacibili.

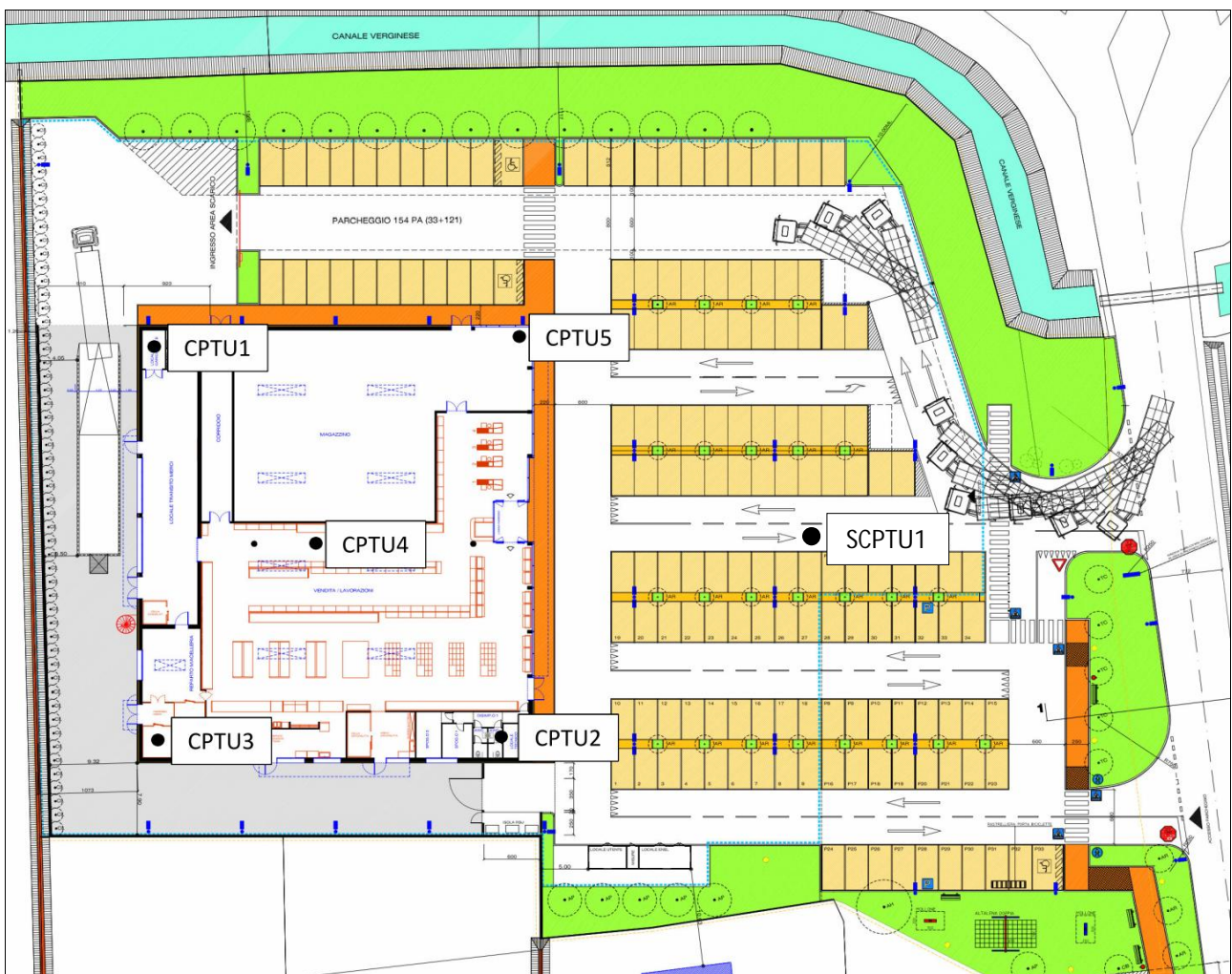
#### 4. MODELLAZIONE GEOTECNICA

Uno dei motivi di pericolosità geologica del territorio, deriva in questi luoghi, dall'interazione tra opere di fondazione e terreni compressibili, su cui le costruzioni in elevazione possono creare condizioni di instabilità del complesso opera-terreno.

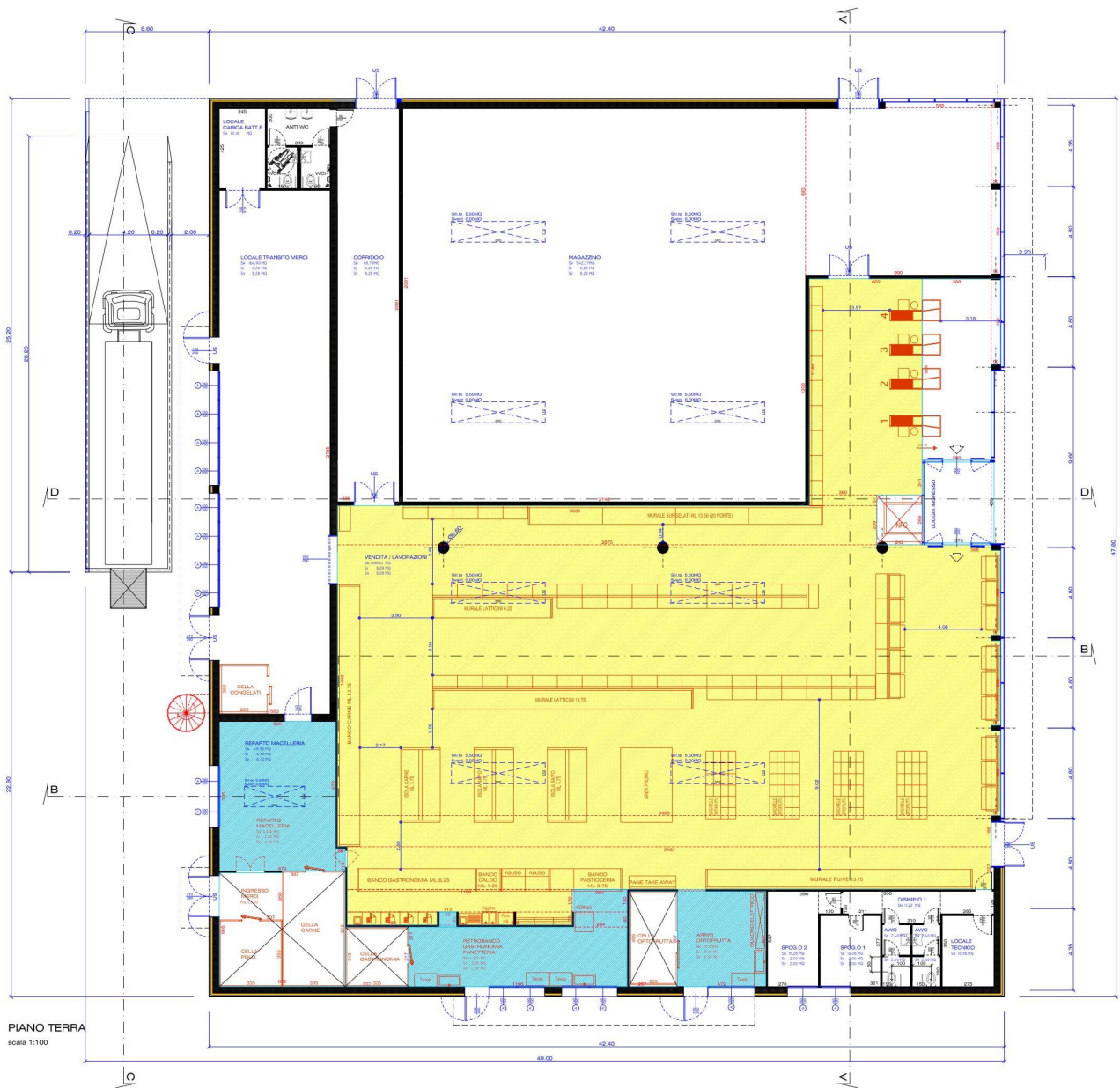
Si rende quindi necessario fare alcune valutazioni per verificare le caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione, utilizzando in via indicativa, i dati derivabili dalle indagini specifiche eseguite per la modellazione geologica.

Sono dunque state considerate le cinque prove penetrometriche statiche con punta elettrica CPTU spinte fino alla profondità di -25,40 m dal p.c. la CPTU1 e la CPTU2, a -8,70 m da p.c. la CPTU3 e la CPTU4 e a -10,70 m da p.c. la CPTU5, con *rif. U136-13*, inoltre è stata presa in considerazione la prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU1 con *rif. U23-12* spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c. effettuate sul lotto in oggetto.

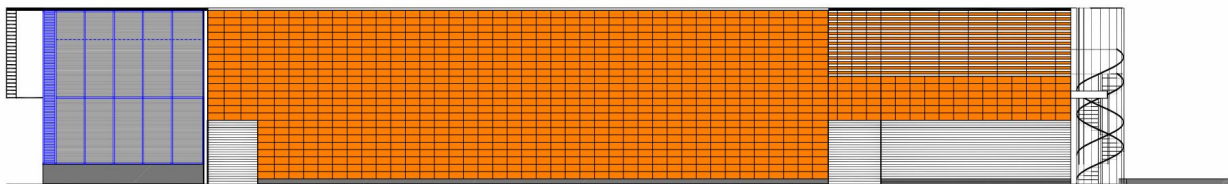
In FIGURA 4.1 viene riportata una planimetria generale del supermercato con l'ubicazione delle prove penetrometriche statiche CPTU eseguite in sito e le piante e i prospetti con stato di progetto.







PROSPETTO EST



PROSPETTO NORD

FIGURA 4.1 – Planimetria generale con ubicazione delle prove CPTU – Pianta e prospetti stato di progetto



Gli spessori di terreno sotto le fondazioni da prendere in particolare considerazione sono ricavati dalla formula di Meyerhof (1953):

$$H = 0,5 B \operatorname{tg} (45^\circ + \varphi/2)$$

dove H è la profondità a cui si spinge il cuneo di terreno solidale con la fondazione.

Inoltre vanno valutate le resistenze alla punta presenti negli spessori di terreno in cui l'incremento di carico  $\Delta q$  è superiore al 20% del carico litostatico esistente (EC-7), per la stima del cosiddetto "volume significativo".

Si stima in via del tutto preliminare il *volume significativo* nel caso di plinto delle dimensioni di 2,50 m x 2,80 m con un carico di esercizio pari a  $q_{es}=0,55 \text{ Kg/cm}^2$  (carichi forniti dallo strutturista) che risulta pari a - 4,00 m da piano fondazione (FIGURA 4.2).

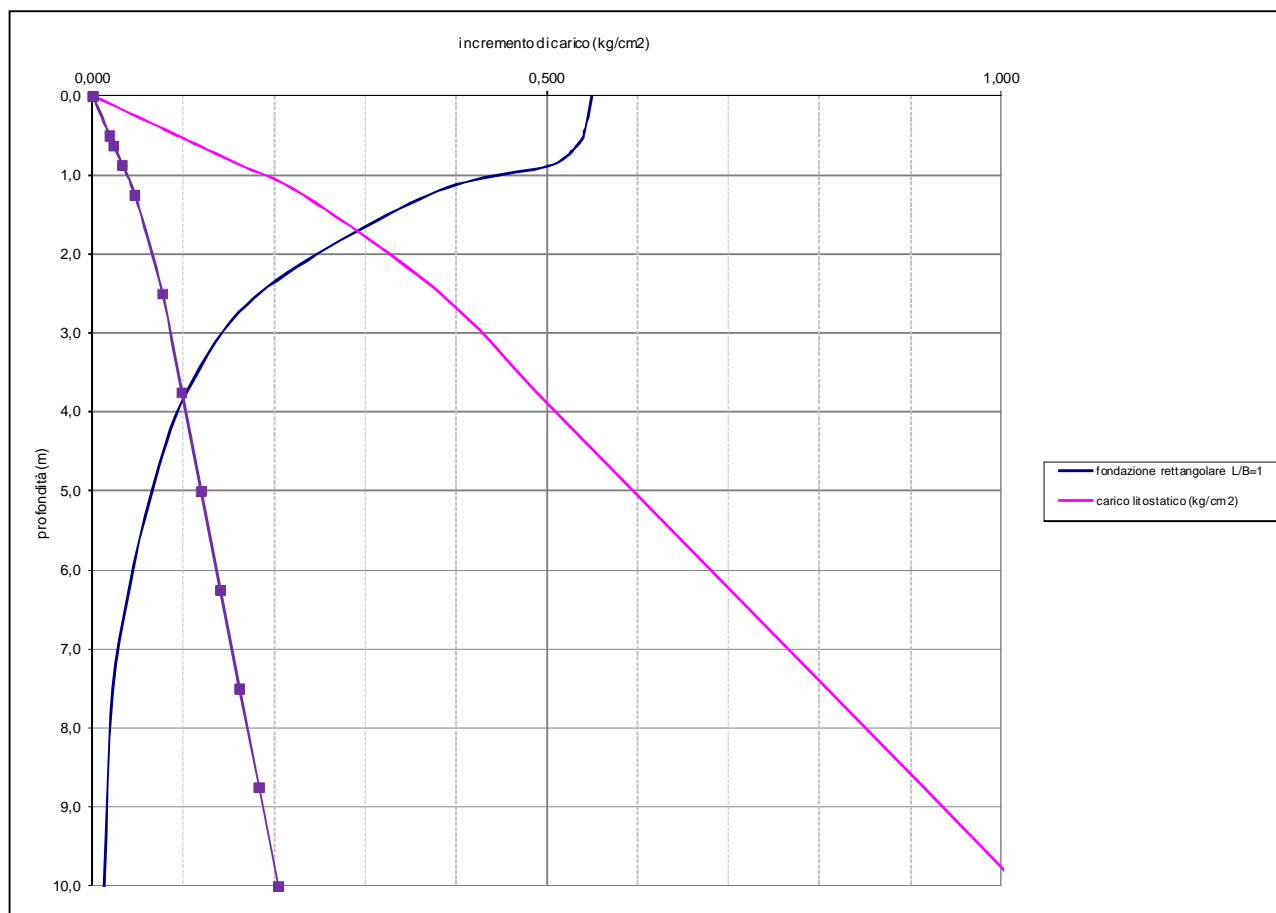


FIGURA 4.2 - Volume significativo nel caso di plinto 2,50 m x 2,80 m

#### 4.1. ACQUISIZIONE DATI CON PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

L'esecuzione delle prove penetrometriche è avvenuta con un Penetrometro Statico con punta elettrica e piezocono.

Si allegano i *diagrammi delle resistenze* dal cui confronto si possono evincere le differenze di comportamento dei terreni nei vari strati incontrati; le *interpretazioni litologiche*, in base alle valutazioni stratigrafiche fornite da Douglas-Olsen (1981), Robertson-Campanella (1983) e Olsen-Farr (1986).

Le caratteristiche geotecniche dei terreni ricavate dai risultati della penetrometria statica sono riportate in tabella *parametri geotecnici*.

Nelle tabelle viene fatta distinzione fra i terreni di natura coesiva e quelli di natura granulare.

Per i terreni di natura coesiva vengono riportati, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro qc (MPa), la resistenza laterale Fs (MPa), il peso di volume  $\gamma'$  (kN/m<sup>3</sup>), la coesione non drenata Cu (kPa), il grado di sovraconsolidazione OCR, dei moduli di deformazione non drenati Eu50 (MPa) corrispondenti rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50 e 25 %, del modulo di deformazione edometrico Mo (MPa).

Per i terreni di natura granulare vengono riportati, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro qc (MPa), la resistenza laterale Fs (MPa), la densità relativa Dr (%), dell'angolo di attrito interno efficace  $\phi'$  (°), i moduli di deformazione drenati E'25 (MPa) e del modulo di deformazione edometrico Mo (MPa).

Nella Tabella 4.1 si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con le prove penetrometriche statiche con punta elettrica CPTU con *ref. U136-13* e la prova penetrometriche statiche con punta elettrica e sismocono SCPTU con *ref. U23-12*:

Identificativo		<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA</b>																		
Emissione		<b>PARAMETRI GEOTECNICI</b>																		
Pagina		-Committente <b>Ali Spa</b> -Prova n° <b>CPTU1</b>																		
		-Cantiere <b>Ostellato Fe</b> -Data prova <b>12/11/2013</b>																		
		-Quota p.c. <b>1,10</b> m s.l.m. -Prof. preforo <b>0,00</b> m																		
		-Livello di falda <b>1,70</b> m da p.c. -Prof. finale <b>25,40</b> m																		
		MATERIALI COESIVI										MATERIALI GRANULARI								
DA	A	qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	Mo	Eu50	CR	Dr	F' DM	F' Schm.			E'25	Mo	
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m3	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)	(°)	(°)	MPa	MPa	
0,0	1,4	1,45	0,09	0,00	A	18,15	86	20	-	4,96	14,56	0,06	-	-	-	-	-	-	-	
1,4	8,0	6,65	0,03	0,02	S	20,00	-	-	-	-	-	-	61	36	36	38	41	43	16,84	26,85
8,0	9,8	0,97	0,04	0,20	A	17,50	47	3	5	3,87	22,6	0,24	-	-	-	-	-	-	-	
9,8	11,5	6,95	0,05	0,03	S	20,00	-	-	-	-	-	-	53	34	35	37	39	42	18,65	29,71
11,5	13,5	0,81	0,01	0,33	A	17,50	40	2	3	3,51	22,8	0,30	-	-	-	-	-	-	-	
13,5	20,3	1,11	0,03	0,30	A	17,50	51	2	4	4,15	28,51	0,32	-	-	-	-	-	-	-	
20,3	20,8	3,06	0,05	-0,07	SL	19,00	-	-	-	-	-	-	<20	27	28	32	35	38	8,20	13,12
20,8	22,3	1,17	0,04	0,16	A	17,50	53	1	6	4,31	31	0,36	-	-	-	-	-	-	-	
22,3	24,5	2,38	0,11	0,16	A	17,50	115	3	8	7,15	53,6	0,22	-	-	-	-	-	-	-	
24,5	25,4	1,64	0,06	0,01	A	17,50	81	2	10	5,24	45,99	0,30	-	-	-	-	-	-	-	

Identificativo	<b>U136-13</b>
Emissione	nov-13
Pagina	1 di 2

### PROVA PENETROMETRICA STATICA

<b>PARAMETRI GEOTECNICI</b>	
-Committente	<b>Ali Spa</b>
-Cantiere	<b>Ostellato Fe</b>
-Quota p.c.	<b>1,10 m s.l.m.</b>
-Livello di falda	<b>1,70 m da p.c.</b>
-Prova n°	<b>CPTU2</b>
-Data prova	<b>12/11/2013</b>
-Prof. preforo	<b>0,00 m</b>
-Prof. finale	<b>25,40 m</b>

DA	A	qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	MATERIALI COESIVI					MATERIALI GRANULARI								
							Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M <sub>0</sub>	Eu50	CR	Dr	FI' <sub>DM</sub>	FI'Schm.	E'25	M <sub>0</sub>			
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m3	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)	MPa	MPa			
0,0	1,0	1,06	0,06	0,00	A	18,15	62	20	-	3,56	9,824	0,05	-	-	-	-	-			
1,0	3,5	4,68	0,03	0,01	S	20,00	-	-	-	-	-	-	59	36	36	38	40	43	11,70	18,73
3,5	17,1	7,65	0,04	0,02	S	20,00	-	-	-	-	-	-	53	34	35	38	40	42	19,12	30,40
17,1	19,7	1,50	0,04	0,25	A	17,50	67	2	5	4,82	36,4	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-
19,7	21,5	7,76	0,06	0,00	S	20,00	-	-	-	-	-	-	41	31	33	36	38	41	20,43	30,88
21,5	25,4	2,15	0,09	0,18	A	17,50	100	2	8	6,40	50,71	0,27	-	-	-	-	-	-	-	-

Identificativo	<b>U136-13</b>
Emissione	nov-13
Pagina	1 di 1

### PROVA PENETROMETRICA STATICA

<b>PARAMETRI GEOTECNICI</b>	
-Committente	<b>Ali Spa</b>
-Cantiere	<b>Ostellato Fe</b>
-Quota p.c.	<b>1,10 m s.l.m.</b>
-Livello di falda	<b>1,80 m da p.c.</b>
-Prova n°	<b>CPTU3</b>
-Data prova	<b>12/11/2013</b>
-Prof. preforo	<b>0,00 m</b>
-Prof. finale	<b>8,70 m</b>

DA	A	qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	MATERIALI COESIVI					MATERIALI GRANULARI								
							Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M <sub>0</sub>	Eu50	CR	Dr	FI' <sub>DM</sub>	FI'Schm.	E'25	M <sub>0</sub>			
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m3	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)	MPa	MPa			
0,0	1,1	1,16	0,06	0,00	A	18,15	68	20	-	4,05	11,26	0,05	-	-	-	-	-			
1,1	8,7	6,64	0,03	0,00	S	20,00	-	-	-	-	-	-	61	36	36	38	41	43	16,93	27,09

Identificativo	<b>U136-13</b>
Emissione	nov-13
Pagina	1 di 1

### PROVA PENETROMETRICA STATICA

<b>PARAMETRI GEOTECNICI</b>	
-Committente	<b>Ali Spa</b>
-Cantiere	<b>Ostellato Fe</b>
-Quota p.c.	<b>1,10 m s.l.m.</b>
-Livello di falda	<b>1,70 m da p.c.</b>
-Prova n°	<b>CPTU4</b>
-Data prova	<b>12/11/2013</b>
-Prof. preforo	<b>0,00 m</b>
-Prof. finale	<b>8,70 m</b>

DA	A	qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	MATERIALI COESIVI					MATERIALI GRANULARI								
							Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M <sub>0</sub>	Eu50	CR	Dr	FI' <sub>DM</sub>	FI'Schm.	E'25	M <sub>0</sub>			
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m3	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)	MPa	MPa			
0,0	1,4	1,28	0,09	0,00	A	18,15	71	20	-	4,40	12,05	0,06	-	-	-	-	-			
1,4	2,1	3,12	0,05	0,04	S	20,00	-	-	-	-	-	-	48	35	35	37	39	42	8,29	13,26
2,1	8,7	7,53	0,05	0,02	S	20,00	-	-	-	-	-	-	65	37	37	39	41	43	18,92	30,18

Identificativo	<b>U136-13</b>
Emissione	nov-13
Pagina	1 di 1

## PROVA PENETROMETRICA STATICA

<b>PARAMETRI GEOTECNICI</b>	
-Committente	<b>Ali Spa</b>
-Cantiere	<b>Ostellato Fe</b>
-Quota p.c.	<b>1,10</b> m s.l.m.
-Livello di falda	<b>1,60</b> m da p.c.
-Prova n°	<b>CPTU5</b>
-Data prova	<b>12/11/2013</b>
-Prof. preforo	<b>0,00</b> m
-Prof. finale	<b>10,70</b> m

DA	A	qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	MATERIALI COESIVI						MATERIALI GRANULARI							
							Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M <sub>0</sub>	Eu50	CR	Dr	F <sub>DM</sub>	F <sub>I</sub> Schm.			E'25	M <sub>0</sub>	
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m <sup>3</sup>	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)			MPa	MPa	
0,0	1,6	1,29	0,08	0,00	A	17,50	74	20	11	4,41	12,41	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-
1,6	8,0	7,32	0,05	0,00	S	20,00	-	-	-	-	-	-	65	37	37	39	41	43	18,29	29,16
8,0	10,0	0,86	0,05	0,12	A	17,50	41	2	6	3,24	18,51	0,28	-	-	-	-	-	-	-	-
10,0	10,7	4,08	0,05	0,01	S	20,00	-	-	-	-	-	-	36	32	32	35	38	40	12,65	20,24

Coordinate UTM ED50	
CPTU1	CPTU4
0732906 m E	0732919 m E
4959472 m N	4959443 m N
CPTU2	CPTU5
0732926 m E	0732943 m E
4959415 m N	4959453 m N
CPTU3	
0732895 m E	
4959434 m N	

Identificativo	<b>f.U 23-12</b>
Emissione	ott-12
Pagina	30 di 2

## PROVA PENETROMETRICA STATICA

<b>PARAMETRI GEOTECNICI</b>	
-Committente	<b>ALÍ s.p.a.</b>
-Cantiere	<b>POC Ostellato Area ANS2 (2)</b>
-Quota p.c.	<b>-1,00</b> m s.l.m.
-Livello di falda	<b>1,80</b> m da p.c.
-Prova n°	<b>SCPTU1</b>
-Data prova	<b>10/10/2012</b>
-Prof. preforo	<b>0,00</b> m
-Prof. finale	<b>30,00</b> m

DA	A	qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	MATERIALI COESIVI						MATERIALI GRANULARI							
							Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M <sub>0</sub>	Eu50	CR	Dr	F <sub>DM</sub>	F <sub>I</sub> Schm.			E'25	M <sub>0</sub>	
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m <sup>3</sup>	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)			MPa	MPa	
0,0	1,5	2,30	0,05	0,00	A	18,15	83	20	-	5,00	14,1	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	3,1	3,42	0,02	0,03	SL	19,00	-	-	-	-	-	-	44	35	34	37	39	41	8,64	13,83
3,1	13,4	7,57	0,03	0,04	S	20,00	-	-	-	-	-	-	57	35	36	38	40	42	19,07	30,34
13,4	20,0	1,06	0,03	0,42	A	17,50	45	2	3	3,94	25,38	0,36	-	-	-	-	-	-	-	-
20,0	21,3	6,40	0,06	-0,01	S	20,00	-	-	-	-	-	-	31	30	32	35	37	40	16,53	25,86
21,3	30,0	1,95	0,08	0,44	A	17,50	86	2	4	5,70	46,7	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabella 4.1 – Parametri geotecnici

Nell'area è stata rilevata la quota della superficie di falda all'interno del foro di esecuzione della prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU1, CPTU2, CPTU3, CPTU4 e CPTU5 con rif. U136-13 e SCPTU1 con rif. U23-12. La quota di falda delle prove svolte è riportata di seguito.



Prova Penetrometrica	Data	Livello freatico (m da p.c.)
CPTU1	12/11/2013	1,70
CPTU2	12/11/2013	1,70
CPTU3	12/11/2013	1,80
CPTU4	12/11/2013	1,70
CPTU5	12/11/2013	1,60
SCPTU1	10/10/2012	1,80

Il livello freatico potrebbe oscillare rispetto ai valori riscontrati in tal giorno, solo un monitoraggio di un anno idrogeologico permetterebbe di valutare le oscillazioni stagionali di queste quote.

Le prove penetrometriche statiche eseguite su terreni fuori falda non sono sempre attendibili per i riconoscimenti litologici e per l'attribuzione dei relativi parametri geotecnici; i terreni rilevati in sito sono soggetti a cambiamenti di resistenza al taglio dovuti ai cambi di umidità stagionali; i terreni rilevati nel primo metro e mezzo circa da p.c. sembrerebbero di origine coesiva sovraconsolidati per essiccamento.

## 4.2. FONDAZIONI SUPERFICIALI

### 4.2.1. CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE Rd

#### PLINTO

*Benché le fondazioni siano strutturate come un reticolo di travi, si analizzano i plinti di fondazione previsti al di sotto dei pilastri più caricati, posti al centro del fabbricato.*

*Si riportano i calcoli nel caso di un plinto di fondazione delle dimensioni di 2,50 m x 2,80 m; la profondità di posa è di circa -1,00 m dal p.c.; il peso di volume sopra falda è di 1,85 t/m<sup>3</sup>, mentre il peso di volume sotto falda è 0,90 t/m<sup>3</sup>; le accelerazioni attese sono, come calcolato, 0,149g e l'amplificazione è 1,47; la coesione è stata scelta conservativamente pari a 0,00 t/m<sup>2</sup>, mentre l'angolo di attrito dei terreni è scelto conservativamente pari a 30°, rappresentativa dello strato sabbioso più superficiale rilevato con le prove.*

Le azioni del carico orizzontale H e dei conseguenti momenti M non sono stati considerati, in quanto questo studio è preliminare alla progettazione strutturale. Il Progettista delle strutture farà poi le valutazioni del caso con i dati di input corretti. In fase esecutiva lo scrivente rimane comunque a disposizione per affiancare il progettista negli approfondimenti, qualora necessari.

*Si riportano i calcoli:*

- *per l'approccio tradizionale, con il calcolo del carico ultimo e del carico di sicurezza, ottenuto applicando il fattore di sicurezza prescritto  $F=3$  (D.M. 11/03/1988);*
- *per l'Approccio 1, combinazione M1+R1 (D.M. 14/01/2008)*
- *per l'Approccio 1, combinazione M2+R2 (D.M. 14/01/2008)*
- *per l'Approccio 2, combinazione M1+R3 (D.M. 14/01/2008)*

*Il progettista valuterà le varie combinazioni sulle azioni per verificare ogni volta che saranno inferiori alle resistenze del sistema.*

Si riportano ora le formule adottate per il calcolo:

**Brinch-Hansen**

**Verifica di Capacità Portante**

Effetti inerziali: fattori correttivi z

$$q_{ult} = \frac{1}{2} \gamma' B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q$$

$$z_q = z_{\gamma} = \left(1 - \frac{k_h}{tg\phi}\right)^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0,32 k_h$$

$$k_h = \frac{S \cdot d_E}{g}$$

**Fattori di capacità portante:**

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q - 1) \tan \phi$$

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 (45^\circ + \phi / 2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot g \phi'$$

**Fattori di forma:**

$$s_q = 1 + (B'/L') \cdot \sin \phi'$$

$$s_{\gamma} = 1 - 0,3 \cdot (B'/L')$$

$$s_c = \frac{(s_q \cdot N_q - 1)}{(N_q - 1)}$$

**Inclinazione della base della fondazione**

$$b_q = b_{\gamma} = (1 - \alpha \cdot \tan \phi')^2$$

$$b_c = b_q - \frac{(1 - b_q)}{N_c} \cdot \tan \phi'$$

**Fattori di inclinazione del carico:**

$$i_q = [1 - H/(V + A' \cdot c' \cdot \cot \phi')]^m$$

$$i_{\gamma} = [1 - H/(V + A' \cdot c' \cdot \cot \phi')]^{m+1}$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / N_c \cdot \tan \phi'$$

$$m = [2 + (B'/L')] / [1 + (B'/L')]$$

H in direzionedi B

R. Meriggi - Dip. Georisorse e Territorio, Univ. di Udine

Per i terreni coesivi, la formula da utilizzare diventa:

Hansen (i fattori di forma, profondità, ecc., sono riportati in Tabella 4.5)

Caso generale:  $q_{ult} = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + \bar{q} N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0,5 \gamma B N_{\gamma} s_{\gamma} d_{\gamma} i_{\gamma} g_{\gamma} b_{\gamma}$

Se  $\phi = 0$

usare  $q_{ult} = 5,14 s_u (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + \bar{q}$  ←

$N_q =$  come per la formula di Meyerhof (vedi sopra)  
 $N_c =$  come per la formula di Meyerhof (vedi sopra)  
 $N_{\gamma} = 1,5(N_q - 1) \tan \phi$

I parametri  $s'_c$ ,  $d'_c$ ,  $i'_c$ ,  $b'_c$  e  $g'_c$  vengono calcolati con le formule di seguito riportate:

**Tabella 4.5** Fattori di forma, profondità, inclinazione del carico, inclinazione del terreno e inclinazione del piano di posa della fondazione che compaiono nelle formule per il calcolo della capacità portante di Hansen (1970) e Vesic (1973) (vedi Tabella 4.1). Le espressioni dei fattori valgono per entrambe le formule, tranne quelli contraddistinti dagli indici (H) e (V). Quando  $\phi = 0$ , si usino i fattori contraddistinti da un apice.

Fattori di forma	Fattori di profondità	Fattori di inclinazione del carico	Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio)
$s'_c = 0,2 \cdot \frac{B}{L}$	$d'_c = 0,4k$	$i'_{c(H)} = 0,5 - 0,5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$	$g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B}{L}$	$d_c = 1 + 0,4k$	$i'_{c(V)} = 1 - \frac{mH}{A_f c_a N_c}$	per Vesic, usare $N_{\gamma} = -2 \sin \beta$ se $\phi = 0$
$s_c = 1$ per fondazioni nastriformi		$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$ (Hansen e Vesic)	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \frac{3}{4} k)$		$g_{q(H)} = g_{q(V)} = (1 - 0,5 \tan \beta)^\beta$
$s_{\gamma} = 1 - 0,4 \cdot \frac{B}{L}$	$d_{\gamma} = 1,00$ per qualsiasi $\phi$	$i_{q(H)} = \left(1 - \frac{0,5H}{V + A_f c_a \cot \phi}\right)^5$	$g_{q(V)} = g_{q(H)} = (1 - \tan \beta)^2$
	$k = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \leq 1$ $k = \tan^{-1} \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} > 1$ (rad)	$i_{q(V)} = \left(1 - \frac{H}{V + A_f c_a \cot \phi}\right)^m$	<b>Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)</b>
			$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$
			$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$
<b>Dove:</b> $A_f$ è l'area efficace della fondazione ( $B' \times L'$ ) $c_a$ è l'aderenza alla base, pari alla coesione o a una sua frazione propria $D$ è la profondità della fondazione nel terreno (da usarsi con $B$ e non con $B'$ ) $e_p, e_f$ rappresentano l'eccentricità del carico rispetto al centro della fondazione $H$ è la componente orizzontale del carico trasmesso dalla fondazione, con $H \leq V \tan \delta + c_a A_f$ $V$ è il carico verticale totale sulla fondazione $\beta$ è l'inclinazione del pendio, positiva se diretta verso il basso $\delta$ è l'angolo d'attrito tra terreno e fondazione; per fondazioni in calcestruzzo, di solito si assume $\delta = \phi$ $\eta$ è l'inclinazione del piano di fondazione sull'orizzontale, positiva verso l'alto come generalmente avviene	$i_{q(H)} = \left(1 - \frac{0,7H}{V + A_f c_a \cot \phi}\right)^5$ ( $\eta = 0$ ) $i_{q(H)} = \left(1 - \frac{(0,7 - \eta^\circ/450)H}{V + A_f c_a \cot \phi}\right)^5$ ( $\eta > 0$ ) $i_{q(V)} = \left(1 - \frac{H}{V + A_f c_a \cot \phi}\right)^{m+1}$	$b_{q(H)} = \exp(-2\eta \tan \phi)$ $b_{q(V)} = \exp(-2,7\eta \tan \phi)$ $b_{q(V)} = b_{q(H)} = (1 - \eta \tan \phi)^2$	
<b>Regole generali:</b> 1. Non usare $s_{\gamma}$ assieme a $i_{\gamma}$ . 2. Si può usare $s_{\gamma}$ assieme a $d_{\gamma}$ , $g_{\gamma}$ e $b_{\gamma}$ . 3. Se $L/B \leq 2$ , usare $\phi_{tr}$ (valore dell'angolo d'attrito in condizioni di sforzo triassiale) Se $L/B > 2$ , usare $\phi_{ps} = 1,5\phi_{tr} - 17^\circ$ (valore dell'angolo di attrito in condizioni di deformazione piana) Se $\phi \leq 34^\circ$ assumere $\phi_{ps} = \phi_{tr}$	$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$ H parallelo a B $m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B}$ H parallelo a L		<b>Note:</b> $\beta + \eta \leq 90^\circ$ $\beta \leq \phi$
		<b>Nota:</b> $i_q, i_{\gamma} > 0$	

Sostituendo con i parametri sitospecifici, si ottiene:

**CALCOLO CAPACITA' PORTANTE BRICH-HANSEN (1970)**

**Rd=0,5 g' B Ng Sg ig bg zg + c' Nc Sc dc ic bc zc + q' Nq Sq dq iq bq zq**

profondità falda da p.c.	1,7	m da p.c.
Carico normale permanente N =	37	tonn
Carico normale accidentale N =	3	tonn
Carico orizzontale H =	0	tonn
Momento M =	0	tonn x m

profondità di posa Df =	1	m
coesione cu =	0,0	tonn/mq
coesione corretta	0,0	tonn/mq
angolo attrito =	30,0	° gradi
angolo corretto	24,8	° gradi
peso di volume sotto =	1,9	tonn/mc
peso volume sopra =	1,85	tonn/mc
accelerazione di zona=	0,149	g
amplificazione S=	1,47	
coeff. di riduz. acc. sism b =	0,28	
Lunghezza L =	2,80	m
larghezza B=	2,50	m
B da eccentricità =	2,50	m

	M2	M1
Ng=	8,71	20,09
Nc=	20,42	30,14
Nq=	10,43	18,40

ig=	1,00	1,00
iq=	1,00	1,00
ic=	1,00	1,00

Sg=	0,73	0,73
Sq=	1,37	1,45
Sc=	1,41	1,47

bg=bc=bq=	1,00	1,00
gg=gC=gq=	1,00	1,00

dq =	1,12	1,12
dc=	1,16	1,16

zg=	0,95	0,96
zq=	0,95	0,96
zc=	0,98	0,98

q'=g\*D= 1,85 t/m<sup>2</sup>

**Rd=0,5 g' B Ng Sg ig bg zg + c' Nc Sc dc ic bc zc + q' Nq S**

**Inclinazione della base della fondazione**

$$b_q = b_r = (1 - \alpha \cdot \tan \phi)^2$$

$$b_c = b_q \cdot \frac{(1 - b_q)}{N_c} \cdot \tan \phi'$$

**Fattori di inclinazione del carico:**

$$i_q = [1 - H / (V + A \cdot c' \cdot \cot \phi)]^m$$

$$i_r = [1 - H / (V + A \cdot c' \cdot \cot \phi)]^{m+1}$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / N_c \cdot \tan \phi'$$

$$m = [2 + (B' / L')] / [1 + (B' / L')]$$

H in direzioni di B

$$z_q = z_r = (1 - \frac{k_b}{\tan \phi})^{0,35}$$

$$z_c = 1 - 0,32 k_b$$

$$k_b = \frac{S \cdot a_r}{g}$$

**Fattori di capacità portante:**

$$N_r = 2 \cdot (N_q - 1) \tan \phi$$

$$N_q = e^{2,34 \phi} \tan^2 (45^\circ + \phi / 2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi'$$

**Fattori di forma:**

$$s_q = 1 + (B' / L') \cdot \sin \phi'$$

$$s_r = 1 - 0,3 \cdot (B' / L')$$

$$s_c = \frac{(s_q \cdot N_q - 1)}{(N_q - 1)}$$

$$\text{se } \phi = 0 \Rightarrow d_c = 0,4k$$

$$\text{se } \phi \neq 0 \Rightarrow d_c = 1 + 0,4k$$

$$d_q = 1 + 2r \phi (1 - \text{sen } \phi)^2 k$$

$$d_r = 1$$

$$\text{se } \frac{D_f}{B'} \leq 1 \Rightarrow k = \frac{D_f}{B'}$$

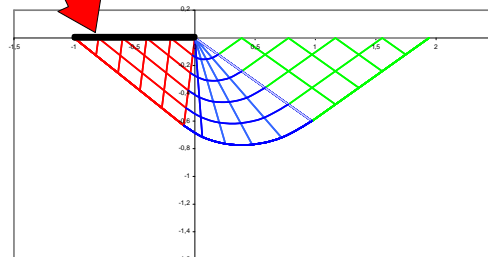
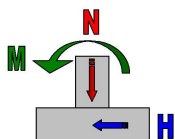
$$\text{se } \frac{D_f}{B'} > 1 \Rightarrow k = \text{tg}^{-1} \left( \frac{D_f}{B'} \right)$$

Tabella 7.11.1 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

C7.11.5.3.1

CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617

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



soluzione di Prandtl Nc=2+p=5,14

carico di esercizio = 5,71 tonn/mq

Fattore di sicurezza	capacità portante di sicurezza=	tonn/nM. 11/03/1988			
Approccio tradizionale	carico di sicurezza q.sic = 28,80 t/m <sup>2</sup>		Rd= 201,60 tonn	Ed= 40,00 tonn	VERIFICATO
F=3					
Approccio 1					
combinazione A1+M1+R1					
G <sub>F</sub> =1,00 G <sub>R</sub> =1	capacità portante M1+R1= 86,40 t/m <sup>2</sup>		Rd= 604,80 tonn	Ed= 52,6 tonn	VERIFICATO
combinazione A2+M2+R2					
G <sub>F</sub> =1,25 G <sub>R</sub> =1,8	capacità portante M2+R2= 23,77 t/m <sup>2</sup>		Rd= 166,39 tonn	Ed= 40,9 tonn	VERIFICATO
Approccio 2					
combinazione A1+M1+R3					
G <sub>F</sub> =1,00 G <sub>R</sub> =2,3	capacità portante M1+R3= 37,57 t/m <sup>2</sup>		Rd= 262,96 tonn	Ed= 52,6 tonn	VERIFICATO

Nel caso di plinto di fondazione delle dimensioni di 2,5m x 2,8m caricato 0,55 Kg/cm<sup>2</sup> si ottiene una verifica positiva per l'approccio tradizionale e per tutti gli approcci secondo il nuovo D.M. 14/01/2008.

Nel calcolo della capacità portante, non è stato considerato l'effetto delle forze orizzontali generate dal sisma e agenti sulla struttura.

Cedimenti

Il calcolo dei cedimenti S viene esteso alla profondità in cui l'incremento di carico indotto dalla costruzione non è più significativo; le ipotesi di partenza per l'esecuzione di tali calcoli sono:

- Consolidazione monodimensionale (schema edometrico)

- Tensioni verticali nel sottosuolo secondo la teoria dell'elasticità (Boussinesq)
- Modulo edometrico  $M_o = \alpha R_p$  (si veda la legenda allegata)

Le teorie adottate per i calcoli dei cedimenti derivano dalla correlazione tra la resistenza alla punta ricavata con le CPT ed il modulo di deformazione elastico.

Si riporta la Tabella 4.2 di riferimento tratta dal testo "Fondazioni", Bowles (1995).

Il calcolo viene condotto per strati successivi di spessore  $H = 20\text{cm}$ , valutando per ognuno la tensione verticale  $\sigma_v$  al centro della superficie di carico ed il relativo valore di  $M_o$  secondo la formula:

$$S = n \sum [ h \times (D\sigma'_v / M_o) ]$$

Dove  $n$  è un coefficiente riduttivo funzione della rigidezza.

Il carico di sicurezza  $q_{\text{sic}}$  induce dei cedimenti, che vanno valutati se ammissibili per la struttura di progetto.

Se non sono ammissibili occorre ridurre il carico di esercizio ad un valore chiamato carico ammissibile  $q_{\text{amm}}$ .

Per alcuni autori (Skempton e MacDonald, 1955) i valori massimi dei cedimenti tollerabili sono:

- travi continue, plinti:  $S_{\text{max}}=3,8\text{ cm}$  (sabbie)  $S_{\text{max}}=6,3$  (argille)
- platee di fondazione:  $S_{\text{max}}=5,0\text{ cm}$  (sabbie)  $S_{\text{max}}=8,2$  (argille)

**Tabella 5.5** Equazioni per ricavare il modulo sforzi-deformazioni  $E_s$  dai risultati di prove in situ. Le relazioni seguenti forniscono  $E_s$  in kPa partendo da risultati di SPT e nelle stesse unità di  $q_c$  partendo da risultati di CPT. I valori di  $N$  dovrebbero essere considerati come  $N_{55}$  e non come  $N_{70}$ .

Terreno	SPT	CPT
Sabbia (normalmente consolidata)	$E_s = 500(N + 15)$ $E_s = (15\,000 + 22\,000) \ln N$ $E_s^{(1)} = (35\,000 + 50\,000) \log N$	$E_s = 2 + 4q_c$ $E_s^{(1)} = (1 + D^2)q_c$
Sabbia (satura)	$E_s = 250(N + 15)$	
Sabbia (sovracconsolidata)	$E_s^{(2)} = 18\,000 + 750N$ $E_{s(\text{OCR})} = E_{s(\text{nc})} (\text{OCR})^{1/2}$	$E_s = 6 + 30q_c$
Sabbia ghiaiosa e ghiaia	$E_s = 1200(N + 6)$ $E_s = 600(N + 6) \quad N \leq 15$ $E_s = 600(N + 6) + 2000 \quad N > 15$	
Sabbia argillosa	$E_s = 320(N + 15)$	$E_s = 3 + 6q_c$
Sabbia limosa	$E_s = 300(N + 6)$	$E_s = 1 + 2q_c$
Argilla soffice	—	$E_s = 3 + 8q_c$
Argilla	Utilizzando resistenza a taglio non drenata $s_u$ , nelle unità di $s_u$ $I_p > 30$ o organica $I_p < 30$ o rigida $E_{s(\text{OCR})} = E_{s(\text{nc})} (\text{OCR})^{1/2}$	$E_s = 100 - 500s_u$ $E_s = 500 - 1500s_u$

(1) Vesic (1970).  
(2) Formula proposta dall'autore a partire da un diagramma riportato da D'Appolonia et al. (1970).  
(3) URSS: il valore di  $N$  può non essere standard.  
Fonti generali: *European Conference on Standard Penetration Testing* (1974), vol. 2.1, pp. 150-151; CGJ, novembre 1983, pp. 726-737; *Use of In Situ Tests in Geotechnical Engineering*, ASCE (1986), p. 1173; Mitchel e Gardner (1975).

Tabella 4.2 - Scelta dei parametri di correlazione tra  $R_p$  e Modulo di deformazione elastico.

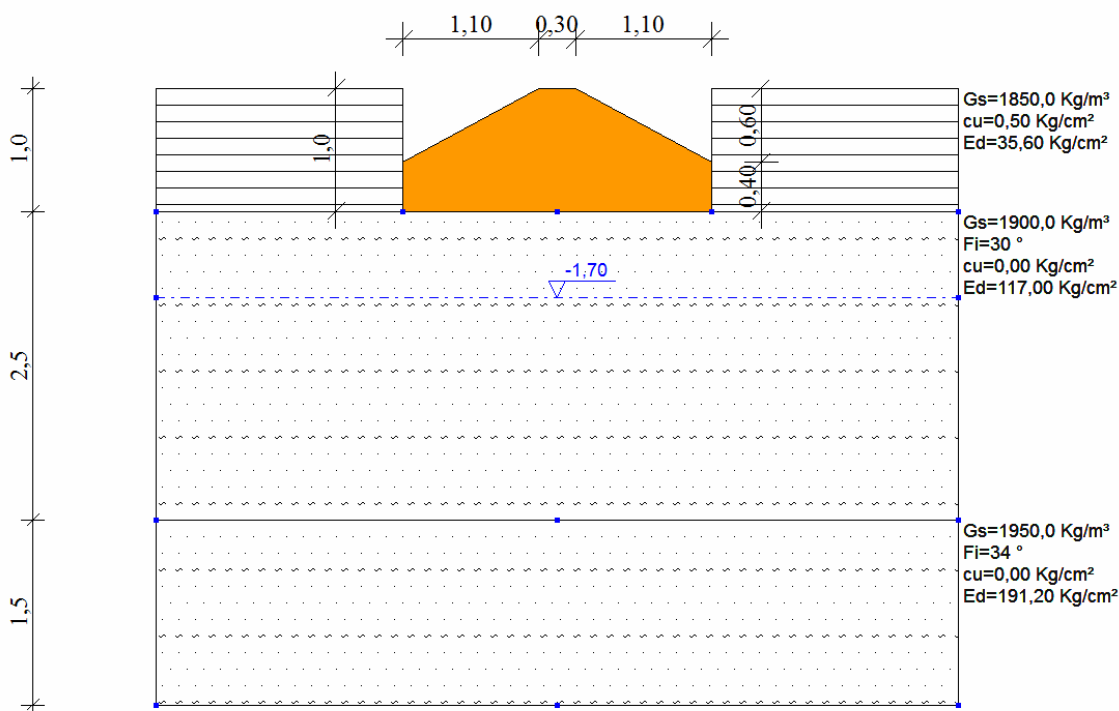
La stratigrafia della prova e le caratteristiche della fondazione sono state inserite in apposito programma per il calcolo dei cedimenti (LoadCap).

Successivamente viene riportata la suddivisione in strati pseudo-omogenei per il calcolo dei cedimenti all'interno del volume significativo per il plinto.

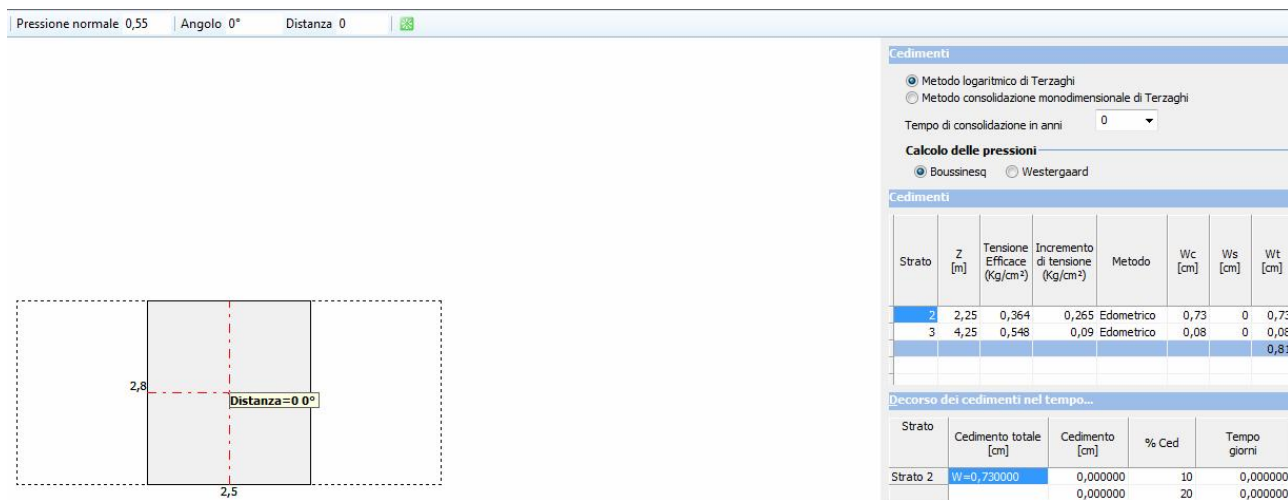
Stratigrafia												
Nr. Stratigrafie...		Stratigrafia Nr. 1			Descrizione Stratigrafia Nr. 1							
N°	DB Terr.	Hs (m)	Gk (Kg/m³)	Gk Saturo (Kg/m³)	Fik (°)	ck (Kg/cm²)	cuk (Kg/cm²)	Eyk (Kg/cm²)	Edk (Kg/cm²)	Dati aggiuntivi	Texture	Descrizione
1		1,00	1850,0	1850,0	0	0,0	0,5	0,0	35,6		—	argilla
2		2,50	1850,0	1900,0	30	0,0	0,0	0,0	117,0		. . .	sabbia
3		1,50	1900,0	1950,0	34	0,0	0,0	0,0	191,2		. . .	sabbia



Successivamente viene riportato il modello fondazionale inserito nel contesto stratigrafico locale.



Successivamente vengono stimati con il software di calcolo i cedimenti attesi per la CPTU2 per una pressione media di  $q_{es} = 0,55 \text{ kg/cm}^2$  per il plinto di fondazione.



Nella Tabella 4.3, si riporta il valore dei cedimenti per il carico di esercizio calcolato con il metodo tradizionale per la CPTU2 con rif U136-13.

CPTU2 12/11/2013 Falda = -1,70 m	$q_{es}$ (Kg/cm²)	Cedimenti S (cm)	Prof. di posa delle fondazioni Df (m dal p.c.)	Volume significativo Hc (m da p.c.)
Plinto 2,50 m x 2,80 m	0,55	0,81	-1,00	-5,00

Tabella 4.3 – Carico di esercizio e cedimento corrispondente, CPTU2

Sarà responsabilità del progettista delle strutture valutare l'entità corretta e precisa dei carichi da applicare e verificare l'ammissibilità dei cedimenti conseguenti. Si consideri che per la natura deposizionale dei terreni alluvionali della pianura padana, caratterizzati da frequenti oscillazioni verticali ed orizzontali delle

caratteristiche di compressibilità, i valori dei cedimenti proposti vanno considerati come ordine di grandezza, passibili di scarti anche di  $\pm 30\%$ .

Con le indagini geognostiche non si indagano tutti i punti sotto il sedime dei fabbricati di progetto. Quindi, in fase di esecuzione degli scavi, vista la disomogeneità riscontrata nei primi metri di profondità, per la realizzazione delle fondazioni, è bene che la direzione lavori verifichi la coerenza tra ciò che emerge nelle trincee di scavo con quanto rilevato e previsto nella relazione geologica.

## 5. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

La funzione di amplificazione di un sito fornisce una chiara ed efficace rappresentazione dell'effetto "filtrante" di un deposito di terreno sulle onde sismiche. Essa mette in evidenza in quale campo di frequenze la presenza del terreno può indurre effetti significativi di amplificazione del moto sismico incidente o, viceversa, se tali effetti possano addirittura tradursi in un'attenuazione delle ampiezze in superficie.

La conoscenza della sola funzione di amplificazione non è comunque sufficiente per determinare le caratteristiche del moto sismico alla superficie di un deposito. In termini applicativi, scopo finale di un'analisi di risposta sismica locale è infatti quello di disporre di uno spettro di risposta dell'accelerazione (associato ad un terremoto presunto ed ad un dato fattore di smorzamento strutturale), che includa realisticamente l'effetto di amplificazione del sottosuolo. Ciò premesso la funzione di amplificazione (o meglio la funzione di trasferimento) rappresenta comunque un indispensabile elemento per determinare il moto in superficie. Si riporta di seguito lo schema del processo che porta alla determinazione del moto sismico alla superficie di un deposito di terreno su basamento roccioso, a cui è applicata l'eccitazione sismica rappresentata, anziché da un'onda armonica stazionaria, da un moto irregolare come nel caso di un sisma reale.

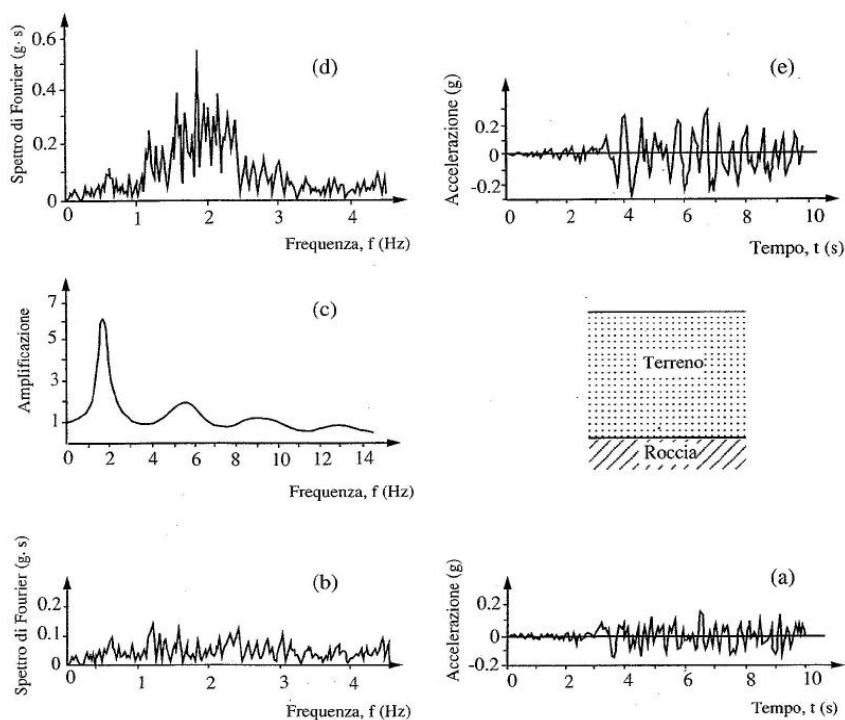
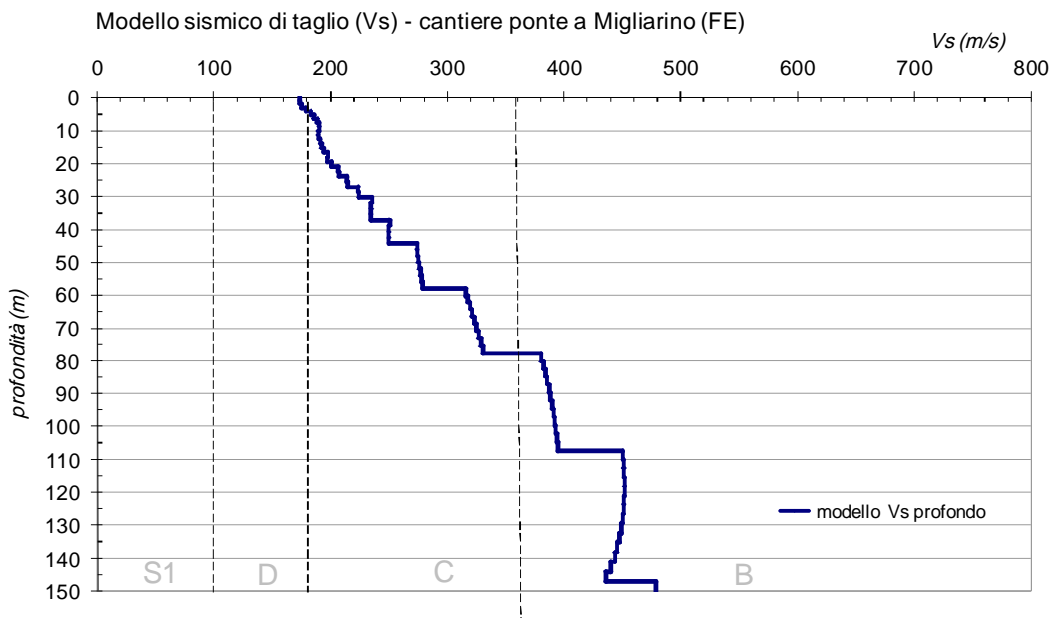
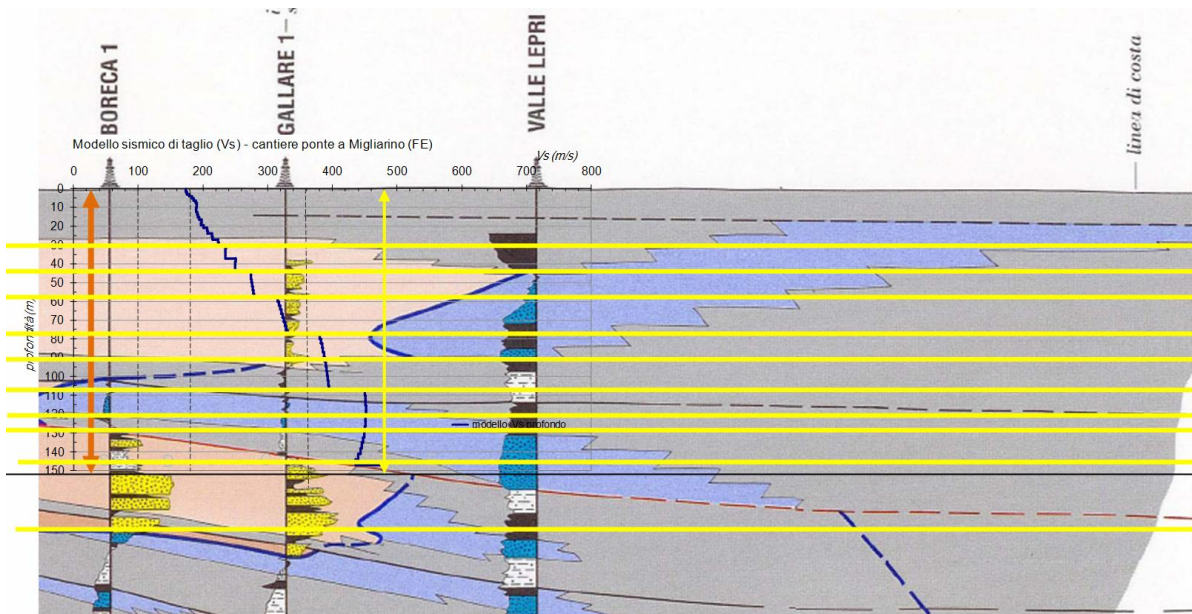


Fig. 4.1. Schema di calcolo della risposta di un banco omogeneo eccitato da un segnale sismico.

Nel caso allo studio è stata ricostruita la sequenza stratigrafica fino al bed-rock sismico, attribuendo ad ogni strato i valori di peso di volume, di  $V_s$  e attribuendo delle curve di decadimento del modulo  $G_0$  espresse come rapporto  $G/G_0$  in funzione dello sforzo di taglio e delle curve di smorzamento  $D$  sempre in funzione del diverso stato di sforzo di taglio. Tali curve sono state ricavate dai lavori svolti dal prof. Johan Facciorusso per la Regione Emilia Romagna a San Carlo e a Mirabello; alcune curve derivano da prove di colonna risonante fatte eseguire dallo scrivente su terreni di Dosso e di Bondeno.

Il modello stratigrafico ed il modello di  $V_s$  viene riportato nelle seguenti tabelle:



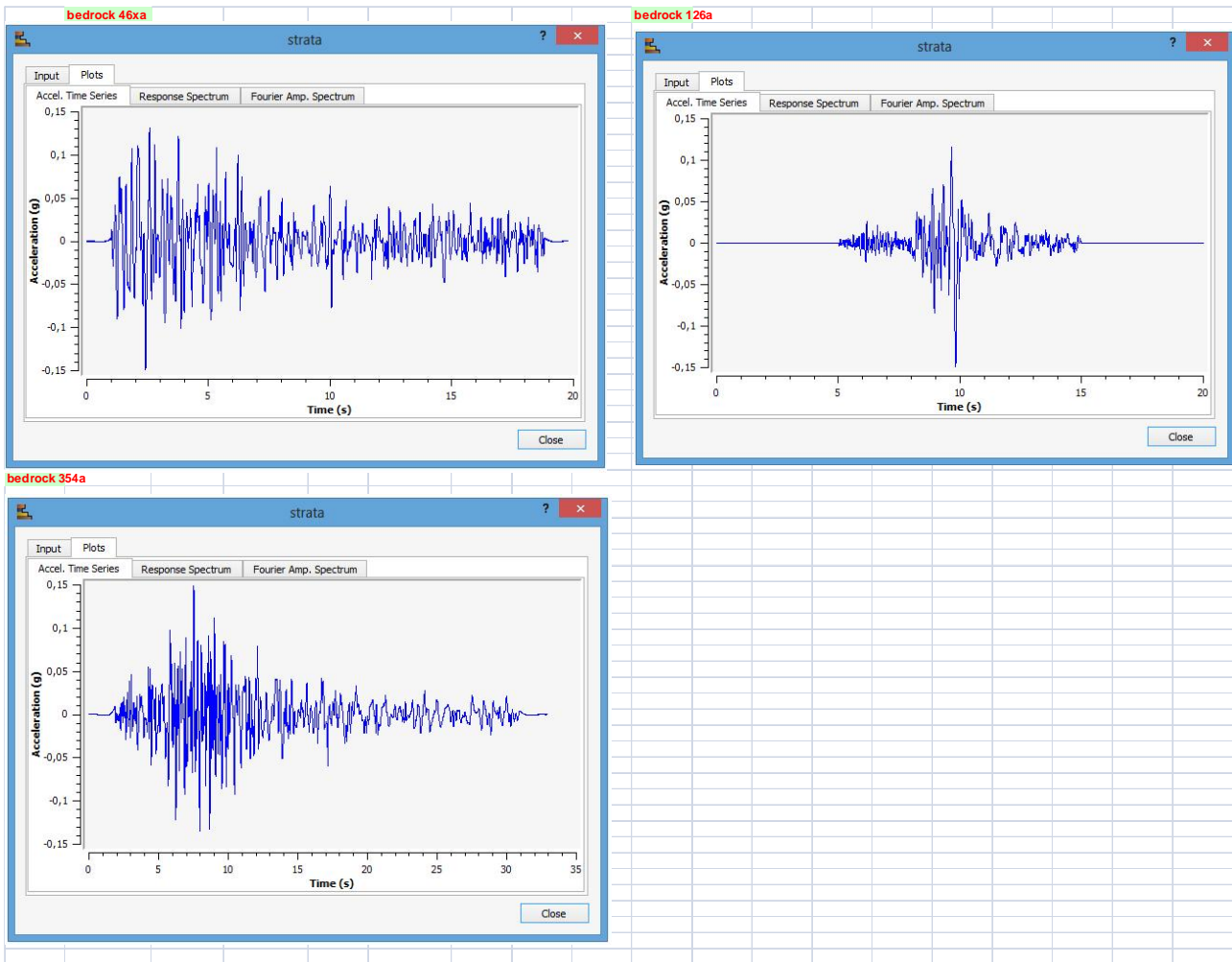
I dati di Vs nei primi 30 metri sono ricavati dalla prova SCPTU eseguita in sito, mentre il profilo di Vs in profondità fino a 150m è ricavato da una prova ESCA fatta eseguire dallo scrivente a Migliarino (FE).



Name	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1 1	17.50	Ost 2 Dosso AL	Ost 2 Dosso AL	
2 2	19.00	Ost 5 Dosso SL	Ost 5 Dosso SL	
3 3	17.50	M1C2	M1C2	
4 4	18.00	M1C3	M1C3	
5 5	19.50	Ost 5 Dosso SL	Ost 5 Dosso SL	
6 6	18.00	M1C3	M1C3	
7 7	18.50	Ost 6 Dosso A	Ost 6 Dosso A	
8 8	19.00	Ost 6 Dosso A	Ost 6 Dosso A	
9 9	20.00	S10C2	S10C2	
10 10	20.00	S10C2	S10C2	
11 11	20.50	Idriss (1990), Sand	Idriss (1990), Sand	
12 12	20.50	Idriss (1990), Sand	Idriss (1990), Sand	
13 13	20.00	Idriss (1990), Clay	Idriss (1990), Clay	
14 14	20.00	Idriss (1990), Sand	Idriss (1990), Sand	
15 15	19.00	Idriss (1990), Clay	Idriss (1990), Clay	
16 16	20.50	Idriss (1990), Sand	Idriss (1990), Sand	
17 17	21.00	Idriss (1990), Sand	Idriss (1990), Sand	
18 18	21.00	Idriss (1990), Sand	Idriss (1990), Sand	

Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1 0.00	3.30	1	173.00
2 3.30	9.90	2	183.00
3 13.20	4.80	3	143.00
4 18.00	2.00	4	168.00
5 20.00	1.20	5	195.00
6 21.20	1.50	6	185.00
7 22.70	6.00	7	224.00
8 28.70	2.30	8	245.00
9 31.00	14.00	9	245.00
10 45.00	13.00	10	280.00
11 58.00	20.00	11	322.00
12 78.00	14.00	12	382.00
13 92.00	16.00	13	394.00
14 108.00	13.00	14	452.00
15 121.00	9.00	15	448.00
16 130.00	16.00	16	440.00
17 146.00	14.00	17	480.00
18 160.00	30.00	18	600.00
19 190.00	Half-Space	Bedrock	800.00

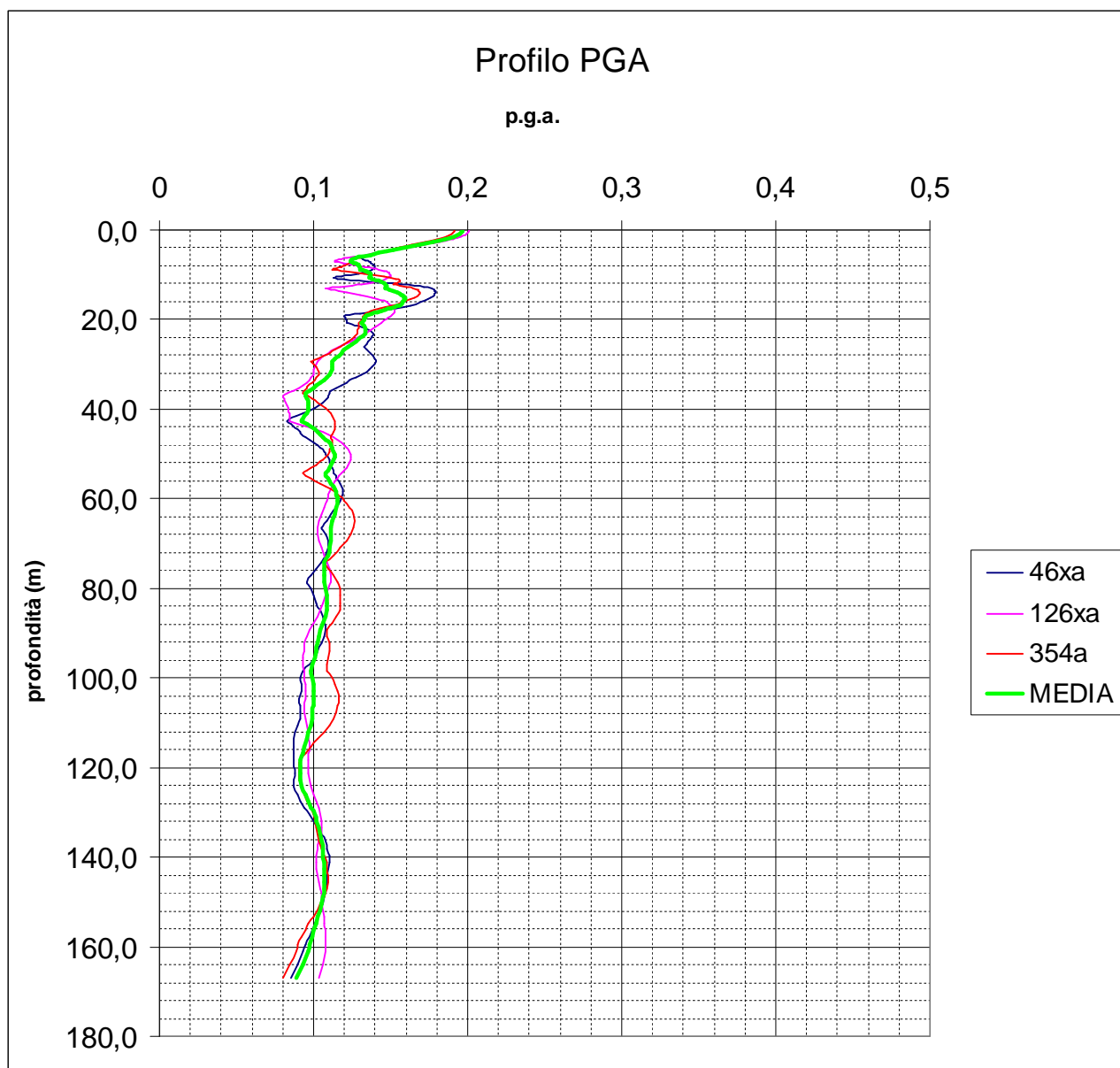
Si riportano i tre accelerogrammi al bedrock forniti dalla Regione Emilia Romagna e scalati per il comune di Ostellato a 0,149g ( $T_R=712$ anni per una classe d'uso III, e quindi  $c_u=1,5$ ):



Utilizzando il codice STRATA si ottengono i risultati riportati di seguito.

Nel grafico che segue è riportato profilo di PGA dal bedrock fino al piano campagna:

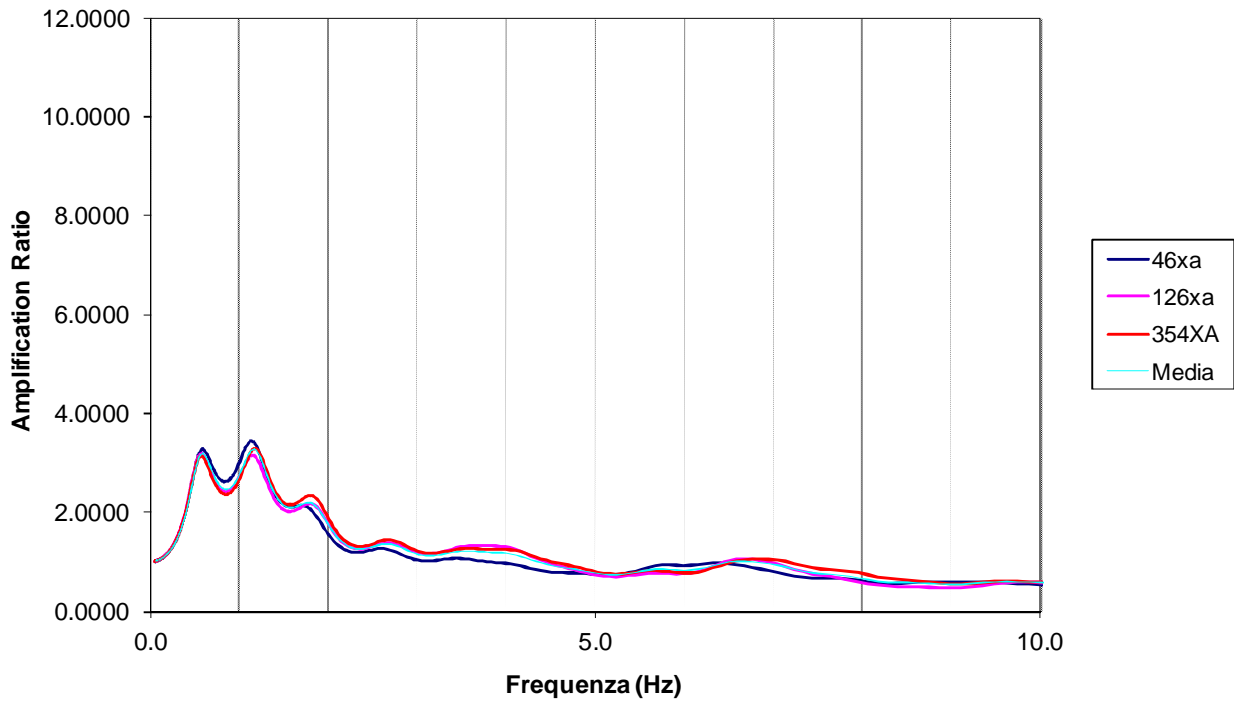
Come si può notare negli ultimi 30metri, ed in particolare negli ultimi 30metri si ha una netta amplificazione del picco massimo di accelerazione. In superficie si ottengono i seguenti valori di PGA:



			<b>F.A.</b>
P.G.A. bedrock		0.149	
P.G.A. superficie	46xa	0.198	<b>1.33</b>
P.G.A. superficie	126xa	0.201	<b>1.35</b>
P.G.A. superficie	354xa	0.192	<b>1.29</b>
<b>P.G.A. superficie</b>	<b>Strata Media</b>	<b>0.197</b>	<b>1.32</b>

La funzione di trasferimento che regola queste amplificazioni è la seguente:

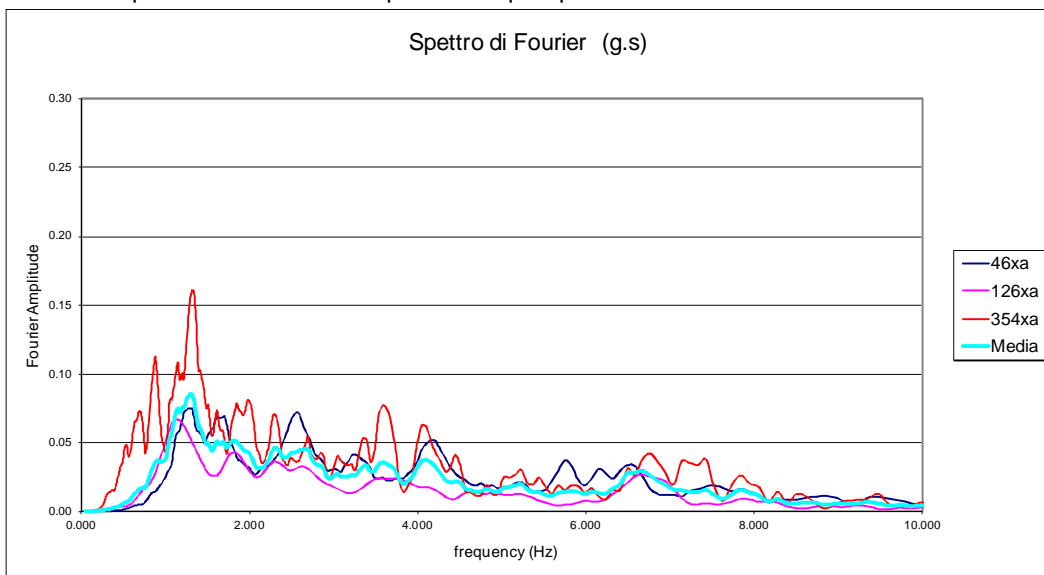
### Funzione di trasferimento



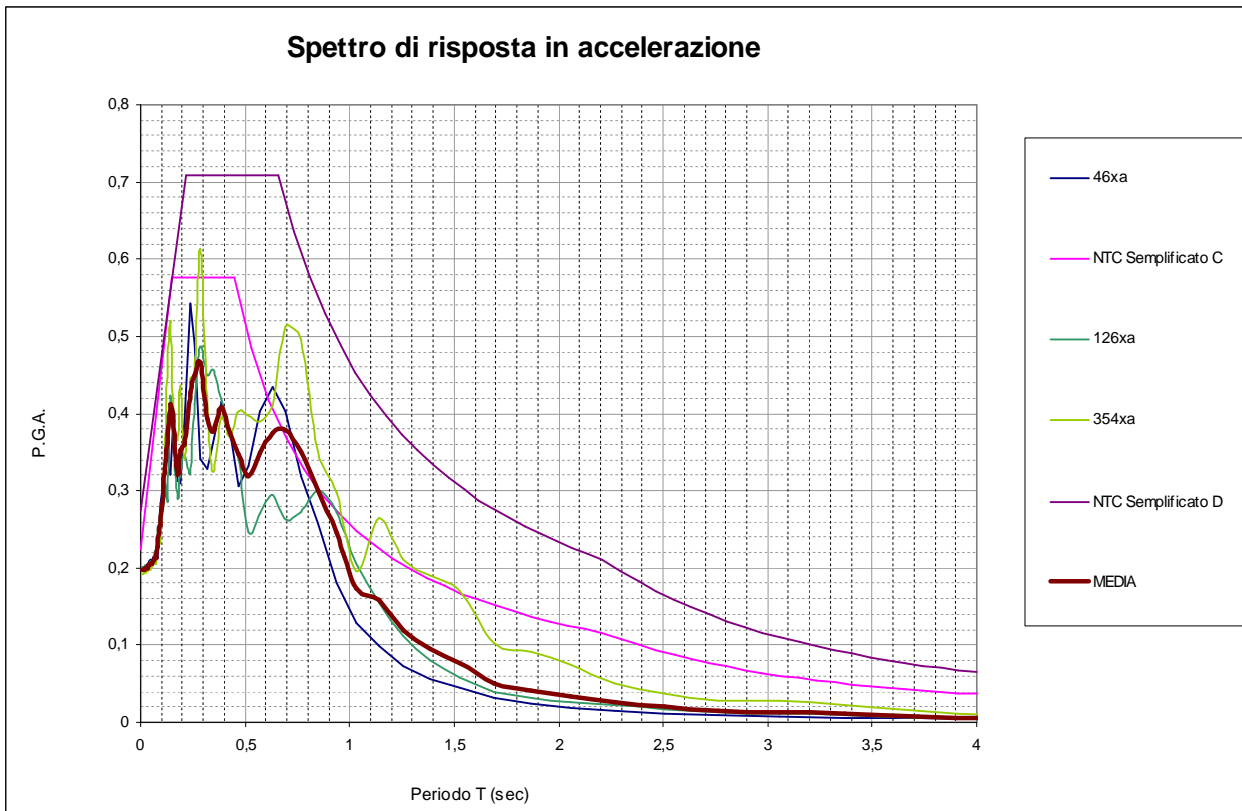
Con il prodotto tra la funzione di trasferimento del deposito e lo spettro di Fourier del moto al bedrock (prodotto frequenza per frequenza) si ottiene lo spettro di Fourier del moto in superficie.

46xa	massima amplificazione	3.459	per Frequenza (Hz)	1.120
126xa	massima amplificazione	3.189	per Frequenza (Hz)	0.585
354xa	massima amplificazione	3.294	per Frequenza (Hz)	1.182
Media Strata	massima amplificazione	3.287	per Frequenza (Hz)	1.166

Lo spettro di Fourier in superficie è qui riportato:

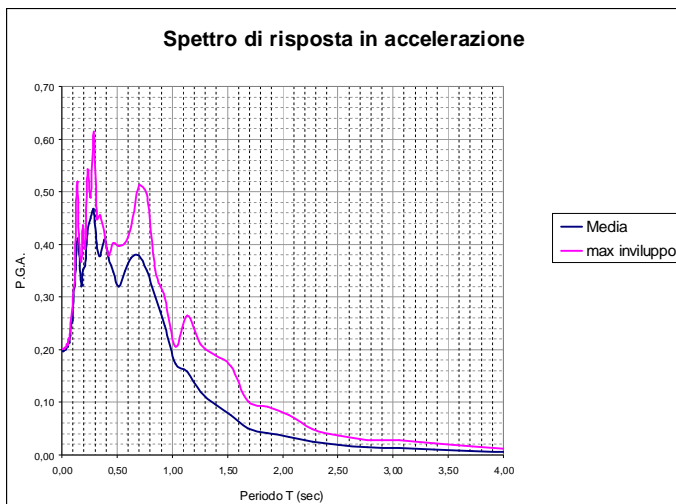






Nel caso si ricorra a 3 accelerogrammi, si prenderà lo spettro più conservativo. Se invece si ricorreva alla selezione di 7 accelerogrammi si sarebbe potuto ricorrere al valore medio.

	46xa	126xa	354xa	Media	max involuppo
0,01	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20
0,01	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20
0,01	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20
0,01	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20
0,01	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20
0,02	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20
0,02	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20
0,02	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20
0,02	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20
0,02	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20
0,03	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20
0,03	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
0,03	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
0,04	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
0,04	0,20	0,21	0,20	0,20	0,21
0,04	0,21	0,21	0,20	0,20	0,21
0,05	0,21	0,21	0,20	0,21	0,21
0,05	0,21	0,21	0,20	0,21	0,21
0,06	0,21	0,21	0,20	0,21	0,21
0,07	0,21	0,22	0,21	0,21	0,22
0,07	0,22	0,22	0,21	0,21	0,22
0,08	0,21	0,24	0,23	0,23	0,24
0,09	0,26	0,26	0,23	0,25	0,26
0,10	0,28	0,26	0,23	0,26	0,28
0,11	0,31	0,29	0,31	0,30	0,31
0,12	0,33	0,32	0,34	0,33	0,34
0,13	0,35	0,29	0,46	0,36	0,46
0,14	0,32	0,42	0,52	0,41	0,52
0,16	0,39	0,37	0,41	0,39	0,41
0,17	0,31	0,29	0,37	0,32	0,37
0,19	0,31	0,32	0,44	0,35	0,44
0,21	0,39	0,35	0,34	0,36	0,39
0,23	0,54	0,32	0,45	0,43	0,54
0,26	0,49	0,41	0,45	0,45	0,49
0,29	0,34	0,49	0,61	0,47	0,61
0,32	0,33	0,45	0,41	0,39	0,45
0,35	0,36	0,46	0,32	0,38	0,46
0,38	0,42	0,42	0,40	0,41	0,42
0,42	0,38	0,38	0,37	0,37	0,38
0,47	0,31	0,34	0,40	0,35	0,40
0,52	0,33	0,25	0,40	0,32	0,40
0,57	0,40	0,27	0,39	0,35	0,40
0,63	0,43	0,29	0,41	0,37	0,43
0,70	0,40	0,26	0,51	0,38	0,51
0,77	0,32	0,27	0,50	0,35	0,50
0,85	0,26	0,30	0,35	0,30	0,35
0,93	0,18	0,27	0,30	0,25	0,30
1,03	0,13	0,21	0,20	0,17	0,21
1,14	0,10	0,15	0,27	0,16	0,27
1,26	0,07	0,11	0,21	0,12	0,21
1,39	0,06	0,08	0,19	0,10	0,19
1,53	0,04	0,06	0,17	0,08	0,17
1,69	0,03	0,04	0,10	0,05	0,10
1,86	0,02	0,03	0,09	0,04	0,09
2,06	0,02	0,03	0,08	0,03	0,08
2,27	0,01	0,02	0,05	0,03	0,05
2,51	0,01	0,02	0,04	0,02	0,04
2,77	0,01	0,01	0,03	0,02	0,03
3,05	0,01	0,01	0,03	0,01	0,03
3,37	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
3,72	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02
4,10	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
4,53	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
5,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01



Questi dati andrebbero valutati anche in base allo smorzamento che può derivare dalla rigidezza della struttura valutata, ovvero da suo fattore di struttura  $q$ .

Le valutazioni a cui si è pervenuti in questo studio sono per un  $q=1$  (ovvero per un coefficiente di smorzamento  $\xi$  del 5%).

Lo strutturista potrà effettuare una RSL più vicina alla realtà in quanto potrà tenere conto anche del fattore di struttura.

Codigoro, li 31 gennaio 2014

Dott. Geol. Thomas Veronese

**PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA**  
**UBICAZIONE DELLE PROVE SVOLTE - FOTO PIAZZAMENTI**

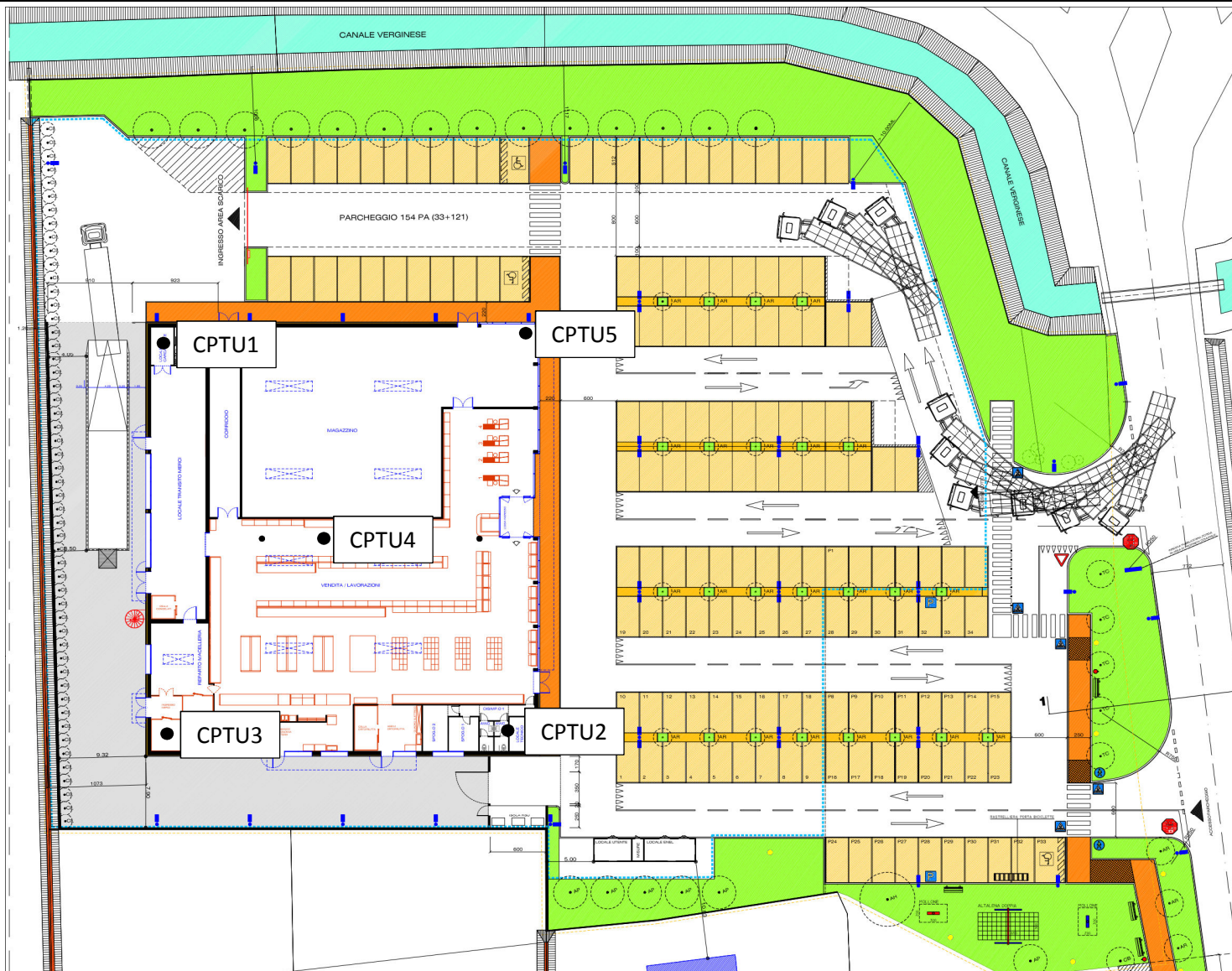
RIF. PROVA:

U136-13

COMMITTENTE: Ali Spa

CANTIERE: Ostellato Fe

DATA: 12/11/2013



**Coordinate UTM ED50**

CPTU1  
 0732906 m E  
 4959472 m N

CPTU4  
 0732919 m E  
 4959443 m N

CPTU2  
 0732926 m E  
 4959415 m N

CPTU5  
 0732943 m E  
 4959453 m N

CPTU3  
 0732895 m E  
 4959434 m N



**PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA**  
**UBICAZIONE DELLE PROVE SVOLTE - FOTO PIAZZAMENTI**

RIF. PROVA:

U136-13

COMMITTENTE: Ali Spa

CANTIERE: Ostellato Fe

DATA: 12/11/2013



CPTU1



CPTU2



CPTU3



CPTU4



CPTU5









<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA</b>	RIF. PROVA:	CPTU n°:
<b>LETTURE DI CAMPAGNA</b>	U136-13	CPTU1

COMMITTENTE: Ali Spa CANTIERE: Ostellato Fe DATA: 12/11/2013	PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 25,40 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,70 PREFORO (m da p.c.): 0,00
--	--

Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °

qc = resist. alla punta (Mpa)	Inc. = inclinazione dalla verticale (°)	
fs = resist. per attrito lat. (kPa)	Diametro punta: 3.57 cm	
U = pressione neutra (kPa)	Area punta: 10 cm <sup>2</sup>	Punta: Tecnopenta G1 CPL2In

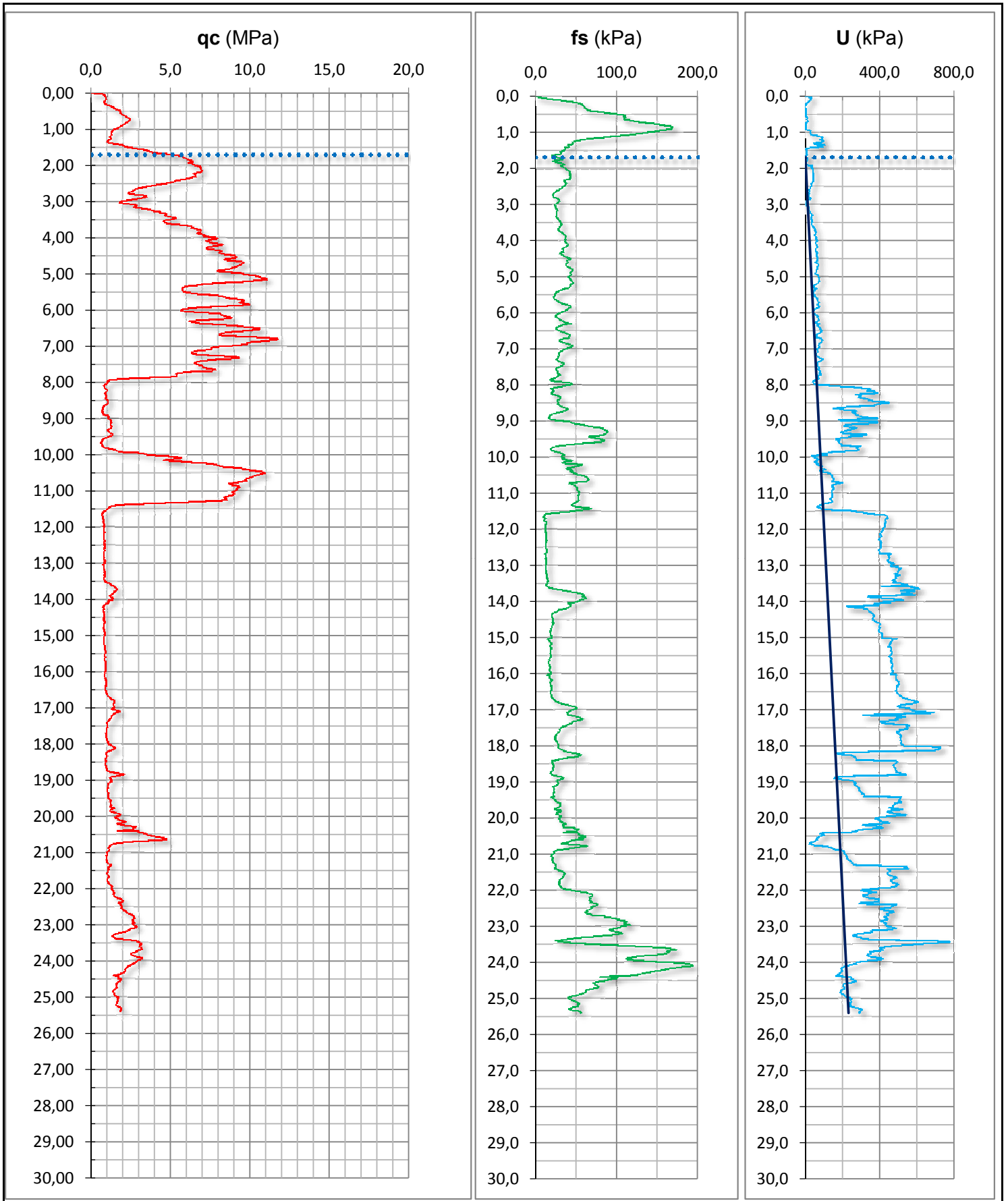


**PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

RIF. PROVA:	CPTU n°:
U136-13	CPTU1

COMMITTENTE: Ali Spa  
 CANTIERE: Ostellato Fe  
 DATA: 12/11/2013

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 25,40  
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,70  
 PREFORO (m da p.c.): 0,00



# PROVA PENETROMETRICA STATICA

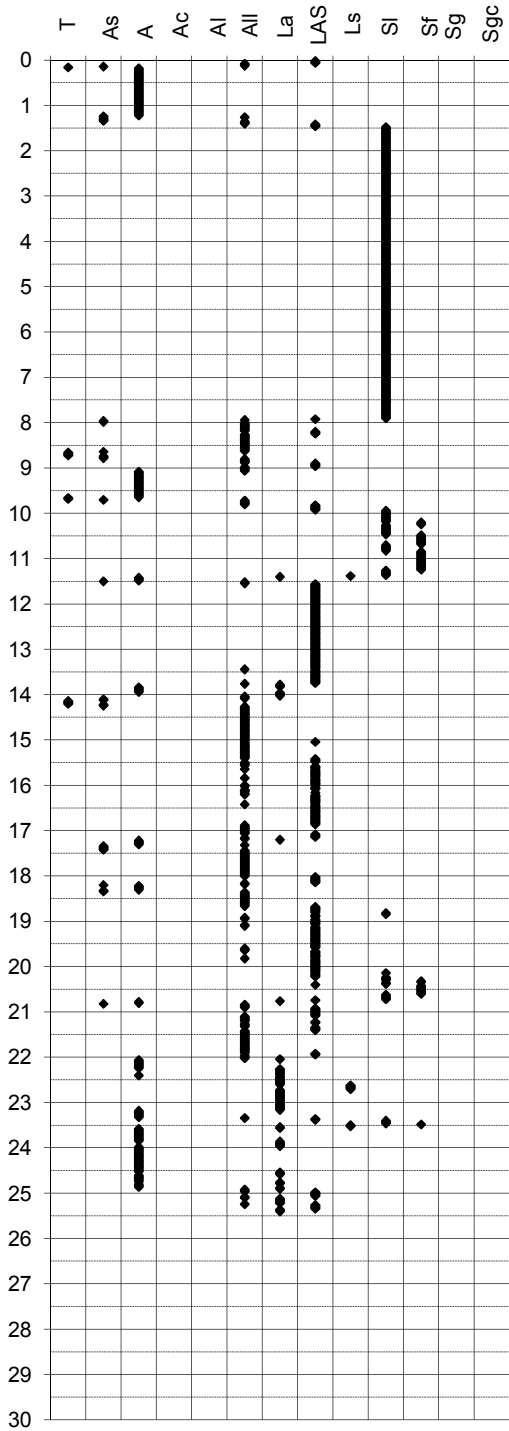
Identificativo	<b>U136-13</b>
Emissione	nov-13
Pagina	1 di 2

## INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE

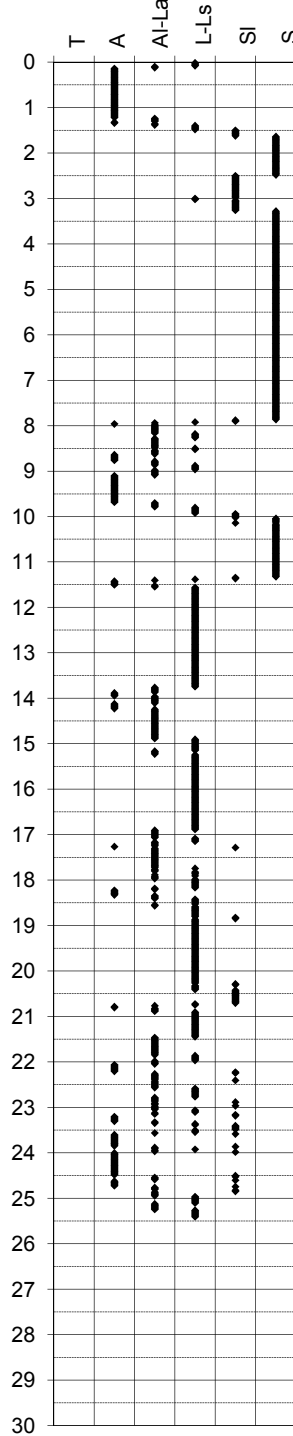
-Committente **Ali Spa**  
 -Cantiere **Ostellato Fe**  
 -Quota p.c. 1,10 m s.l.m.  
 -Livello di falda 1,70 m da p.c.  
 -Attrezzatura Punta elettrica con piezocono

-Prova n° **CPTU1**  
 -Data prova **12/11/2013**  
 -Prof. preforo m  
 -Prof. finale **25,40 m**

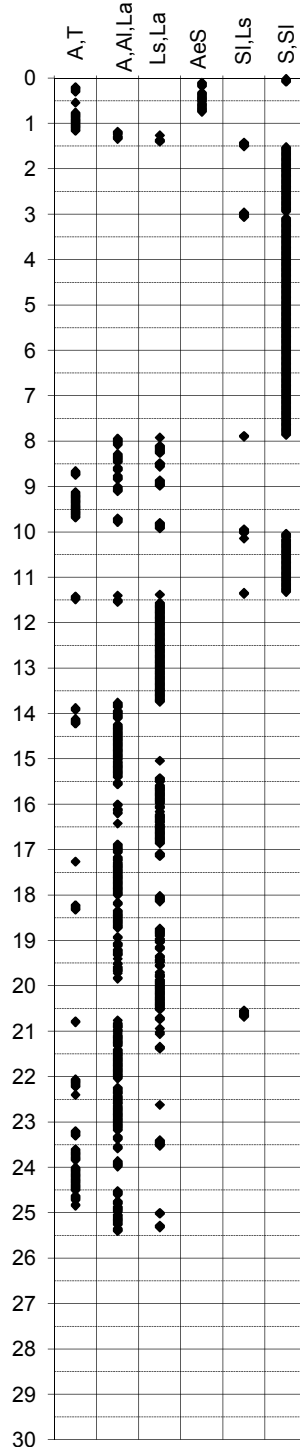
Douglas-Olsen (1981)



Robertson-Campanella(1983)



Olsen-Farr (1986)



**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Identificativo	<b>U136-13</b>
Emissione	nov-13
Pagina	1 di 2

**PARAMETRI GEOTECNICI**

-Committente **Alì Spa**  
 -Cantiere **Ostellato Fe**  
 -Quota p.c. **1,10** m s.l.m.  
 -Livello di falda **1,70** m da p.c.

-Prova n° **CPTU1**  
 -Data prova **12/11/2013**  
 -Prof. preforo **0,00** m  
 -Prof. finale **25,40** m

DA	A	MATERIALI COESIVI						MATERIALI GRANULARI												
		qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M <sub>0</sub>	Eu50	CR	Dr (%)	FI' <sub>DM</sub> (°)	FI'Schm. (°)				E'25	M <sub>0</sub>
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m <sup>3</sup>	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)						MPa	MPa	
0,0	1,4	1,45	0,09	0,00	A	18,15	86	20	-	4,96	14,56	0,06	-	-	-	-	-	-	-	
1,4	8,0	6,65	0,03	0,02	S	20,00	-	-	-	-	-	-	61	36	36	38	41	43	16,84	26,85
8,0	9,8	0,97	0,04	0,20	A	17,50	47	3	5	3,87	22,6	0,24	-	-	-	-	-	-	-	
9,8	11,5	6,95	0,05	0,03	S	20,00	-	-	-	-	-	-	53	34	35	37	39	42	18,65	29,71
11,5	13,5	0,81	0,01	0,33	A	17,50	40	2	3	3,51	22,8	0,30	-	-	-	-	-	-	-	
13,5	20,3	1,11	0,03	0,30	A	17,50	51	2	4	4,15	28,51	0,32	-	-	-	-	-	-	-	
20,3	20,8	3,06	0,05	-0,07	SL	19,00	-	-	-	-	-	-	<20	27	28	32	35	38	8,20	13,12
20,8	22,3	1,17	0,04	0,16	A	17,50	53	1	6	4,31	31	0,36	-	-	-	-	-	-	-	
22,3	24,5	2,38	0,11	0,16	A	17,50	115	3	8	7,15	53,6	0,22	-	-	-	-	-	-	-	
24,5	25,4	1,64	0,06	0,01	A	17,50	81	2	10	5,24	45,99	0,30	-	-	-	-	-	-	-	









<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA</b>	RIF. PROVA:	CPTU n°:
<b>LETTURE DI CAMPAGNA</b>	U136-13	CPTU2

COMMITTENTE: Ali Spa CANTIERE: Ostellato Fe DATA: 12/11/2013	PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 25,40 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,70 PREFORO (m da p.c.): 0,00
--	--

Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °

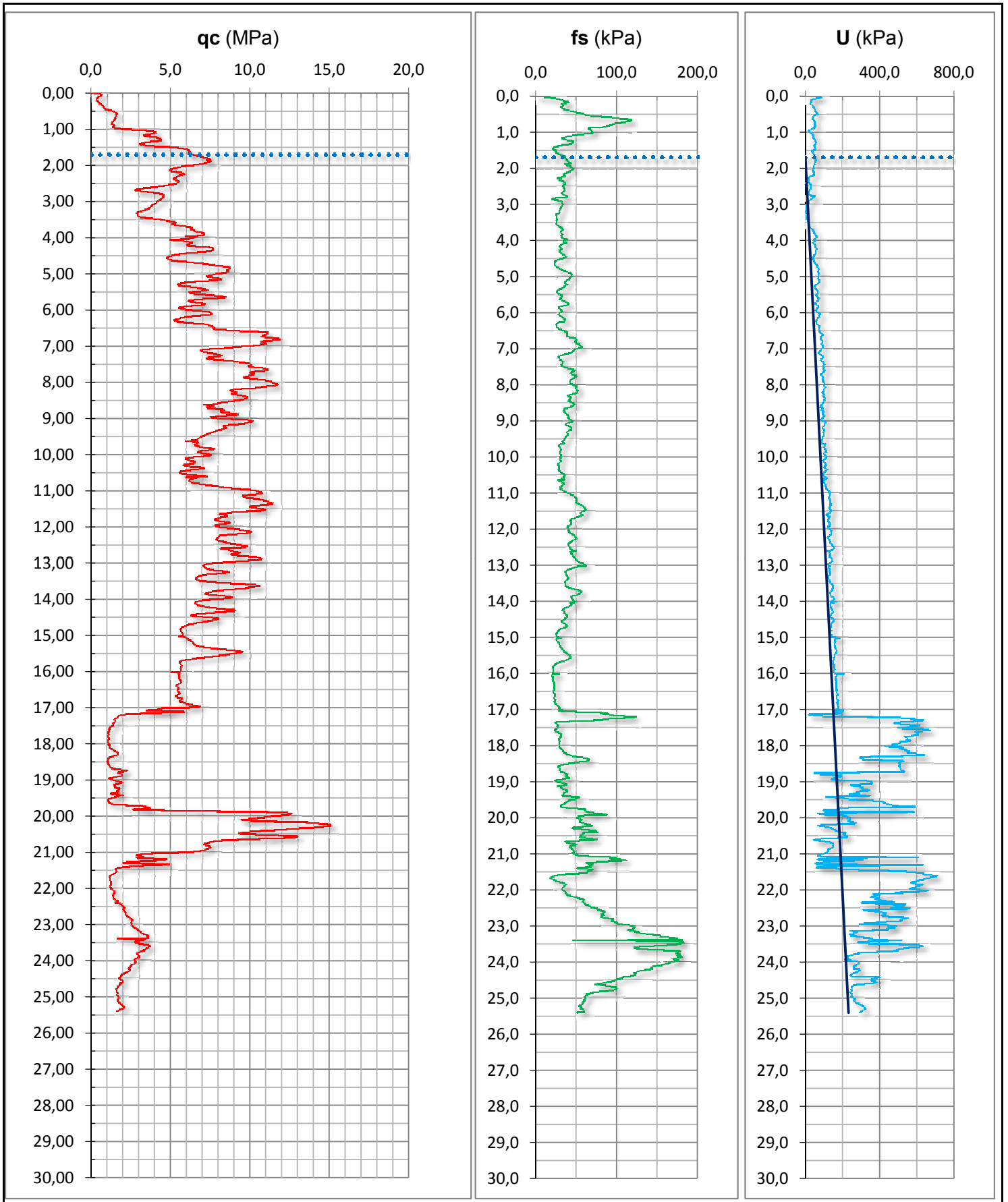
qc = resist. alla punta (Mpa) fs = resist. per attrito lat. (kPa) U = pressione neutra (kPa)	Inc. = inclinazione dalla verticale (°) Diametro punta: 3.57 cm Area punta: 10 cm <sup>2</sup> Punta: Tecnopenta G1 CPL2In
--	---

**PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

RIF. PROVA:	CPTU n°:
U136-13	CPTU2

COMMITTENTE: Ali Spa  
 CANTIERE: Ostellato Fe  
 DATA: 12/11/2013

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 25,40  
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,70  
 PREFORO (m da p.c.): 0,00



# PROVA PENETROMETRICA STATICA

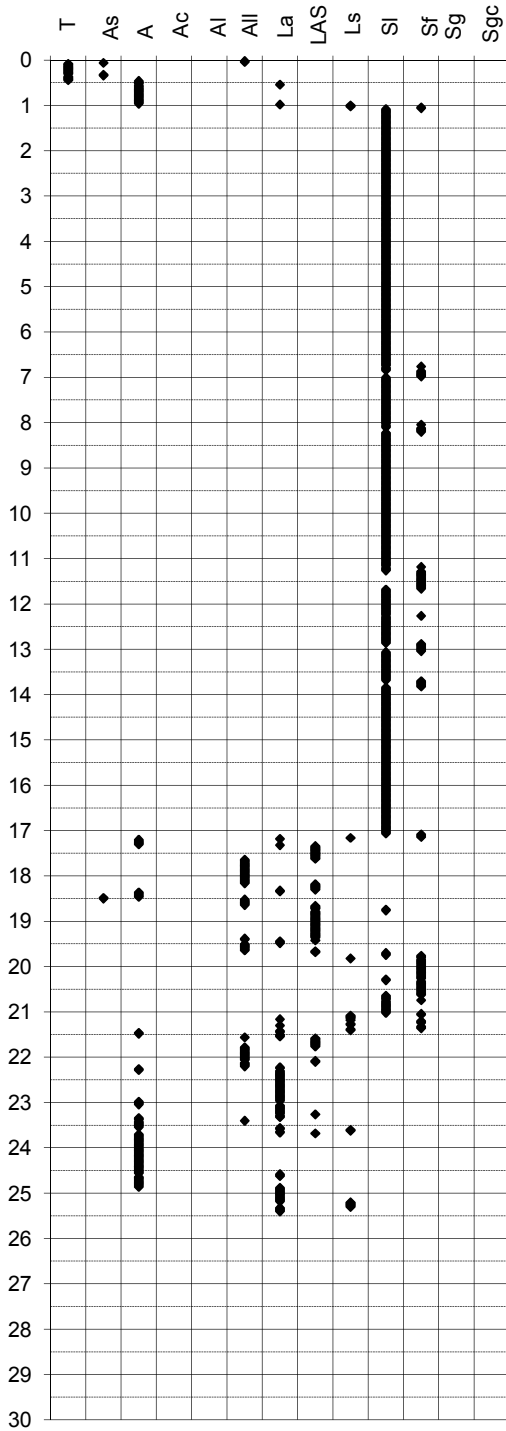
Identificativo	<b>U136-13</b>
Emissione	nov-13
Pagina	1 di 2

## INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE

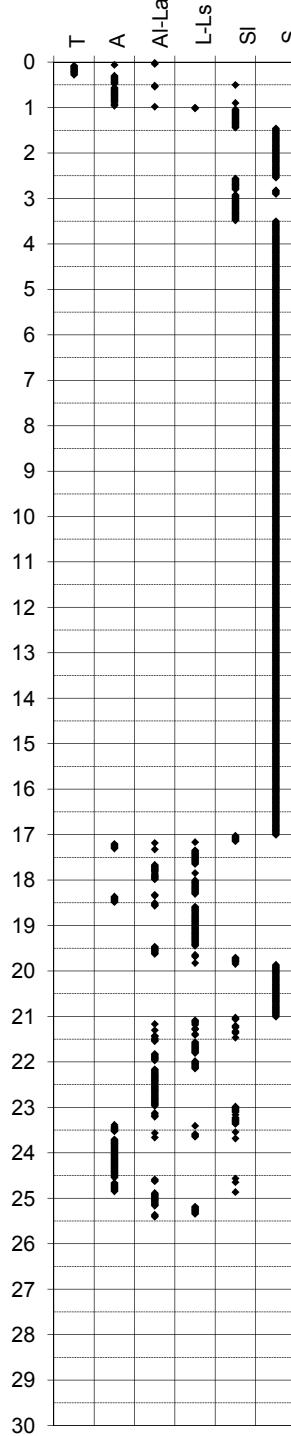
-Committente **Ali Spa**  
 -Cantiere **Ostellato Fe**  
 -Quota p.c. 1,10 m s.l.m.  
 -Livello di falda 1,70 m da p.c.  
 -Attrezzatura Punta elettrica con piezocono

-Prova n° **CPTU2**  
 -Data prova **12/11/2013**  
 -Prof. preforo m  
 -Prof. finale **25,40 m**

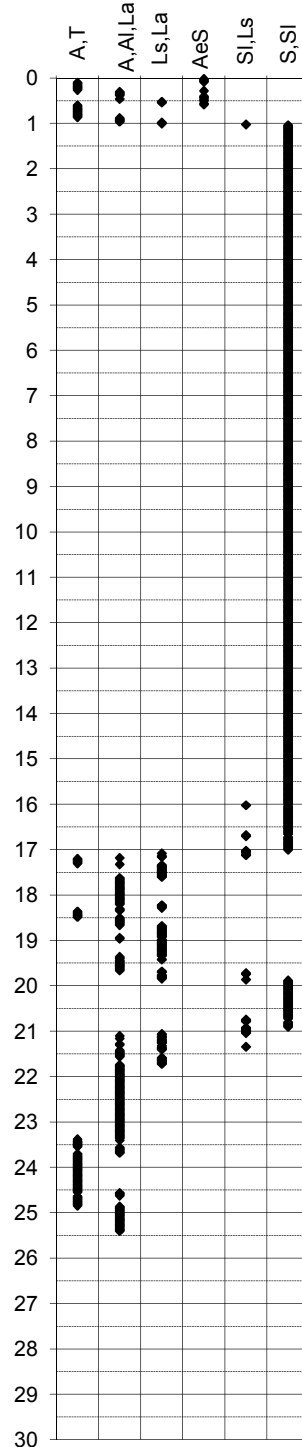
Douglas-Olsen (1981)



Robertson-Campanella(1983)



Olsen-Farr (1986)





**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Identificativo	<b>U136-13</b>
Emissione	nov-13
Pagina	1 di 2

**PARAMETRI GEOTECNICI**-Committente **Alì Spa**-Prova n° **CPTU2**-Cantiere **Ostellato Fe**-Data prova **12/11/2013**-Quota p.c. **1,10** m s.l.m.-Prof. preforo **0,00** m-Livello di falda **1,70** m da p.c.-Prof. finale **25,40** m

DA m	A m	MATERIALI COESIVI											MATERIALI GRANULARI							
		qcm MPa	fsm MPa	deltaU MPa	litol. (-)	Peso Vol. kN/m3	Cu (qc) KPa	OCR (qc) (-)	OCR (U) (-)	M <sub>0</sub> MPa	Eu50 MPa	CR (-)	Dr (%)	F <sub>DM</sub> (°)	F <sub>S</sub> Schm. (°)			E'25 MPa	M <sub>0</sub> MPa	
0,0	1,0	1,06	0,06	0,00	A	18,15	62	20	-	3,56	9,824	0,05	-	-	-	-	-	-	-	
1,0	3,5	4,68	0,03	0,01	S	20,00	-	-	-	-	-	-	59	36	36	38	40	43	11,70	18,73
3,5	17,1	7,65	0,04	0,02	S	20,00	-	-	-	-	-	-	53	34	35	38	40	42	19,12	30,40
17,1	19,7	1,50	0,04	0,25	A	17,50	67	2	5	4,82	36,4	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-
19,7	21,5	7,76	0,06	0,00	S	20,00	-	-	-	-	-	-	41	31	33	36	38	41	20,43	30,88
21,5	25,4	2,15	0,09	0,18	A	17,50	100	2	8	6,40	50,71	0,27	-	-	-	-	-	-	-	-



<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA</b> <b>LETTURE DI CAMPAGNA</b>	RIF. PROVA:	CPTU n°:
	U136-13	CPTU3

COMMITTENTE: Ali Spa	PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 8,70
CANTIERE: Ostellato Fe	PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,80
DATA: 12/11/2013	PREFORO (m da p.c.): 0,00

Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	

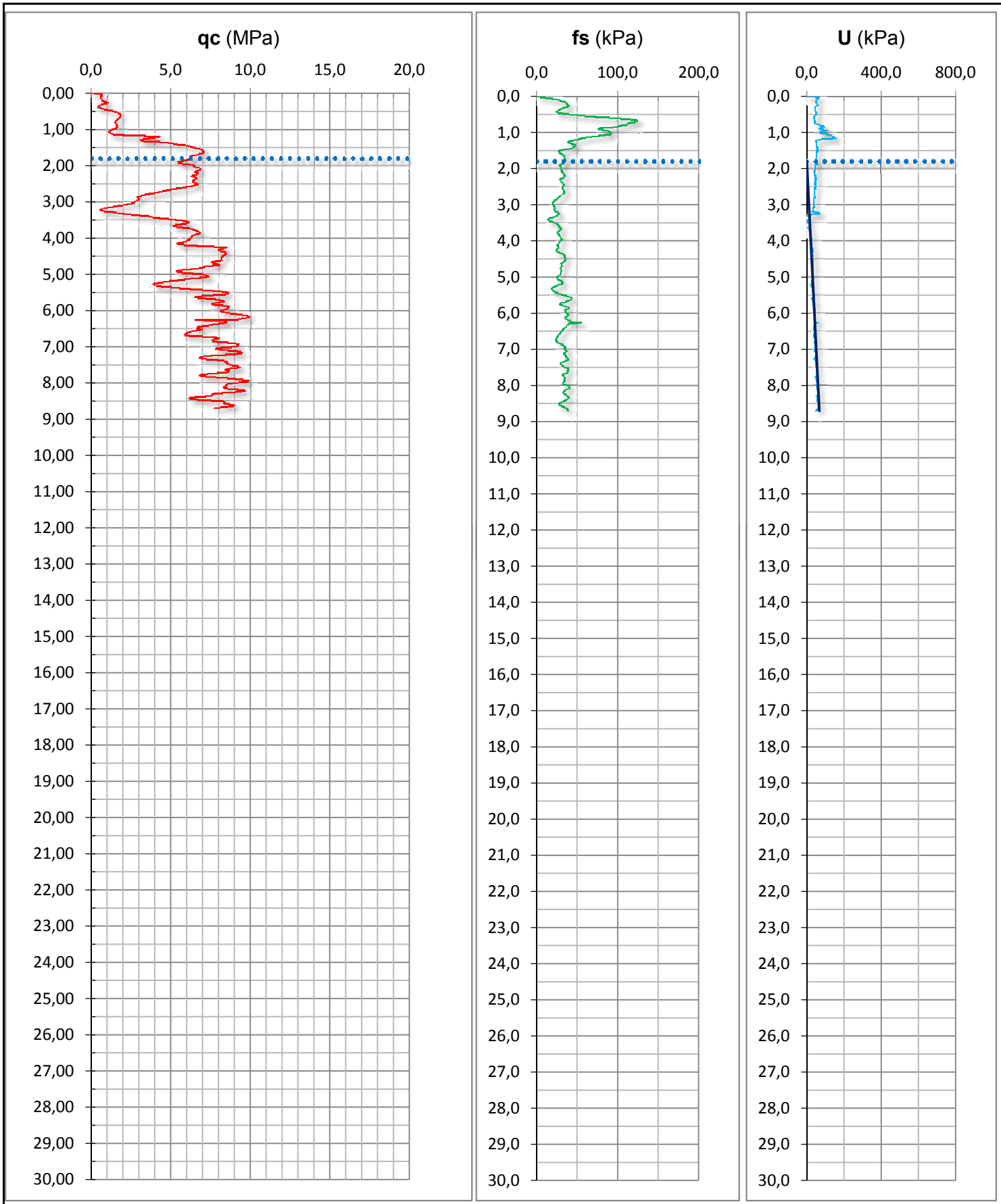
qc = resist. alla punta (Mpa)	Inc. = inclinazione dalla verticale (°)
fs = resist. per attrito lat. (kPa)	Diametro punta: 3.57 cm
U = pressione neutra (kPa)	Area punta: 10 cm <sup>2</sup>
	Punta: Tecnopenta G1 CPL2In

**PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

RIF. PROVA:	CPTU n°:
U136-13	CPTU3

COMMITTENTE: Ali Spa  
 CANTIERE: Ostellato Fe  
 DATA: 12/11/2013

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 8,70  
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,80  
 PREFORO (m da p.c.): 0,00



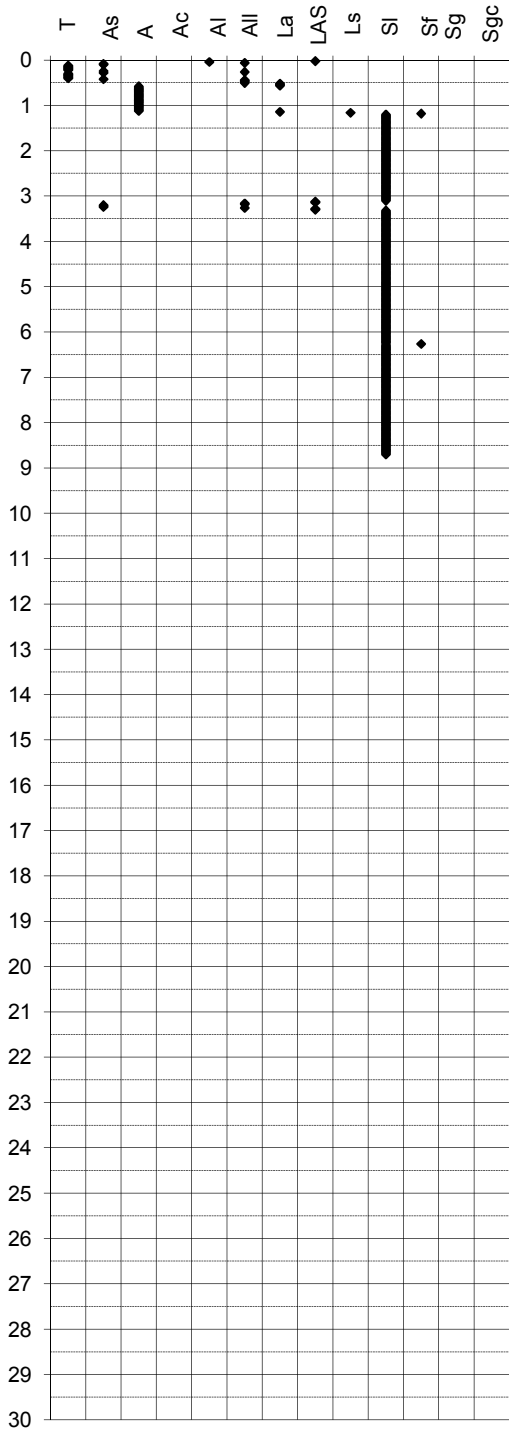
# PROVA PENETROMETRICA STATICA

Identificativo	<b>U136-13</b>
Emissione	nov-13
Pagina	1 di 1

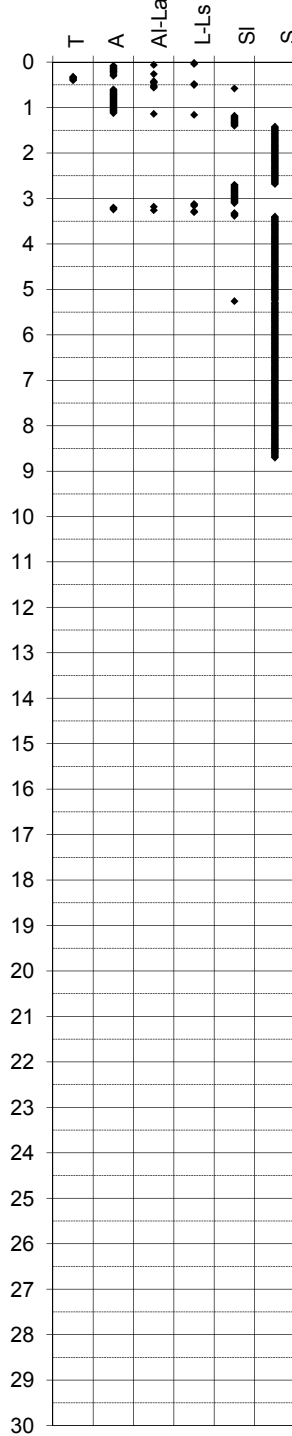
## INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE

-Committente	<b>Ali Spa</b>	-Prova n°	<b>CPTU3</b>
-Cantiere	<b>Ostellato Fe</b>	-Data prova	<b>12/11/2013</b>
-Quota p.c.	1,10 m s.l.m.	-Prof. preforo	m
-Livello di falda	1,80 m da p.c.	-Prof. finale	<b>8,70 m</b>
-Attrezzatura	Punta elettrica con piezocono		

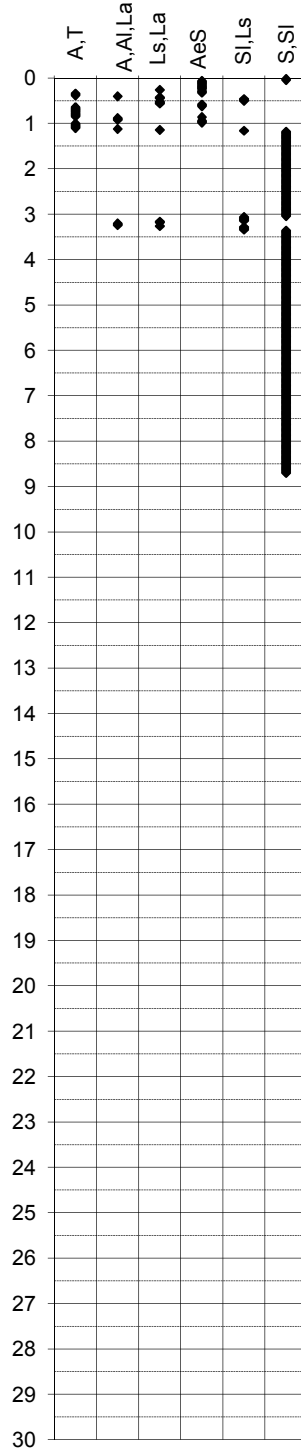
Douglas-Olsen (1981)



Robertson-Campanella(1983)



Olsen-Farr (1986)





**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Identificativo	<b>U136-13</b>
Emissione	nov-13
Pagina	1 di 1

**PARAMETRI GEOTECNICI**

-Committente	<b>Alì Spa</b>	-Prova n°	<b>CPTU3</b>
-Cantiere	<b>Ostellato Fe</b>	-Data prova	<b>12/11/2013</b>
-Quota p.c.	<b>1,10</b> m s.l.m.	-Prof. preforo	<b>0,00</b> m
-Livello di falda	<b>1,80</b> m da p.c.	-Prof. finale	<b>8,70</b> m

DA	A	MATERIALI COESIVI											MATERIALI GRANULARI							
		qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M <sub>0</sub>	Eu50	CR	Dr	F <sub>DM</sub>	F <sub>S</sub> Schm.			E'25	M <sub>0</sub>	
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m3	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)			MPa	MPa	
<b>0,0</b>	<b>1,1</b>	1,16	0,06	0,00	<b>A</b>	18,15	68	20	-	4,05	11,26	0,05	-	-	-	-	-	-	-	
<b>1,1</b>	<b>8,7</b>	6,64	0,03	0,00	<b>S</b>	20,00	-	-	-	-	-	-	61	36	36	38	41	43	16,93	27,09

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA																	RIF. PROVA:	CPTU n°:						
LETTURE DI CAMPAGNA																	U136-13		CPTU4					
COMMITTENTE: Ali Spa										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 8,70														
CANTIERE: Ostellato Fe										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,70														
DATA: 12/11/2013										PREFORO (m da p.c.): 0,00														
Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °
0,02	0,60	27,52	118,99	0,46	1,82	3,41	35,97	69,04	0,93	3,62	7,06	44,61	50,16	0,85	5,42	8,59	49,64	49,05	0,74	7,22	7,74	54,20	57,94	0,66
0,04	0,63	34,30	123,43	0,68	1,84	3,43	36,97	69,04	0,93	3,64	7,66	44,83	51,28	0,85	5,44	8,65	50,08	50,16	0,74	7,24	7,90	52,97	61,26	0,64
0,06	0,65	39,86	121,21	0,58	1,86	3,55	38,20	71,25	0,93	3,66	7,96	45,16	51,28	0,85	5,46	8,56	51,30	51,28	0,73	7,26	8,44	52,08	65,71	0,64
0,08	0,62	45,86	97,90	0,50	1,88	3,41	39,53	67,93	0,93	3,68	7,88	45,94	50,16	0,85	5,48	8,48	50,74	50,16	0,73	7,28	9,15	50,86	67,93	0,64
0,10	0,62	51,41	80,14	0,71	1,90	3,62	37,87	83,46	0,93	3,70	7,59	47,72	47,95	0,85	5,50	8,34	49,86	49,05	0,72	7,30	9,82	50,41	70,15	0,64
0,12	0,65	58,74	73,48	0,53	1,92	3,64	38,20	79,03	0,93	3,72	7,30	49,83	47,95	0,84	5,52	7,83	48,96	46,84	0,73	7,32	10,22	49,85	70,15	0,64
0,14	0,66	65,52	67,93	0,60	1,94	3,45	39,42	73,48	0,91	3,74	7,26	51,72	49,05	0,86	5,54	7,22	48,52	42,40	0,72	7,34	10,38	49,85	70,15	0,64
0,16	0,66	68,63	65,71	0,75	1,96	2,98	42,20	67,93	0,93	3,76	7,21	52,72	49,05	0,85	5,56	6,88	48,30	42,40	0,73	7,36	10,30	49,85	69,04	0,64
0,18	0,66	69,41	63,49	0,60	1,98	2,42	46,20	63,49	0,93	3,78	6,98	52,72	49,05	0,85	5,58	6,83	47,30	42,40	0,72	7,38	10,00	51,29	66,82	0,64
0,20	0,67	70,97	60,15	0,71	2,00	1,95	52,42	62,38	0,93	3,80	6,86	52,27	49,05	0,84	5,60	7,00	46,74	44,62	0,73	7,40	9,45	52,74	64,60	0,63
0,22	0,71	74,64	73,48	0,67	2,02	1,83	60,20	62,38	0,93	3,82	6,88	51,27	50,16	0,83	5,62	7,35	46,18	47,95	0,72	7,42	8,97	55,29	62,38	0,64
0,24	0,75	78,42	86,80	0,67	2,04	1,92	67,64	63,49	0,91	3,84	6,89	50,05	51,28	0,85	5,64	7,60	45,41	49,05	0,71	7,44	8,68	57,07	62,38	0,64
0,26	0,82	79,20	87,91	0,68	2,06	2,00	74,75	76,81	0,93	3,86	6,94	49,05	52,39	0,83	5,66	7,43	44,18	46,84	0,71	7,46	8,54	57,73	63,49	0,64
0,28	0,87	78,09	65,71	0,69	2,08	1,98	70,53	21,31	0,91	3,88	7,11	47,60	53,50	0,83	5,68	7,10	43,18	45,73	0,69	7,48	8,46	56,96	63,49	0,66
0,30	0,91	76,20	59,05	0,68	2,10	1,85	67,75	22,42	0,90	3,90	7,16	46,49	52,39	0,83	5,70	6,90	42,85	44,62	0,71	7,50	8,43	55,29	65,71	0,66
0,32	0,94	77,76	55,72	0,71	2,12	2,02	70,75	25,75	0,93	3,92	7,13	45,93	53,50	0,83	5,72	6,87	42,51	45,73	0,69	7,52	8,38	52,84	65,71	0,64
0,34	0,99	80,54	54,61	0,71	2,14	2,59	70,97	24,64	0,91	3,94	7,12	46,04	53,50	0,85	5,74	7,03	42,51	47,95	0,71	7,54	8,24	50,06	66,82	0,66
0,36	1,03	82,32	53,50	0,73	2,16	3,45	74,19	13,54	0,93	3,96	7,10	46,37	53,50	0,85	5,76	7,29	42,96	50,16	0,71	7,56	8,02	48,06	64,60	0,64
0,38	1,08	83,99	54,61	0,71	2,18	4,31	69,53	12,43	0,91	3,98	7,10	46,71	53,50	0,85	5,78	7,56	44,40	51,28	0,69	7,58	7,77	47,61	64,60	0,66
0,40	1,19	86,77	54,61	0,73	2,20	4,85	62,41	11,32	0,93	4,00	7,11	47,37	53,50	0,85	5,80	7,87	45,62	53,50	0,71	7,60	7,56	47,06	63,49	0,66
0,42	1,32	91,44	53,50	0,74	2,22	5,35	56,41	12,43	0,91	4,02	7,18	47,15	54,61	0,84	5,82	8,20	47,18	54,61	0,71	7,62	7,40	47,06	64,60	0,66
0,44	1,31	91,33	50,16	0,76	2,24	5,65	50,08	11,32	0,91	4,04	7,19	47,15	54,61	0,83	5,84	8,60	48,84	55,72	0,69	7,64	6,83	46,90	61,26	0,64
0,46	1,31	93,56	52,39	0,75	2,26	5,80	44,30	15,75	0,91	4,06	7,13	47,70	54,61	0,84	5,86	9,12	50,95	59,05	0,71	7,66	6,61	44,79	57,94	0,63
0,48	1,27	95,23	51,28	0,77	2,28	5,72	41,64	37,95	0,90	4,08	7,02	48,37	53,50	0,83	5,88	9,54	52,62	60,15	0,68	7,68	6,44	44,01	55,72	0,64
0,50	1,25	99,56	49,05	0,76	2,30	5,72	43,75	37,95	0,89	4,10	6,89	49,82	53,50	0,82	5,90	9,85	53,95	59,05	0,69	7,70	6,49	43,13	55,72	0,64
0,52	1,19	103,79	49,05	0,76	2,32	5,84	46,64	36,85	0,91	4,12	6,66	49,81	53,50	0,82	5,92	9,96	56,06	57,94	0,69	7,72	6,79	42,46	57,94	0,64
0,54	1,14	106,01	50,16	0,76	2,34	6,12	48,09	39,06	0,90	4,14	6,55	49,59	53,50	0,82	5,94	9,61	57,17	55,72	0,71	7,74	7,43	41,79	61,26	0,63
0,56	1,11	107,46	51,28	0,78	2,36	6,30	50,42	39,06	0,89	4,16	6,70	49,03	55,72	0,82	5,96	9,05	58,17	54,61	0,69	7,76	7,93	40,79	62,38	0,63
0,58	1,15	107,46	51,28	0,80	2,38	6,36	51,64	39,06	0,89	4,18	7,05	47,92	56,83	0,81	5,98	8,65	59,06	52,39	0,69	7,78	7,96	40,71	60,15	0,64
0,60	1,21	108,68	54,61	0,79	2,40	6,48	51,31	39,06	0,89	4,20	7,35	47,36	57,94	0,82	6,00	8,46	59,73	52,39	0,68	7,80	7,70	39,79	57,94	0,64
0,62	1,26	107,91	54,61	0,80	2,42	6,64	50,87	40,18	0,90	4,22	7,58	47,14	56,83	0,82	6,02	8,41	59,06	52,39	0,71	7,82	7,57	40,35	56,83	0,63
0,64	1,34	107,35	57,94	0,80	2,44	6,67	50,75	40,18	0,89	4,24	7,57	47,36	56,83	0,82	6,04	8,20	57,28	52,39	0,68	7,84	7,70	41,34	57,94	0,63
0,66	1,39	106,68	57,94	0,79	2,46	6,56	51,31	40,18	0,90	4,26	7,17	47,61	51,28	0,83	6,06	7,87	54,84	50,16	0,68	7,86	8,22	43,12	62,38	0,62
0,68	1,47	104,24	60,15	0,79	2,48	6,45	51,64	41,29	0,91	4,28	7,25	45,61	49,05	0,81	6,08	7,55	52,72	51,28	0,71	7,88	9,05	45,01	65,71	0,60
0,70	1,51	106,91	61,26	0,82	2,50	6,45	51,75	41,29	0,90	4,30	7,38	46,50	49,05	0,83	6,10	7,34	49,83	50,16	0,69	7,90	9,73	46,23	67,93	0,62
0,72	1,52	112,46	62,38	0,80	2,52	6,47	51,64	41,29	0,89	4,32	7,60	47,17	50,16	0,83	6,12	7,19	47,72	50,16	0,68	7,92	9,96	46,90	65,71	0,64
0,74	1,56	116,02	62,38	0,81	2,54	6,31	52,08	41,29	0,89	4,34	7,98	47,95	52,39	0,81	6,14	7,13	46,83	51,28	0,69	7,94	10,02	47,79	65,71	0,63
0,76	1,57	116,91	63,49	0,82	2,56	6,09	52,08	41,29	0,89	4,36	8,37	48,95	53,50	0,82	6,16	7,14	45,83	53,50	0,69	7,96	9,97	48,45	65,71	0,63
0,78	1,55	122,68	62,38	0,84	2,58	5,99	51,41	42,40	0,89	4,38	8,65	49,73	53,50	0,82	6,18	7,13	44,39	52,39	0,67	7,98	9,70	48,56	63,49	0,63
0,80	1,60	126,13	64,60	0,83	2,60	5,99	50,52	43,51	0,89	4,40	8,75	51,28	53,50	0,81	6,20	7,12	43,61	53,50	0,68	8,00	9,22	50,12	60,15	0,62
0,82	1,60	130,13	64,60	0,85	2,62	5,96	49,85	43,51	0,89	4,42	8,56	52,84	51,28	0,82	6,22	7,25	42,94	54,61	0,67	8,02	8,73	51,45	57,94	0,64
0,84	1,58	132,13	65,71	0,83	2,64	5,84	49,29	43,51	0,89	4,44	8,23	53,95	50,16	0,81	6,24	7,51	42,50	57,94	0,67	8,04	8,40	52,90	57,94	0,63
0,86	1,56	136,45	64,60	0,85	2,66	5,55	48,96	42,40	0,89	4,46	7,95	54,39	47,95	0,81	6,26	7,85	43,54	55,72	0,67	8,06	8,33	54,45	59,05	0,62
0,88	1,49	138,68	64,60	0,84	2,68	5,29	48,40	42,40	0,89	4,48	7,73	55,39	46,84	0,81	6,28	8,45	42,43	54,61	0,66	8,08	8,37	55,12	60,15	0,64
0,90	1,43	136,68	61,26	0,84	2,70	5,13	47,95	42,40	0,88	4,50	7,64	55,95	47,95	0,80	6,30	8,78	42,43	55,72	0,67	8,10	8,28	54,89	61,26	0,64
0,92	1,38	136,79	61,26	0,82	2,72	5,01	47,95	43,51	0,89	4,52	7,66	55,28	47,95	0,81	6,32	8,91	43,10	54,61	0,67	8,12	8,12	54,11	60,15	0,64
0,94	1,32	134,35	61,26	0,85	2,74	4,96	47,61	43,51	0,88	4,54	7,40	53,83	46,84	0,81	6,34	9,00	43,77	54,61	0,67	8,14	7,96	53,56	60,15	0,62
0,96	1,26	132,02	63,49	0,85	2,76	4,94	46,83	44,62	0,89	4,56	6,95	52,83	44,62	0,81	6,36	9,08	44,88	54,61	0,67	8,16	7,93	52,45	61,26	0,62
0,98	1,23	128,24	101,23	0,84	2,78	4,97	45,61	45,73	0,89	4,58	6,60	51,39	43,51	0,80	6,38	9,14	45,65	54,61	0,67	8,18	8,08	51,33	63,49	0,64
1,00	1,22	123,79	110,11	0																				

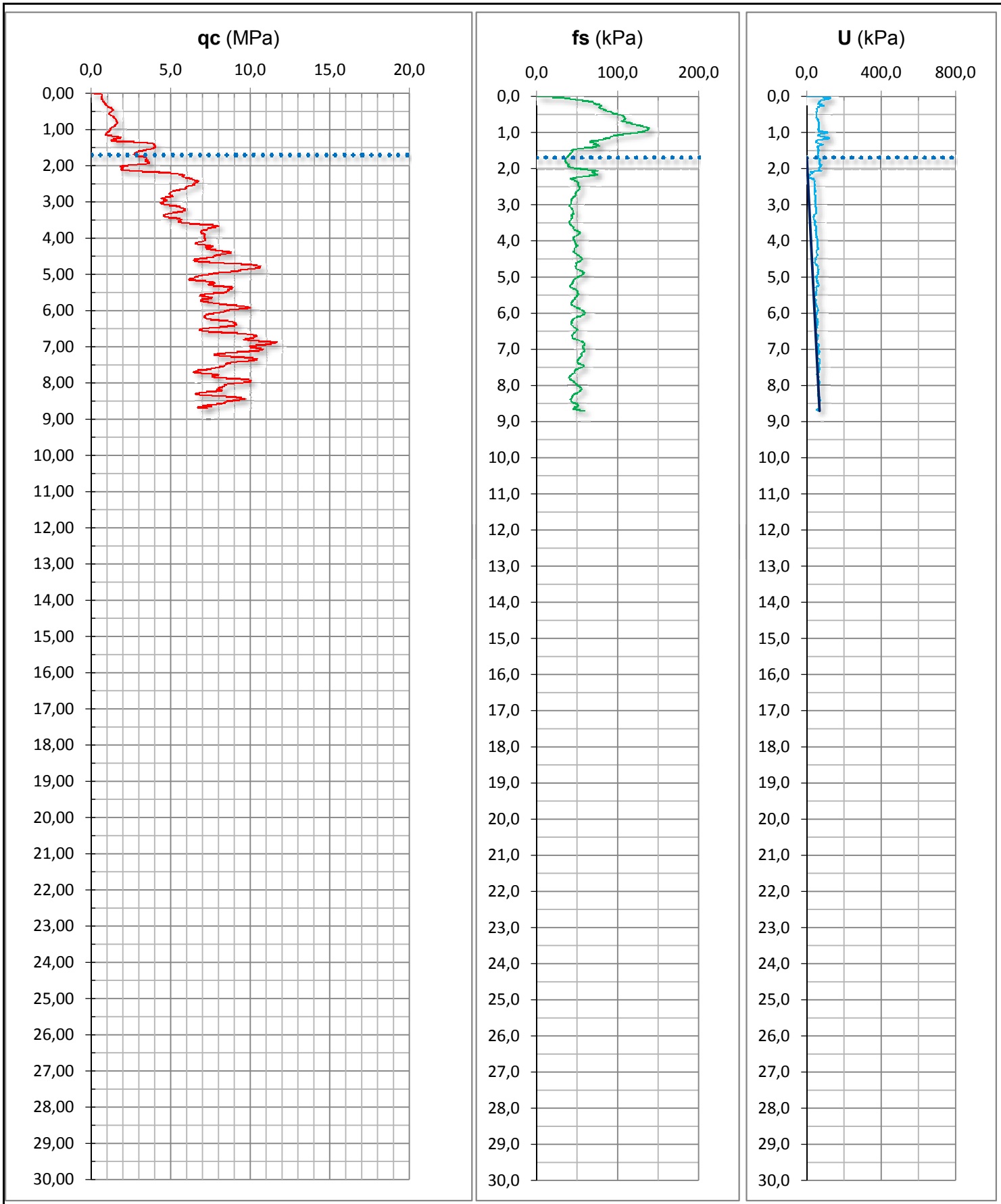


**PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

RIF. PROVA:	CPTU n°:
U136-13	CPTU4

COMMITTENTE: Ali Spa  
 CANTIERE: Ostellato Fe  
 DATA: 12/11/2013

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 8,70  
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,70  
 PREFORO (m da p.c.): 0,00



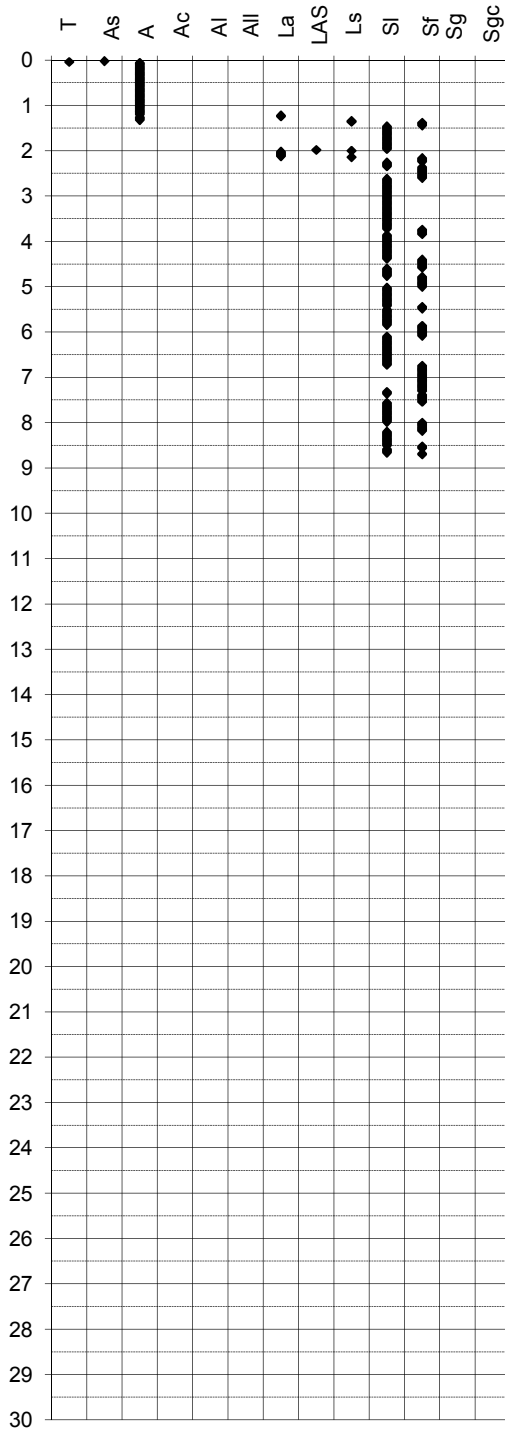
# PROVA PENETROMETRICA STATICA

Identificativo	<b>U136-13</b>
Emissione	nov-13
Pagina	1 di 1

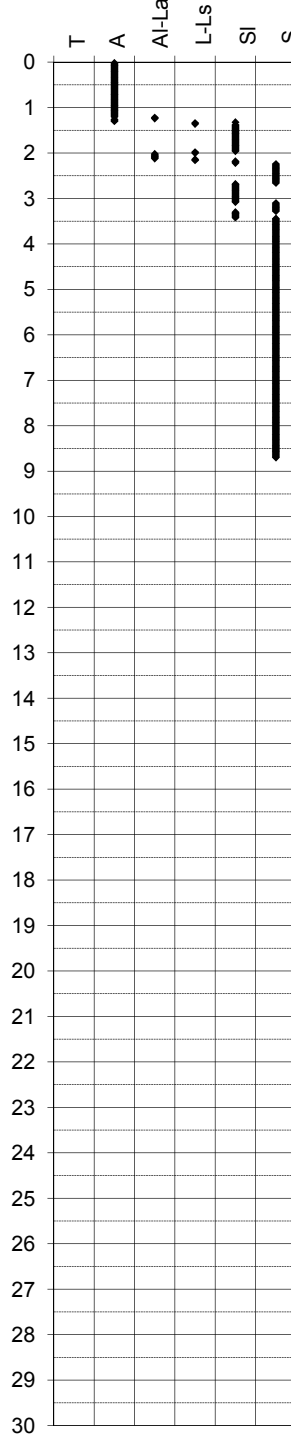
## INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE

-Committente	<b>Ali Spa</b>	-Prova n°	<b>CPTU4</b>
-Cantiere	<b>Ostellato Fe</b>	-Data prova	<b>12/11/2013</b>
-Quota p.c.	1,10 m s.l.m.	-Prof. preforo	m
-Livello di falda	1,70 m da p.c.	-Prof. finale	<b>8,70 m</b>
-Attrezzatura	Punta elettrica con piezocono		

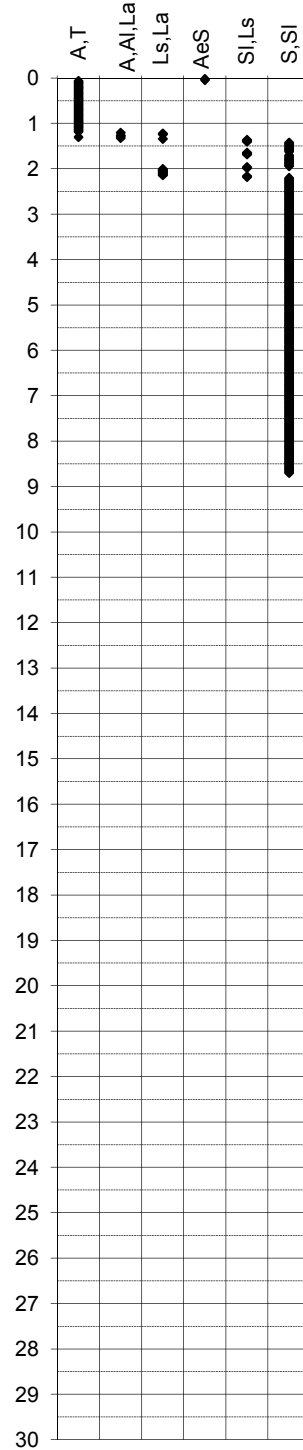
Douglas-Olsen (1981)



Robertson-Campanella(1983)



Olsen-Farr (1986)





**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Identificativo	<b>U136-13</b>
Emissione	nov-13
Pagina	1 di 1

**PARAMETRI GEOTECNICI**

-Committente	<b>Alì Spa</b>	-Prova n°	<b>CPTU4</b>
-Cantiere	<b>Ostellato Fe</b>	-Data prova	<b>12/11/2013</b>
-Quota p.c.	<b>1,10</b> m s.l.m.	-Prof. preforo	<b>0,00</b> m
-Livello di falda	<b>1,70</b> m da p.c.	-Prof. finale	<b>8,70</b> m

DA	A	MATERIALI COESIVI											MATERIALI GRANULARI							
		qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M <sub>0</sub>	Eu50	CR	Dr	FI' <sub>DM</sub>	FI'Schm.			E'25	M <sub>0</sub>	
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m3	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)			MPa	MPa	
<b>0,0</b>	<b>1,4</b>	1,28	0,09	0,00	<b>A</b>	18,15	71	20	-	4,40	12,05	0,06	-	-	-	-	-	-	-	
<b>1,4</b>	<b>2,1</b>	3,12	0,05	0,04	<b>S</b>	20,00	-	-	-	-	-	-	48	35	35	37	39	42	8,29	13,26
<b>2,1</b>	<b>8,7</b>	7,53	0,05	0,02	<b>S</b>	20,00	-	-	-	-	-	-	65	37	37	39	41	43	18,92	30,18



<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA</b>	RIF. PROVA:	CPTU n°:
<b>LETTURE DI CAMPAGNA</b>	U136-13	CPTU5

COMMITTENTE: Ali Spa CANTIERE: Ostellato Fe DATA: 12/11/2013	PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 10,70 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,60 PREFORO (m da p.c.): 0,00
--	--

Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °			
9,02	1,05	31,29	187,81	0,02	10,02	1,67	37,54	175,60	0,12													
9,04	1,13	35,07	128,98	0,02	10,04	2,12	39,32	177,82	0,12													
9,06	1,12	43,51	120,10	0,02	10,06	2,67	44,76	175,60	0,12													
9,08	1,09	57,07	107,89	0,01	10,08	2,78	47,43	171,15	0,12													
9,10	0,98	69,96	130,09	0,01	10,10	2,35	39,99	166,72	0,13													
9,12	0,88	79,96	140,08	0,01	10,12	1,75	34,54	162,28	0,14													
9,14	0,84	86,40	150,06	0,02	10,14	1,35	36,54	158,95	0,14													
9,16	0,83	89,07	161,16	0,02	10,16	1,08	43,21	155,62	0,14													
9,18	0,86	89,29	178,93	0,02	10,18	0,84	50,54	154,51	0,14													
9,20	0,89	81,74	220,00	0,02	10,20	0,71	54,66	162,28	0,13													
9,22	0,94	69,85	221,11	0,03	10,22	0,84	51,21	168,94	0,13													
9,24	0,92	60,40	223,33	0,03	10,24	1,13	51,88	175,60	0,14													
9,26	0,93	52,85	196,69	0,02	10,26	1,29	48,43	161,16	0,15													
9,28	0,88	55,29	181,15	0,02	10,28	1,31	49,77	155,62	0,16													
9,30	0,84	60,96	178,93	0,02	10,30	1,55	48,54	156,73	0,16													
9,32	0,84	65,62	175,60	0,02	10,32	2,11	47,43	158,95	0,14													
9,34	0,84	70,51	184,48	0,01	10,34	3,61	51,54	166,72	0,13													
9,36	0,84	78,07	211,12	0,02	10,36	5,18	50,99	138,96	0,13													
9,38	0,90	79,95	220,00	0,01	10,38	5,28	52,77	10,21	0,14													
9,40	0,93	78,62	232,21	0,03	10,40	4,72	48,10	11,32	0,13													
9,42	1,02	73,84	232,21	0,03	10,42	3,78	46,88	12,43	0,15													
9,44	1,11	64,62	226,65	0,04	10,44	3,22	46,77	13,54	0,14													
9,46	1,10	62,28	221,11	0,04	10,46	3,31	57,32	17,98	0,12													
9,48	1,07	62,84	207,79	0,04	10,48	4,76	67,88	26,85	0,11													
9,50	1,00	71,17	201,13	0,04	10,50	6,81	73,21	34,63	0,13													
9,52	0,90	79,06	200,02	0,04	10,52	7,92	71,43	22,42	0,12													
9,54	0,82	81,73	200,02	0,04	10,54	8,10	74,77	17,98	0,12													
9,56	0,76	80,40	192,25	0,05	10,56	7,80	66,54	17,98	0,12													
9,58	0,71	79,06	187,81	0,06	10,58	7,65	57,99	21,31	0,12													
9,60	0,64	74,51	183,36	0,04	10,60	7,60	57,87	24,64	0,12													
9,62	0,60	66,51	178,93	0,06	10,62	7,61	59,87	26,85	0,12													
9,64	0,55	57,17	176,71	0,06	10,64	7,72	60,65	29,08	0,12													
9,66	0,52	50,84	177,82	0,06	10,66	7,94	65,76	33,52	0,11													
9,68	0,47	47,53	217,78	0,07	10,68	8,16	70,87	37,95	0,11													
9,70	0,44	42,08	216,66	0,07	10,70	8,39	75,98	42,39	0,11													
9,72	0,46	35,86	212,23	0,06																		
9,74	0,47	31,53	207,79	0,08																		
9,76	0,47	29,08	206,68	0,08																		
9,78	0,44	28,53	208,90	0,07																		
9,80	0,47	27,64	211,12	0,08																		
9,82	0,47	26,86	214,45	0,10																		
9,84	0,49	26,31	220,00	0,09																		
9,86	0,54	26,42	221,11	0,08																		
9,88	0,72	26,86	224,44	0,10																		
9,90	1,11	29,42	229,99	0,11																		
9,92	1,40	31,53	220,00	0,11																		
9,94	1,48	37,64	203,35	0,10																		
9,96	1,51	41,43	192,25	0,12																		
9,98	1,60	45,09	184,48	0,12																		
10,00	1,60	41,98	178,93	0,12																		

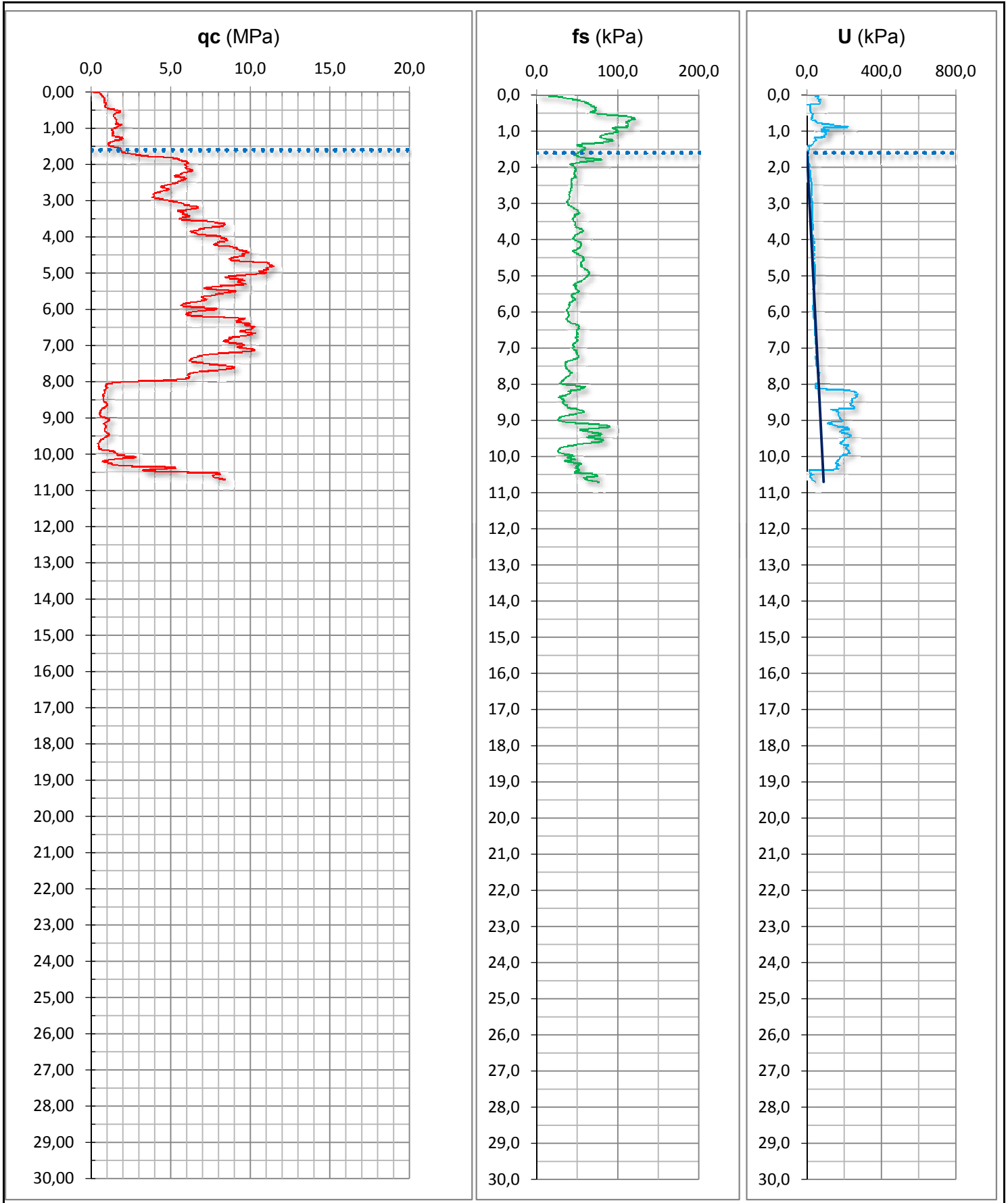
qc = resist. alla punta (Mpa)	Inc. = inclinazione dalla verticale (°)
fs = resist. per attrito lat. (kPa)	Diametro punta: 3.57 cm
U = pressione neutra (kPa)	Area punta: 10 cm <sup>2</sup>
	Punta: Tecnopenta G1 CPL2In

**PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

RIF. PROVA:	CPTU n°:
U136-13	CPTU5

COMMITTENTE: Ali Spa  
 CANTIERE: Ostellato Fe  
 DATA: 12/11/2013

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 10,70  
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,60  
 PREFORO (m da p.c.): 0,00



# PROVA PENETROMETRICA STATICA

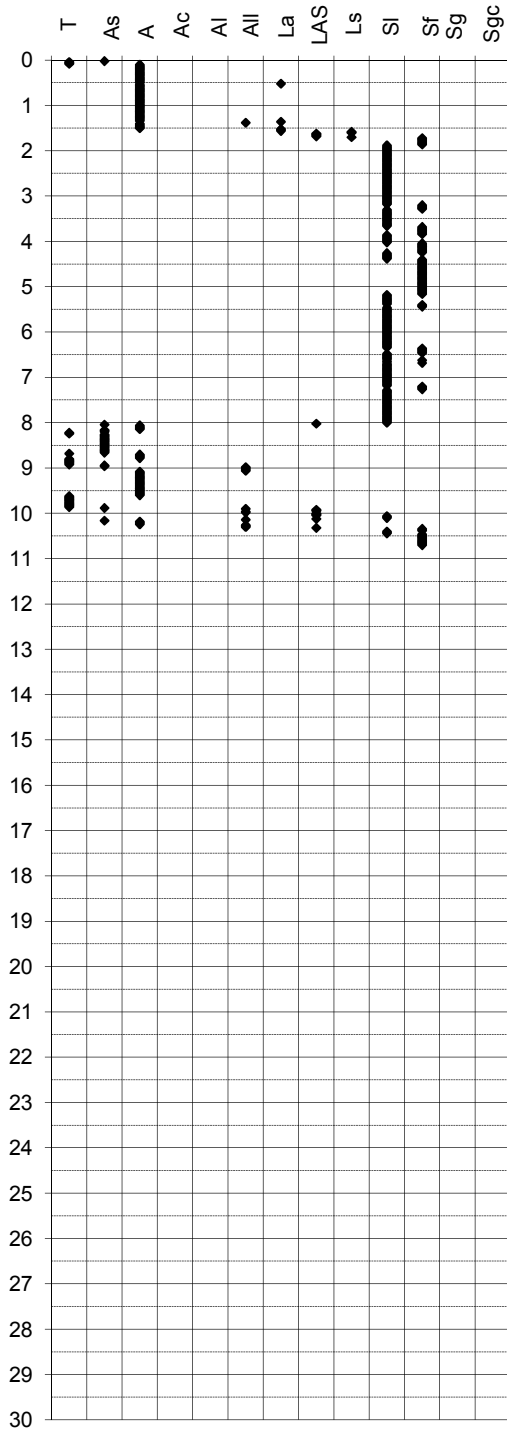
Identificativo	<b>U136-13</b>
Emissione	nov-13
Pagina	1 di 1

## INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE

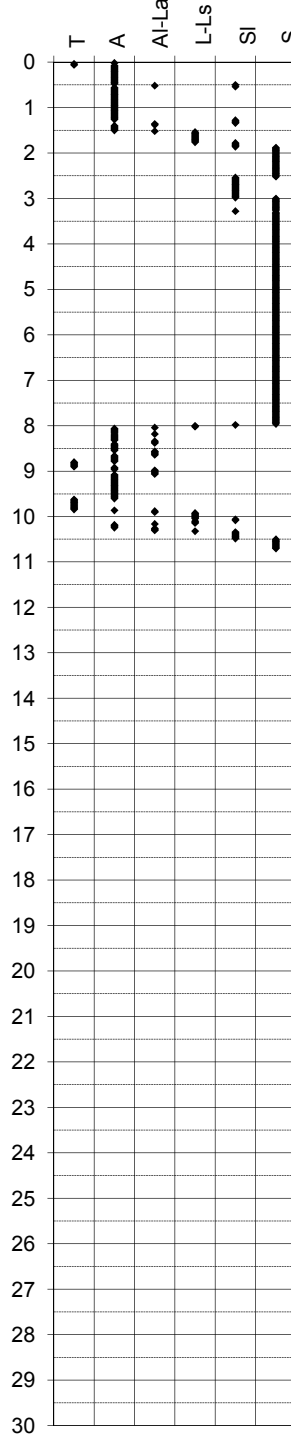
-Committente **Ali Spa**  
 -Cantiere **Ostellato Fe**  
 -Quota p.c. 1,10 m s.l.m.  
 -Livello di falda 1,60 m da p.c.  
 -Attrezzatura Punta elettrica con piezocono

-Prova n° **CPTU5**  
 -Data prova **12/11/2013**  
 -Prof. preforo m  
 -Prof. finale **10,70 m**

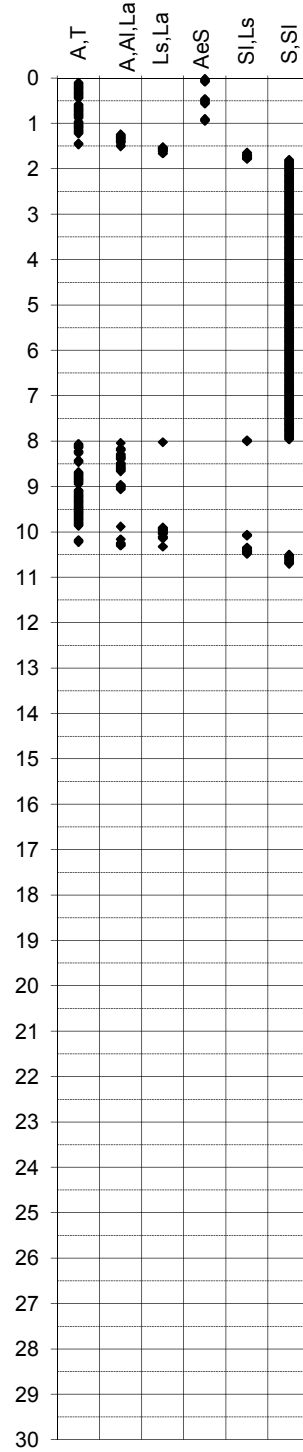
Douglas-Olsen (1981)



Robertson-Campanella(1983)



Olsen-Farr (1986)





**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Identificativo	<b>U136-13</b>
Emissione	nov-13
Pagina	1 di 1

**PARAMETRI GEOTECNICI**-Committente **Alì Spa**-Prova n° **CPTU5**-Cantiere **Ostellato Fe**-Data prova **12/11/2013**-Quota p.c. **1,10** m s.l.m.-Prof. preforo **0,00** m-Livello di falda **1,60** m da p.c.-Prof. finale **10,70** m

DA m	A m	MATERIALI COESIVI											MATERIALI GRANULARI							
		qcm MPa	fsm MPa	deltaU MPa	litol. (-)	Peso Vol. kN/m3	Cu (qc) KPa	OCR (qc) (-)	OCR (U) (-)	M <sub>0</sub> MPa	Eu50 MPa	CR (-)	Dr (%)	FI' <sub>DM</sub> (°)	FI'Schm. (°)			E'25 MPa	M <sub>0</sub> MPa	
0,0	1,6	1,29	0,08	0,00	A	17,50	74	20	11	4,41	12,41	0,06	-	-	-	-	-	-	-	
1,6	8,0	7,32	0,05	0,00	S	20,00	-	-	-	-	-	-	65	37	37	39	41	43	18,29	29,16
8,0	10,0	0,86	0,05	0,12	A	17,50	41	2	6	3,24	18,51	0,28	-	-	-	-	-	-	-	
10,0	10,7	4,08	0,05	0,01	S	20,00	-	-	-	-	-	-	36	32	32	35	38	40	12,65	20,24

**PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA**  
**UBICAZIONE DELLE PROVE SVOLTE - FOTO PIAZZAMENTI**

RIF. PROVA:	CPTU n°:
rif.U 23-12	SCPTU1

COMMITTENTE: ALÍ s.p.a.

CANTIERE: POC Ostellato Area ANS2 (2)

DATA: 10/10/2012

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30.00

PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1.80

PREFORO (m da p.c.): 0.00



SCPTU1







<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA</b>	RIF. PROVA:	CPTU n°:
<b>LETTURE DI CAMPAGNA</b>	rif.U 23-12	SCPTU1

COMMITTENTE: ALI s.p.a. CANTIERE: POC Ostellato Area ANS2 (2) DATA: 10/10/2012	PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,80 PREFORO (m da p.c.): 0,00
--	--

Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.
(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°
27,02	1,46	33,92	868,53	4,21	28,02	2,02	115,60	876,68	4,26	29,02	1,91	193,34	679,96	4,23					
27,04	1,48	34,14	883,46	4,21	28,04	1,97	118,16	823,77	4,26	29,04	1,80	174,56	637,90	4,21					
27,06	1,50	37,81	918,73	4,21	28,06	1,97	117,27	773,57	4,26	29,06	1,71	151,89	628,40	4,21					
27,08	1,57	38,03	952,64	4,21	28,08	1,95	116,27	728,80	4,26	29,08	1,65	130,77	627,04	4,21					
27,10	1,63	40,25	974,36	4,21	28,10	1,90	115,60	693,52	4,26	29,10	1,60	111,88	666,39	4,21					
27,12	1,67	42,92	987,92	4,21	28,12	1,83	115,60	674,53	4,28	29,12	1,56	95,32	703,02	4,21					
27,14	1,75	43,59	998,78	4,21	28,14	1,83	115,60	666,39	4,28	29,14	1,59	81,32	700,31	4,21					
27,16	1,75	45,81	1029,98	4,21	28,16	1,83	115,15	670,46	4,28	29,16	1,58	74,76	719,30	4,21					
27,18	1,88	43,59	1008,27	4,21	28,18	1,90	116,15	694,88	4,26	29,18	1,54	77,43	778,99	4,21					
27,20	1,89	47,81	1020,48	4,21	28,20	1,96	113,25	719,30	4,26	29,20	1,63	75,64	797,99	4,21					
27,22	1,95	51,70	997,41	4,21	28,22	1,92	110,81	711,16	4,28	29,22	1,65	77,53	869,89	4,21					
27,24	2,03	56,81	947,22	4,21	28,24	1,88	104,58	685,38	4,28	29,24	1,66	81,08	895,67	4,21					
27,26	2,04	64,03	929,58	4,21	28,26	1,80	103,14	654,18	4,26	29,26	1,65	82,42	875,31	4,21					
27,28	2,03	69,92	901,09	4,21	28,28	1,76	95,91	659,61	4,26	29,28	1,66	81,86	864,47	4,23					
27,30	2,09	74,92	822,41	4,21	28,30	1,83	88,80	665,03	4,26	29,30	1,66	78,19	871,24	4,21					
27,32	2,13	85,03	823,77	4,21	28,32	1,88	88,35	667,74	4,26	29,32	1,65	76,19	865,82	4,23					
27,34	2,08	91,25	816,98	4,21	28,34	1,88	90,46	658,24	4,26	29,34	1,63	76,08	853,61	4,23					
27,36	2,00	93,92	693,52	4,21	28,36	1,85	92,79	641,97	4,26	29,36	1,63	75,41	861,74	4,21					
27,38	1,90	95,36	625,69	4,16	28,38	1,83	96,01	621,62	4,26	29,38	1,59	76,63	906,52	4,21					
27,40	1,83	101,36	595,84	4,21	28,40	1,72	100,79	614,83	4,26	29,40	1,58	77,41	906,52	4,23					
27,42	1,78	105,36	591,78	4,21	28,42	1,77	92,79	631,11	4,26	29,42	1,55	77,52	901,09	4,23					
27,44	1,72	105,36	584,99	4,21	28,44	1,78	86,22	622,98	4,26	29,44	1,57	75,08	891,60	4,23					
27,46	1,66	102,80	579,57	4,21	28,46	1,78	84,78	616,19	4,26	29,46	1,54	74,41	880,74	4,23					
27,48	1,67	99,47	583,63	4,21	28,48	1,73	84,22	618,91	4,26	29,48	1,51	74,19	878,03	4,23					
27,50	1,66	96,58	574,13	4,21	28,50	1,76	81,11	625,69	4,26	29,50	1,53	74,19	926,87	4,23					
27,52	1,56	95,24	570,07	4,21	28,52	1,73	79,22	629,76	4,26	29,52	1,59	73,97	952,64	4,23					
27,54	1,56	86,90	582,28	4,23	28,54	1,76	82,77	644,68	4,26	29,54	1,75	73,52	1016,41	4,23					
27,56	1,59	79,57	595,84	4,21	28,56	1,82	87,33	663,68	4,26	29,56	1,87	71,86	1016,41	4,23					
27,58	1,64	76,68	621,62	4,23	28,58	1,83	85,22	679,96	4,26	29,58	1,75	73,08	916,01	4,23					
27,60	1,68	73,23	648,76	4,23	28,60	1,88	82,88	698,94	4,26	29,60	2,02	74,41	1032,69	4,26					
27,62	1,76	72,79	671,81	4,23	28,62	1,94	76,66	719,30	4,23	29,62	2,59	73,52	1160,21	4,26					
27,64	1,84	68,79	684,02	4,23	28,64	1,96	73,21	734,22	4,26	29,64	2,99	67,75	826,48	4,28					
27,66	1,88	69,67	677,24	4,23	28,66	2,00	71,77	746,43	4,26	29,66	2,72	73,86	863,11	4,31					
27,68	1,85	76,22	666,39	4,23	28,68	1,99	70,88	760,00	4,26	29,68	2,66	84,08	918,73	4,31					
27,70	1,84	80,11	669,10	4,23	28,70	2,00	67,10	787,13	4,26	29,70	2,65	82,52	917,38	4,31					
27,72	1,85	84,89	675,89	4,23	28,72	2,02	63,76	821,04	4,26	29,72	2,48	84,30	833,26	4,31					
27,74	1,85	90,00	670,46	4,23	28,74	2,11	60,32	857,68	4,26	29,74	2,25	95,97	730,16	4,31					
27,76	1,85	93,00	654,18	4,23	28,76	2,26	57,76	922,80	4,28	29,76	1,95	110,64	660,97	4,31					
27,78	1,78	94,78	643,32	4,26	28,78	2,68	57,99	1078,81	4,28	29,78	1,70	120,53	640,61	4,36					
27,80	1,83	88,55	656,89	4,23	28,80	3,17	59,65	1263,32	4,28	29,80	1,63	111,75	641,97	4,36					
27,82	1,90	84,44	662,32	4,23	28,82	3,31	63,43	1291,81	4,28	29,82	1,58	98,97	640,61	4,36					
27,84	1,96	83,66	666,39	4,26	28,84	3,46	81,65	1331,16	4,26	29,84	1,52	95,08	636,54	4,36					
27,86	2,02	84,11	679,96	4,26	28,86	3,55	99,99	1374,57	4,26	29,86	1,49	83,08	640,61	4,36					
27,88	2,03	84,89	684,02	4,26	28,88	3,55	113,43	1370,50	4,26	29,88	1,48	69,53	651,47	4,36					
27,90	2,11	85,44	684,02	4,26	28,90	3,41	128,21	1283,68	4,26	29,90	1,47	56,75	666,39	4,36					
27,92	2,11	89,55	689,46	4,26	28,92	3,18	151,77	1158,86	4,23	29,92	1,64	48,41	722,01	4,36					
27,94	2,03	98,11	658,24	4,26	28,94	2,83	175,88	1046,26	4,23	29,94	1,63	50,28	777,63	4,36					
27,96	1,91	94,50	1013,70	4,26	28,96	2,77	205,01	1285,03	4,23	29,96	1,67	52,15	833,26	4,36					
27,98	2,04	105,71	966,21	4,23	28,98	2,46	206,90	910,59	4,21	29,98	1,71	54,01	888,88	4,36					
28,00	2,04	111,27	921,44	4,23	29,00	2,14	201,67	726,08	4,21	30,00	1,76	55,88	944,50	4,36					

qc = resist. alla punta (Mpa)	Inc. = inclinazione dalla verticale (°)
fs = resist. per attrito lat. (kPa)	Diametro punta: 3.57 cm
U = pressione neutra (kPa)	Area punta: 10 cm <sup>2</sup>
	Punta: Tecnopenta G1 CPL2In

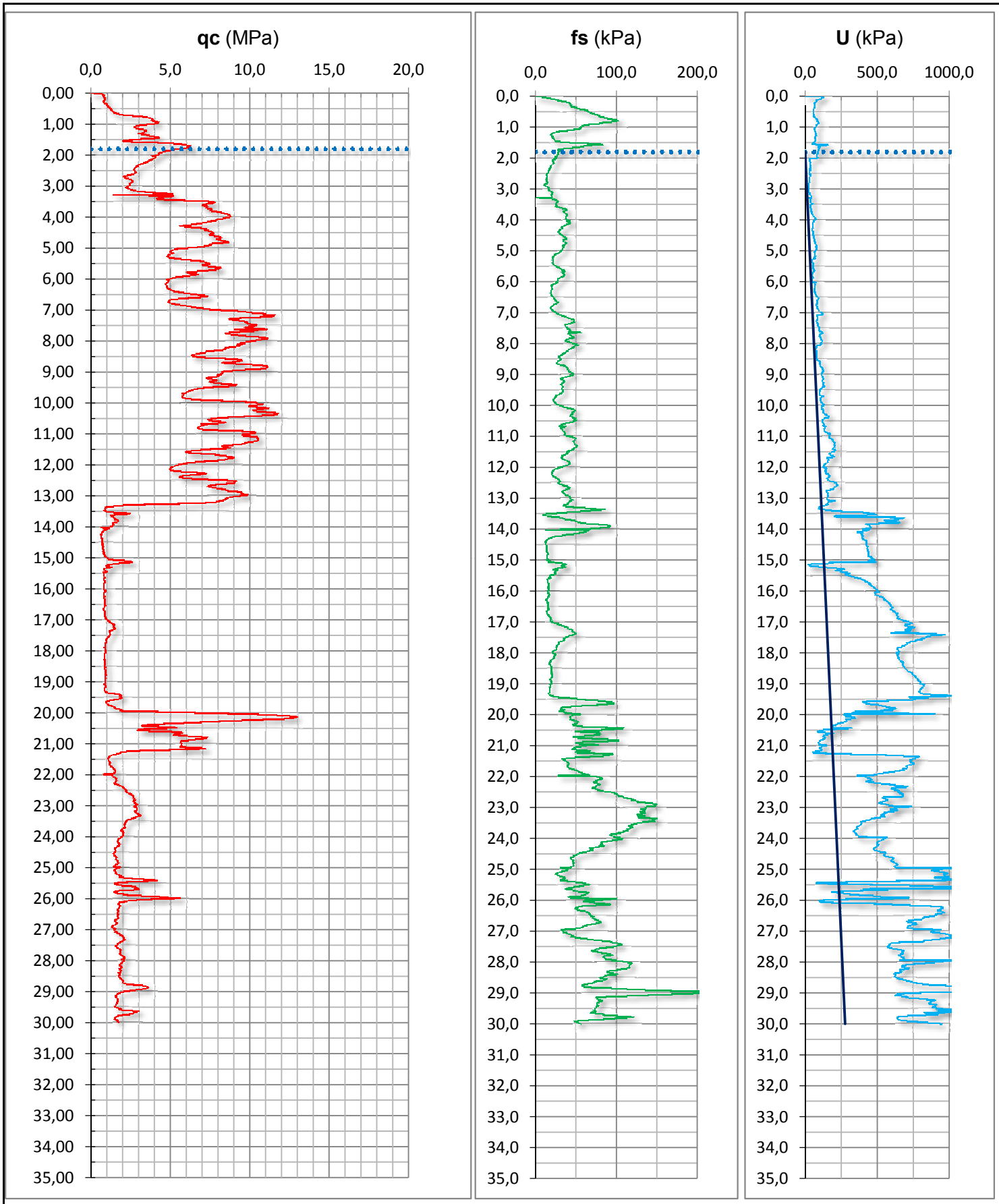


**PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA**  
**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

RIF. PROVA:	CPTU n°:
rif.U 23-12	SCPTU1

COMMITTENTE: ALI s.p.a.  
 CANTIERE: POC Ostellato Area ANS2 (2)  
 DATA: 10/10/2012

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00  
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1,80  
 PREFORO (m da p.c.): 0,00



# PROVA PENETROMETRICA STATICA

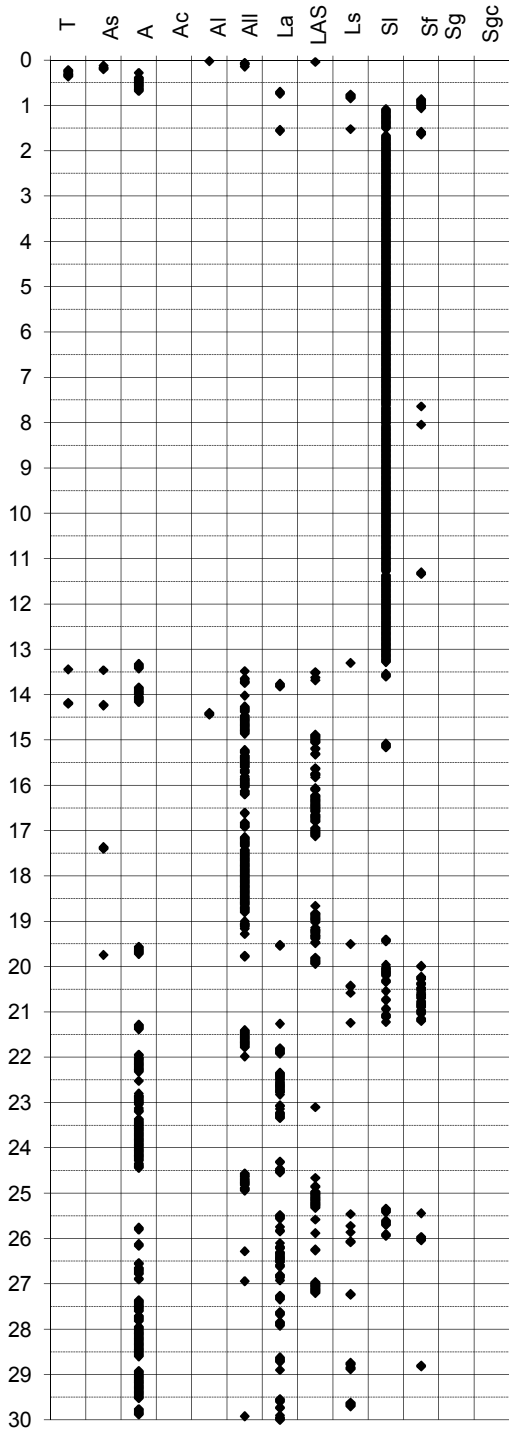
Identificativo	<b>rif.U 23-12</b>
Emissione	ott-12
Pagina	30 di 2

## INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE

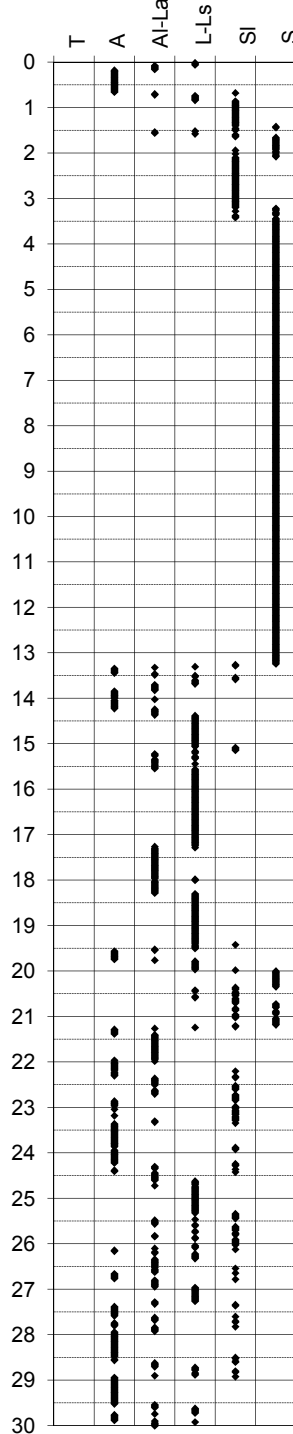
-Committente **ALi s.p.a.**  
 -Cantiere **POC Ostellato Area ANS2 (2)**  
 -Quota p.c. -1,00 m s.l.m.  
 -Livello di falda 1,80 m da p.c.  
 -Attrezzatura Punta elettrica con piezocono

-Prova n° **SCPTU1**  
 -Data prova **10/10/2012**  
 -Prof. preforo m  
 -Prof. finale **30,00 m**

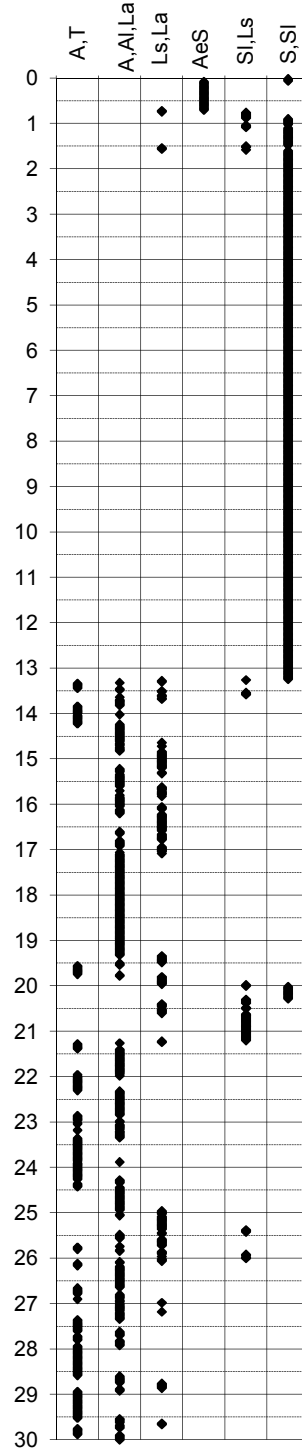
Douglas-Olsen (1981)



Robertson-Campanella(1983)



Olsen-Farr (1986)



**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Identificativo	<b>F.U 23-12</b>
Emissione	ott-12
Pagina	30 di 2

**PARAMETRI GEOTECNICI**

-Committente	<b>ALÍ s.p.a.</b>	-Prova n°	<b>SCPTU1</b>
-Cantiere	<b>POC Ostellato Area ANS2 (2)</b>	-Data prova	<b>10/10/2012</b>
-Quota p.c.	<b>-1,00</b> m s.l.m.	-Prof. preforo	<b>0,00</b> m
-Livello di falda	<b>1,80</b> m da p.c.	-Prof. finale	<b>30,00</b> m

DA m	A m	MATERIALI COESIVI											MATERIALI GRANULARI							
		qcm MPa	fsm MPa	deltaU MPa	litol. (-)	Peso Vol. kN/m3	Cu (qc) KPa	OCR (qc) (-)	OCR (U) (-)	M <sub>0</sub> MPa	Eu50 MPa	CR (-)	Dr (%)	FI' <sub>DM</sub> (°)	FI'Schm. (°)			E'25 MPa	M <sub>0</sub> MPa	
0,0	1,5	2,30	0,05	0,00	A	18,15	83	20	-	5,00	14,1	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
1,5	3,1	3,42	0,02	0,03	SL	19,00	-	-	-	-	-	-	44	35	34	37	39	41	8,64	13,83
3,1	13,4	7,57	0,03	0,04	S	20,00	-	-	-	-	-	-	57	35	36	38	40	42	19,07	30,34
13,4	20,0	1,06	0,03	0,42	A	17,50	45	2	3	3,94	25,38	0,36	-	-	-	-	-	-	-	-
20,0	21,3	6,40	0,06	-0,01	S	20,00	-	-	-	-	-	-	31	30	32	35	37	40	16,53	25,86
21,3	30,0	1,95	0,08	0,44	A	17,50	86	2	4	5,70	46,7	0,30	-	-	-	-	-	-	-	-

**PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA**  
**PROVA DOWN HOLE SCPTU**

RIF. PROVA: CPTU n°:  
 rif.U 23-12 SCPTU1

COMMITTENTE: ALÍ s.p.a.

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30.00

CANTIERE: POC Ostellato Area ANS2 (2)

PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 1.80

DATA: 10/10/2012

PREFORO (m da p.c.): 0.00

Peso mazza battente:

Ricevitore Down Hole:

G1-cpl21N

Equipaggiamento di registrazione:

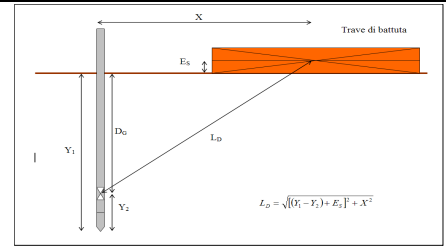
D1-SISMI USB

Distanza centro sorgente-verticale X:

4 m

Distanza punta-accelerometro  $Y_2$ :

0.2 m



**$V_{s30} = 183$  m/sec Categoria suolo di fondazione = C**

Profondità punta elettrica $Y_1$ (m)	Tempo di arrivo onda S (millisecondi)	Velocità onde S dello strato (m/sec)
0	0	0
1	22.196	171
2	23.993	176
3	26.806	173
4	30.484	186
5	34.406	181
6	38.805	184
7	43.396	183
8	48.178	182
9	53.124	181
10	58.186	183
11	63.275	182
12	68.465	180
13	73.756	172
14	79.326	143
15	86.056	139
16	93.006	145
17	99.705	144
18	106.487	164
19	112.458	172
20	118.167	199
21	123.106	194
22	128.174	185
23	133.508	214
24	138.104	230
25	142.396	228
26	146.723	234
27	150.956	224
28	155.371	222
29	159.836	245
30	163.888	

