Consorzio di Bonifica PIANURA di FERRARA

44121 Ferrara - Via Borgo dei Leoni, 28
Codice Fiscale 93076450381
Tel.: 0532.218211 - Fax: 0532.211402
E-mail: info@bonificaferrara.it

PROGETTO CIARLE

PROGETTO ESECUTIVO

OPERE DI COMPETENZA DEL MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE.
RETE RURALE NAZIONALE 2014–2020.
BANDO PSRN PROGRAMMA SVILUPPO RURALE NAZIONALE–SOTTOMISURA 4.3–
OPERAZIONE 4.3.1–INVESTIMENTI IN INFRASTRUTTURE IRRIGUE

LAVORI DI IMPLEMENTAZIONE PRIMARIA DEL SISTEMA IRRIGUO CIARLE
NEI COMUNI DI POGGIO RENATICO E TERRE DEL RENO (FE)–
CONDOTTO DISTRIBUTORE SUD E IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO

CUP : J81E17000370006

RELAZIONI SPECIALISTICHE

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

Oggetto dell'elaborato:

Elab. n°

7.b.2

Pos. arch.

Data: 12 MAGGIO 2017

Scala:

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
(Dott. Ing. Marco Volpin)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE
IL PROGETTISTA
(Ing. Valeria Chierici)

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI FERRARA
N. 1324 Albo
dott. ing.
Valeria CHIERICI

I COLLABORATORI TECNICI
Geom. Cesare Formignani
Ing. Laura Montanari
Geom . Marcello Nepoti
Geom. Carlo Mazzanti
Geom. Pietro Ghisellini
Geom. Federico Sarto

Elab.:

Aggiornamenti:
30 MARZO 2020

File:

STUDIO ITA

INGEGNERIA CIVILE E TECNOLOGIE ANTINCENDIO

Comuni di Poggio Renatico e Terre del Reno

Provincia di Ferrara

Lavori di implementazione primaria del sistema irriguo Ciarle nei comuni di Poggio Renatico e Terre del Reno (FE) – Condotto distributore Sud e impianto di sollevamento

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

Committente:

Consorzio di Bonifica **PIANURA di FERRARA**

44121 Ferrara - Via Borgo dei Leoni, 28
Codice Fiscale 93076450381
Tel.: 0532.218211 - Fax: 0532.211402
E-mail: info@bonificaferrara.it

Progettista:

STUDIO ITA

ing. Elisa Maniezzo

Elab. n.:

R01

Rev.: **1°EMISS.**

Data: **24.03.20**

1°emiss.	24.03.20	1° emissione	BMVitelletti	EManiezzo	EManiezzo
Rev.:	*Data*	*Descrizione*	*Eseguito*	*Controllato*	*Approvato*

1 INDICE

1 INDICE 2
2 RIFERIMENTI NORMATIVI 4
3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI 5
4 PREMESSA 6
5 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA 9
6 INDAGINI GEOGNOSTICHE ESISTENTI 11
6.1 Campagna indagini Comitgeo S.a.s. 1984 11
6.2 Campagna indagini Pergeo S.n.c. 2001 13
7 INDAGINI INTEGRATIVE 2017 15
7.1 Tipologia ed ubicazione 15
7.2 Criteri e metodologie di interpretazione delle indagini 17
7.3 Premessa 17
7.4 Prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU) 17
7.4.1 Profilo Stratigrafico 17
7.4.2 Sabbie e sabbie limose 18
7.4.2.1 Densità relativa 18
7.4.2.2 Resistenza al taglio 19
7.4.2.3 Moduli di deformazione 20
7.4.3 Argille e limi argillosi 22
7.4.3.1 Resistenza a taglio non drenata 22
7.4.3.2 Moduli di deformazione 22
7.4.4 Coefficiente di permeabilità idraulica 24
7.5 Analisi delle prove SCPTU 2017 25
8 MODELLO LITOSTRATIGRAFICO E GEOTECNICO 28
9 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA IN CONDIZIONI SISMICHE 30
9.1 Microzonazione Sismica del Territorio 30
9.2 Pericolosità Sismica 33
9.3 Categoria di sottosuolo e coeff. di amplificazione 34
9.4 Valutazione della Azione Sismica 35
9.5 Valutazione della Magnitudo di progetto 37
10 STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE 40
11 CEDIMENTI POST-SISMICI 45
11.1 Terreni granulari 45

11.2 Terreni fini 46

ALLEGATI

ALLEGATO A: Report risultati indagini geognostiche zona Sud;
ALLEGATO B: Report risultati indagini geognostiche 1984;
ALLEGATO C: Risultati indagini integrative Geolavori 2017
ALLEGATO D: Risultati delle verifiche a liquefazione
ALLEGATO E: Cedimenti post-sismici attesi

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

[1] Lancellotta R., "*Geotecnica*" – Ed. Zanichelli, Bologna (2000).

[2] Jaeger C., "*Rock Mechanics and Engineering*" – Ed. Cambridge, London (1979).

[3] Anderson M.G., Richards S., "*Slope stability*" – Ed.JWS, New York (1992).

[4] Farulla C. A., "*Analisi di stabilità dei pendii*" – Ed. Hevelius, Napoli (2000).

[5] Bowles J., "*Foundation analysis and design*" – Ed. McGrawHill, London (1998).

[6] Viggiani C., "*Fondazioni*" – Ed. Hevelius, Napoli (2000).

[7] Atkinson J., "*Geotecnica*" – Ed. McGraw-Hill, Milano (1997).

[8] Nova R., "*Fondamenti di meccanica delle terre*" - Ed. McGraw-Hill, Milano (1997).

[9] Pozzati P., Ceccoli C.: "*Teoria e tecnica delle costruzioni*" – Ed. Utet, Torino (1997);

[10] M. Corrao, G. Coco Geofisica Applicata 2009 Dario Flaccovio Editore

[11] M. Mele Interazione terreno-struttura in prospettiva sismica 1990 Dario Flaccovio Editore

[12] T. Crespellani, J. Facciorusso Dinamica dei terreni per le applicazioni sismiche 2010 Dario Flaccovio Editore

[13] RUE Ferrara 2013 Relazione Geologico Sismica. Prof. Ing. Vincenzo Fioravante, ing. Daniela Giretti

[14] Gruppo di lavoro CPTI (2004). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna

[15] Gutenberg B., Richter C.F. (1944). Frequency of earthquakes in California. Bulletin of the Seismological Society of America, 34(4), 1985-1988.

[16] Associazione Geotecnica Italiana AGI (2005). Linee Guida "Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica", Patron, Bologna

3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Le Normative di riferimento adottate sono le seguenti:

D.M. 17 gennaio 2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”

Circ. Ministero delle infrastrutture e dei trasporti n.7 del 21 gennaio 2019, “Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM del 17 gennaio 2018”.

D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380; “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”.

Codici e Raccomandazioni

A.G.I: Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (1977);
A.G.I. Raccomandazioni sui pali di fondazione (1984);
A.G.I. Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio (1994);
A.I.C.A.P.: Raccomandazioni su Ancoraggi nei terreni e nelle rocce (1993);

Eurocodice EC7, parti 1,2,3.
Eurocodice EC8, parte 5.

4 PREMESSA

La presente relazione si inserisce nel Progetto Esecutivo dei “Lavori di implementazione primaria del sistema irriguo Ciarle nei comuni di Poggio Renatico e Terre del Reno (FE) – Condotto distributore Sud e impianto di sollevamento”.

Le opere da realizzare sono manufatti idraulici che si sviluppano lungo un tracciato che va da Sant’Agostino a Poggio Renatico. In particolare trattasi di:

1. Ponti;
2. Pozzetti;
3. Vasca impianto idrovoro (si tratta dell’ampliamento di una vasca esistente);
4. Spingitubo;

Il tracciato di progetto era stato indagato negli anni passati con 1 campagna di indagini realizzata nel 2001 da Pergeo snc.

L’ubicazione delle indagini storiche è riportata in colore nero in Figura 1.

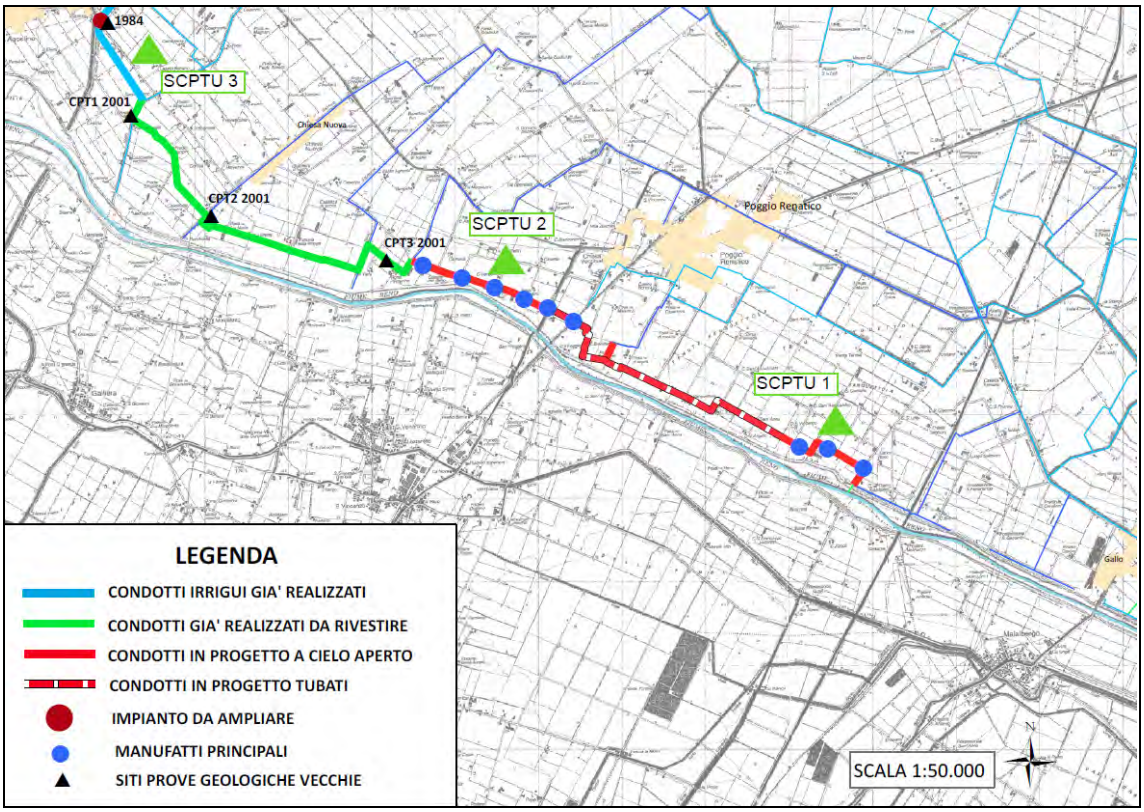


Figura 1: Quadro di unione con ubicazione delle indagini e dei manufatti di progetto.

Si rammenta che siamo in corrispondenza delle zone che durante il sisma del 2012 hanno presentato notevoli problematiche relative alla liquefazione del terreno di fondazione.

Nella figura che segue, tratta dalla "Carta degli effetti di liquefazione osservati dopo i terremoti del 20 e 29 maggio 2012" redatta dalla RER e dalla Protezione Civile che contiene le osservazioni fatte fino al 7 giugno 2012, si evince che lungo la parte di tracciato vicine a S. Agostino si sono riscontrati fenomeni di liquefazione.

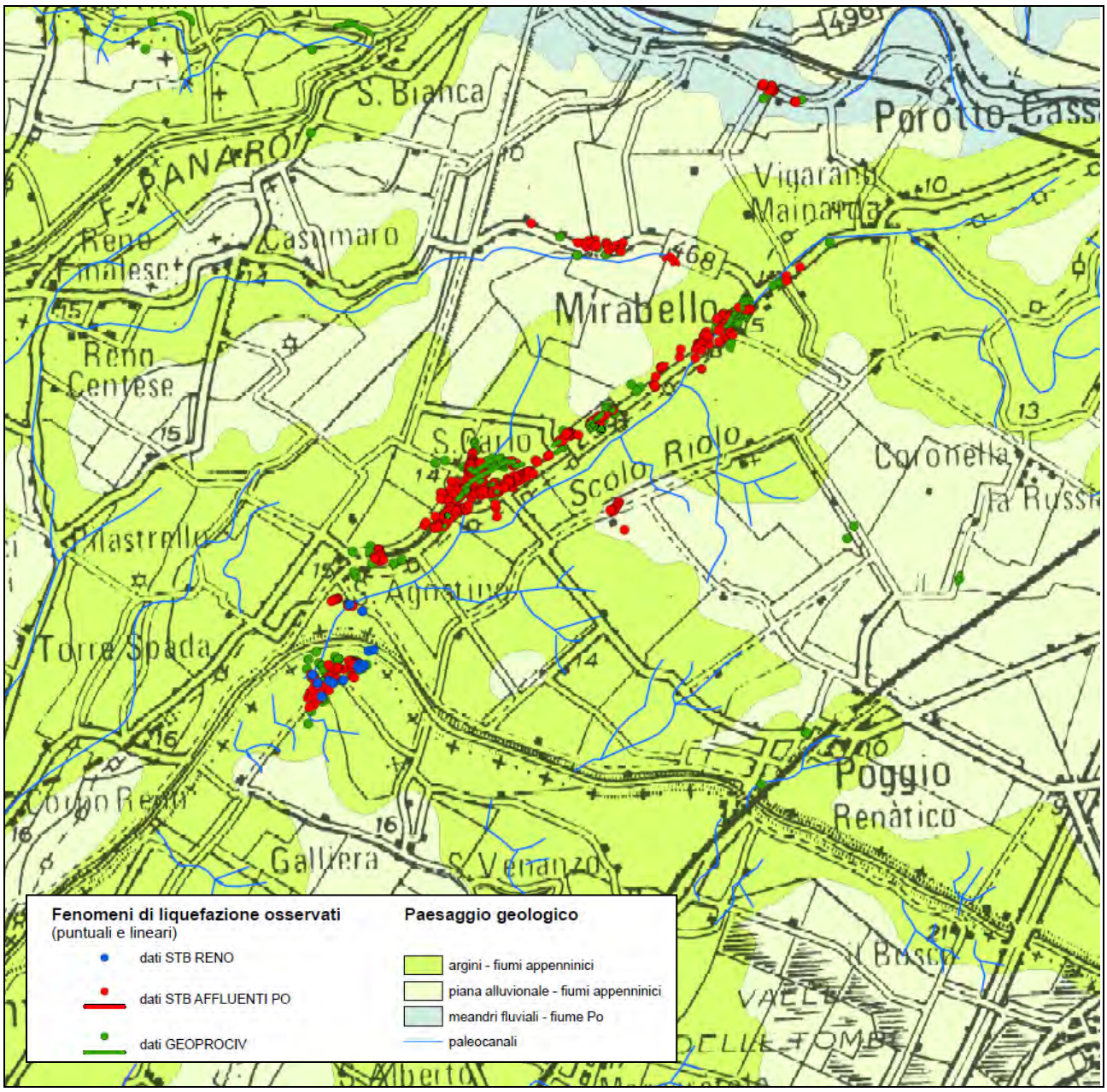


Figura 2: Estratto della Carta degli effetti di liquefazione osservati dopo i terremoti del 20 e 29 maggio 2012" redatta dalla RER e dalla Protezione Civile

Pertanto per approfondire la conoscenza dei terreni soprattutto nei tratti di nuova esecuzione e per definirne il potenziale di liquefazione, è stata condotta una campagna di indagini integrative, denominata "**Geolavori 2017**" costituita da **prove SCPTU** spinte fino alla profondità di **30m** dal p.c..

La campagna di indagini è stata costituita da 5 prove totali, che hanno permesso di approfondire le conoscenze di tutto l'impianto di sollevamento Ciarle, del condotto distributore nord e del distributore sud. Lungo il tratto oggetto della presente relazione geotecnica, sono ubicate 3 indagini (SCPTU1, SCPTU2, SCPTU3) descritte nel dettaglio al capitolo 7.

Nei capitoli che seguono vengono riportate nel dettaglio le campagne di indagini condotte (2001, 2017), viene altresì proposta una caratterizzazione geologica tratta dal materiale messo a disposizione dalla Regione Emilia Romagna per l'area in oggetto.

5 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA

Per la caratterizzazione geologica dei terreni presenti nell'area di intervento si è fatto riferimento a quanto contenuto nella Cartografia dei suoli messa a disposizione dalla Regione Emilia Romagna. Poiché si tratta di un'area abbastanza estesa e diversificata dal punto di vista geologico, nel seguito si riporteranno le principali caratteristiche del terreno in relazione a macro aree.

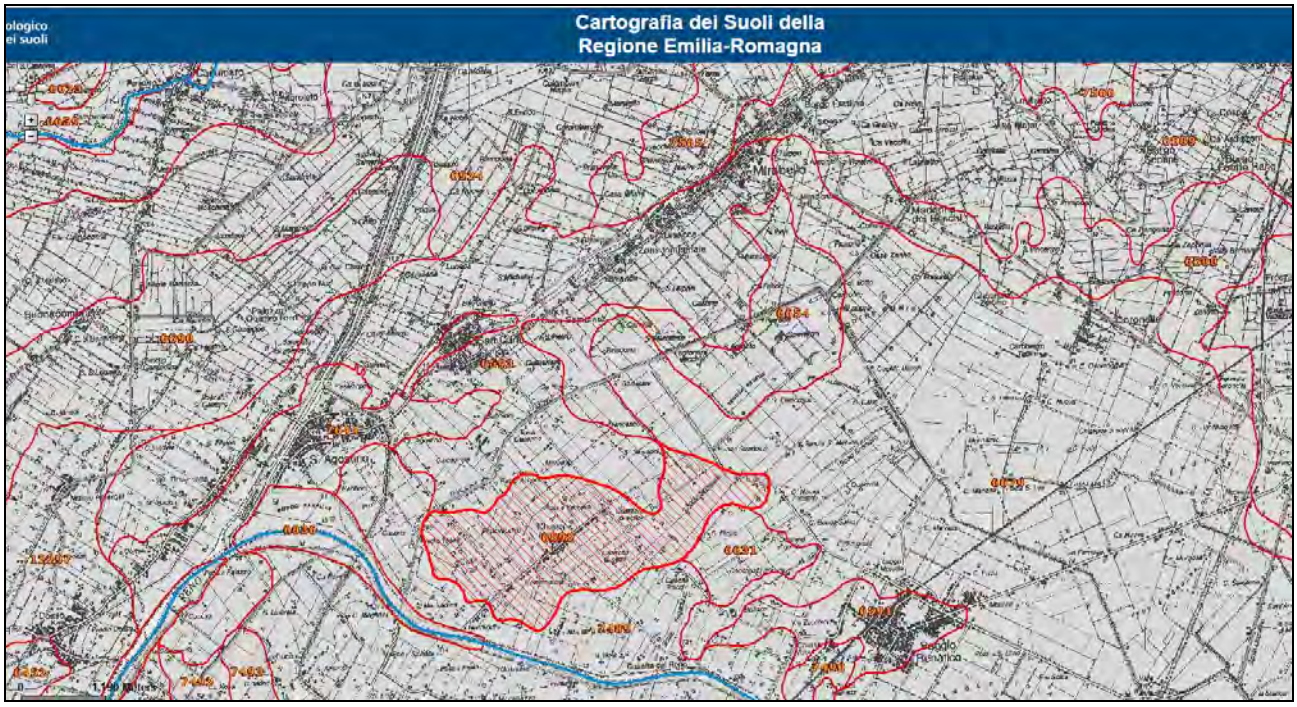


Figura 3: Cartografia dei suoli della Regione Emilia Romagna.

Tra S. Agostino e Poggio Renatico sono presenti i cosiddetti suoli SANT'OMOBONO franco argilloso limosi. I suoli S'Omobono franco argillosi limosi occupano la maggior parte delle delineazioni e si trovano sui depositi di argine naturale distale e prossimale; in quest'ultimo caso associati ai suoli S'Omobono franco limosi; i suoli Secchia sono localizzati nella parte centrale degli argini naturali o in rotte fluviali; I suoli Pradoni si trovano nelle zone più ribassate o in prossimità di canali di scolo/irrigazione; I suoli La Boaria sono ai limiti delle delineazioni a contatto gli ambienti di bacino interfluviale, nelle zone più depresse. In alcune delineazioni nelle aree di più antica formazione relitte, frequentemente a sud nella zona di alta pianura, si possono trovare Cataldi franchi argillosi limosi.

In questa zona è anche individuato il complesso dei suoli PRADONI franco argilloso limosi / FOSSOLI franco limosi. I suoli Pradoni caratterizzano in maniera omogenea la maggior parte della U.C. Occupano le parti più depresse e si trovano su depositi di argine naturale distale. I suoli Fossoli franco limosi ed i Garusola franco

sabbiosi sono in zone di argine naturale prossimale di piccoli canali o ventagli di rotta I suoli S.Omobono franco limosi sono nella parte prossimale degli argini naturali o al limite dei ventagli di rotta. I suoli S.Omobono franco argilloso limosi sono nelle zone più rilevate degli argini naturali distali

Facendo riferimento alla Cartografia Geologica, sempre messa a disposizione dalla Regione Emilia Romagna, è possibile individuare altre caratteristiche del terreno.

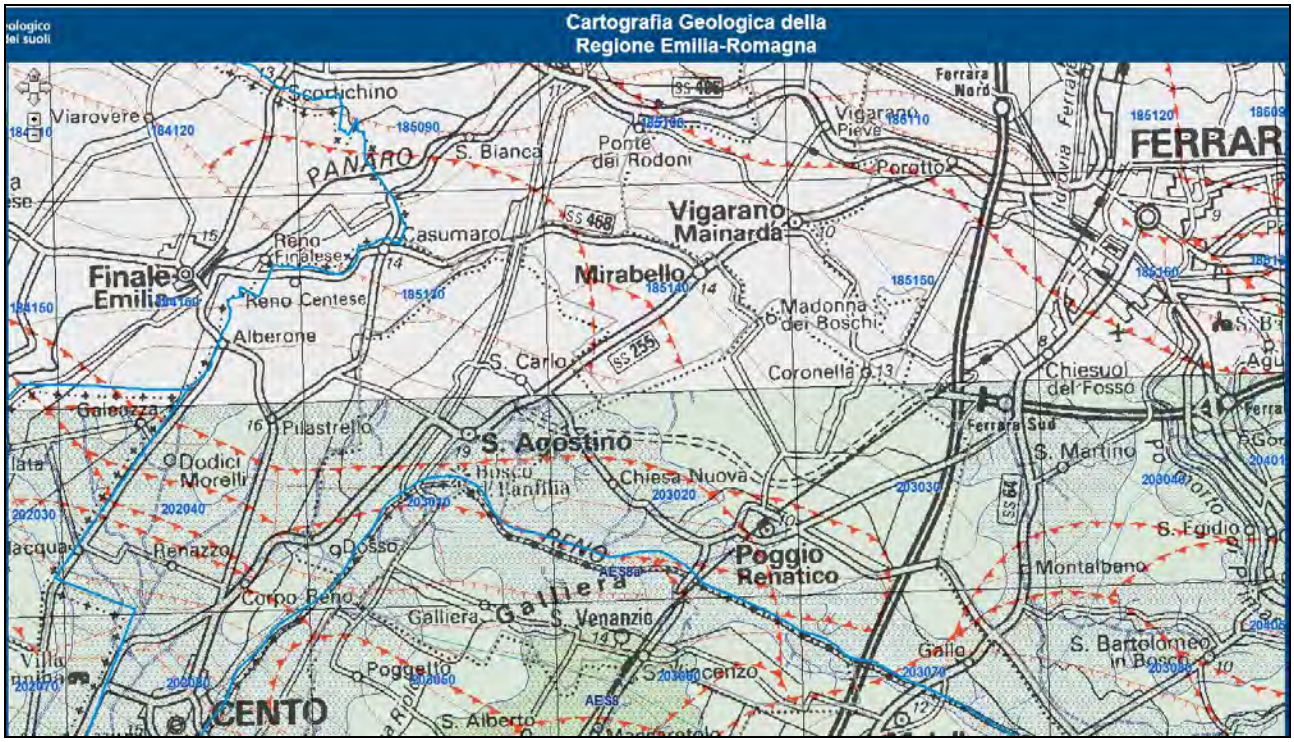


Figura 4: Estratto carta geologica dell'Emilia Romagna.

In questa mappa è evidenziata la zona compresa tra S. Agostino e Poggio Renatico, denominata come: “Sistema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena”. Si tratta di un’unità costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose o da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva; da argille e limi, in contesti di piana inondabile; da alternanze di sabbie, limi ed argille, in contesti di piana deltizia; da sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale. Al tetto l'unità presenta localmente un suolo calcareo poco sviluppato di colore grigio-giallastro.

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE ESISTENTI

6.1 Campagna indagini Comitgeo S.a.s. 1984

La campagna di indagini condotta da Comitgeo S.a.s. si è concentrata nelle immediate vicinanze del territorio comunale di S. Agostino.

In particolare sono state condotte:

- 1 Sondaggio a carotaggio continuo spinto fino a 17,20 m di profondità da p.c. con prelievo di 3 campioni indisturbati e 7 campioni disturbati sottoposti prove di laboratorio;
- Installazione di 1 tubo piezometrico alla profondità di 9,70 m dal p.c.;
- 2 Prove Penetrometriche CPT spinte fino a 19-20 m di profondità da p.c.;

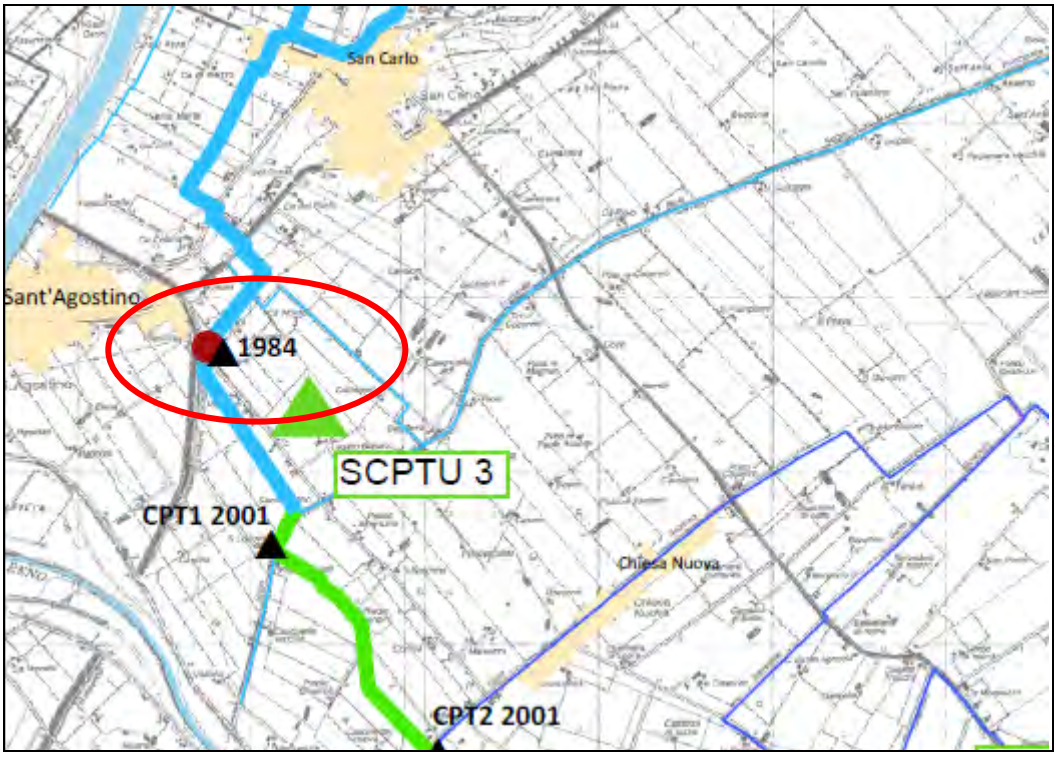


Figura 5: Indicazione posizionamento indagini 1984.

La relazione geotecnica, redatta dall'ing. Riccardo Zopellaro O.I. Rovigo n. 233, relativa alla campagna di indagini è riportata in Allegato C alla presente relazione.

Da tale relazione si evince che fino alla profondità di indagine (20m) si incontrano sedimenti costituiti da sabbie medio-fini, limi inorganici od organici, argille inorganiche od organiche, torbe ed altre terre altamente organiche, oppure miscele binarie o ternarie dei sopracitati litotipi.

In affioramento, i terreni più sabbiosi, si localizzano preferenzialmente lungo i paleoalvei e lungo le zone di rotta ad essi collegate. Sulla maggior parte del territorio affiorano argille limoso-sabbiose o argillo-limose, mentre i termini più plastici altamente argillosi sono nettamente subordinati.
Nel sottosuolo, i litotipi sopracitati si trovano in fitta alternanza, in stati sottili od in livelli più potenti ma tendenzialmente lentiformi, per cui si ha una notevole variabilità nella successione stratigrafica da punto a punto del territorio.

In prossimità di tale zona è stata eseguita la SCPTU3 nel 2017, di cui si tratterà nel capitolo 7.

6.2 Campagna indagini Pergeo S.n.c. 2001

La campagna di indagini condotta da Pergeo S.n.c nel 2001 si compone delle seguenti indagini:

- 3 Prove Penetrometriche statiche CPT spinte rispettivamente fino a 18.2; 19.2; 17.2 m di profondità da p.c.;

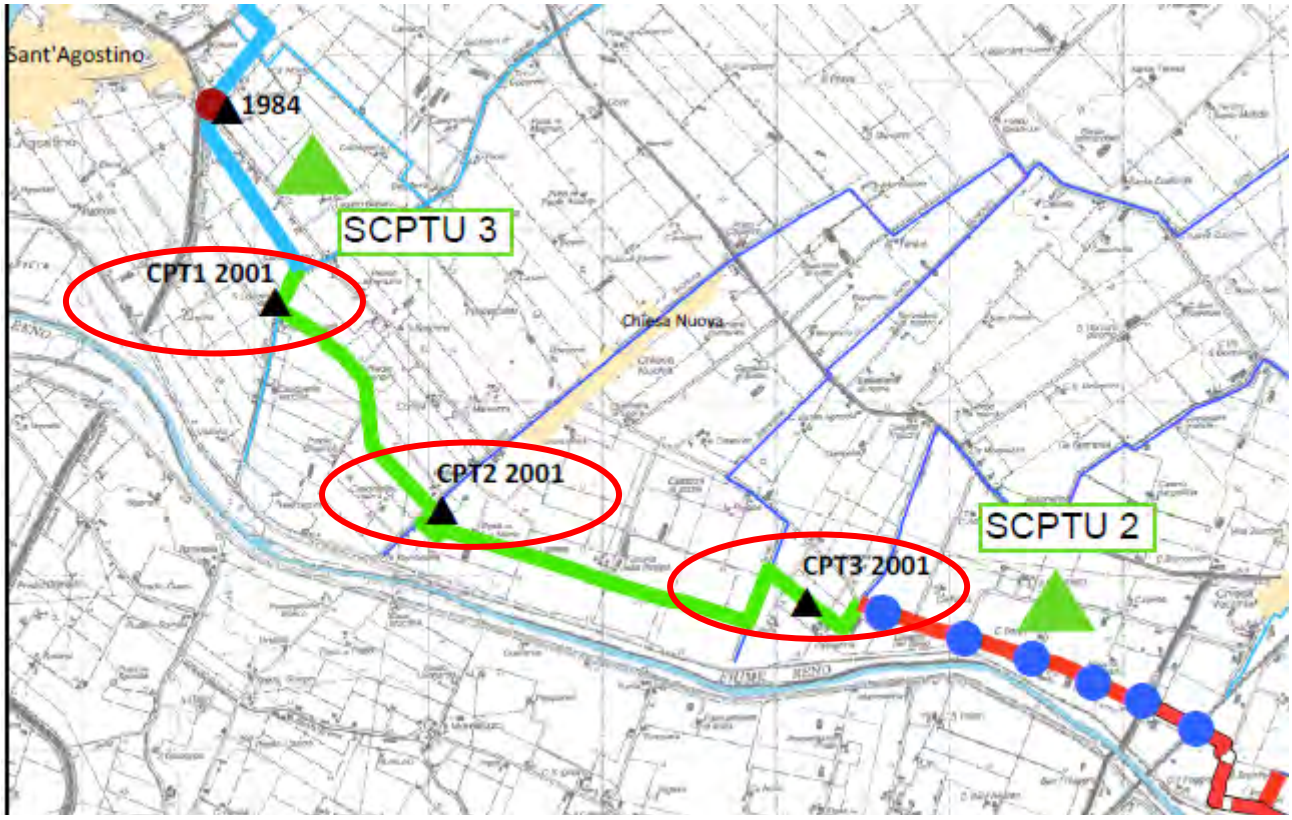


Figura 6: Indicazione posizionamento indagini 2001.

La relazione geotecnica, redatta dal Dr. Geol. Emanuele Stevanin O.Geol.E.R. n. 513 e Dr. Geol. Marco Condotta O.Geol.E.R. n. 527, relativa alla campagna di indagini è riportata in Allegato B alla presente relazione.

Da tale relazione si evince che fino a 16-17 metri di profondità vi è la presenza di alternanza tra limi ed argille con limi sabbiosi – sabbie limose, con la presenza di livelli torbosi ed argille organiche, i terreni sono caratterizzati da valori medi di resistenza alla punta di 8-10 kg/cmq fino a circa 5m di profondità, seguiti da terreni che hanno una resistenza media alla punta di circa 20 kg/cmq.

Sotto i 17-18 metri vi è la presenza di limi sabbiosi e sabbie limose caratterizzate da un valore medio di resistenza alla punta variabile tra i 30 ed i 130 kg/cmq.

La campagna di indagini condotta da Pergeo S.n.c nel 2001 si è concentrata nella porzione meridionale dell'area di intervento, segnatamente all'attuale tratto esistente, mentre nel tratto di nuova esecuzione sono state eseguite le indagini integrative SCPTU1 e SCPTU2, di cui si tratterà nel capitolo 7.

7 INDAGINI INTEGRATIVE 2017

7.1 Tipologia ed ubicazione

La campagna di indagini integrative, denominata "**Geolavori 2017**" è stata progettata per caratterizzare litostratigraficamente e geotecnicamente il volume significativo del terreno in relazione alle opere in oggetto, si in condizioni di carico statico che sismico, ed è costituita da **5 prove SCPTU** spinte fino alla profondità di **30m** dal p.c.. Tale campagna di indagini è ubicata come indicato in Figura 7 ed è stata eseguita per indagare tutto l'impianto di sollevamento Ciarle, il condotto distributore sud e il condotto distributore nord.
In allegato D è riportata la relazione sulle indagini in sito completa dei risultati delle stesse.

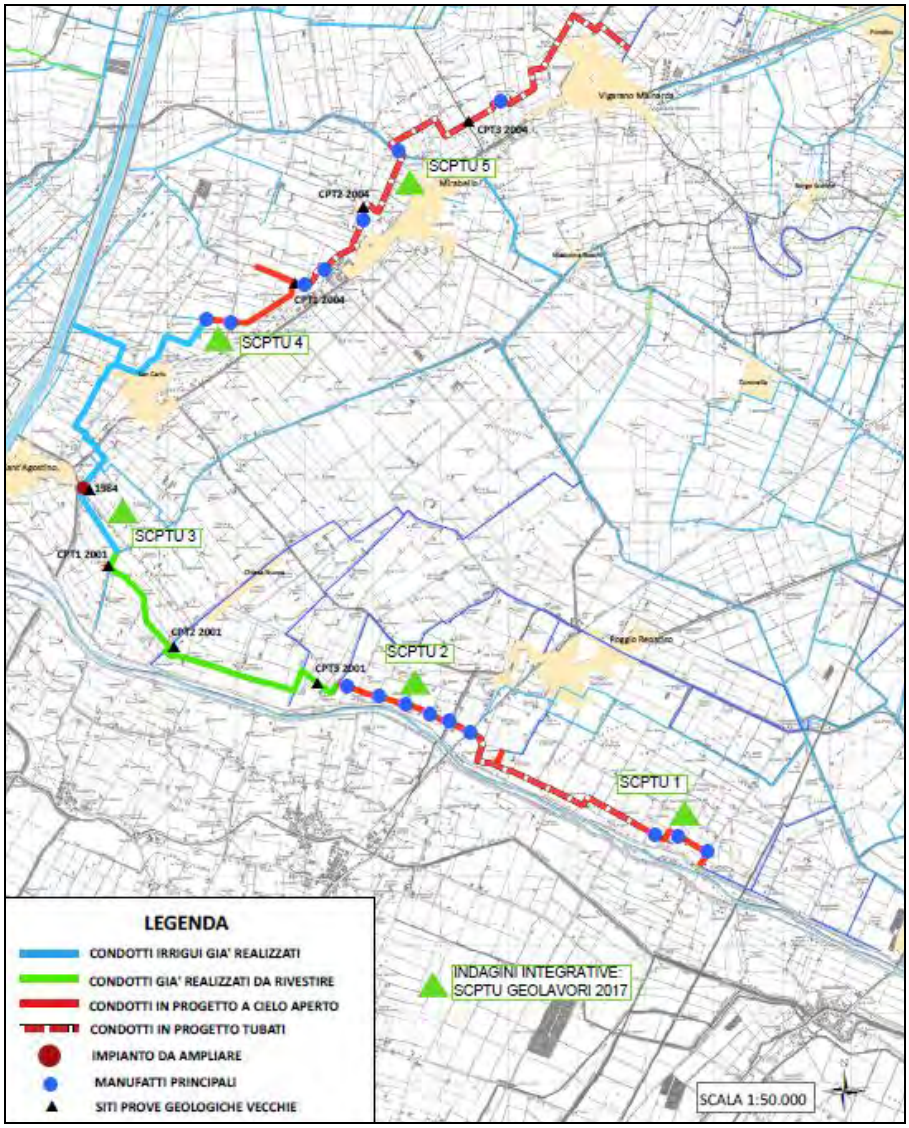


Figura 7: Quadro di unione con ubicazione delle indagini



Figura 8: Google Earth - ubicazione delle indagini 2017

Come detto in premessa, nella presente relazione si analizzeranno i risultati delle indagini SCPTU 1, SCPTU 2, SCTU3.

- Le prove SCPTU 1 e SCPTU2 hanno permesso di indagare il condotto distributore sud;
- La prova SCPTU3 ha permesso di indagare le caratteristiche del terreno in specificatamente in corrispondenza dell'impianto di sollevamento (ampliamento vasca esistente);

7.2 Criteri e metodologie di interpretazione delle indagini

7.3 Premessa

Le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche del sottosuolo in esame sono state desunte indirettamente dai risultati delle prove CPTU mediante correlazioni già ampiamente sperimentate e ritrovabili in letteratura.

7.4 Prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU)

Il piezocono è un penetrometro statico a punta elettrica dotato di un elemento poroso che permette di misurare e registrare i parametri di resistenza alla penetrazione q_c, f_s e la pressione interstiziale u.
Per l'interpretazione della prova occorre utilizzare la resistenza alla punta corretta q_t, che tiene conto della differenza tra l'area della punta A_c e l'area della parte di cono che agisce direttamente sulla cella di carico A_n.
La relazione che deve essere utilizzata è la seguente:

$q_t=q_c+u(1-a)$

Dove:

$a=A_n/A_c$

7.4.1 Profilo Stratigrafico

Dai valori di resistenza alla penetrazione ottenuti in sito e corretti secondo la relazione precedente, è possibile ricavare utili indicazioni per la costruzione del profilo stratigrafico delle zone interessate dalle prove.
Esistono diverse correlazioni che mettono in relazione i valori di q_t e f_s con la tipologia di terreno indagata.
Nel caso in oggetto, è stata scelta la correlazione proposta da *Robertson P.K. e al. (1986)*, che presenta in ascissa il rapporto tra le resistenze R_f e in ordinata la resistenza alla punta q_t corretta per le aree diseguali.

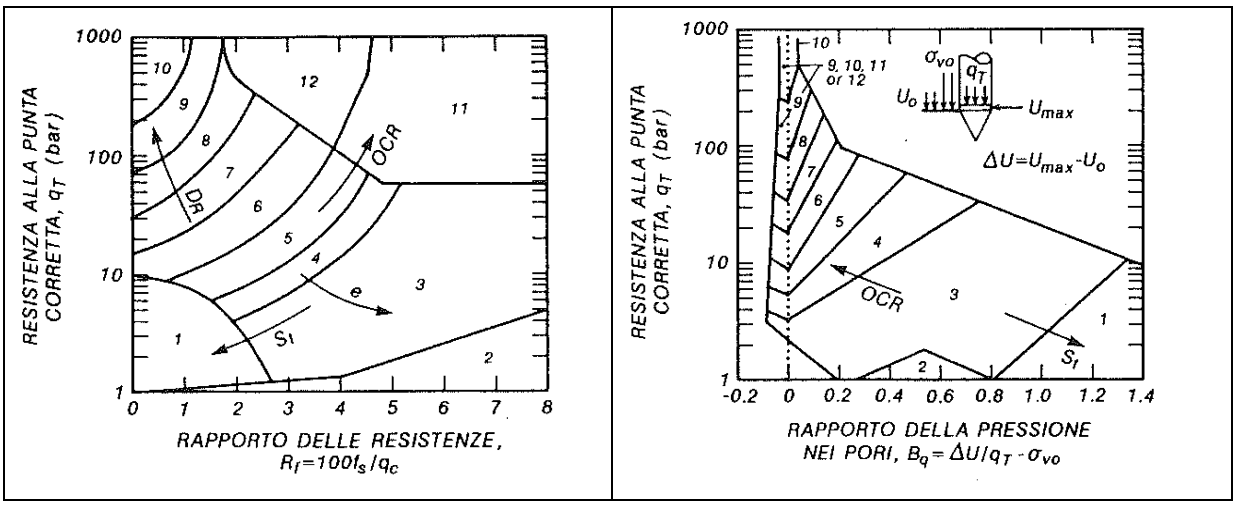


Figura 9: P.K.Robertson (1986).

Poiché i valori di f_s talvolta sono meno precisi e affidabili rispetto a quelli della q_c (piccole differenze costruttive o nell'usura della punta possono comportare sensibili differenze nelle misure di f_s), è stata redatta una ulteriore carta di classificazione che sostituisce al rapporto tra le resistenze il rapporto della pressione dei pori B_q.

In questa sede, così come consigliato in letteratura, sono stati utilizzati tutti e tre i parametri (R_f, B_q e q_t) al fine di una precisa classificazione del terreno.

7.4.2 Sabbie e sabbie limose

7.4.2.1 Densità relativa

La densità relativa è valutabile mediante le correlazioni di *Baldi G. e al.(1982)* tra il valore di resistenza alla punta q_c ed il valore della tensione litostatica efficace [σ'_{vo}] valide per depositi sabbiosi recenti, non cementati, a prevalenza quarzosa e NC. Per sabbie OC tale correlazione fornisce una sovrastima della densità relativa che può essere corretta secondo quanto proposto da *Baldi G. e al.(1982).*

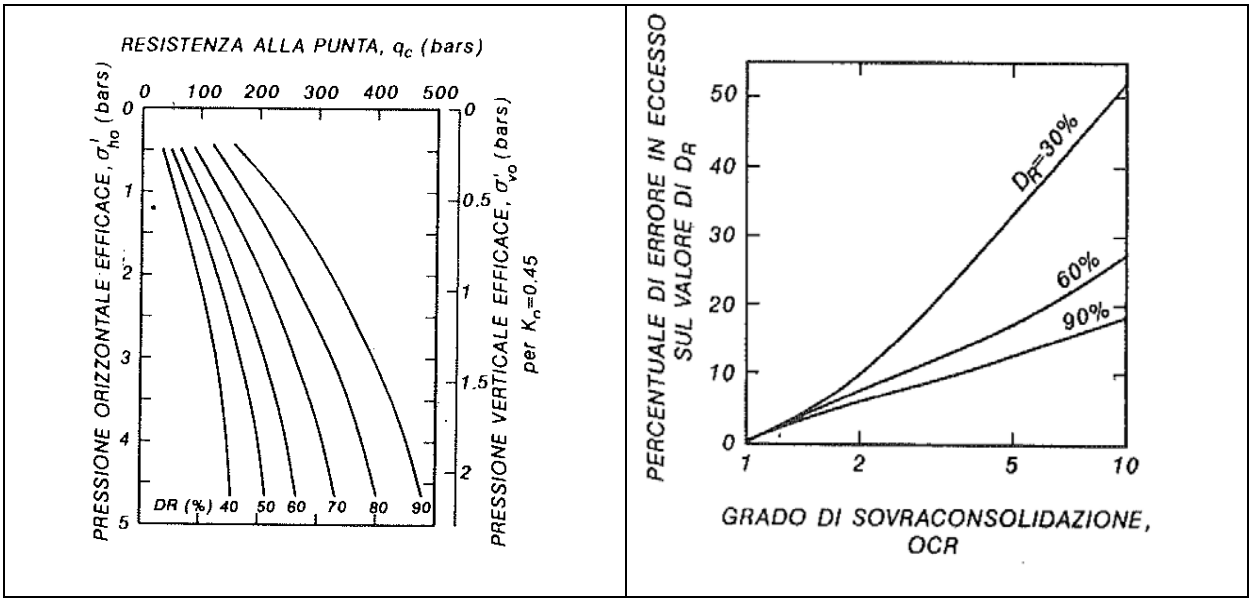


Figura 10: Baldi G. et al. (1982).

7.4.2.2 Resistenza al taglio

Per la determinazione della resistenza al taglio ci si basa sulle correlazioni proposte da *Robertson P.K. Campanella R.G., (1983)* tra il valore resistenza alla punta q_c e l'angolo di attrito di picco in funzione della tensione litostatica efficace σ'_{vo}, valide per sabbie a prevalenza quarzosa e non cementate. Nel caso di depositi OC la correlazione sovrastima leggermente il valore e se ne terrà conto in fase di definizione del parametro.

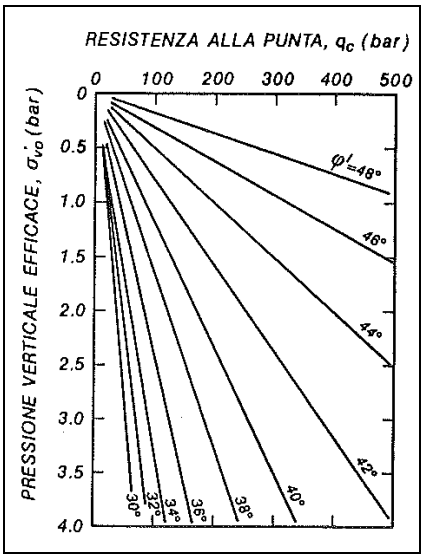


Figura 11: Robertson Campanella (1983).

7.4.2.3 Moduli di deformazione

In ambito progettuale i moduli solitamente impiegati sono:

Modulo di taglio iniziale G_0:

$G_0=\rho V_s^2$

Con

V_s= velocità di propagazione delle onde S nel terreno

$\rho=\gamma/9.81$

Modulo di Young iniziale E'_0:

$E'_0= G_0 \cdot 2(1+\nu')$

con

ν'=rapporto di Poisson del terreno=0.2

Modulo di Young iniziale in condizioni non drenate E_{u0}:

$E_{u0}= 3G_0$

Modulo confinato tangente (M_t): *P.K. Robertson e G. Campanella (1983)* hanno proposto la correlazione riportata di seguito, valida per sabbie NC, quarzo-prevalenti e non cementate.

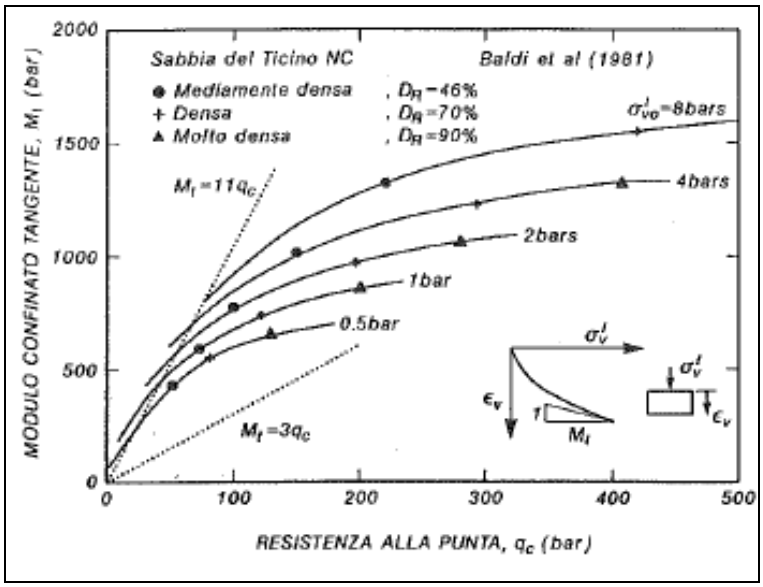


Figura 12: Modulo confinato tangente -Robertson Campanella (1983)

Modulo di Young (E_{50}, E_{25}): E_{50} misurato in corrispondenza del 50% dello sforzo a rottura, E_{25} misurato in corrispondenza del 25% dello sforzo a rottura. Per determinare tali valori è stato fatto riferimento alle correlazioni per sabbie NC non cementate proposta da *P.K. Robertson e G. Campanella (1983)* sulla base dei risultati di prove eseguite in camera di calibrazione.

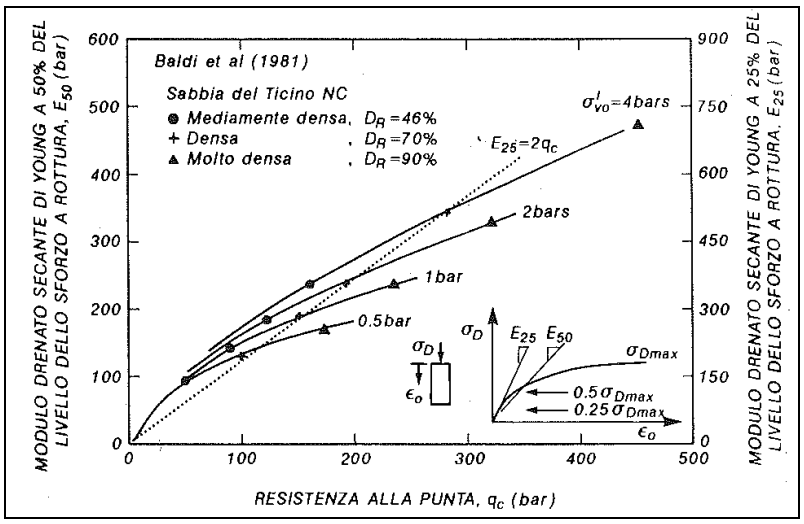


Figura 13: Moduli di Young -Robertson Campanella (1983)

7.4.3 Argille e limi argillosi

7.4.3.1 Resistenza a taglio non drenata

La caratterizzazione della resistenza al taglio non drenata dei terreni fini è un procedimento particolarmente complesso, sia a causa del fatto che la penetrazione dello strumento genera elevate variazioni degli sforzi e delle deformazioni, sia poiché tale parametro non può essere definito univocamente; esso infatti dipende dal tipo di prova eseguita, dalla velocità di deformazione e dall'orientamento dei piani di rottura.
Una stima della resistenza al taglio non drenata c_u può comunque essere fatta applicando la seguente legge empirica:

$c_u=(q_c-\sigma_o)/N_k$

Dove:

- N_k: fattore del cono=15±3;
- σ_o: pressione totale in sito;

7.4.3.2 Moduli di deformazione

In ambito progettuale i moduli solitamente impiegati sono:

Modulo di taglio iniziale G_0:

$G_0=\rho V_s^2$

Con

V_s= velocità di propagazione delle onde S nel terreno

$\rho=\gamma/9.81$

Modulo Non Drenato E_u:

Sulla base di quanto riportato in *Simpson et Al*. (*1979*) i moduli di Young iniziali, associabili a piccole deformazioni, sono stati stimati attraverso le correlazioni di *Jamiolkowski et Al.*(1979):

$E_u = k\ C_u$

Essendo Cu la resistenza non drenata.

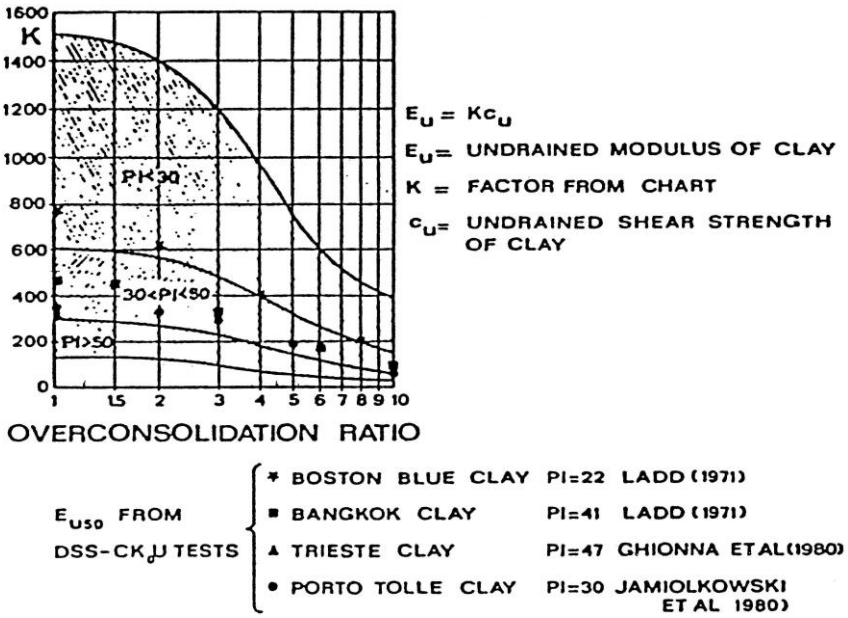


Figura 14: Jamiolkowski et Al.(1979)

Modulo Edometrico: Il modulo di deformazione edometrico è tratto dalla relazione tra il valore della resistenza di punta [q_c] e il coefficiente [α] secondo la relazione M=α q_c (*Mitchell, Gardner 1978*) in funzione della plasticità.

Argille di bassa	$0.7 > q_c$ (MPa)	$8 > \alpha > 3$
Plasticitá (CL)	$2 > q_c > 0.7$ (MPa)	$5 > \alpha > 2$
	$q_c > 2$ (MPa)	$2.5 > \alpha > 1$
Limi di bassa	$2 > q_c$ (MPa)	$3 > \alpha > 1$
Plasticitá (ML)	$q_c > 2$ (MPa)	$6 > \alpha > 3$
Limi e argille di alta Plasticitá (MH, CH)	$2 > q_c$	$6 > \alpha > 2$
Limi organici (OL)	$1.2 > q_c$ (MPa)	$8 > \alpha > 2$
Torba e argilla	$100 > W > 50$	$4 > \alpha > 1.5$
Organica (P_t, OH)	$200 > W > 100$	$1.5 > \alpha > 1$
	$W > 200$	$1 > \alpha > 0.4$

Figura 15: Modulo edometrico secondo Mitchell e Gardner

7.4.4 Coefficiente di permeabilità idraulica

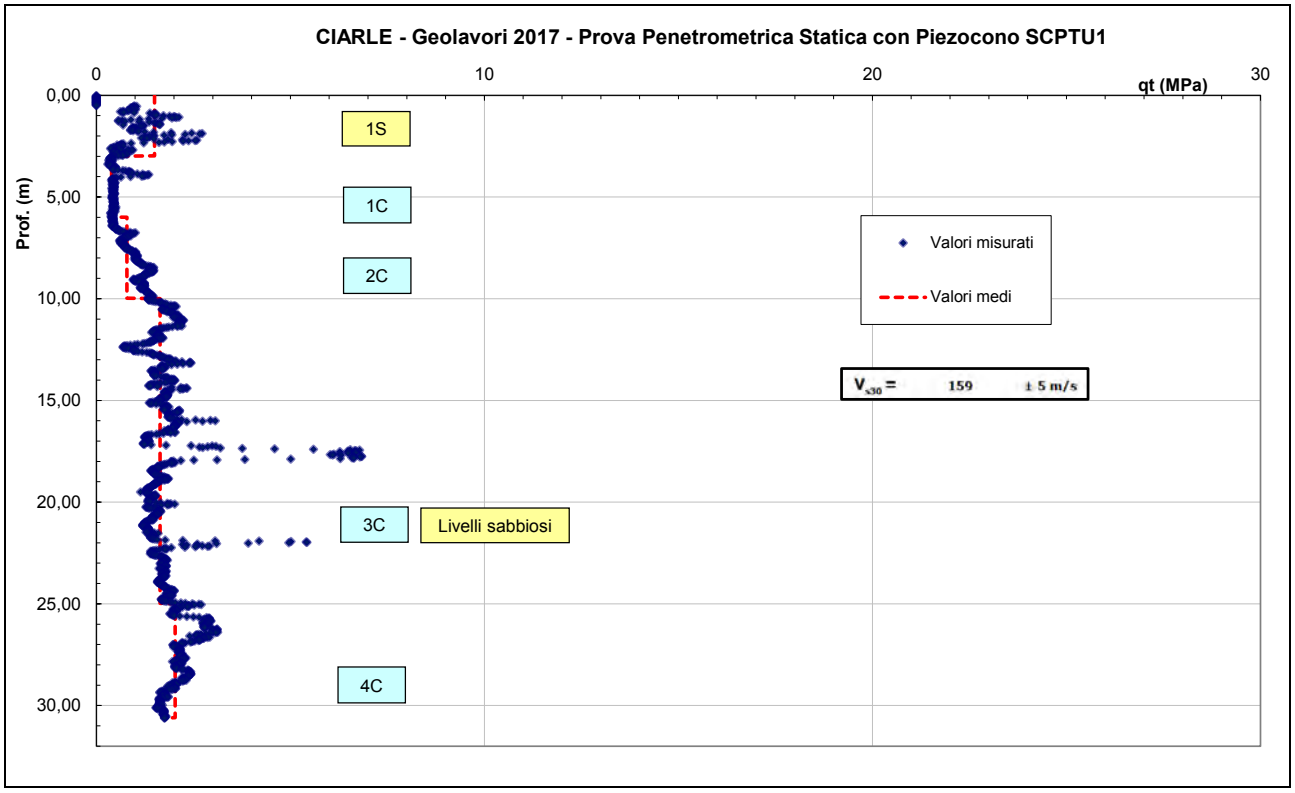
I valori relativi al coefficiente di permeabilità idraulica, sono stati definiti facendo riferimento a risultati disponibili in letteratura, associati alla diversa litologia del terreno preso in considerazione.

k (m/sec)	Grado di permeabilità	Tipo di terreno
$k > 1x10^{-3}$	Alta	Ghiaie
$1x10^{-3} > k > 1x10^{-5}$	Media	Sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose
$1x10^{-5} > k > 1x10^{-7}$	Bassa	Sabbie fini
$1x10^{-7} > k > 1x10^{-9}$	Molto bassa	Limi e sabbie argillose
$1x10^{-9} > k$	Bassissima (impermeabile)	argille

Figura 16: Valori tipici di permeabilità del terreno

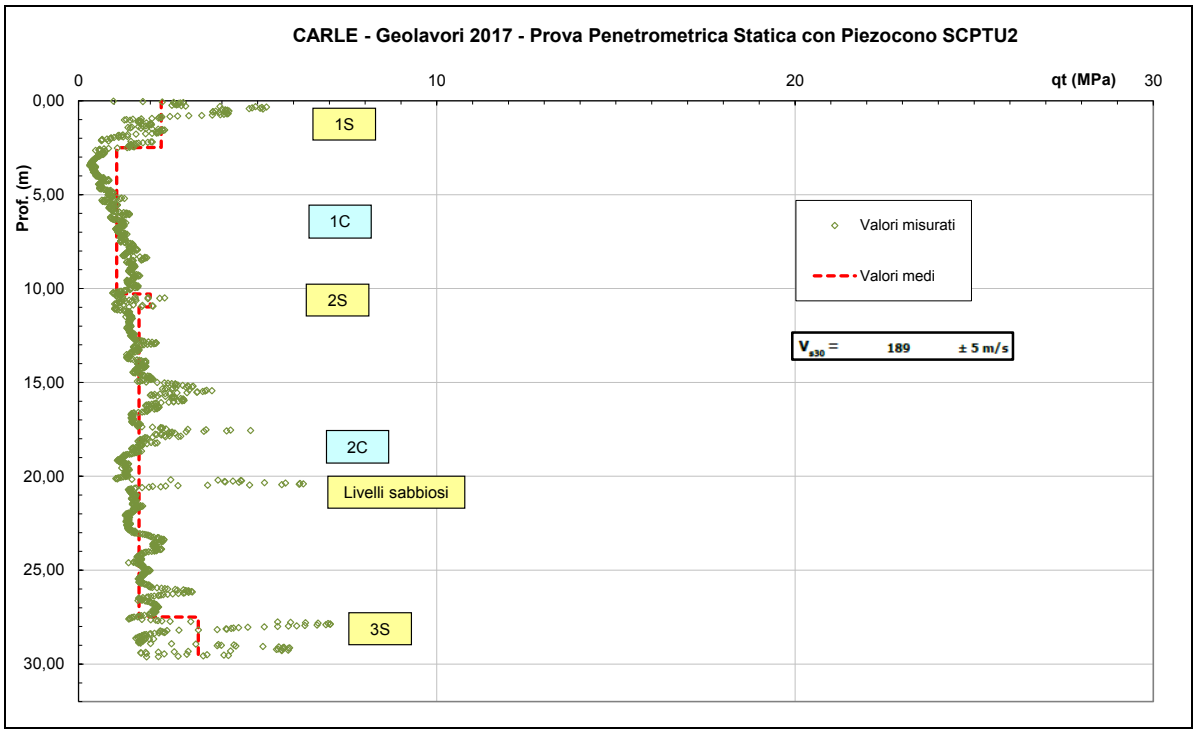
7.5 Analisi delle prove SCPTU 2017

Di seguito si riporta l'interpretazione delle singole prove SCPTU, con individuazione delle unità litostratigrafiche ed il valore medio di resistenza alla punta per ciascun strato.

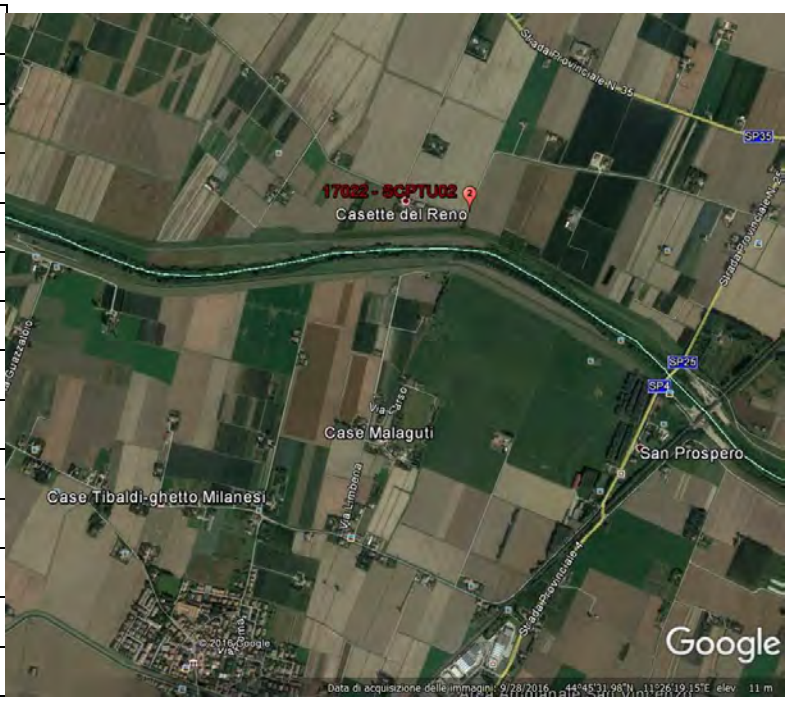


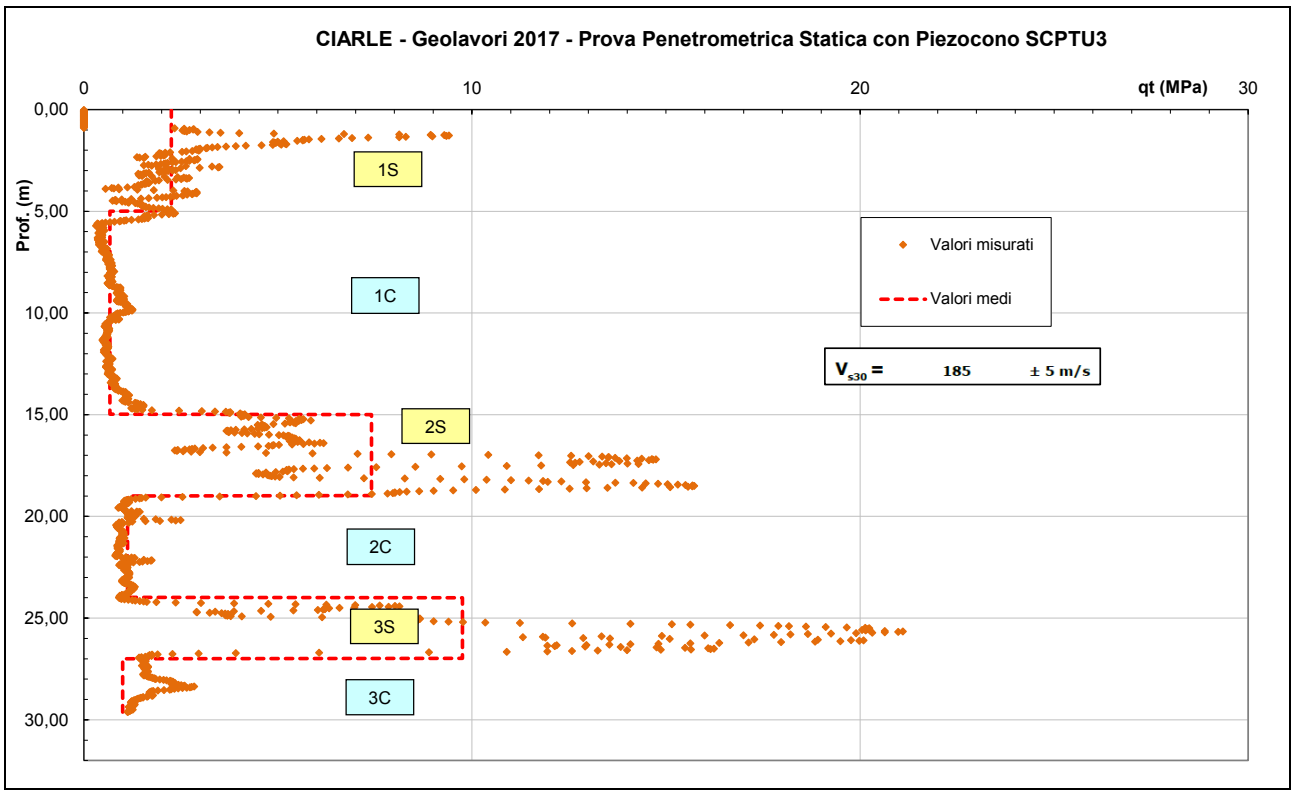
			qt medio
	Def Unità		MPa
da	0,00		
a	3,00	1S	**1,5**
da	3,01		
a	6,00	1C	**0,4**
da	6,01		
a	10,00	2C	**0,8**
da	10,01		
a	25,00	3C	**1,6**
da	25,01		
a	30,62	4C	**2,0**



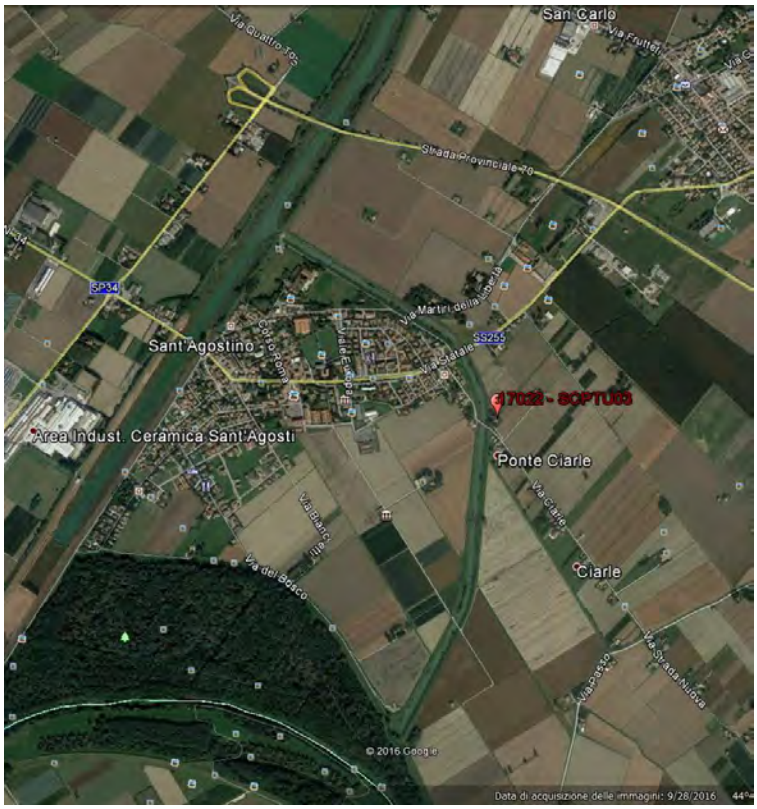


			qt medio
	Def Unità		MPa
da	0,00		
a	2,50	1S	**2,3**
da	2,51		
a	10,30	1C	**1,1**
da	10,31		
a	11,00	2S	**2,0**
da	11,01		
a	20,00	2C	**1,7**
da	20,01		
a	20,50	2C	**1,7**
da	20,51		
a	27,50	2C	**1,7**





			qt medio
	Def Unità		MPa
da	0,00		
a	5,00	1S	**2,2**
da	5,01		
a	15,00	1C	**0,7**
da	15,01		
a	19,00	2S	**7,4**
da	19,01		
a	24,00	2C	**1,1**
da	24,01		
a	27,00	3S	**9,8**
da	27,01		
a	30,36	3C	**1,0**



8 MODELLO LITOSTRATIGRAFICO E GEOTECNICO

Sulla base delle considerazioni riportate nei capitoli precedenti, tenendo conto dei valori medi di resistenza alla punta, attrito laterale, rapporto di frizione e sovrappressioni misurate nel corso della prova, oltre che dei risultati delle prove preesistenti, sono stati elaborati 3 Modelli Litostratigrafici e Geotecnici, così denominati:

- **Area 1 - Area 2**: rappresentativi del ramo sud;
- **Impianto di sollevamento** rappresentativo dell'area limitrofe l'omonomo manufatto;

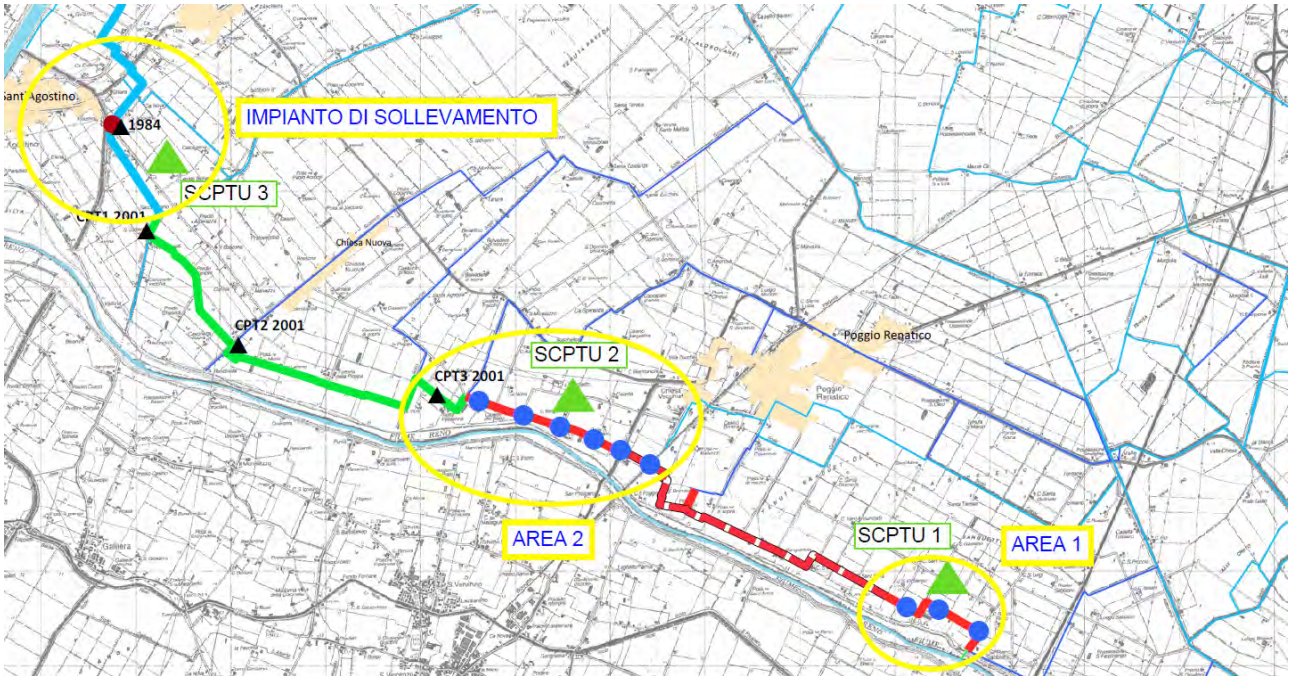


Figura 17: Aree caratterizzate dal punto di vista geotecnico

Per i tratti di canale in progetto collocati tra un'area e la successiva si assumeranno valori cautelativi dei parametri geotecnici.

Area 1: Indagine rappresentativa SCPTU1 2017

Da p.c. fino a circa 3m di profondità si trova uno strato a matrice sabbiosa. Dai 3 metri fino alla massima profondità di indagine vi sono terreni a matrice coesiva, con un paio di livelli sabbiosi tra i 17.5-18 m e a circa 22 m di profondità.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici medi degli strati individuati:

CIARLE SCPTU1: PARAMETRI GEOTECNICI MEDI																			
UNITA'	Profondità		Class.	q_t medio	V_s	γ_d	γ	D_R	c' (o cu)	ϕ' (o ϕ_u)	G_0	E'_0	E_{u0}	M_t	E_{50}	E_{25}	E_u	E_{ed}	K
	m		Sist. Unificato	MPa	m/sec	kN/m^3	kN/m^3	%	kPa	°	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	m/sec
1S	0	3	S/SL	1,5	119	17	20	<40	0	30	29	69	87	16,5	2	3	/	/	1,00E-04
1C	3	6	CL/ML	0,4	78	16	19	-	30	0	12	28	/	/	/	/	30	1,2	1,00E-09
2C	6	10	CL/ML	0,8	112	16	19	-	55	0	24	58	/	/	/	/	55	2,4	1,00E-09
3C	10	25	CL/ML	1,6	215	16	19	-	110	0	90	215	/	/	/	/	110	4,8	1,00E-09
4C	25	30	CL/ML	2	233	16	19		135	0	105	252	/	/	/	/	135	6	1,00E-09

Area 2: Indagini rappresentative SCPTU2 2017 – CPT3 2001

Le indagini condotte in quest'area presentano analogie nel profilo stratigrafico, che rileva la presenza di sabbie in affioramento fino a circa 2.5 metri di profondità, seguite da terreni a matrice coesiva con livelli sabbiosi a circa 10.3-11m e 20 m di profondità, che a partire da 27m divengo una vera e propria unità stratigrafica.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici medi degli strati individuati:

CIARLE SCPTU2: PARAMETRI GEOTECNICI MEDI																			
UNITA'	Profondità		Class.	q_t medio	V_s	γ_d	γ	D_R	c' (o cu)	ϕ' (o ϕ_u)	G_0	E'_0	E_{u0}	M_t	E_{50}	E_{25}	E_u	E_{ed}	K
	m		Sist. Unificato	MPa	m/sec	kN/m^3	kN/m^3	%	kPa	°	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	m/sec
1S	0	2,5	S/SL	2,3	170	17	20	<40	0	30	59	141	177	25,3	3,0667	4,6	/	/	1,00E-04
1C	2,5	10,3	CL/ML	1,1	137	16	19	-	75	0	36	87	/	/	/	/	75	3,3	1,00E-09
2S	10,3	11	S/SL	2	250	17	20	<40	0	30	127	306	382	22	2,6667	4	/	/	1,00E-04
2C	11	27,5	CL/ML	1,7	170	16	19	-	115	0	56	134	/	/	/	/	115	5,1	1,00E-09
3S	27,5	30	S/SL	3,3	250	17	20	<40	0	32	127	306	382	36,3	4,4	6,6	/	/	1,00E-04

Impianto di sollevamento: Indagini rappresentative SCPTU3 2017 – CPT1&2 2001 – indagini 1984

L'indagine condotta nel 2017 presenta forti analogie con quelle preesistenti, che mettono in evidenza uno strato sabbioso in affioramento di spessore variabile che raggiunge anche i 5 metri di profondità, seguito da uno strato a matrice coesiva fino a circa 14-15 metri di profondità. Dai 15 fino ai 19-20 metri si rileva la presenza di uno strato sabbioso che si ripete tra i 24 ed i 25 metri di profondità, alternati a strati di natura coesiva.

Di seguito si riportano i parametri geotecnici medi degli strati individuati:

CIARLE SCPTU3: PARAMETRI GEOTECNICI MEDI																			
UNITA'	Profondità		Class.	q_t medio	V_s	γ_d	γ	D_R	c' (o cu)	ϕ' (o ϕ_u)	G_0	E'_0	E_{u0}	M_t	E_{50}	E_{25}	E_u	E_{ed}	K
	m		Sist. Unificato	MPa	m/sec	kN/m^3	kN/m^3	%	kPa	°	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	m/sec
1S	0	5	S/SL	2,2	170	17	20	<40	0	30	59	141	177	24,2	2,9333	4,4	/	/	1,00E-04
1C	5	15	CL/ML	0,7	150	16	19	-	50	0	44	105	/	/	/	/	50	2,1	1,00E-09
2S	15	19	S/SL	7,4	220	17	20	<40	0	30	99	237	296	81,4	9,8667	14,8	/	/	1,00E-04
2C	19	24	CL/ML	1,1	188	16	19	-	75	0	68	164	/	/	/	/	75	3,3	1,00E-09
3S	24	27	S/SL	9,8	250	17	20	<40	0	32	127	306	382	107,8	13,067	19,6	/	/	1,00E-04
3C	27	30	CL/ML	1	150	16	19	-	70	0	44	105	/	/	/	/	70	3	1,00E-09

9 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA IN CONDIZIONI SISMICHE

9.1 Microzonazione Sismica del Territorio

Gli studi di Microzonazione Sismica (MS) consentono di caratterizzare il territorio in base alla risposta sismica locale, cioè al comportamento del terreno durante e dopo il terremoto, individuando e delimitando le aree a comportamento omogeneo, distinguendo tra:

- zone stabili;
- zone suscettibili di amplificazione del moto sismico;
- zone soggette a instabilità, quali frane, fratturazioni superficiali e liquefazioni;

La MS, suddividendo il territorio in zone a diversa pericolosità sismica, permette di indirizzare le scelte urbanistiche verso le aree a minore pericolosità e caratterizzare gli interventi di trasformazione del territorio sulla base della risposta sismica locale attesa;

La MS è quindi uno strumento fondamentale per la prevenzione e la riduzione del rischio sismico che trova applicazione nella pianificazione urbanistica, nella progettazione e nella ricostruzione post-sisma, è fondamentale anche per la pianificazione degli interventi di superamento dell'emergenza in quanto consente una migliore e consapevole individuazione degli elementi strategici di protezione civile.

Nella zona dell'Alto Ferrarese è stato condotto uno studio di MS conseguente alla Ord. Del Commissario Delegato per la Ricostruzione n. 70 del 13/11/2012, dal quale sono state estratte le immagini che seguono.
Il tracciato nel tratto del Comune di Sant'Agostino è fuori dalla mappa e pertanto non viene riportato.

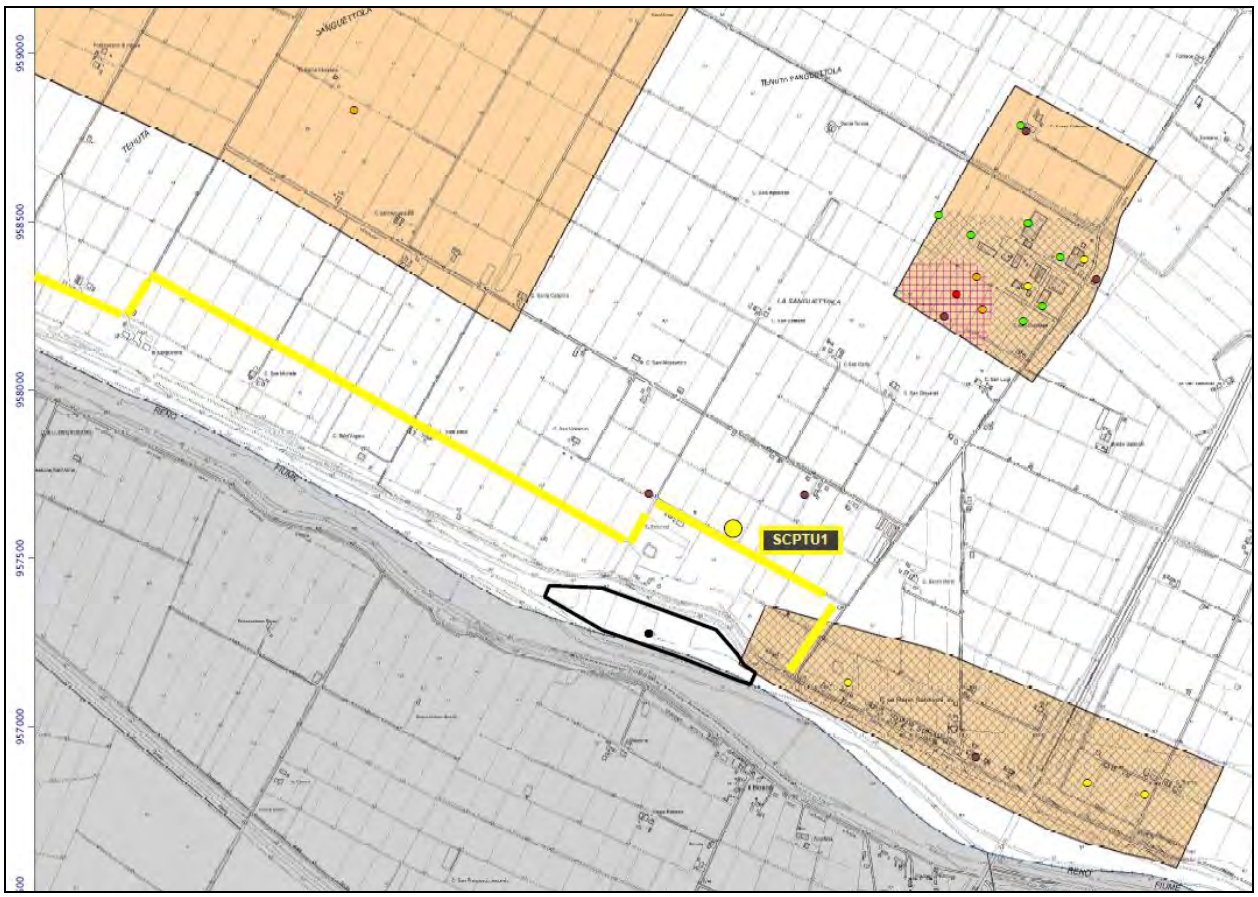


Figura 18: MS Comune di Poggio Renatico 1

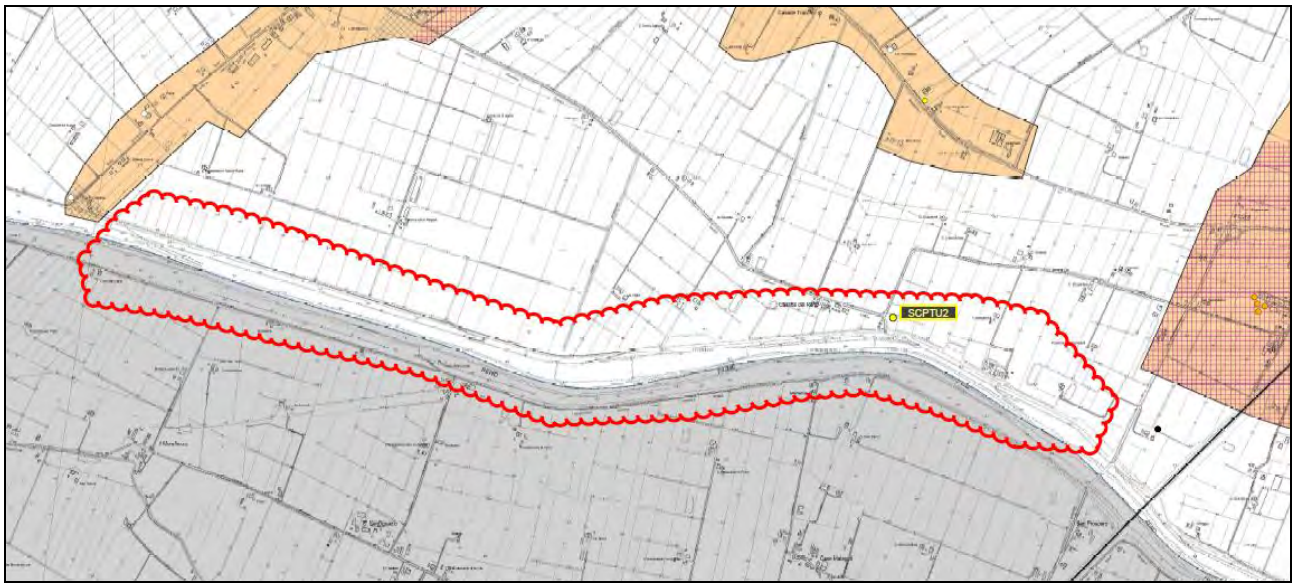
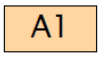


Figura 19: MS Comune di Poggio Renatico 2

Legenda:

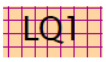


Zona suscettibile di amplificazione.
Substrato a profondità >= 120 m



Zona suscettibile di amplificazione.
A2 Substrato a profondità < 120 m

Zone suscettibili di amplificazione e liquefazione.



Substrato a profondità >= 120 m
Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna



Substrato a profondità >= 120 m
Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna



Substrato a profondità < 120 m
Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna



Substrato a profondità < 120 m
Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna

Ai fini della progettazione (Norme Tecniche per le Costruzioni 2008), in queste zone (categoria di sottosuolo S2) non è ammessa la definizione dell'azione sismica tramite l'approccio semplificato descritto al punto 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.

Dalla analisi condotta si può asserire che gli interventi sono tutti al di fuori delle aree con categoria di sottosuolo S2, pertanto è possibile determinare l'azione sismica tramite l'approccio semplificato descritto al punto 3.2.2. delle NTC 2018.

9.2 Pericolosità Sismica

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa, ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 NTC 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, Se(T) con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR (§ 3.2.1 NTC 2018), nel periodo di riferimento VR ((§ 2.4 NTC 2018).

Essendo interventi che si sviluppano su un tratto di circa 20km, per la caratterizzazione sismica si sono assunte le aree corrispondenti a quelle adottate per il modello geotecnico. Le coordinate del baricentro di ciascuna area individuata, con sistema di riferimento Gauss Boaga-fuso ovest (32), e il loro posizionamento geografico, sono le seguenti:

Area 1:

Latitudine 44°44'33.21"N
Longitudine 11°30'21.29"E

Area 2:

Latitudine 44°45'43.92"N
Longitudine 11°27'5.05"E

Impianto di sollevamento:

Latitudine 44°47'27.98"N
Longitudine 11°23'51.73"E

Per tutte le aree si assumono i seguenti parametri:
P_{VR}=10% (T_R=475 anni)
V_R=50 anni (V_N=50 anni e c_u=1)
Stato Limite SLV

Dal programma "Spettri-NTCver.1.0.3" in funzione dei parametri sopra riportati e delle coordinate geografiche del punto, si ottiene:

Area 1:

a_g	0.166g
F_o	2.483

T_C^*	0.258 s

Area 2:

a_g	0.165 g
F_o	2.397
T_C^*	0.305 s

Impianto di sollevamento:

a_g	0.164 g
F_o	2.387
T_C^*	0.306 s

9.3 Categoria di sottosuolo e coeff. di amplificazione

Sulla base dei risultati di $V_{s,30}$ ottenuti con le prove SCPTU, riportati in allegato alla presente relazione, si sono individuate le categorie di sottosuolo per ciascuna area, fermo restando che se le verifiche di liquefazione dovessero rilevare sottosuolo classificabili **S2** varrebbe quanto già asserito al Paragrafo 9.1.

Area 1: $V_{s,30}$=159 ± 5 m/s **CATEGORIA D**

Area 2: $V_{s,30}$=189 ± 5 m/s **CATEGORIA D**

Impianto di sollevamento: $V_{s,30}$=185 ± 5 m/s **CATEGORIA D**

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica è funzione della categoria di sottosuolo secondo quanto indicato dal D.M. 17/01/2018 alla tabella Tab.3.2.IV.

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \le 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \le 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \le 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \le 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \le 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 1-Espressione di Ss

Da cui

Area 1	S_S	1.799
Area 2	S_S	1.800
Impianto di sollevamento	S_S	1.800

In assenza di specifici studi inerenti la risposta sismica locale, il D.M. 17/01/2018 propone dei valori tabellati in relazione all'ubicazione dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 2: Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica St.

Da cui, per tutte le Aree oggetto di analisi:

S_T	1.000

9.4 Valutazione della Azione Sismica

Di seguito si riportano i parametri degli spettri verticale ed orizzontale

	Parametri Spettro Elastico Orizzontale	Parametri Spettro Elastico Verticale
Area 1	**Parametri indipendenti** STATO LIMITE: SLV a_g: 0,166 g F_o: 2,415 T_C^*: 0,303 s S_S: 1,799 C_C: 2,272 S_T: 1,000 q: 1,000 **Parametri dipendenti** S: 1,799 η: 1,000 T_B: 0,229 s T_C: 0,688 s T_D: 2,263 s	**Parametri indipendenti** STATO LIMITE: SLV a_{gv}: 0,091 g S_S: 1,000 S_T: 1,000 q: 1,500 T_B: 0,050 s T_C: 0,150 s T_D: 1,000 s **Parametri dipendenti** F_v: 1,328 S: 1,000 η: 0,667

<table>
<tr>
<td>Area 2</td>
<td>
Parametri indipendenti
<table>
<tr><th>STATO LIMITE</th><th>SLV</th></tr>
<tr><td>a_g</td><td>0,165 g</td></tr>
<tr><td>F_o</td><td>2,397</td></tr>
<tr><td>T_C^*</td><td>0,305 s</td></tr>
<tr><td>S_S</td><td>1,800</td></tr>
<tr><td>C_C</td><td>2,265</td></tr>
<tr><td>S_T</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>q</td><td>1,000</td></tr>
</table>
Parametri dipendenti
<table>
<tr><td>S</td><td>1,800</td></tr>
<tr><td>η</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>T_B</td><td>0,230 s</td></tr>
<tr><td>T_C</td><td>0,690 s</td></tr>
<tr><td>T_D</td><td>2,260 s</td></tr>
</table>
</td>
<td>
Parametri indipendenti
<table>
<tr><th>STATO LIMITE</th><th>SLV</th></tr>
<tr><td>a_{gv}</td><td>0,091 g</td></tr>
<tr><td>S_S</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>S_T</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>q</td><td>1,500</td></tr>
<tr><td>T_B</td><td>0,050 s</td></tr>
<tr><td>T_C</td><td>0,150 s</td></tr>
<tr><td>T_D</td><td>1,000 s</td></tr>
</table>
Parametri dipendenti
<table>
<tr><td>F_v</td><td>1,315</td></tr>
<tr><td>S</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>η</td><td>0,667</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
<tr>
<td>Impianto di sollevamento</td>
<td>
Parametri indipendenti
<table>
<tr><th>STATO LIMITE</th><th>SLV</th></tr>
<tr><td>a_g</td><td>0,164 g</td></tr>
<tr><td>F_o</td><td>2,387</td></tr>
<tr><td>T_C^*</td><td>0,306 s</td></tr>
<tr><td>S_S</td><td>1,800</td></tr>
<tr><td>C_C</td><td>2,261</td></tr>
<tr><td>S_T</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>q</td><td>1,000</td></tr>
</table>
Parametri dipendenti
<table>
<tr><td>S</td><td>1,800</td></tr>
<tr><td>η</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>T_B</td><td>0,230 s</td></tr>
<tr><td>T_C</td><td>0,691 s</td></tr>
<tr><td>T_D</td><td>2,256 s</td></tr>
</table>
</td>
<td>
Parametri indipendenti
<table>
<tr><th>STATO LIMITE</th><th>SLV</th></tr>
<tr><td>a_{gv}</td><td>0,090 g</td></tr>
<tr><td>S_S</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>S_T</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>q</td><td>1,500</td></tr>
<tr><td>T_B</td><td>0,050 s</td></tr>
<tr><td>T_C</td><td>0,150 s</td></tr>
<tr><td>T_D</td><td>1,000 s</td></tr>
</table>
Parametri dipendenti
<table>
<tr><td>F_v</td><td>1,305</td></tr>
<tr><td>S</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>η</td><td>0,667</td></tr>
</table>
</td>
</tr>
</table>

9.5 Valutazione della Magnitudo di progetto

La mappa sismogenetica dell'Italia redatta sulla base dei dati delle sorgenti sismogenetiche italiane DISS 3.2 (Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy), identifica l'area di interesse in corrispondenza delle due sorgenti ITCS103 Fianale Emilia-Mirabello e ITCS051 Carpi-Poggio Renatico aventi magnitudo massime pari rispettivamente a 6.1 e 6.

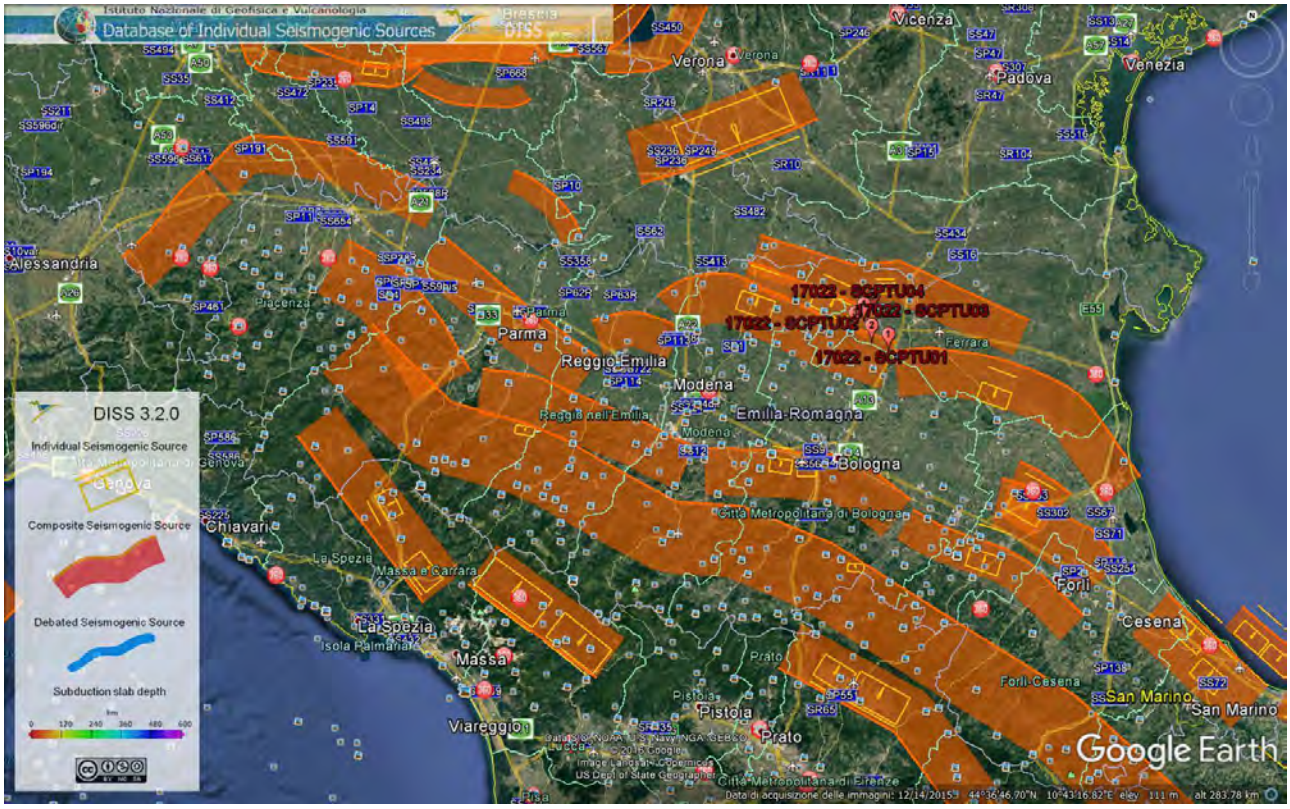


Figura 20: DISS 3.2

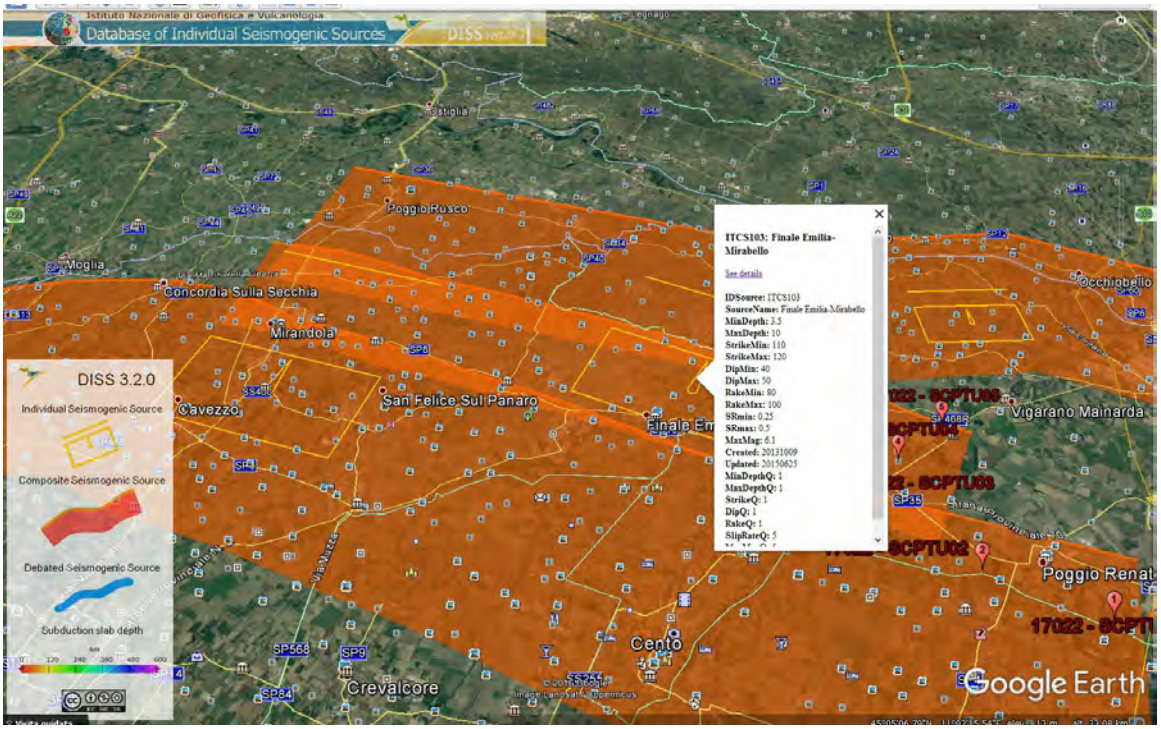


Figura 21: DISS 3.2 – zoom su area di interesse e dettaglio sorgente ITIS103

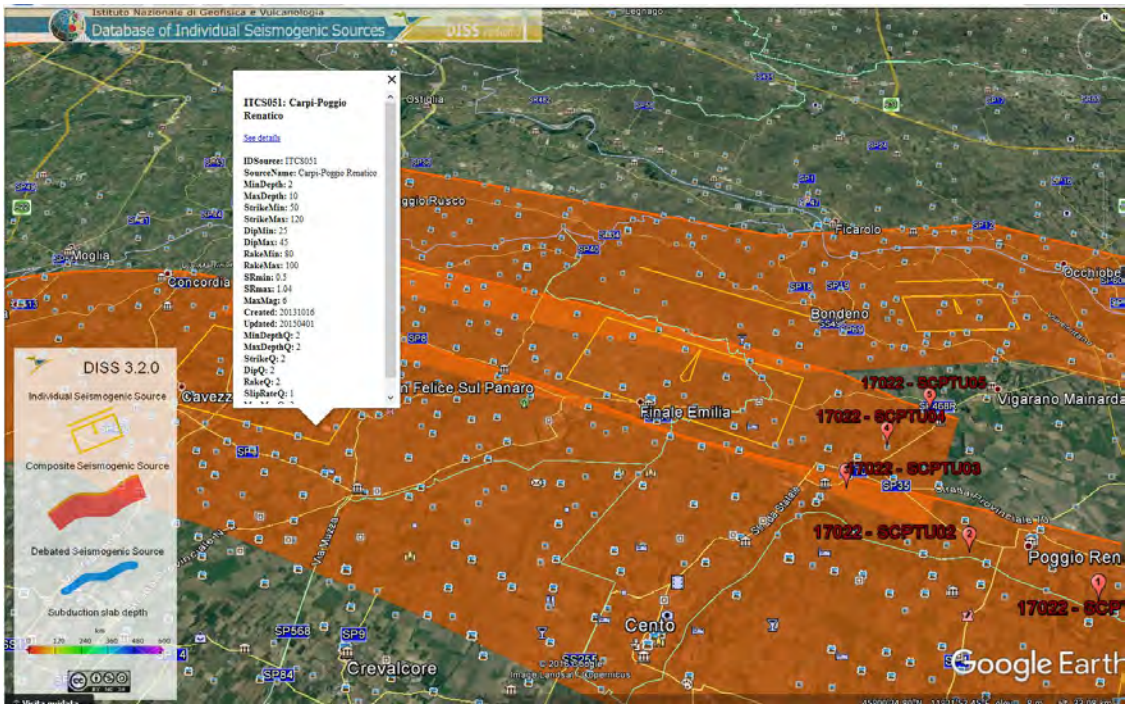


Figura 22: DISS 3.2 – zoom su area di interesse e dettaglio sorgente ITIS051

Con riferimento al Rapporto Conclusivo dell'Istituto Nazione di Geofisica e Vulcanologia (Zonazione ZS9), che tiene conto anche dei dati DISS 3.0, il territorio in esame ricade a nord della zona sismogenetica 912 (Dorsale Ferrarese) per la quale la Magnitudo momento massima attesa è pari a:

M_{w_max}=6.14

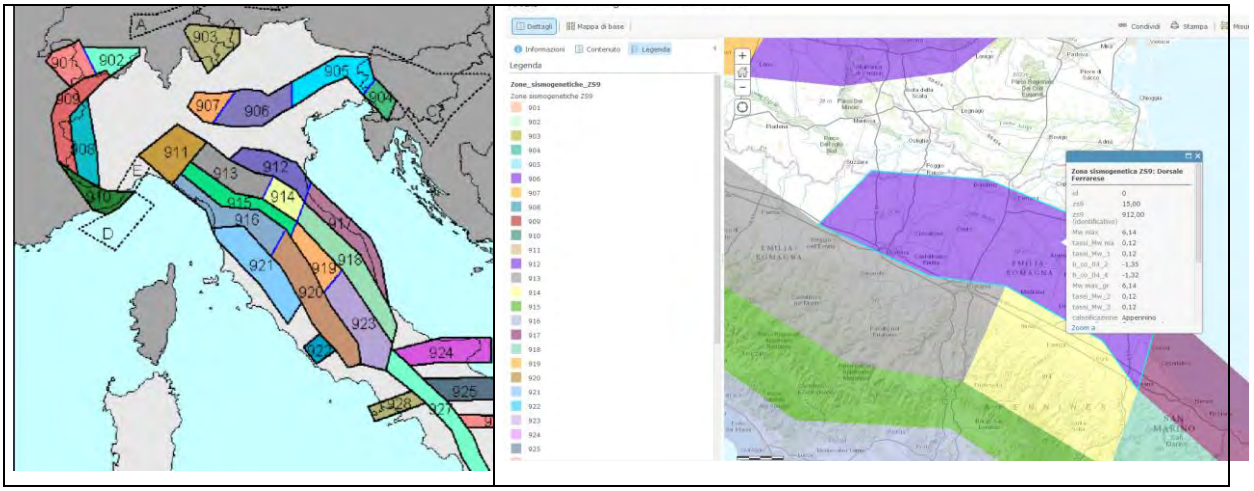


Figura 23: Zonazione ZS9

Sulla base di quanto sopra si definisce il seguente Terremoto di progetto:

MAGNITUDO DI PROGETTO M=6.14

10 STABILITA' NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Nel presente capitolo si analizza la stabilità nei confronti della liquefazione, in corrispondenza delle verticali delle 5 prove SCPTU. Con il termine stabilità nei confronti delle liquefazione si intende la perdita di resistenza al taglio o l'accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Il D.M. 17/01/2018 consente di omettere la verifica a liquefazione quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1) Accelerazioni attese al piano di campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1g: (valore minimo di ag=0.164g)
2) Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano di campagna, per piano di campagna sub-orizzontale e strutture si fondazioni superficiale (livello falda da SCPTU sempre inferiore a 15m da p.c.)
3) 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 da prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata a una tensione efficace verticale di 100 kPa (q_{c1N}<180)
4) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in Figura 24: (non sono disponibili analisi granulometriche specifiche per escluderlo)
    - Con un coefficiente di uniformità U_c<3.5
    - Con un coefficiente di uniformità U_c>3.5

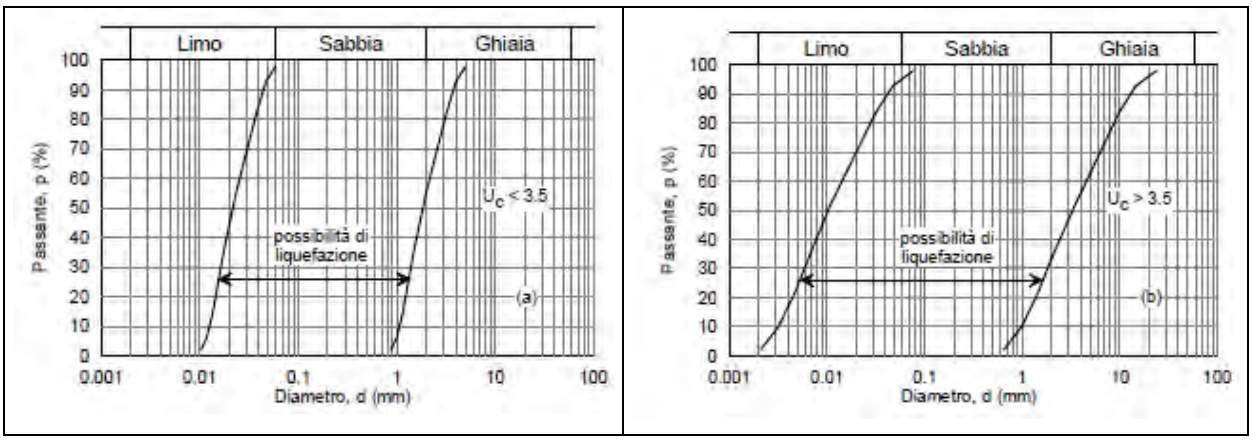


Figura 24: Fusi granulometrici di terreni suscettibili a liquefazione

E' necessario procedere con la verifica di stabilità nei confronti della liquefazione.

La sicurezza alla liquefazione è stata valutata calcolando il rapporto tra la resistenza ciclica a liquefazione, CRR=τ_f/σ'_{v0} e la sollecitazione ciclica indotta dall'azione sismica, CSR=$\tau_{media}/\sigma'_{v0}$, adottando il metodo di Robertson-Wride (1998), nella sua versione recentemente aggiornata e modificata (Robertson, 2009).

Nello specifico, il metodo consiste nella caratterizzazione della sollecitazione ciclica indotta dall'azione sismica, attraverso la seguente relazione:

$$CSR = \left(\frac{a_{\max}}{g}\right) \cdot \left(\frac{\sigma'_{vo}}{\sigma_{vo}}\right) \cdot 0.65 \cdot r_d$$

Dove:

a_{max}	accelerazione massima derivante dal sisma
σ_{vo}	tensione totale
σ'_{vo}	tensione efficace
r_d	fattore riduttivo degli sforzi di taglio variabile con la profondità

$r_d = 1 - 0.00765 \times z$	per z < 9.15 m
$r_d = 1.174 - 0.0267 \times z$	per 9.15 < z < 23 m
$r_d = 0.774 - 0.008 \times z$	per 23 < z < 30 m

Tale valore deve essere rapportato con la resistenza ciclica a liquefazione; quest'ultima viene valutata attraverso la seguente relazione:

$$CRR = (CRR)_{7.5} \cdot MSF$$

Dove:

$(CRR)_{7.5}$:	Resistenza ciclica del terreno associata a un terremoto M=7.5
MSF:	Fattore di scala della Magnitudo

Il valore di $(CRR)_{7.5}$ si può determinare dai risultati delle indagini in sito, nel caso in esame è stato ricavato dai risultati delle prove penetrometriche CPTU secondo la procedura iterativa proposta da Robertson-Wride (1998), nella sua versione recentemente aggiornata e modificata (Robertson, 2009).

Tra tutte le correlazioni proposte dai vari Autori per la determinazione di MSF (ved. Figura 25), si adotta quella di Seed e Idriss (1982), suggerita per terremoti di Magnitudo M<7.5:

$$MSF = \left(\frac{0.65}{0.1 \cdot (M - 1)}\right)$$ (MSF=1.26 per M=6.14)

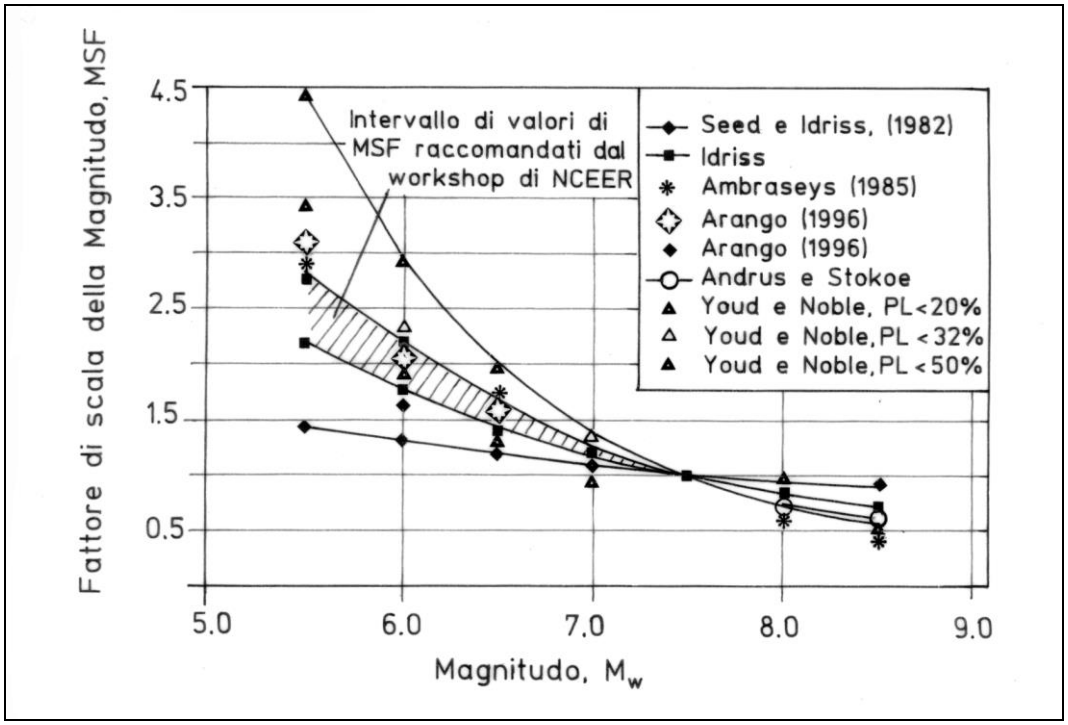


Figura 25: Fattore di scala della magnitudo (MSF) secondo Seed e Idriss (1982), Idriss (1986) e Andrus e Stokoe (1996).

Le procedure semplificate per il calcolo del rapporto di resistenza ciclica sono valide per luoghi pianeggianti o a debole pendenza, ovvero con tensioni tangenziali statiche mobilitate molto deboli, e per profondità minori di 15 m circa, ovvero per basse pressioni geostatiche.

Per estendere la validità delle procedure a condizioni più generali Seed (1983) propose l'introduzione di due fattori moltiplicatori, correttivi del rapporto di resistenza ciclica, K_α e K_σ rispettivamente per la tensione tangenziale mobilitata statica e per la pressione efficace geostatica.

K_α=1 per piano di campagna orizzontale

K_σ si ricava dalle seguenti espressioni:

per $\left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a}\right) \le 1 \quad K_\sigma = 1$

per $\left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a}\right) > 1 \quad K_\sigma = \left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a}\right)^{-0.25}$

Il fattore di sicurezza è pertanto dato dal seguente rapporto:

$$F_S = \frac{(CRR)_{7.5} K_\sigma K_\alpha}{CSR} MSF \geq 1$$

Una volta determinato il profilo del fattore di sicurezza F_S con la profondità in corrispondenza di ogni verticale penetrometrica oggetto di analisi, il corrispondente livello di rischio connesso alla suscettibilità a liquefazione è stato quantificato calcolando l'indice del potenziale di liquefazione IL, secondo la formulazione di Iwasaki et al. (1982):

$$IL = \int_{z=0}^{z=20} F(z) \cdot w(z) dz$$

dove

z= profondità dal p.c.

w(z)=10-0.5z con z<20m

F(z)=1-F_S(z) se F_S(z)<1, F(z)=0 altrimenti

L'integrale è stato calcolato fino a 20 m di profondità perché si ritiene convenzionalmente che oltre questa profondità gli effetti della liquefazione siano trascurabili. Il livello di rischio connesso al verificarsi del fenomeno della liquefazione è stato quantificato sulla base del valore assunto da IL:

se IL < 5 potenziale di rottura BASSO

5 ≤ IL < 15 potenziale di rottura ELEVATO

IL ≥ 15 potenziale di rottura ESTREMAMENTE ELEVATO

In Allegato D alla presente relazione si riportano i risultati delle verifiche condotte, dalle quali si evince che per le verticali indagate, risulta:

SCPTU 1 (Area 1)

Indice del Potenziale di Liquefazione		
IL	**0,00**	**Basso**

SCPTU 2 (Area 2)

Indice del Potenziale di Liquefazione		
IL	**0,05**	**Basso**

SCPTU 3 (Impianto di sollevamento)

Indice del Potenziale di Liquefazione		
IL	**1,7**	**Basso**

I risultati ottenuti sono riferiti all'effettiva quota di posa dei manufatti e forniscono un potenziale di **liquefazione BASSO** per tutte le zone di progetto.
Si esclude quindi la necessità di classificare in categoria S2 i terreni di fondazione.

11 CEDIMENTI POST-SISMICI

Il calcolo dei cedimenti post-sismici è stato effettuato in base al metodo proposto da Robertson (2009). Il metodo consiste nella valutazione dei cedimenti attesi in base a correlazioni con i risultati di prove penetrometriche statiche. Il calcolo proposto nel metodo è condotto in maniera distinta per terreni granulari e per terreni fini.

11.1 Terreni granulari

Il calcolo del cedimento post-sismico riguarda la valutazione delle deformazioni volumetriche indotte a seguito dell'addensamento dei terreni granulari. I cedimenti sono stati valutati in accordo a Robertson (2009) attraverso la metodologia elaborata da Zhang et Al. (2002). Sulla base della verticale penetrometrica è stato definito il valore alla punta normalizzata e corretta per il contenuto di fine Q_{tn} (con $Q_{tn}=(q_{c1N})_{cs}$), il valore del fattore di sicurezza a liquefazione FS, e, attraverso le funzioni riportate da Zhang et Al. (2002) (vedi Figura 26), si sono valutate le deformazioni volumetriche post sismiche indotte (ε_v). Noto lo spessore di partenza dello strato, il cedimento corrispondente (s) è stato ricavato applicando la seguente formula (Robertson, 2009):

$s=\varepsilon_v*\Delta H$

con ε_v ricavato dalle correlazioni di Figura 26.

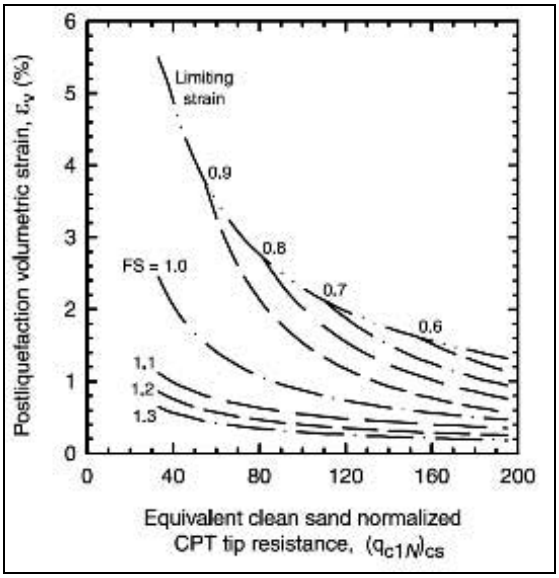


Figura 26: Valutazione delle deformazioni post-sismiche per terreni granulari

11.2 Terreni fini

Il cedimento dei terreni fini è dovuto principalmente a fenomeni di riconsolidazione conseguenti alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulatesi durante il terremoto e al manifestarsi di deformazioni da taglio indotte dalle sollecitazioni cicliche.
Il metodo proposto da Robertson (2009) prevede la definizione di un Rapporto di Resistenza Ciclica ($CRR_{\gamma=3\%}$) che valuta la resistenza dei terreni fini a manifestare deformazioni se soggetti a sollecitazioni sismiche, in base alla seguente espressione

$CRR_{\gamma=3\%M=7.5}=0.053*(q_{c1N})_{cs}*K\alpha$

Si definisce un fattore di sicurezza nei confronti della deformazione post sismica dei terreni fini, come segue

$$F_{S,\gamma=3\%} = \frac{CRR_{\gamma=3\%M=7.5}}{CSR} MSF$$

MSF è un fattore di scala della magnitudo che viene calcolato in base all'espressione di Boulanger & Idriss (2005) valida per terreni fini.

Il cedimento corrispondente è calcolato in analogia ai terreni granulari come

$s=\varepsilon_v*\Delta H$

dove

$$\text{se} \quad FS_{\gamma=3\%} > 0.84 \Rightarrow \varepsilon_{vol} = \frac{\left[0.8 - 2.66\log(FS_{\gamma=3\%})\right]}{\left[0.33\cdot(10 - 9\log(0.33\cdot Q_{tn})\cdot(Q_{tn})^3\right]}$$

$$\text{se} \quad FS_{\gamma=3\%} \le 0.84 \Rightarrow \varepsilon_{vol} = \frac{1}{Q_{tn}^2} \le 1\%$$

In Allegato F si riportano i profili dei cedimenti post-sismici con la profondità per tutte le prove analizzate.

SCPTU 1 – Area 1	**6 cm**
SCPTU 2 – Area 2	**4,5 cm**
SCPTU3 – Impianto idrovoro	**13,5 cm**

Data la natura delle opere, costituite da manufatti idraulici, di concerto con il Committente, si è assunto tale valore ammissibile per le strutture in progetto.

ALLEGATO A:
REPORT RISULTATI INDAGINI GEOGNOSTICHE ZONA SUD

Regione Emilia Romagna

Provincia di Ferrara

Comune di Poggio Renatico

Oggetto: Campagna di rilievi geologici
eseguiti in località Chiesa Nuova
in Comune di Poggio Renatico (Fe)
Relazione Geologica e Geotecnica

Riferimenti: Committente:
Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno
via Dè Romei, 7
44100 FERRARA

Relatori: Dr.Geol.Emanuele Stevanin
Dr.Geol.Marco Condotta
Collaboratore: Dr.Geol.Alessandro Duca

Data: 20 febbraio 2001

PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dal **Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno** con sede in Ferrara, via De' Romei civ. 7 (prot. n. 509 del 05.02.2001), viene redatta la seguente relazione geologica e geotecnica relativa alle tre indagini geognostiche eseguite nell'area sita in Località Chiesa Nuova del Comune di Poggio Renatico in Provincia di Ferrara.

Come concordato, per raccogliere i dati necessari allo svolgimento dell'incarico, sono state eseguite tre indagini geognostiche mediante esecuzione di altrettante prove penetrometriche statiche di seguito individuate come CPT1, CPT2 e CPT3.

Tali prove sono state eseguite con lo scopo di ricavare indicazioni in merito alle caratteristiche litostratigrafiche e alla capacità portanti dei terreni presenti, nonché per verificare il livello della falda freatica all'interno del foro residuale.

Le modalità d'indagine e i risultati ottenuti sono descritti e analizzati nel presente rapporto, unitamente alle verifiche delle condizioni geologiche geomorfologiche ed idrogeologiche del sito.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOGRAFICO

L'area oggetto di studio è chiaramente identificata dalla Cartografia Geologica Ufficiale. Più precisamente è riportata nella **Carta geologica di Pianura dell'Emilia Romagna** in scala 1:250.000.

I terreni che costituiscono l'area in esame sono ascrivibili a **Depositi Alluvionali**, più precisamente a **Depositi di Piana Alluvionale**.

Si tratta di "Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, con subordinati limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e/o nastriformi. Depositi di canale e argine prossimale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione". Nell'area sono anche presenti "Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limose e argillose intercalate in strati di spessore decimetrico. Depositi di argine distale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione" e "Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfluviale e depositi di palude".

Per quanto riguarda l'inquadramento geografico, il sito n. 1 è localizzato a sud est della frazione Chiesa Nuova, nei pressi dello Scolo Consorziale Principale Riolo, all'interno della Corte San Lodovico. E' prevista la realizzazione di un attraversamento del Canale Consorziale realizzato per mezzo di un tombino ϕ 160 (vedi figura 6).

Il sito n. 2 è localizzato a sud della frazione Chiesa Nuova, nei pressi dello Scolo Scorsuro, immediatamente a nord rispetto alla corte Chiesa Nuova. Anche in questo caso è prevista la realizzazione di un attraversamento del Canale Consorziale con modalità analoghe viste nel caso precedente (CPT1).

Per il sito n. 3, localizzato ad est della frazione Chiesa Nuova, a poche centinaia di metri dallo Scolo Scorsurolo e in posizione più settentrionale rispetto alle corti la Viola e Rotta Passerina, è invece prevista la realizzazione di un tratto di scolo realizzato mediante scavo a cielo aperto.

Le aree sono individuabili nella cartografia in scala 1:25.000 riportata in figura 2 e, singolarmente, negli stralci 1:5000 della C.T.R. e nelle planimetrie catastali riprodotte in figure 3-8.

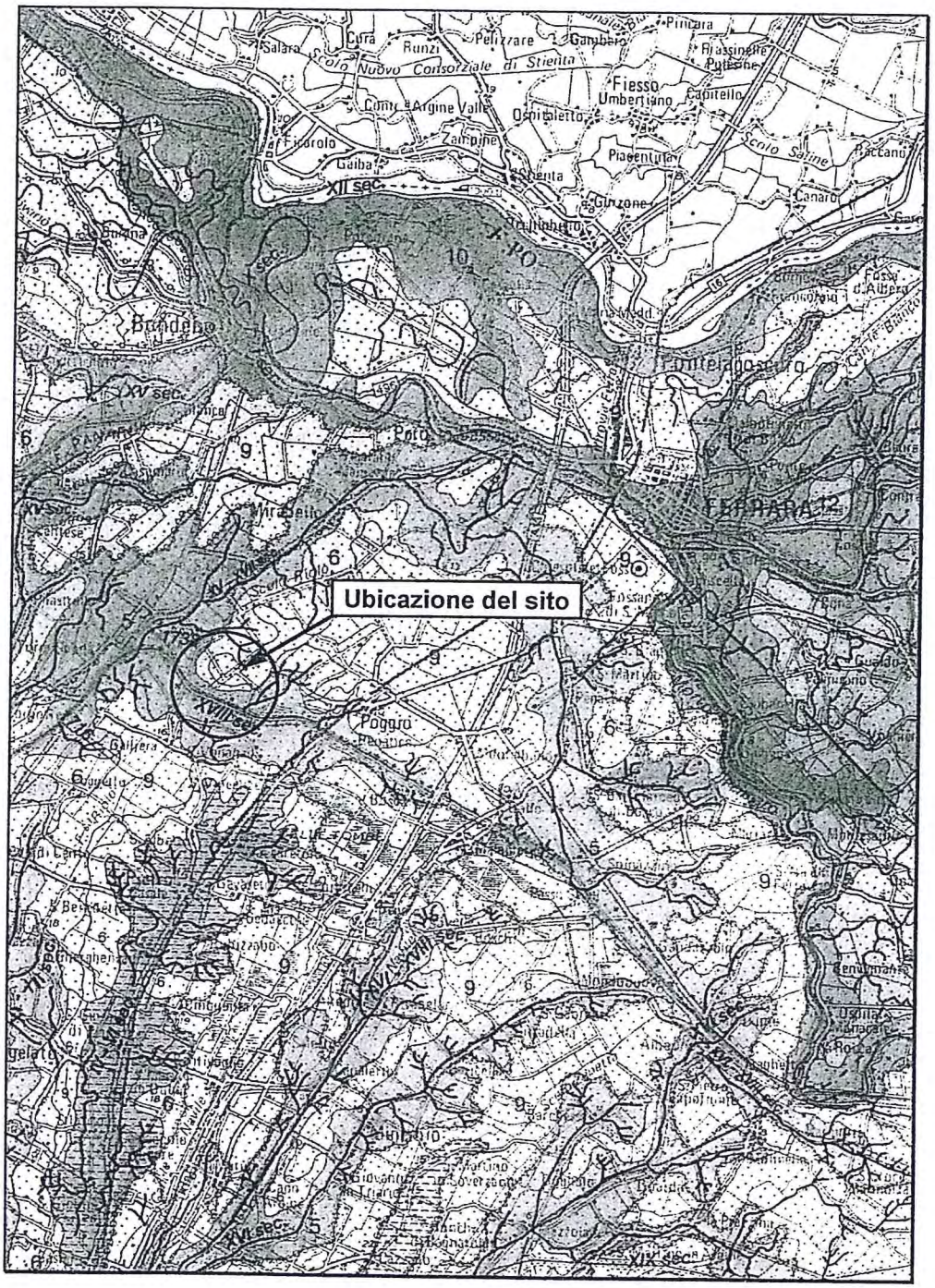


FIGURA 1

Stralcio Carta Geologica della Regione Emilia Romagna

Scala 1:250000

Pergeo s.n.c. – via Canalazzi civ. 13/B – Corlo – Ferrara
tel: 0532 426021 – telefax: 0532 426521 – e.mail: pergeo@libero.it

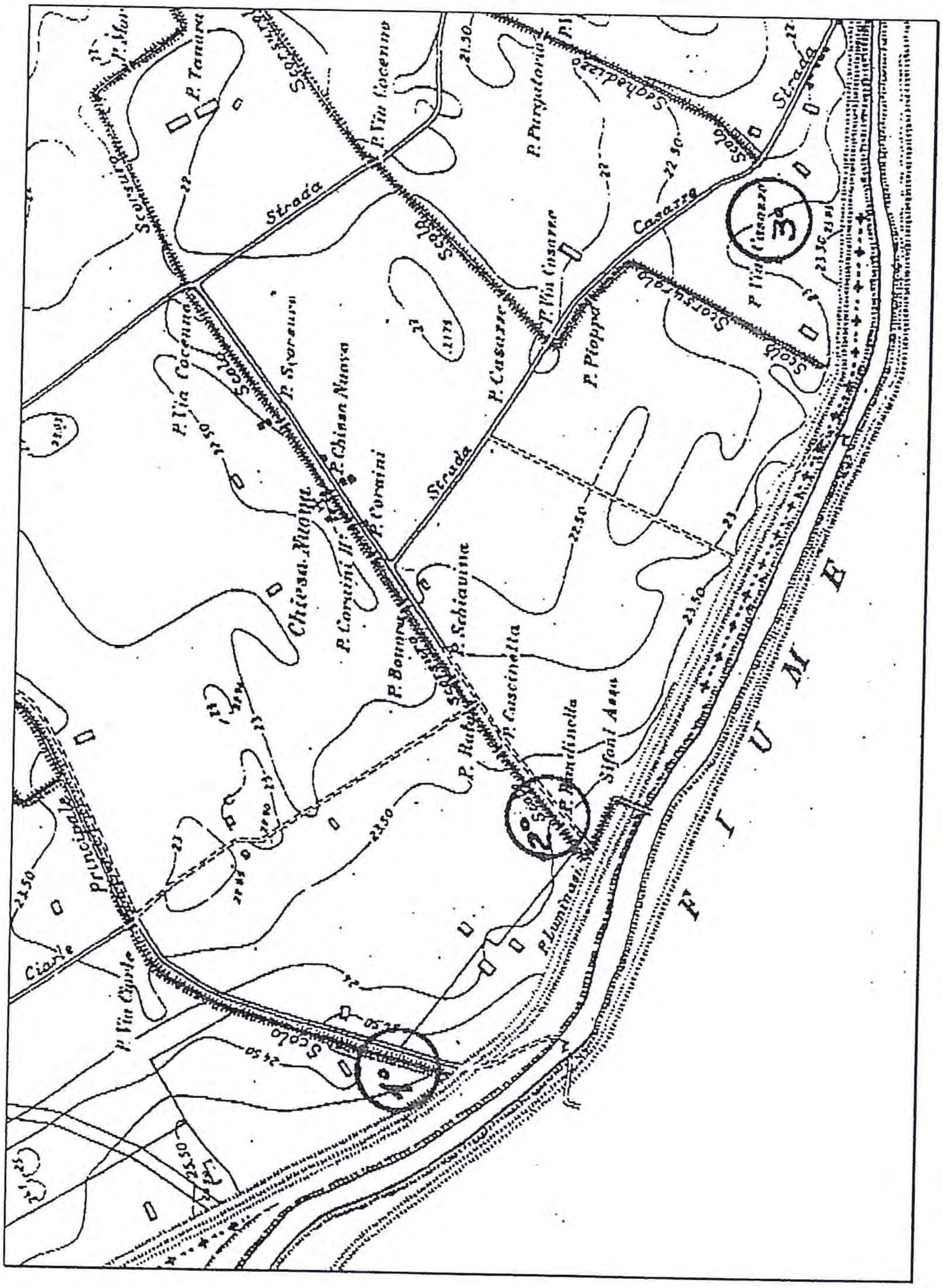


FIGURA 2

Stralcio Planimetria scala 1.25.000

ubicazione dei siti

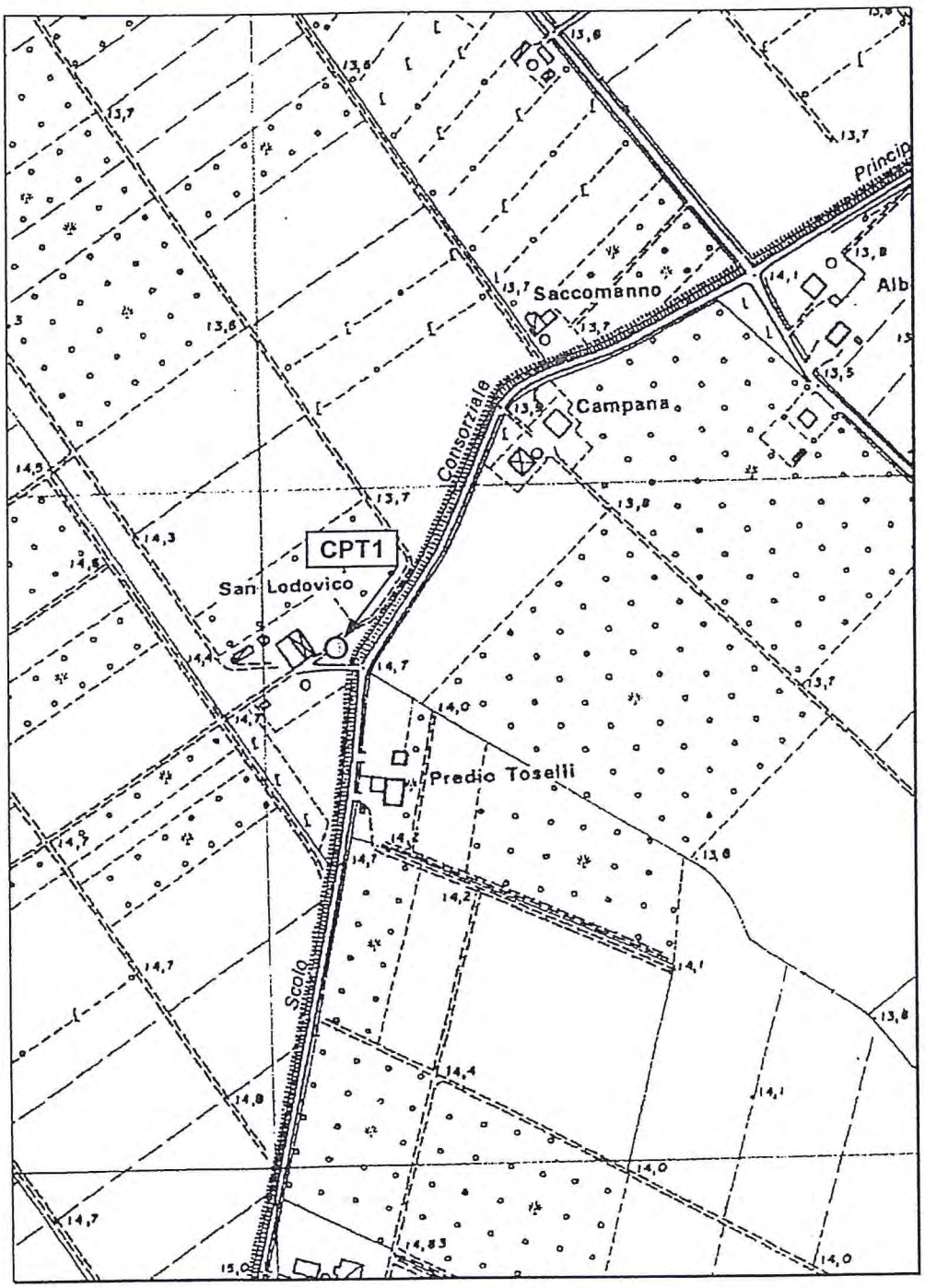


FIGURA 3

Stralcio C.T.R. - scala 1:5.000

ubicazione prova penetrometrica n. 1

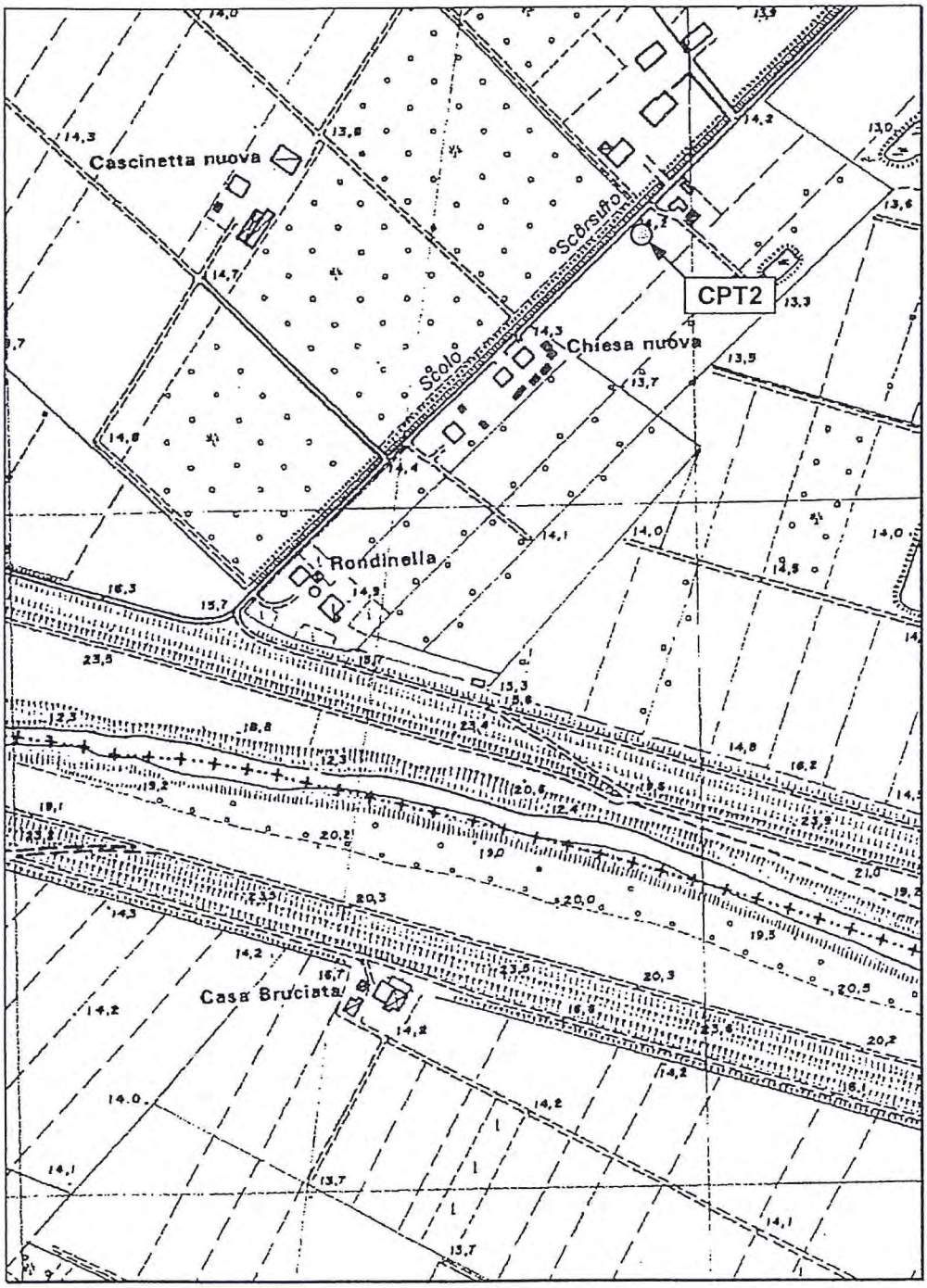


FIGURA 4

Stralcio C.T.R. - scala 1:5.000

ubicazione prova penetrometrica n. 2

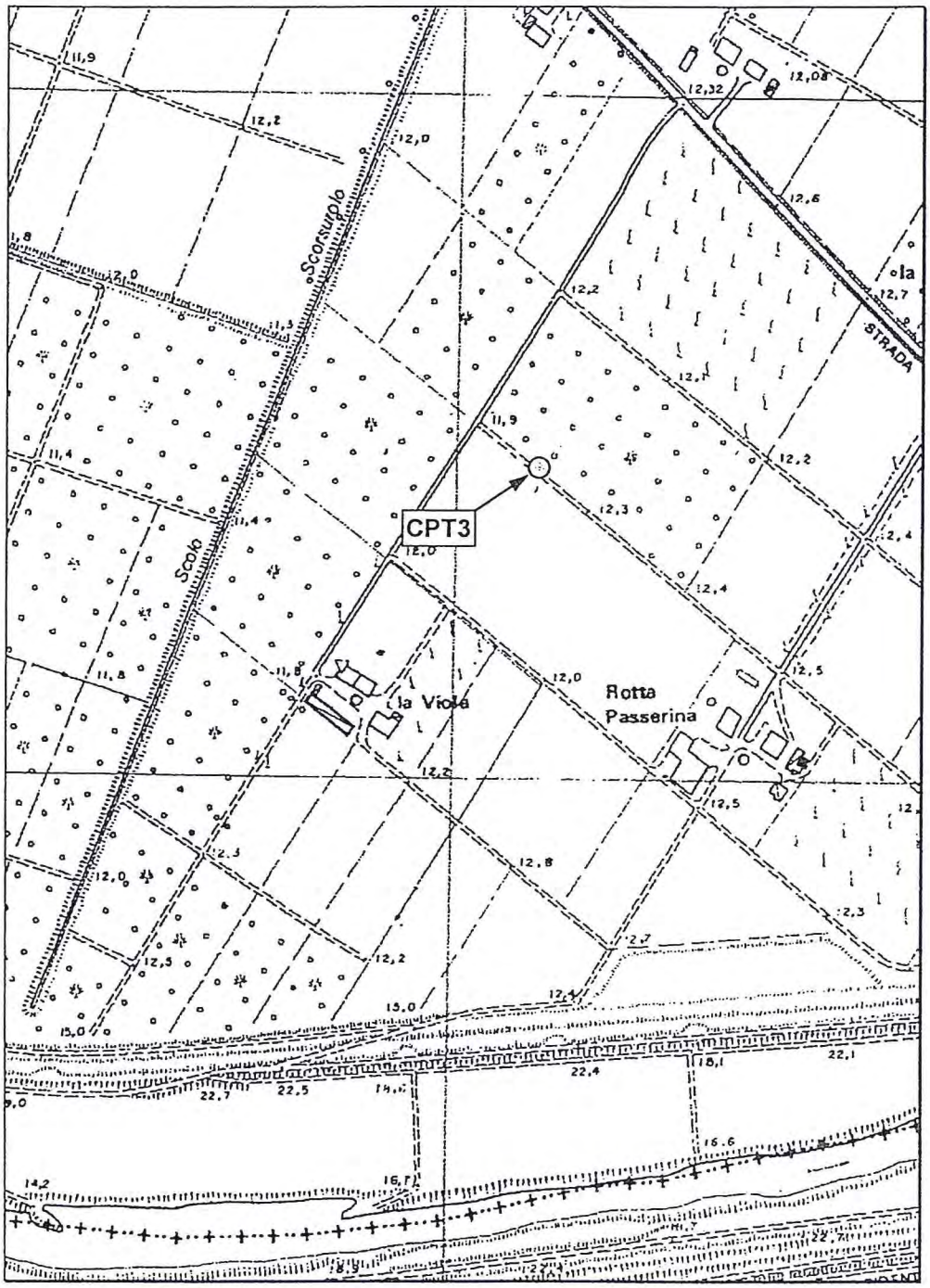


FIGURA 5

Stralcio C.T.R. - scala 1:5.000

ubicazione prova penetrometrica n. 3

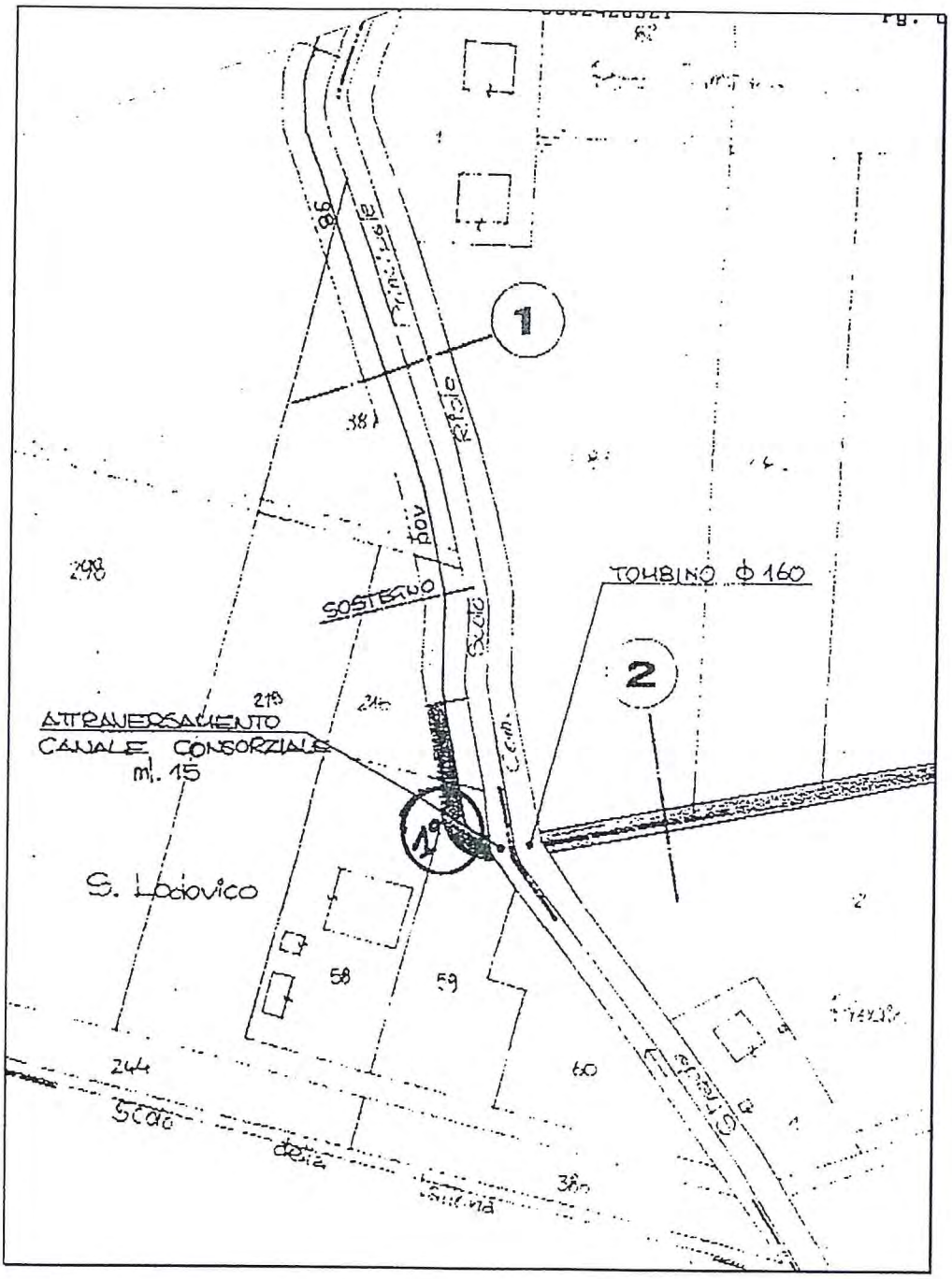


FIGURA 6

Stralcio planimetria catastale sito n. 1

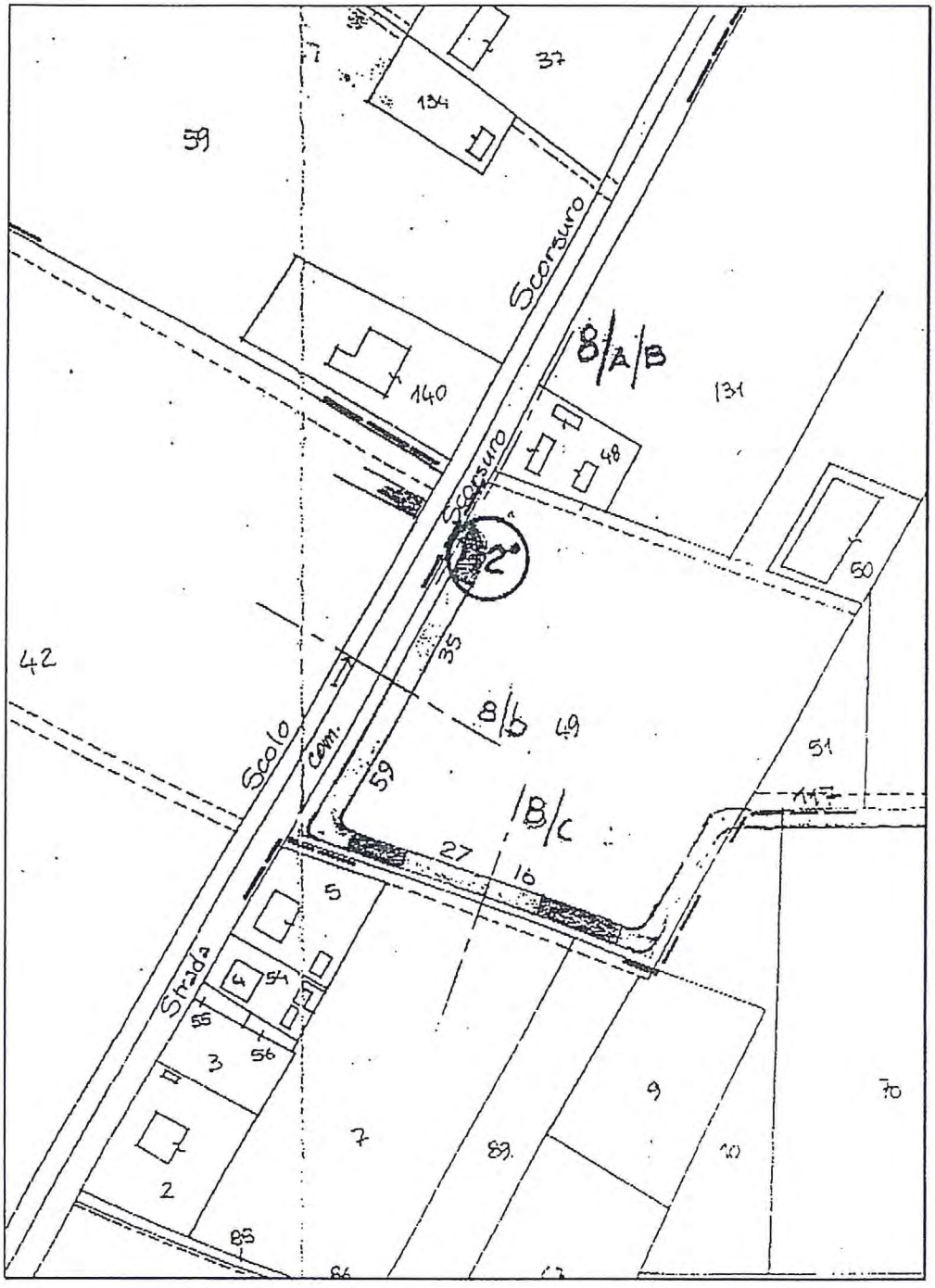


FIGURA 7

Stralcio planimetria catastale sito n. 2

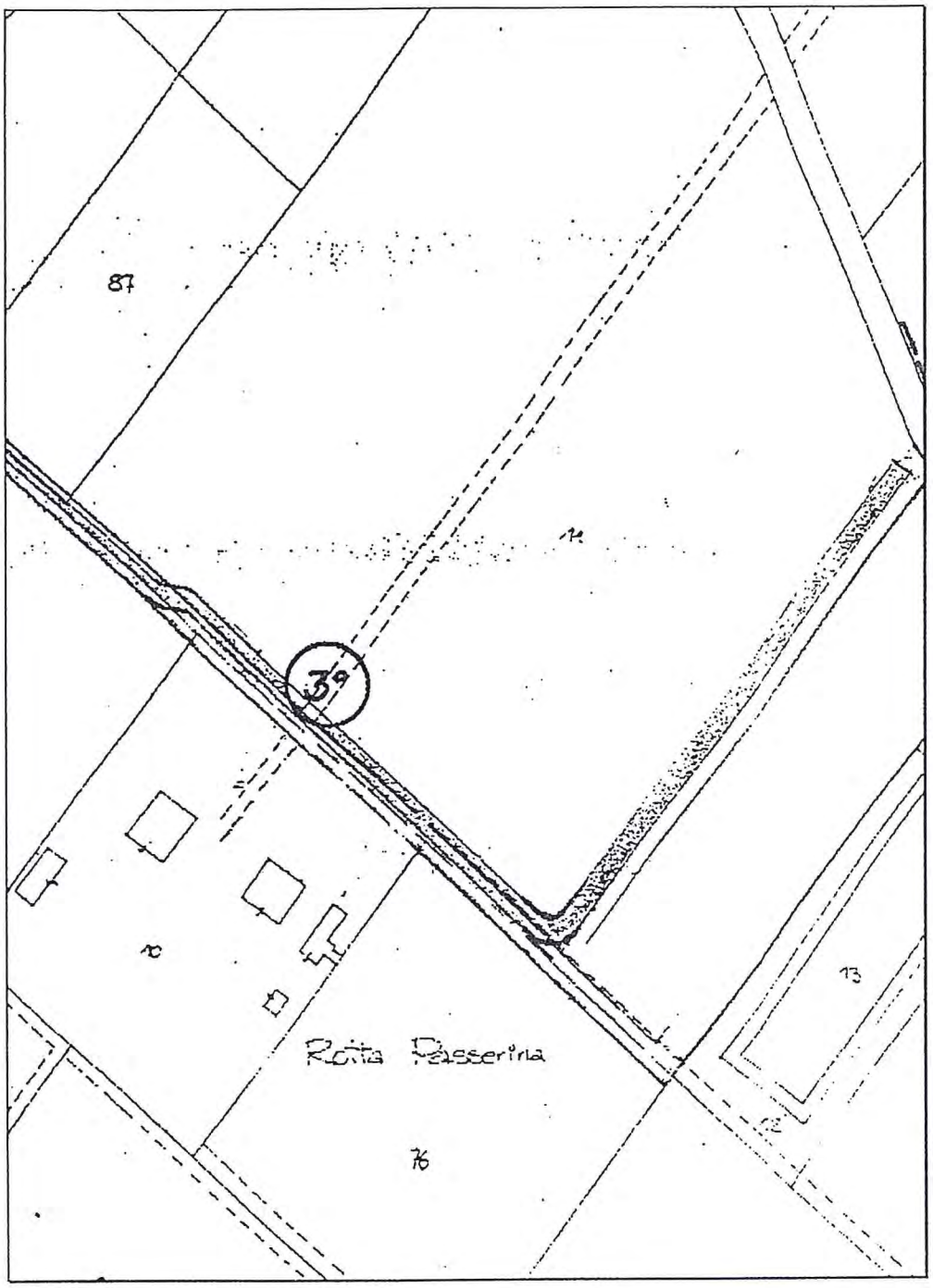


FIGURA 8

Stralcio planimetria catastale sito n. 3

IDROGRAFIA

L'idrografia principale dell'area è rappresentata dal Fiume Reno che, nascendo dalle colline pistoiesi, una volta giunto in corrispondenza di Casalecchio di Reno, abbandona il tratto a maggior energia per proseguire il suo corso trasportando materiali sempre più fini, man mano che ci allontaniamo da quel tratto di alveo caratterizzato da maggior pendenza e quindi maggior energia. Nel percorso di raccordo tra la collina e la pianura vera e propria, all'incirca nel tratto compreso tra Calderara e S.Agostino, i depositi più grossolani sono ormai costituiti solamente da sabbie grosse e medie, con locali e sporadici depositi di ghiaie fini nella parte più alta. In prossimità di S. Agostino, il fiume Reno si divide in due rami: il primo, procedendo verso nord, subito dopo Bondeno immette le sue acque nel Po mentre il secondo, dopo aver piegato verso sud sud-est, e aver attraversato Argenta, sfocia naturalmente in Adriatico poco prima del Lido di Spina.

Per quanto riguarda la rete idrografica gestita dal consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno, in zona sono presenti quasi esclusivamente corsi d'acqua superficiali a carattere di scolo o promiscuo, tali canali sono mantenuti a quote di irrigazione durante il periodo primaverile - estivo e a quote di scolo durante il periodo autunno - invernale. Nel breve periodo i cicli di irrigazione e scolo influenzeranno direttamente l'andamento della falda freatica nell'immediato intorno dei canali stessi, falda che tenderà quindi ad essere alimentata in fase irrigua e drenata in fase di scolo.

Le prove n. 1 e n. 2 sono state eseguite nelle immediate vicinanze di un canale e quindi la superficie freatica sarà senz'altro molto prossima alla superficie idrometrica, mentre la prova n. 3 è stata eseguite a poche centinaia di mt dallo Scolo Scorsurolo; in questo caso, in relazione all'andamento della piovosità nei mesi precedenti alla data di esecuzione dell'indagine e delle caratteristiche dei litotipi più superficiali, è possibile che la quota rilevata fosse superiore alla quota idrometrica.

CAMPAGNA DI INDAGINI

Allo scopo di accertare la natura litologica, idrogeologica e fisico - meccanica dei terreni nel primo sottosuolo, al fine di potere effettuare la caratterizzazione geotecnica del sito oggetto di studio, come concordato con la

Committenza e precedentemente accennato, è stata eseguita una campagna geognostica costituita da tre prove penetrometriche statiche identificate come CPT1, CPT2 e CPT3 e ubicate dagli stessi tecnici del Consorzio.

La profondità delle indagini è rispettivamente pari a mt 18.20, mt 19.20 e mt 17.20 dal p.c. Non è stato possibile raggiungere la profondità inizialmente concordata di mt 20.00, a causa del disancoraggio dell'attrezzatura dovuto alle non ottimali condizioni meccaniche dei terreni superficiali e alla presenza della falda freatica.

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche è stato utilizzato un penetrometro statico meccanico tipo Gouda da 20 tons. autozavorrato e a lettura digitale, munito di punta tipo Begemann ϕ 35.7 mm con manicotto di frizione per il rilievo delle seguenti grandezze:

- Rp: resistenza alla punta (Kg/cm^2)
- Rl: resistenza laterale locale (Kg/cm^2).

E' stato utilizzato l'anello allargatore e la costante di trasformazione strumentale è 10.

CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE E DI CONSISTENZA

Le caratteristiche litostratigrafiche sono state esaminate per mezzo del rapporto di Begemann (1965), in base al quale corrispondono le seguenti caratteristiche litologiche:

5<Rp/Rl<15	torbe ed argille organiche
15<Rp/Rl<30	limi ed argille
30<Rp/Rl<60	limi sabbiosi - sabbie limose
60<Rp/Rl<200	sabbie (sabbie e sabbie e ghiaie in generale)

Dall'analisi delle risultanze delle prove penetrometriche statiche si evincono le seguenti suddivisioni litologiche:

CPT1:

- da p.c. a m 5.00: alternanze tra limi ed argille e limi sabbiosi – sabbie limose. Presenza di livelli di torbe ed argille organiche e di un livello decimetrico di sabbie
Rp media = 8 Kg/cm^2

- da m 5.00 a m 17.20: terreni costituiti principalmente da limi ed argille. Da m 7.00 a m 9.00 da p.c. presenza di alternanze tra limi ed argille e torbe ed argille organiche
Rp media = 19 Kg/cm^2

- da m 17.20 a m 18.20: livelli costituiti da limi sabbiosi e sabbie limose, alternate a limi ed argille
Rp media = 32 Kg/cm^2

CPT2:

- da p.c. a m 2.80: terreni prevalentemente costituiti da limi ed argille con saltuari livelli di limi sabbiosi – sabbie limose.
Rp media = 10 Kg/cm^2

- da m 2.80 a m 16.60: alternanze costituite da limi ed argille con torbe ed argille organiche.
Rp media = 20 Kg/cm^2

- da m 16.60 a m 19.20: alternanze di limi sabbiosi – sabbie limose con sabbie e sabbie e ghiaie.
Rp media = 135 Kg/cm^2

CPT3:

- da p.c. a m 4.40 terreni costituiti da limi ed argille con saltuari livelli decimetrici di torbe ed argille organiche e un livello decimetrico di limo sabbioso e/o sabbia limosa

Rp media = 8 Kg/cm^2

- da m 4.40 a m 17.20: terreni rappresentati da alternanze costituite da limi ed argille con torbe ed argille organiche. Presenza di saltuari livelli decimetrici di limi sabbiosi - sabbie limose ed un livello decimetrico di sabbie Rp media =20 Kg/cm^2

Negli allegati 10-12 sono riportate le valutazioni litologiche determinate con il rapporto di Begemann 1965, A.G.I. 1977. In tali allegati sono inoltre inserite le caratteristiche litostratigrafiche ricavate in base alla Teoria di Schmetmann 1978.

Per una migliore comprensione viene di seguito riportata la legenda delle simbologie utilizzate nella colonna stratigrafica ricavata in base a quest'ultima teoria:

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

Le colonne stratigrafiche ricavate in base alla Teoria di Schmertmann confermano in linea di massima quanto ricavato per mezzo del rapporto di Begemann, ad eccezione dei litotipi organici che risultano maggiormente presenti a scapito di alcuni livelli coesivi.

Nonostante quanto sopra riportato, ai fini della valutazione dei parametri geotecnici si è proceduto a scelte litologiche con validità orientativa che

prevedono la possibilità di casi dubbi nell'applicazione delle teorie di Begemann (1965 e raccomandazioni A.G.I. 1977). Tali scelte litologiche possono essere così sintetizzate:

- 7< Rp < 20 Kg/cm^2: possibili terreni coesivi in generale anche se Rp/Rl<15
- Rp<20 Kg/cm^2: possibili terreni coesivi anche se Rp/Rl>30
- Rp>20 Kg/cm^2: possibili terreni granulari anche se Rp/Rl<30

Le colonne stratigrafiche ricavate in base a queste ulteriori distinzioni sono riportate negli allegati relativi alle tabelle dei parametri geotecnici e graficamente presentate nei diagrammi di resistenza ad istogrammi (allegati 7 - 9).

In tali colonne è possibile verificare la conferma delle caratteristiche generali di quanto precedentemente valutato con la teoria di Begemann e la scomparsa di alcuni orizzonti organici superficiali che vengono sostituiti da terreni esclusivamente coesivi. Sarà sulla base di esperienze e correlazioni eseguite precedentemente su altri siti, oltre che alle caratteristiche meccaniche di questa colonna stratigrafica che si farà riferimento per le valutazioni di tipo geotecnico riportate nel seguito.

I valori delle principali caratteristiche geotecniche riportate negli allegati ed in parte sopra descritte, sono state ricavate per mezzo del software applicativo sulla base dei seguenti riferimenti interpretativi:

Dr - densità relativa (terreni granulari N.C. - norm.cons.) [correlazioni: Dr – Rp - σ'vo] (Schmertmann 1976)

- ϕ - angolo di attrito interno efficace (terreni granulari) correlazioni: ϕ' - Dr - Rp - σ'vo (Meyerhof - sabbie limose).
- Mo - modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [corr.: Mo - Rp - natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973);
- Cu - coesione non drenata (terreni coesivi) correlazioni Cu - Rp. Raccomandazioni A.G.I. 1977 - Ricceri et al. 1974 - Marsland et al. 1974/1979;
- OCR - grado di sovraconsolidazione (terreni coesivi) [correlaz.: OCR - Cu - σ'vo] (Ladd et al. 1972/1974/1977 - Lancellotta 1983);

Sulla base di quanto fino ad ora elaborato e descritto è possibile così sintetizzare le caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche di terreni presenti in corrispondenza delle tre prove penetrometriche statiche eseguite:

CPT1:

- da p.c. a m 1.20 terreno principalmente coesivo consistente, solo superficialmente coesivo granulare sciolto

- da m 1.20 a m 5.00 alternanze tra terreni coesivi e coesivo - organici moderatamente consistenti

- da m 5.00 a m 16.00 terreni principalmente di natura coesiva, consistenti, alternati a terreni coesivo - granulari molto sciolti

- da m 16.00 a m 18.20 terreni di natura granulare sciolti in alternanza con terreni coesivo - granulari molto consistenti

CPT2:

- da p.c. a m 3.00 terreno principalmente coesivo moderatamente consistenti, con saltuari livelli coesivo granulari molto sciolti

- da m 3.00 a m 5.40 alternanze tra terreni coesivo organici e coesivi poco consistenti

- da m 5.40 a m 16.20 terreni principalmente di natura coesiva molto consistenti in alternanza con terreni coesivo granulari molto sciolti

- da m 16.20 a m 19.20 terreni di natura granulare densi con presenza di un livello decimetrico di terreno coesivo granulare

CPT3:

- da p.c. a m 6.60 terreno principalmente coesivo moderatamente consistenti, in alternanza con livelli coesivo - organici, solo inizialmente coesivo - granulari

- da m 6.60 a m 17.20 terreni prevalentemente coesivi molto consistenti e coesivo - granulari in alternanza con terreni granulari molto sciolti

Nei fori residuali delle indagini eseguite è stato possibile rilevare la presenza della superficie freatica e misurarne la profondità, risultate rispettivamente pari ad 1.50 m da p.c. in corrispondenza di CPT1, 1.10 m da p.c. in corrispondenza di CPT2 e CPT3.

Le modalità di verifica del livello della falda freatica per questo tipo di indagine sono soggette ad una certa approssimazione, in quanto possono venire intercettate falde in pressione che ne alterano il livello; inoltre le modalità di infissione provocano una parziale e locale diminuzione delle caratteristiche di permeabilità del terreno interessato dalla prova. Per una maggiore correttezza bisognerebbe eseguire i fori mediante carotaggio a profondità limitate e installare dei piezometri a tubo aperto tipo Norton all'interno dei fori residuali, creando altresì un idoneo drenaggio.

DETERMINAZIONE DEI VALORI DI SINTESI

Al fine di fornire alcune indicazioni di massima relativamente alle caratteristiche di capacità portante dei terreni presenti, con idoneo pacchetto software per elaborazioni geotecniche si sono stimate le caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni indagati e sulla base di tali dati è stata eseguita una valutazione delle portate ammissibili in relazione alle tipologie ed alle dimensioni delle fondazioni previste in sede progettuale.

La resistenza allo schiacciamento R.amm è stata valutata su ogni singolo strato di 20 cm mediante correlazioni R.amm = Rp/k dove k è funzione di Rp. Per un quadro dei valori di k consultare lo specchietto al piede degli allegati 16 - 18.

Il fattore di sicurezza adottato per la valutazione del q.amm è 3, come espressamente indicato dal D.M. 11.03.1988 (norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione), al punto C.4.2. riguardante "carico limite e carico ammissibile del complesso fondazione - terreno".

Il modulo edometrico Mo utilizzato per la valutazione dei cedimenti non è stato calcolato mediante analisi di laboratorio su campioni indisturbati, come del resto già evidenziato nella presente, ma tramite il prodotto "$\alpha * Rp$", dove la valutazione del coefficiente α è stata eseguita per via statistico - sperimentale in base a numerose esperienze di campagna eseguite, analizzate e descritte da vari autori e assume valori diversi a seconda del tipo litologico e del valore di resistenza alla punta Rp (per un quadro dei valori di α consultare lo specchietto riportato ai piedi degli allegati 16 - 18, relativo al calcolo della capacità portante e dei cedimenti delle fondazioni).

Il calcolo dei cedimenti, esteso all'intera profondità Hc del banco comprimibile, è stato eseguito per strati successivi di spessore h = 20 cm, valutando per ciascuno strato la tensione verticale σv al centro della superficie di carico, nonché il relativo valore del modulo edometrico Mo in base all'espressione:

$$S = n\Sigma(h\sigma v / Mo)$$

dove n = coefficiente di riduzione che tiene conto della rigidezza strutturale delle opere di fondazione (nel caso specifico il valore adottato è 0.85).

I risultati delle valutazioni effettuate, oltre ad essere riportati in allegato, vengono di seguito indicati. Tali valori sono da considerarsi con la debita approssimazione legata al metodo sperimentale utilizzato per ricavare i dati geotecnici ed in particolare per il modulo edometrico.

Visti gli scopi del presente studio e il carattere puramente indicativo delle valutazioni effettuate, il calcolo è relativo ad una fondazione diretta tipo platea di lunghezza m 4.00 e larghezza m 2.00, rigida, con carico verticale centrato e piano di fondazione orizzontale impostato a m 2.40 da p.c. Tali caratteristiche sono state

desunte dagli scriventi in base alle dimensioni dei tubi previsti per gli attraversamenti, riportate nelle cartografie catastali fornite dalla Committenza.

fondazione diretta tipo platea B = m 2.00, L = 4.00

Riferimento indagine	B (m)	L (m)	H (m)	q.amm (kg/cm^2)	S (cm)
CPT1	2.00	4.00	2.40	0.50	6.38
CPT2	2.00	4.00	2.40	0.29	4.68
CPT 3	2.00	4.00	2.40	0.47	5.52

descrizione delle abbreviazioni adottate:

B = larghezza della fondazione prevista;

L = lunghezza della fondazione prevista;

H = profondità del piano di posa della fondazione rispetto al piano campagna pre - lavori;

q.amm = incremento netto di pressione massimo ammissibile in corrispondenza del piano di posa delle fondazioni - dato relativo alla singola CPT;

S = cedimento valutato in corrispondenza del piano di fondazione e relativo alla dimensione planimetrica della fondazione stessa ed alla q.amm.

Come precedentemente in parte accennato, è stata condotta la verifica allo schiacciamento dei diversi strati del sottosuolo (spessore 20 cm) nei confronti delle tensioni verticali indotte dal carico agente in superficie e valutate secondo la teoria dell'elasticità (Bousinnesq). La pressione massima ammissibile del terreno di fondazione q.amm, è quel valore che determina nel sottosuolo tensioni verticali massime (al centro della superficie di carico) compatibili con la resistenza allo schiacciamento R.amm (ammissibile) dei vari strati del banco comprimibile. **I valori di q.amm indicati in tabella sono relativi ai minimi verificati, corrispondenti a singoli strati di 20 cm che saranno i primi a giungere a schiacciamento per incremento di carico** (Herminier 1953 – Meyerhof 1956/65 – Sanglerat 1972). Per quanto riguarda i casi trattati, l'incremento di carico di esercizio rispetto ai massimi calcolati, potrà inizialmente comportare l'abbassamento del fattore di sicurezza allo schiacciamento in corrispondenza di singoli strati e via via a strati

successivi. Un maggior dettaglio può essere ricavato dalla lettura degli specchietti riportati nei fogli di calcolo in allegati 16 - 18.

VERIFICA VALORI CAPACITÀ PORTANTE CON ALTRA METODOLOGIA

Date tipologia e dimensioni delle fondazioni, nonché la profondità del relativo piano di posa pari a mt 2.40 dal p.c attuale pre-lavori, è l'orizzonte coesivo presente sotto i piani di fondazione (vedi allegati 13, 14 e 15), quello direttamente interessato ai fini della valutazione della capacità portante, in quanto è senz'altro il primo a giungere a rottura per successivi incrementi di carico. La capacità portante viene pertanto valutata esclusivamente in base alle caratteristiche meccaniche di tale orizzonte mediante la formula di Meyerhof:

$$qult = c_u N_c s_c d_c + \gamma D N_q s_q d_q + 0.5 \gamma' B N_\gamma s_\gamma d_\gamma$$

dove:

c_u = coesione non drenata

N_c N_q N_γ = coefficienti di portata

s_c s_q s_γ = fattori di forma

d_c d_q d_γ = fattori di profondità

γ e γ' = peso dell'unità di volume (efficace) del terreno;

D = profondità del piano di posa delle fondazioni;

Nei casi in esame scompare il terzo termine in quanto i terreni considerati sono esclusivamente coesivi. Inoltre, il valore della coesione non drenata utilizzato nei calcoli, è stabilito come il valore minimo dell'orizzonte compreso tra mt 2.40 e mt 4.00 in corrispondenza delle CPT.

Per $\phi = 0°$ i fattori dei coefficienti di capacità portante assumono quindi i seguenti valori:

Nc = 5.14

Nq = 1

$N\gamma = 0$

Le valutazioni di seguito eseguite si riferiscono ad una fondazione diretta tipo platea rettangolare di dimensioni B x L = 2.00 x 4.00 mt, rigida con carico uniformemente distribuito, impostata a mt 2.40 dal piano campagna.

CPT1

$$q.ult = 0.30 \times 5.14 \times 1.1 \times 1.24 + 0.00185 \times 240 \times 1 \times 1 + 0 = 2.10 \text{ kg/cm}^2$$

$$q.amm = q.ult/F = 2.10/3 = 0.70 \text{ kg/cm}^2$$

CPT2

$$q.ult = 0.15 \times 5.14 \times 1.1 \times 1.24 + 0.00185 \times 240 \times 1 \times 1 + 0 = 1.50 \text{ kg/cm}^2$$

$$q.amm = q.ult/F = 1.50/3 = 0.50 \text{ kg/cm}^2$$

CPT3

$$q.ult = 0.20 \times 5.14 \times 1.1 \times 1.24 + 0.00185 \times 240 \times 1 \times 1 + 0 = 1.85 \text{ kg/cm}^2$$

$$q.amm = q.ult/F = 1.85/3 = 0.62 \text{ kg/cm}^2$$

Per le ragioni precedentemente esposte, i valori della capacità portante determinati mediante la formula di Meyerhof, pur utilizzando termini cautelativi, risultano superiori ai risultati ottenuti nei casi analoghi tramite l'applicazione del calcolo automatico (0.50, 029, 0.47 kg/cm^2) e ciò conferma la validità e il carattere conservativo delle valutazioni precedentemente effettuate con l'altra metodologia. Come prima indicato i due approcci metodologici per la valutazione della capacità portante sono totalmente diversi, mentre infatti il precedente viene eseguito in funzione del rapporto Rp/k, quello sopra esposto valuta le condizioni di rottura del cuneo di terreno presente sotto il piano di fondazione, il che comporta la mobilizzazione di un grosso volume di terreno e il collasso della struttura. Entrambi i metodi sono validi e diverso è il loro scopo.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dalle indagini e dalle conseguenti valutazioni esposte, nella presente relazione, si possono trarre le seguenti conclusioni:

- In tutti i casi analizzati il terreno risulta idoneo all'adozione di fondazioni dirette tipo platea con le dimensioni considerate nella presente.

- I valori di capacità portante massima ammissibile valutati in base alla relazione Rp/k (massimo incremento di carico in corrispondenza del piano di fondazione) determinati per una fondazione diretta superficiale tipo platea di dimensioni B x L = mt 2.00 x mt 4.00 m, rigida, con piano di fondazione orizzontale impostato a mt 2.40 dal p.c., sono i seguenti a cui corrispondono i relativi cedimenti teorici (S):

CPT 1	q.amm = 0.50 Kg/cm^2	S = 6.38 cm
CPT 2	q.amm = 0.29 Kg/cm^2	S = 4.68 cm
CPT 3	q.amm = 0.47 Kg/cm^2	S = 5.52 cm

- I valori di capacità portante massima ammissibile valutati in base alla relazione di Meyerhof (massimo incremento di carico in corrispondenza del piano di fondazione) determinati per una fondazione diretta superficiale tipo platea di dimensioni B x L = mt 2.00 x mt 4.00 m, rigida, con piano di fondazione orizzontale sono i seguenti a cui corrispondono i relativi cedimenti teorici (S):

CPT 1	q.amm = 0.70 Kg/cm^2	S = 8.93 cm
CPT 2	q.amm = 0.50 Kg/cm^2	S = 8.07 cm
CPT 3	q.amm = 0.62 Kg/cm^2	S = 7.28 cm

l'applicazione dei carichi sopra elencati potrà causare la diminuzione del fattore di sicurezza allo schiacciamento per alcuni strati decimetrici localizzati a profondità massime di mt 4.20 dal p.c.; per tali strati, con l'applicazione dei carichi sopra elencati, il fattore di sicurezza sarà comunque sempre superiore a 2.

Si sottolinea comunque come i valori riportati, in entrambi i casi si riferiscano ai massimo incrementi di carico netti.

- Il livello della falda freatica è stato misurato a m 1.50 da p.c. in corrispondenza della prova n. 1 e a mt 1.10 dal p.c. in corrispondenza delle prove n. 2 e n. 3. Per le ragioni precedentemente esposte i livelli misurati in corrispondenza delle prove n. 1 e 2 sono simili ai livelli idrometrici dei vicini canali mentre, per quanto riguarda la prova n. 3, il livello è quasi certamente superiore.

- Va infine fatto presente che, come ampiamente descritto, le indagini sono state realizzate con metodologie che non permettono l'analisi diretta dei litotipi e quindi, come si è visto, la ricostruzione litostratigrafia viene eseguita empiricamente sulla base di teorie tratte da diversi studiosi ed esperienze. La teoria accreditata in questa fase è quella di Begemann nella cui applicazione sono stati inoltre introdotti alcuni fattori di riduzione. Si consiglia pertanto di verificare anche mediante mezzo meccanico, preventivamente all'esecuzioni dei lavori, la corrispondenza fra la colonna stratigrafica teorica e la colonna stratigrafica reale del terreno che andrà a costituire il piano di posa delle fondazioni fino ad una profondità di almeno metri 3.50. In caso di palese difformità con quanto sopra esposto si raccomanda di riverificare quanto riportato nella presente in funzione dei nuovi dati oggettivi.

Corlo, 20 febbraio 2001

Dr. Geol. Emanuele Stevanin

Dr. Geol. Marco Condotta

pergeo s.n.c. di Condotta, Stevanin & C.
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01P

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa Nuova
- note :

- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- pagina : 1

prf m	LP Kg/cm²	LL Kg/cm²	Rp Kg/cm²	RL Kg/cm²	Rp/Rl -	prf m	LP Kg/cm²	LL Kg/cm²	Rp Kg/cm²	RL Kg/cm²	Rp/Rl -
0,20	----	----	--	0,93	----	9,40	24,0	44,0	24,0	1,40	17,0
0,40	24,0	38,0	24,0	1,33	18,0	9,60	24,0	45,0	24,0	1,33	18,0
0,60	14,0	34,0	14,0	0,87	16,0	9,80	25,0	45,0	25,0	1,47	17,0
0,80	11,0	24,0	11,0	0,40	27,0	**10,00**	22,0	44,0	22,0	1,33	16,0
1,00	10,0	16,0	10,0	0,40	25,0	10,20	21,0	41,0	21,0	0,93	22,0
1,20	6,0	12,0	6,0	0,20	30,0	10,40	25,0	39,0	25,0	1,20	21,0
1,40	4,0	7,0	4,0	0,40	10,0	10,60	20,0	38,0	20,0	1,07	19,0
1,60	6,0	12,0	6,0	0,27	22,0	10,80	19,0	35,0	19,0	0,93	20,0
1,80	7,0	11,0	7,0	0,13	52,0	**11,00**	19,0	33,0	19,0	0,93	20,0
2,00	9,0	11,0	9,0	0,20	45,0	11,20	19,0	33,0	19,0	0,80	24,0
2,20	8,0	11,0	8,0	0,27	30,0	11,40	16,0	28,0	16,0	0,67	24,0
2,40	8,0	12,0	8,0	0,20	40,0	11,60	13,0	23,0	13,0	0,67	19,0
2,60	6,0	9,0	6,0	0,33	18,0	11,80	12,0	22,0	12,0	0,67	18,0
2,80	8,0	13,0	8,0	0,33	24,0	**12,00**	13,0	23,0	13,0	0,67	19,0
3,00	7,0	12,0	7,0	0,40	17,0	12,20	13,0	23,0	13,0	0,67	19,0
3,20	7,0	13,0	7,0	0,53	13,0	12,40	10,0	20,0	10,0	0,53	19,0
3,40	7,0	15,0	7,0	0,13	52,0	12,60	11,0	19,0	11,0	0,47	24,0
3,60	15,0	17,0	15,0	0,20	75,0	12,80	12,0	19,0	12,0	0,60	20,0
3,80	6,0	9,0	6,0	0,40	15,0	**13,00**	10,0	19,0	10,0	0,60	17,0
4,00	6,0	12,0	6,0	0,13	45,0	13,20	11,0	20,0	11,0	0,53	21,0
4,20	4,0	6,0	4,0	0,13	30,0	13,40	14,0	22,0	14,0	0,73	19,0
4,40	4,0	6,0	4,0	0,27	15,0	13,60	13,0	24,0	13,0	0,73	18,0
4,60	3,0	7,0	3,0	0,13	22,0	13,80	13,0	24,0	13,0	0,67	19,0
4,80	3,0	5,0	3,0	0,20	15,0	**14,00**	12,0	22,0	12,0	0,67	18,0
5,00	3,0	6,0	3,0	0,07	45,0	14,20	12,0	22,0	12,0	0,60	20,0
5,20	6,0	7,0	6,0	0,27	22,0	14,40	14,0	23,0	14,0	0,80	17,0
5,40	8,0	12,0	8,0	0,33	24,0	14,60	15,0	27,0	15,0	0,93	16,0
5,60	10,0	15,0	10,0	0,47	21,0	14,80	19,0	33,0	19,0	1,13	17,0
5,80	15,0	22,0	15,0	0,87	17,0	**15,00**	19,0	36,0	19,0	1,07	18,0
6,00	16,0	29,0	16,0	1,00	16,0	15,20	21,0	37,0	21,0	1,20	17,0
6,20	19,0	34,0	19,0	1,20	16,0	15,40	20,0	38,0	20,0	1,00	20,0
6,40	24,0	42,0	24,0	1,33	18,0	15,60	20,0	35,0	20,0	0,80	25,0
6,60	20,0	40,0	20,0	1,13	18,0	15,80	18,0	30,0	18,0	0,73	25,0
6,80	17,0	34,0	17,0	1,07	16,0	**16,00**	13,0	24,0	13,0	0,80	16,0
7,00	16,0	32,0	16,0	0,93	17,0	16,20	41,0	53,0	41,0	1,33	31,0
7,20	20,0	34,0	20,0	1,00	20,0	16,40	44,0	64,0	44,0	2,07	21,0
7,40	19,0	34,0	19,0	1,33	14,0	16,60	31,0	62,0	31,0	1,40	22,0
7,60	21,0	41,0	21,0	1,20	17,0	16,80	32,0	53,0	32,0	1,60	20,0
7,80	22,0	40,0	22,0	1,47	15,0	**17,00**	37,0	61,0	37,0	1,47	25,0
8,00	23,0	45,0	23,0	1,33	17,0	17,20	35,0	57,0	35,0	1,47	24,0
8,20	23,0	43,0	23,0	1,60	14,0	17,40	37,0	59,0	37,0	1,13	33,0
8,40	20,0	44,0	20,0	1,47	14,0	17,60	38,0	55,0	38,0	1,20	32,0
8,60	21,0	43,0	21,0	1,33	16,0	17,80	28,0	46,0	28,0	0,80	35,0
8,80	21,0	41,0	21,0	1,53	14,0	**18,00**	28,0	40,0	28,0	0,93	30,0
9,00	23,0	46,0	23,0	1,40	16,0	18,20	29,0	43,0	29,0	-----	----
9,20	26,0	47,0	26,0	1,33	19,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

allegato 1

pergeo s.n.c. di Condotta, Stevanin & C.
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01P

PROVA PENETROMETRICA STATICA — CPT 2
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica Valli di Veccio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa nuova
- note :

- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- pagina : 1

prf m	LP Kg/cm²	LL Kg/cm²	Rp Kg/cm²	RL Kg/cm²	Rp/Rl -	prf m	LP Kg/cm²	LL Kg/cm²	Rp Kg/cm²	RL Kg/cm²	Rp/Rl -
0,20	----	----	--	0,40	----	9,80	16,0	25,0	16,0	0,60	27,0
0,40	9,0	15,0	9,0	0,53	17,0	**10,00**	23,0	32,0	23,0	1,33	17,0
0,60	14,0	22,0	14,0	0,67	21,0	10,20	12,0	32,0	12,0	0,87	14,0
0,80	12,0	22,0	12,0	0,40	30,0	10,40	13,0	26,0	13,0	1,00	13,0
1,00	12,0	18,0	12,0	0,20	60,0	10,60	15,0	30,0	15,0	0,67	22,0
1,20	10,0	13,0	10,0	0,40	25,0	10,80	15,0	25,0	15,0	0,53	28,0
1,40	7,0	13,0	7,0	0,20	35,0	**11,00**	15,0	23,0	15,0	0,87	17,0
1,60	8,0	11,0	8,0	0,27	30,0	11,20	16,0	29,0	16,0	1,00	16,0
1,80	7,0	11,0	7,0	0,33	21,0	11,40	12,0	27,0	12,0	0,87	14,0
2,00	7,0	12,0	7,0	0,33	21,0	11,60	26,0	39,0	26,0	1,27	21,0
2,20	9,0	14,0	9,0	0,47	19,0	11,80	28,0	47,0	28,0	1,27	22,0
2,40	15,0	22,0	15,0	0,53	28,0	**12,00**	22,0	41,0	22,0	1,33	16,0
2,60	9,0	17,0	9,0	0,33	27,0	12,20	25,0	45,0	25,0	1,27	20,0
2,80	10,0	15,0	10,0	0,20	50,0	12,40	24,0	43,0	24,0	1,47	16,0
3,00	9,0	12,0	9,0	0,53	17,0	12,60	22,0	44,0	22,0	1,13	19,0
3,20	3,0	11,0	3,0	0,20	15,0	12,80	25,0	42,0	25,0	1,27	20,0
3,40	3,0	6,0	3,0	0,33	9,0	**13,00**	21,0	40,0	21,0	1,27	17,0
3,60	5,0	10,0	5,0	0,33	15,0	13,20	21,0	40,0	21,0	1,27	17,0
3,80	5,0	10,0	5,0	0,27	19,0	13,40	29,0	48,0	29,0	1,07	27,0
4,00	4,0	8,0	4,0	0,27	15,0	13,60	27,0	43,0	27,0	1,53	18,0
4,20	6,0	10,0	6,0	0,33	18,0	13,80	25,0	48,0	25,0	1,47	17,0
4,40	4,0	9,0	4,0	0,33	12,0	**14,00**	23,0	45,0	23,0	1,33	17,0
4,60	7,0	12,0	7,0	0,33	21,0	14,20	22,0	42,0	22,0	1,40	16,0
4,80	7,0	12,0	7,0	0,27	26,0	14,40	21,0	42,0	21,0	1,40	15,0
5,00	7,0	11,0	7,0	0,40	17,0	14,60	24,0	45,0	24,0	1,40	17,0
5,20	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0	14,80	29,0	50,0	29,0	1,53	19,0
5,40	8,0	14,0	8,0	0,47	17,0	**15,00**	29,0	52,0	29,0	1,67	17,0
5,60	12,0	19,0	12,0	0,53	22,0	15,20	27,0	52,0	27,0	1,60	17,0
5,80	16,0	24,0	16,0	0,80	20,0	15,40	35,0	59,0	35,0	1,67	21,0
6,00	19,0	31,0	19,0	1,20	16,0	15,60	39,0	64,0	39,0	2,33	17,0
6,20	18,0	36,0	18,0	1,27	14,0	15,80	50,0	85,0	50,0	2,27	22,0
6,40	17,0	36,0	17,0	1,33	13,0	**16,00**	46,0	80,0	46,0	2,53	18,0
6,60	19,0	39,0	19,0	1,27	15,0	16,20	45,0	83,0	45,0	2,07	22,0
6,80	25,0	44,0	25,0	1,67	15,0	16,40	69,0	100,0	69,0	2,00	34,0
7,00	21,0	46,0	21,0	1,67	13,0	16,60	77,0	107,0	77,0	3,60	21,0
7,20	22,0	47,0	22,0	1,60	14,0	16,80	95,0	149,0	95,0	1,20	79,0
7,40	23,0	47,0	23,0	1,73	13,0	**17,00**	90,0	108,0	90,0	0,87	104,0
7,60	21,0	47,0	21,0	1,40	15,0	17,20	120,0	133,0	120,0	1,47	82,0
7,80	18,0	39,0	18,0	1,27	14,0	17,40	143,0	165,0	143,0	1,87	77,0
8,00	17,0	36,0	17,0	1,13	15,0	17,60	98,0	126,0	98,0	1,80	54,0
8,20	20,0	37,0	20,0	0,93	21,0	17,80	124,0	151,0	124,0	2,07	60,0
8,40	13,0	27,0	13,0	0,80	16,0	**18,00**	102,0	133,0	102,0	2,20	46,0
8,60	9,0	21,0	9,0	0,67	13,0	18,20	111,0	144,0	111,0	2,20	50,0
8,80	8,0	18,0	8,0	0,40	20,0	18,40	183,0	216,0	183,0	2,80	65,0
9,00	14,0	20,0	14,0	0,67	21,0	18,60	206,0	248,0	206,0	2,07	100,0
9,20	14,0	24,0	14,0	0,73	19,0	18,80	189,0	220,0	189,0	3,33	57,0
9,40	13,0	24,0	13,0	0,67	19,0	**19,00**	158,0	208,0	158,0	2,07	76,0
9,60	13,0	23,0	13,0	0,60	22,0	19,20	156,0	187,0	156,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

allegato 2

pergeo s.n.c. di Condotta, Stevanin & C.
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01P

PROVA PENETROMETRICA STATICA — CPT 3
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica di Valli di Vecchio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa Nuova
- note :
- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- pagina : 1

prf m	LP Kg/cm²	LL Kg/cm²	Rp Kg/cm²	RL Kg/cm²	Rp/Rl -	prf m	LP Kg/cm²	LL Kg/cm²	Rp Kg/cm²	RL Kg/cm²	Rp/Rl -
0,20	----	----	--	0,53	----	8,80	13,0	24,0	13,0	0,67	19,0
0,40	33,0	41,0	33,0	1,13	29,0	**9,00**	13,0	23,0	13,0	0,33	39,0
0,60	13,0	30,0	13,0	0,80	16,0	9,20	17,0	22,0	17,0	0,53	32,0
0,80	7,0	19,0	7,0	0,33	21,0	9,40	9,0	17,0	9,0	0,53	17,0
1,00	5,0	10,0	5,0	0,40	12,0	9,60	11,0	19,0	11,0	0,67	16,0
1,20	6,0	12,0	6,0	0,20	30,0	9,80	12,0	22,0	12,0	0,53	22,0
1,40	13,0	16,0	13,0	0,40	32,0	**10,00**	23,0	31,0	23,0	0,27	86,0
1,60	5,0	11,0	5,0	0,27	19,0	10,20	26,0	30,0	26,0	0,93	28,0
1,80	6,0	10,0	6,0	0,20	30,0	10,40	18,0	32,0	18,0	0,80	22,0
2,00	8,0	11,0	8,0	0,33	24,0	10,60	24,0	36,0	24,0	1,27	19,0
2,20	5,0	10,0	5,0	0,27	19,0	10,80	25,0	44,0	25,0	1,53	16,0
2,40	7,0	11,0	7,0	0,33	21,0	**11,00**	23,0	46,0	23,0	1,40	16,0
2,60	6,0	11,0	6,0	0,27	22,0	11,20	25,0	46,0	25,0	1,40	18,0
2,80	7,0	11,0	7,0	0,33	21,0	11,40	27,0	48,0	27,0	1,33	20,0
3,00	9,0	14,0	9,0	0,40	22,0	11,60	27,0	47,0	27,0	1,47	18,0
3,20	7,0	13,0	7,0	0,40	17,0	11,80	24,0	46,0	24,0	1,33	18,0
3,40	6,0	12,0	6,0	0,27	22,0	**12,00**	25,0	45,0	25,0	1,73	14,0
3,60	5,0	9,0	5,0	0,27	19,0	12,20	24,0	50,0	24,0	1,33	18,0
3,80	4,0	8,0	4,0	0,27	15,0	12,40	26,0	46,0	26,0	1,53	17,0
4,00	4,0	8,0	4,0	0,20	20,0	12,60	26,0	49,0	26,0	1,40	19,0
4,20	3,0	6,0	3,0	0,13	22,0	12,80	24,0	45,0	24,0	1,47	16,0
4,40	4,0	6,0	4,0	0,20	20,0	**13,00**	23,0	45,0	23,0	1,13	20,0
4,60	3,0	6,0	3,0	0,33	9,0	13,20	22,0	39,0	22,0	1,27	17,0
4,80	4,0	9,0	4,0	0,40	10,0	13,40	11,0	30,0	11,0	0,73	15,0
5,00	7,0	13,0	7,0	0,47	15,0	13,60	11,0	22,0	11,0	0,73	15,0
5,20	11,0	18,0	11,0	0,73	15,0	13,80	22,0	33,0	22,0	1,47	15,0
5,40	12,0	23,0	12,0	0,93	13,0	**14,00**	24,0	46,0	24,0	1,53	16,0
5,60	13,0	27,0	13,0	0,87	15,0	14,20	27,0	50,0	27,0	1,73	16,0
5,80	12,0	25,0	12,0	0,93	13,0	14,40	27,0	53,0	27,0	1,87	14,0
6,00	10,0	24,0	10,0	0,67	15,0	14,60	30,0	58,0	30,0	1,87	16,0
6,20	13,0	23,0	13,0	0,93	14,0	14,80	27,0	55,0	27,0	1,53	18,0
6,40	14,0	28,0	14,0	1,07	13,0	**15,00**	26,0	49,0	26,0	1,60	16,0
6,60	18,0	34,0	18,0	1,00	18,0	15,20	26,0	50,0	26,0	1,60	16,0
6,80	21,0	36,0	21,0	1,13	19,0	15,40	29,0	53,0	29,0	1,73	17,0
7,00	24,0	41,0	24,0	1,27	19,0	15,60	28,0	54,0	28,0	1,60	17,0
7,20	18,0	37,0	18,0	1,13	16,0	15,80	22,0	46,0	22,0	1,53	14,0
7,40	18,0	35,0	18,0	0,93	19,0	**16,00**	14,0	37,0	14,0	0,93	15,0
7,60	20,0	34,0	20,0	1,20	17,0	16,20	15,0	29,0	15,0	0,80	19,0
7,80	19,0	37,0	19,0	1,20	16,0	16,40	12,0	24,0	12,0	0,80	15,0
8,00	19,0	37,0	19,0	1,07	18,0	16,60	11,0	23,0	11,0	0,80	14,0
8,20	15,0	31,0	15,0	0,87	17,0	16,80	29,0	41,0	29,0	1,53	19,0
8,40	10,0	23,0	10,0	0,73	14,0	**17,00**	43,0	66,0	43,0	2,07	21,0
8,60	12,0	23,0	12,0	0,73	16,0	17,20	47,0	78,0	47,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

allegato 3

pergeo s.n.c. di Condotta, Stevanin & C.
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01P

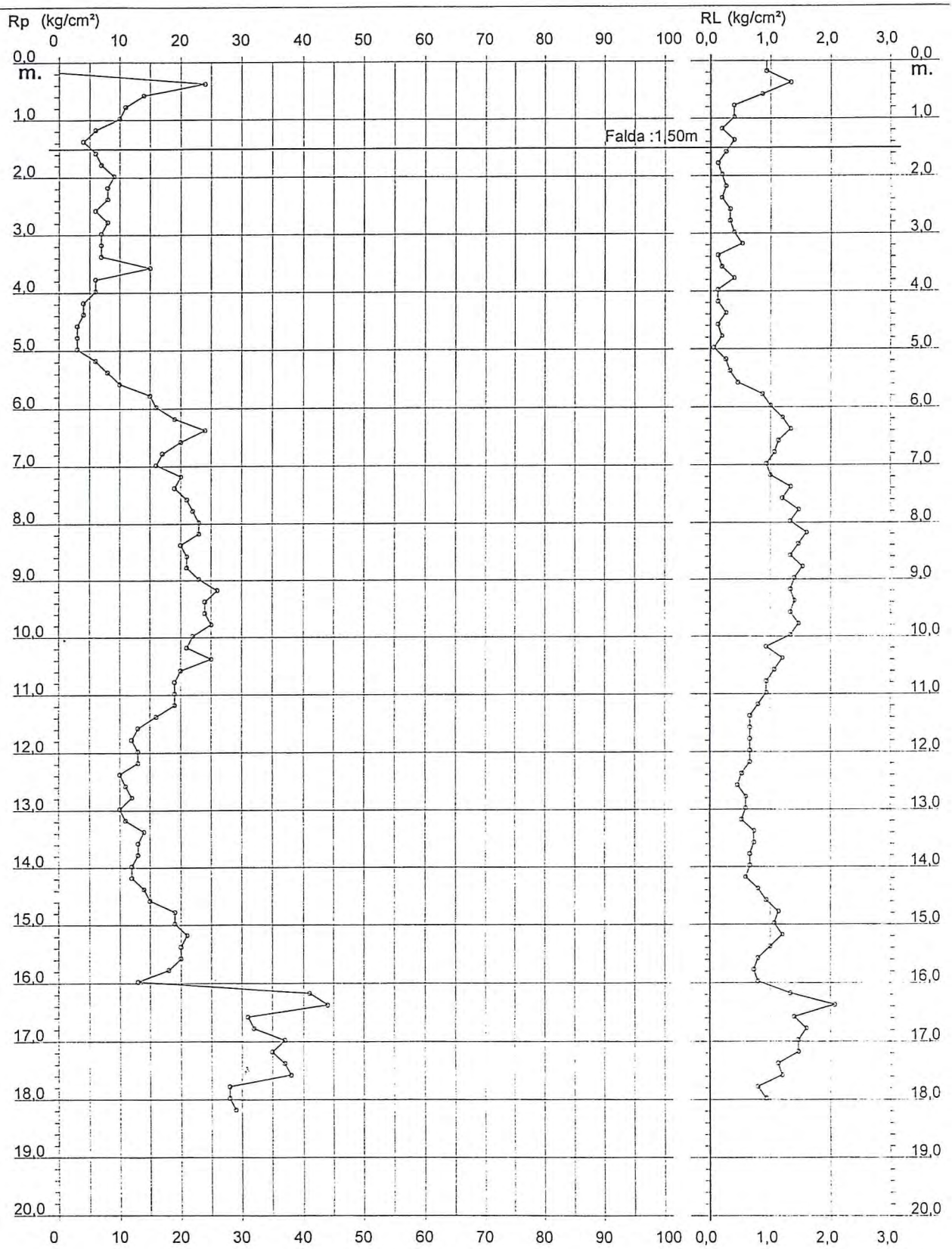
PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa Nuova

- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



allegato 4

pergeo s.n.c. di Condotta, Stevanin & C.
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01P

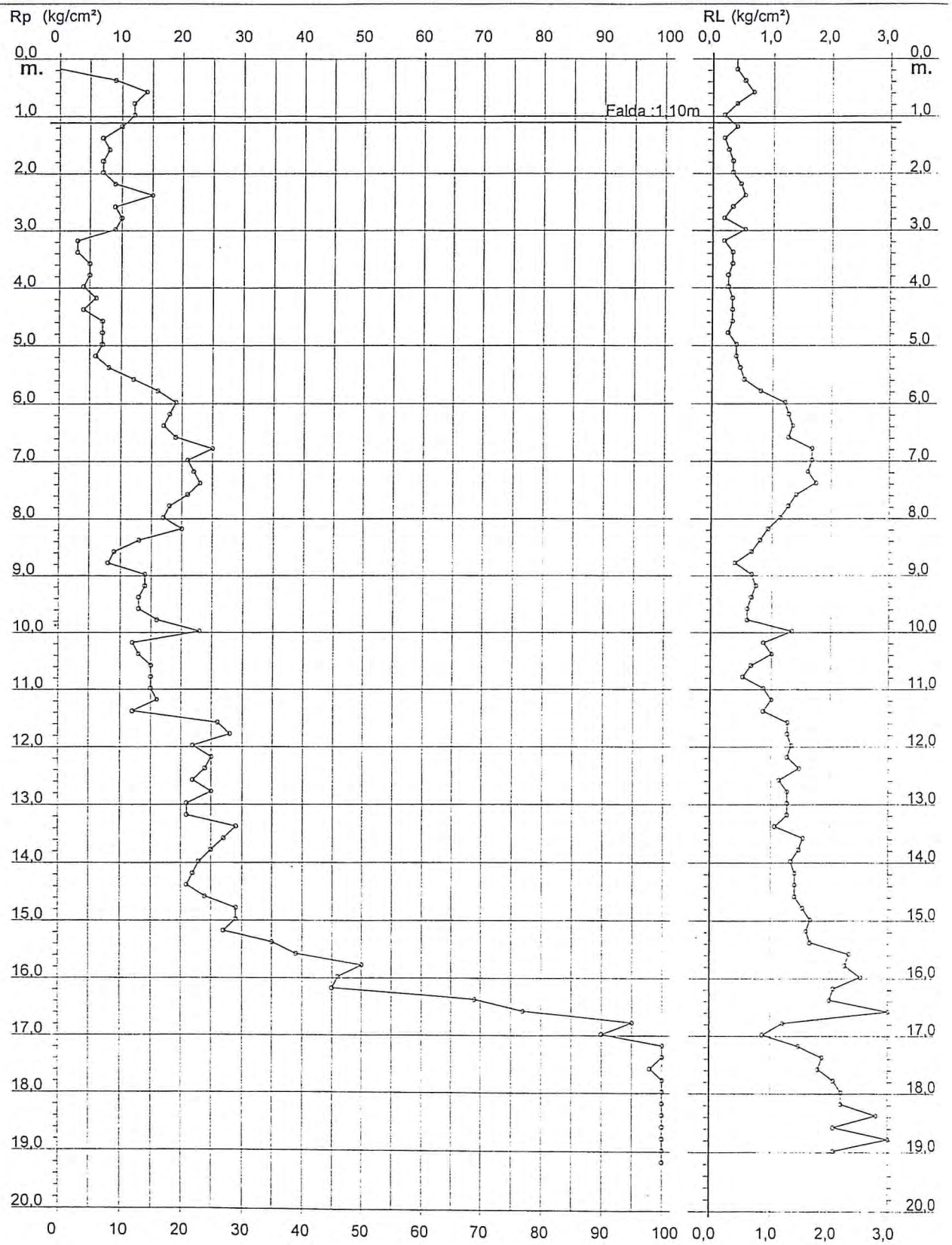
PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica Valli di Veccio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa nuova

- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



allegato 5

pergeo s.n.c. di Condotta, Stevanin & C.
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01P

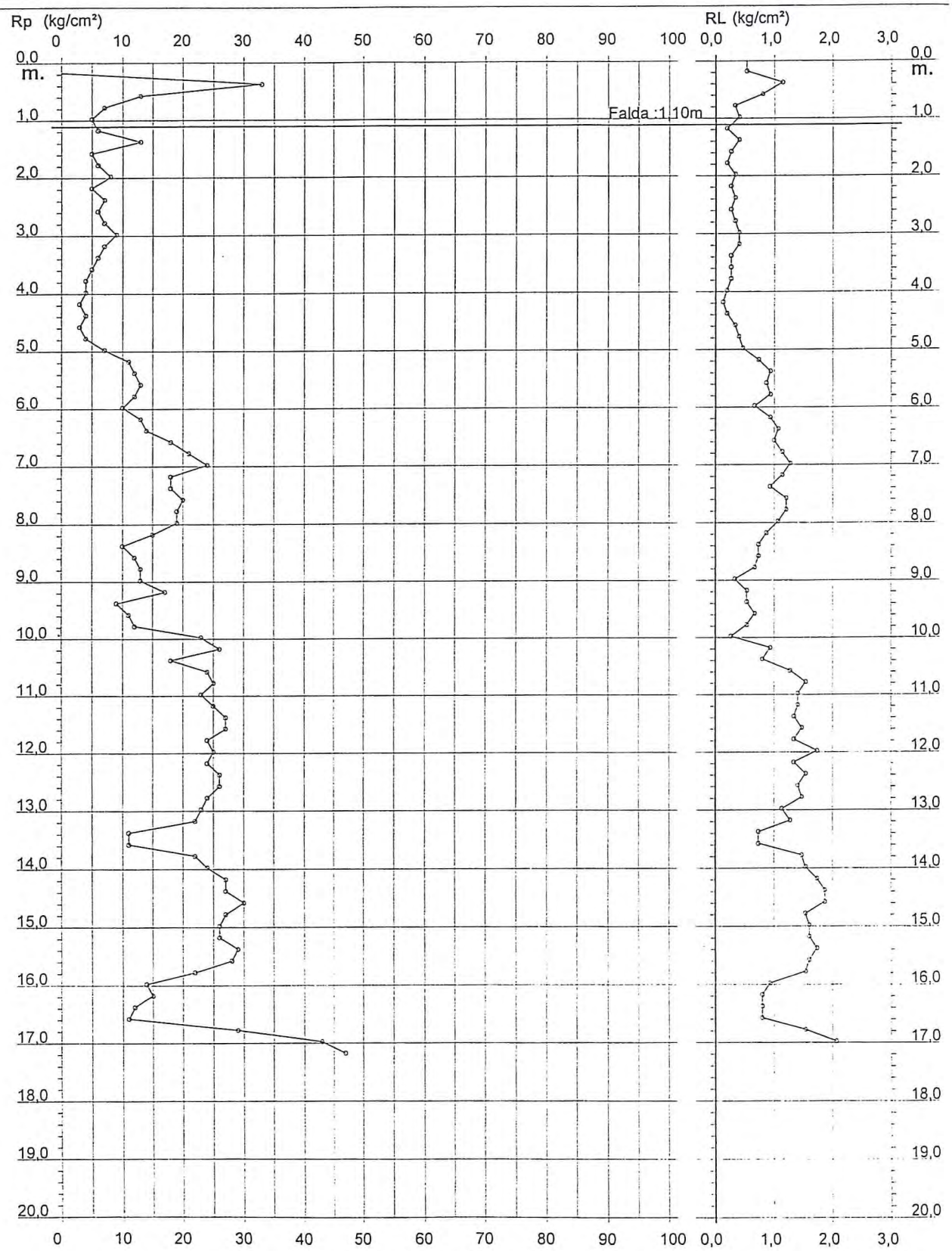
PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica di Valli di Vecchio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa Nuova

- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



allegato 6

sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01P

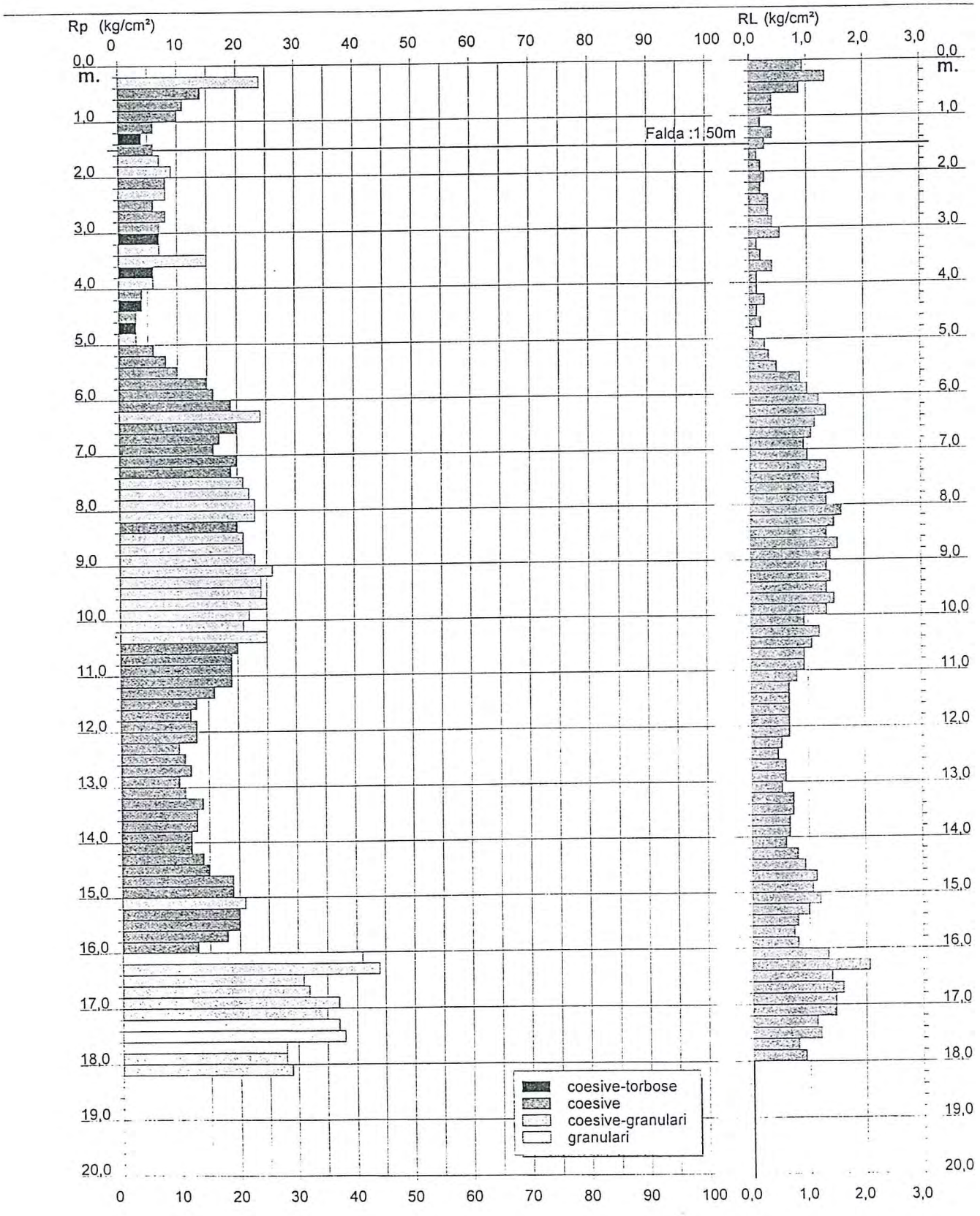
PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa Nuova

- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



allegato 7

pergeo s.n.c. di Condotta, Stevanin & C.
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01P

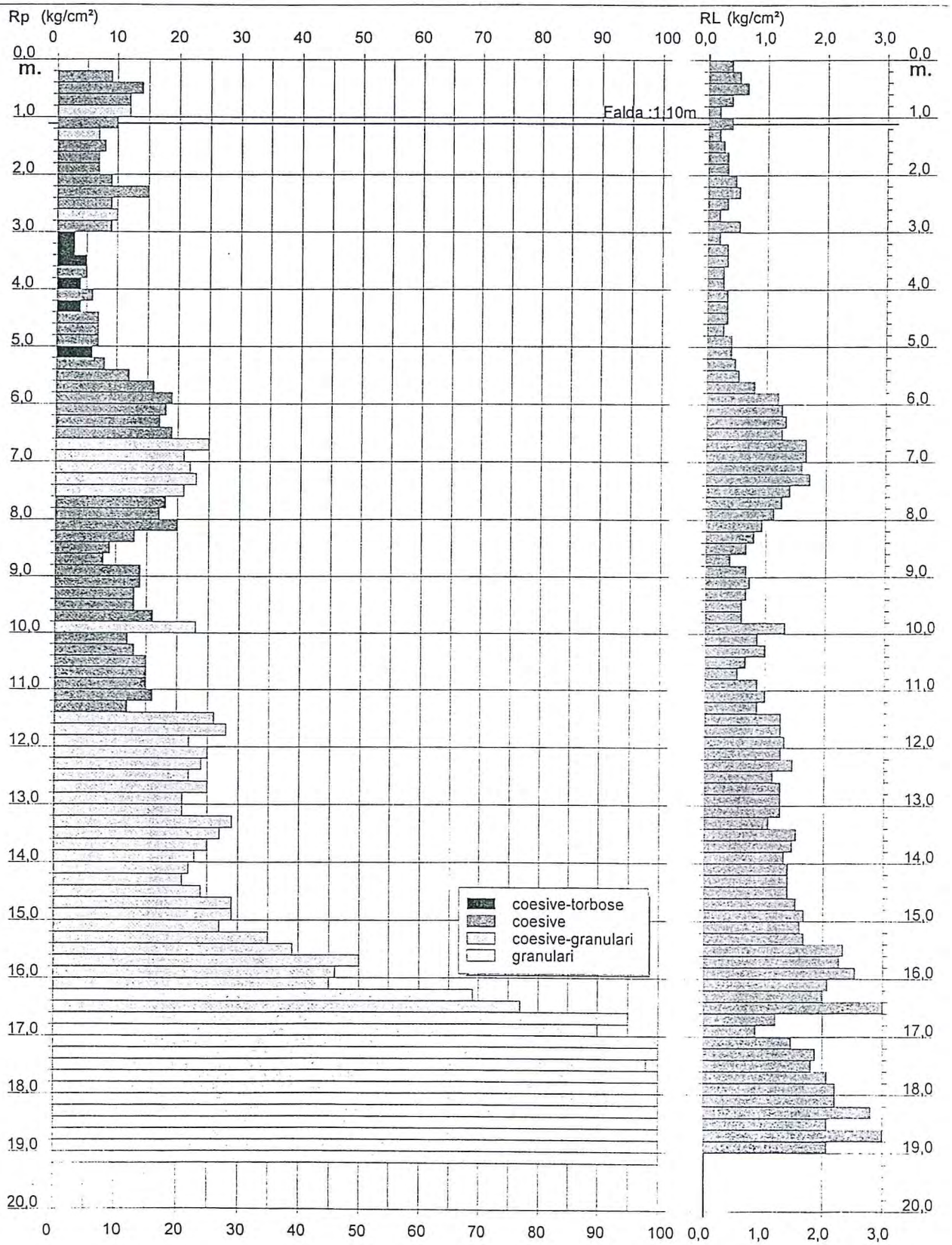
PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica Valli di Veccio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa nuova

- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



allegato 8

pergeo s.n.c. di Condotta, Stevanin & C.
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01P

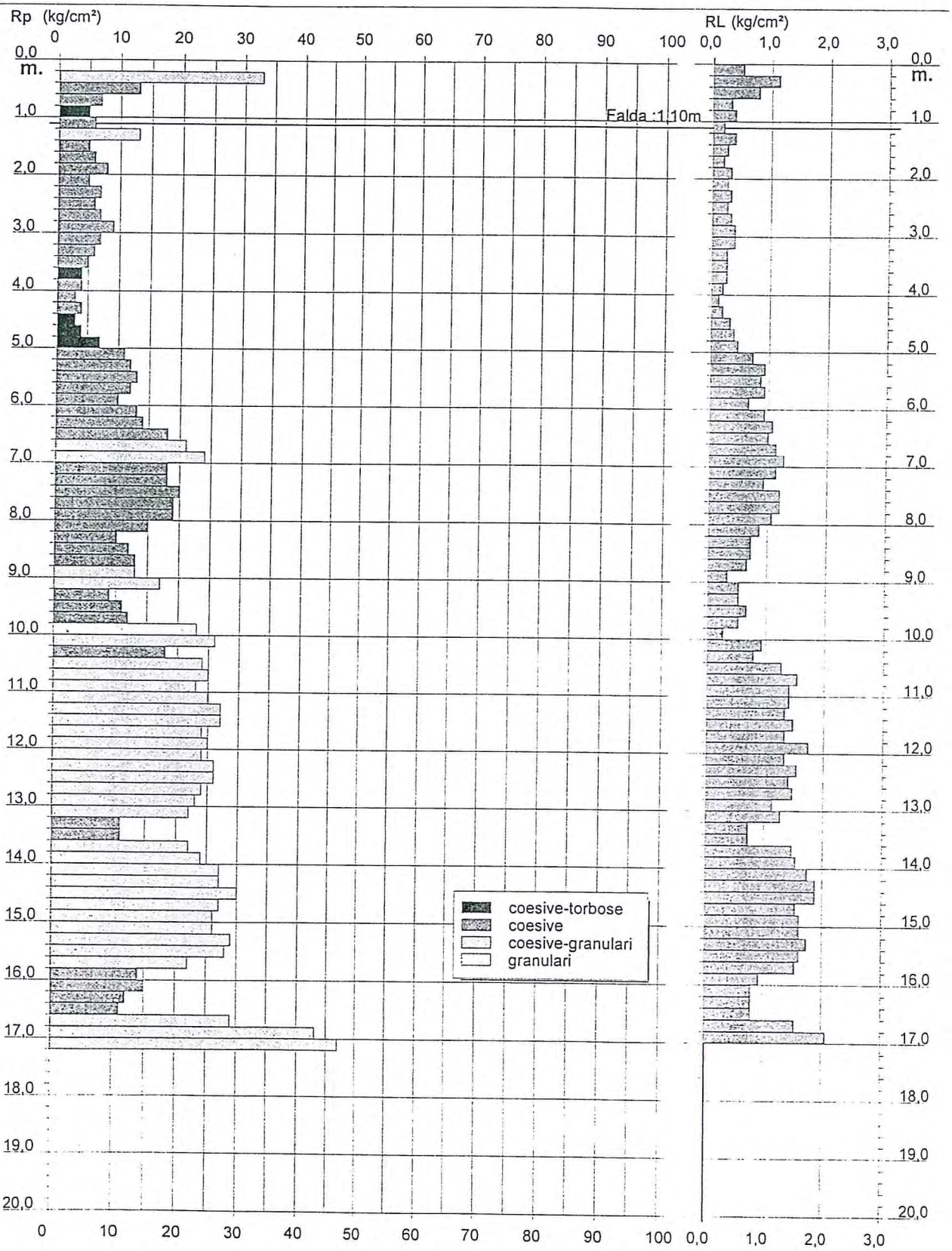
PROVA PENETROMETRICA STATICA
DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica di Valli di Vecchio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa Nuova

- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



allegato 9

pergeo s.n.c. di Condotta, Stevanin & C.
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01P

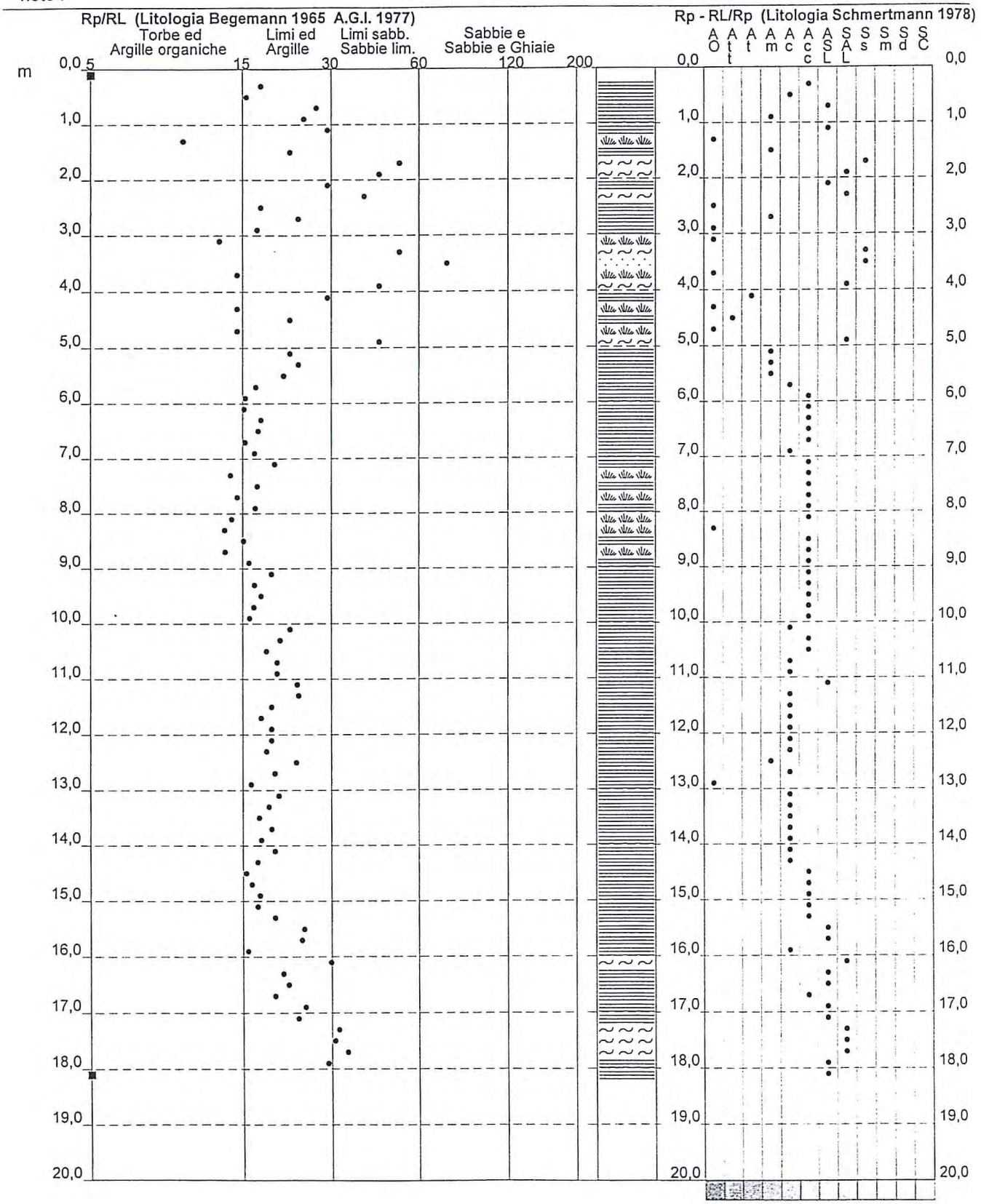
PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa Nuova
- note :

- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



allegato 10

pergeo s.n.c. di Condotta, Stevanin & C.
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01P

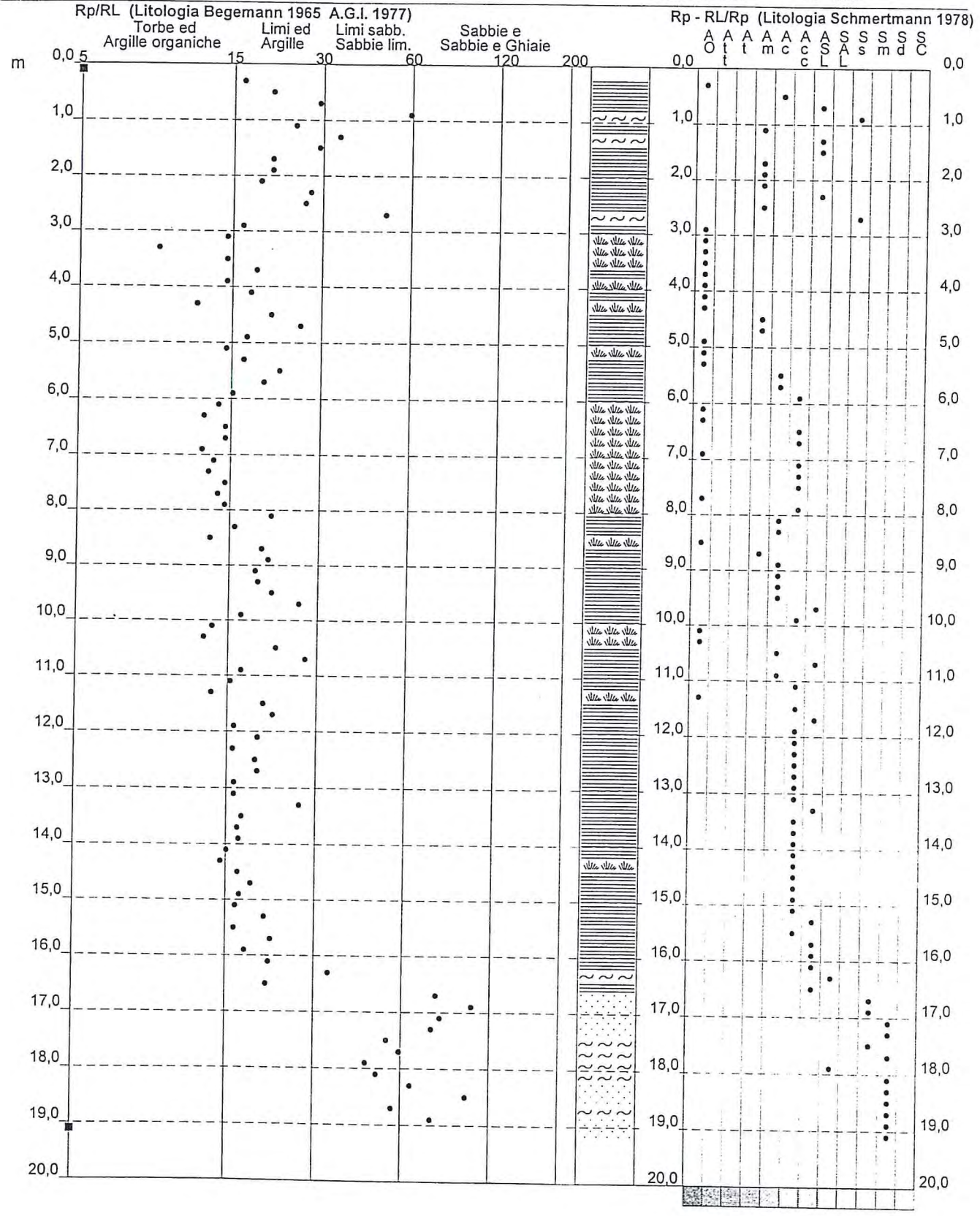
PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica Valli di Veccio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa nuova
- note :

- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



allegato 11

pergeo s.n.c. di Condotta, Stevanin & C.
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01P

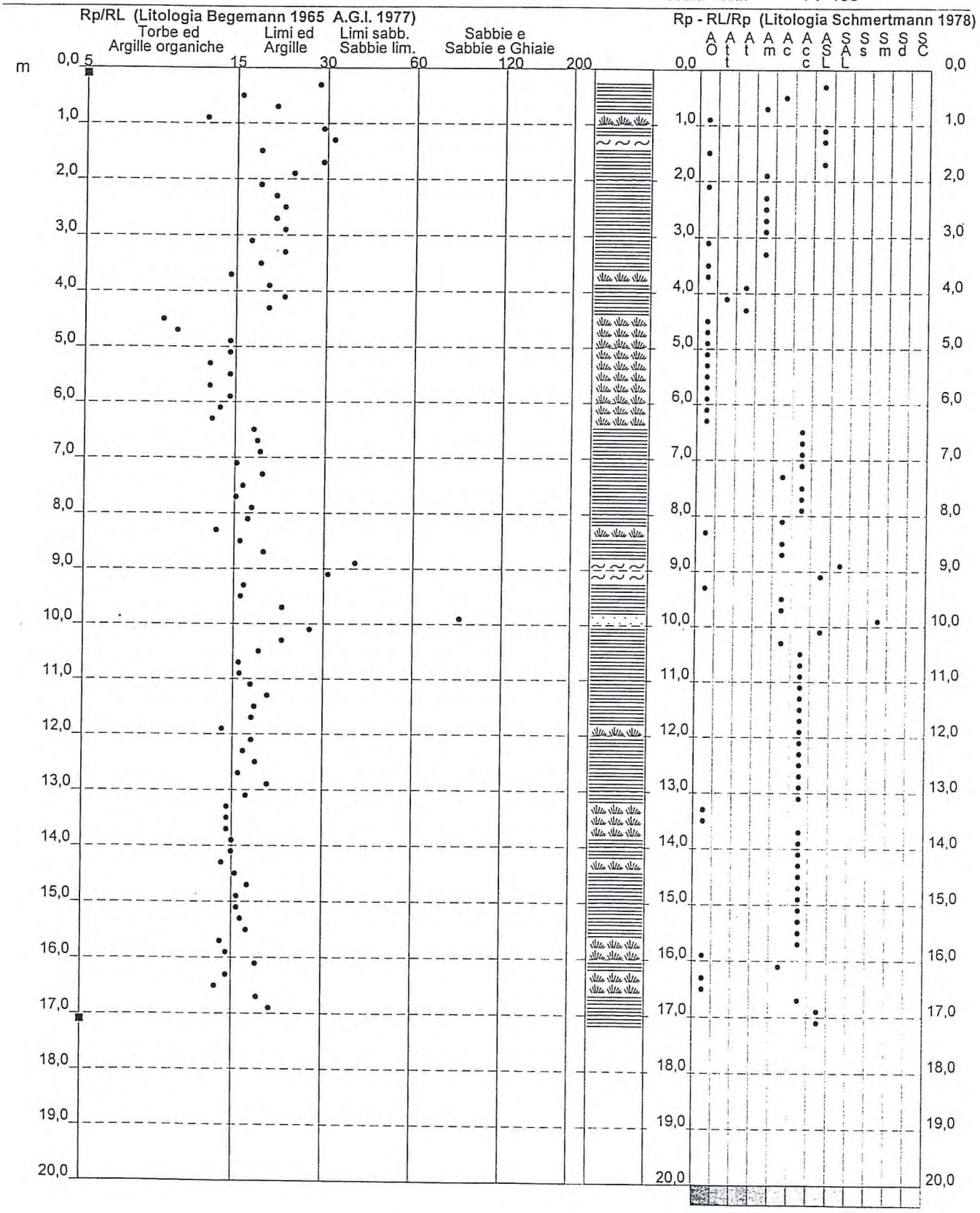
PROVA PENETROMETRICA STATICA
VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 3

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica di Valli di Vecchio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa Nuova
- note :

- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



allegato 12

pergeo S.n.c. di Condotta, Stevanin & C.
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01P

PROVA PENETROMETRICA STATICA — CPT 1
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa Nuova
- note :
- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- pagina : 1

					NATURA COESIVA						NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	øm y (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	–	–	???	1,85	0,04	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,40	24	18	4/:/:	1,85	0,07	0,89	99,9	151	227	72	86	40	42	43	45	42	28	0,211	40	60	72
0,60	14	16	2////	1,85	0,11	0,64	55,7	108	162	48	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,80	11	27	2////	1,85	0,15	0,54	31,4	91	137	42	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,00	10	25	2////	1,85	0,19	0,50	21,8	85	128	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,20	6	30	4/:/:	1,85	0,22	0,30	9,1	53	79	29	12	30	33	36	39	30	26	0,024	10	15	18
1,40	4	10	1***	1,85	0,26	0,20	4,5	13	20	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,60	6	22	2////	0,82	0,28	0,30	7,0	69	104	29	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,80	7	52	4/:/:	0,83	0,29	0,35	7,9	70	106	32	11	29	33	36	39	29	26	0,021	12	18	21
2,00	9	45	4/:/:	0,85	0,31	0,45	10,0	77	115	38	18	31	33	36	39	30	26	0,034	15	23	27
2,20	8	30	4/:/:	0,84	0,33	0,40	8,1	78	117	35	13	30	33	36	39	29	26	0,025	13	20	24
2,40	8	40	4/:/:	0,84	0,34	0,40	7,6	83	125	35	11	30	33	36	39	29	26	0,023	13	20	24
2,60	6	18	2////	0,82	0,36	0,30	5,0	99	149	29	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,80	8	24	2////	0,86	0,38	0,40	6,8	96	143	35	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,00	7	17	2////	0,84	0,39	0,35	5,4	107	160	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,20	7	13	1***	0,46	0,40	0,35	5,3	21	32	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,40	7	52	4/:/:	0,83	0,42	0,35	5,0	116	173	32	2	28	31	35	38	27	26	0,005	12	18	21
3,60	15	75	4/:/:	0,89	0,44	0,67	10,7	113	170	50	27	32	34	37	40	31	27	0,052	25	38	45
3,80	6	15	1***	0,46	0,45	0,30	3,8	23	34	18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,00	6	45	4/:/:	0,82	0,46	0,30	3,7	130	196	29	–	28	31	35	38	26	26	–	10	15	18
4,20	4	30	4/:/:	0,80	0,48	0,20	2,1	111	166	20	–	28	31	35	38	25	25	–	7	10	12
4,40	4	15	1***	0,46	0,49	0,20	2,1	24	36	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,60	3	22	2////	0,76	0,50	0,15	1,4	88	132	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,80	3	15	1***	0,46	0,51	0,15	1,4	19	29	9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,00	3	45	4/:/:	0,78	0,53	0,15	1,3	89	133	15	–	28	31	35	38	25	25	–	5	8	9
5,20	6	22	2////	0,82	0,54	0,30	3,0	148	223	29	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,40	8	24	2////	0,86	0,56	0,40	4,1	157	235	35	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,60	10	21	2////	0,90	0,58	0,50	5,2	159	238	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,80	15	17	2////	0,95	0,60	0,67	7,2	149	223	50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,00	16	16	2////	0,96	0,62	0,70	7,3	153	229	52	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,20	19	16	2////	0,99	0,64	0,78	8,0	153	229	58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,40	24	18	4/:/:	0,94	0,66	0,89	9,2	156	234	72	33	33	35	38	41	31	28	0,065	40	60	72
6,60	20	18	4/:/:	0,93	0,67	0,80	7,8	163	245	60	26	32	34	37	40	30	27	0,050	33	50	60
6,80	17	16	2////	0,97	0,69	0,72	6,6	178	267	54	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7,00	16	17	2////	0,96	0,71	0,70	6,1	188	282	52	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7,20	20	20	4/:/:	0,93	0,73	0,80	7,0	183	275	60	24	31	34	37	40	30	27	0,046	33	50	60
7,40	19	14	2////	0,99	0,75	0,78	6,5	193	290	58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7,60	21	17	4/:/:	0,93	0,77	0,82	6,8	195	292	63	25	31	34	37	40	30	27	0,047	35	53	63
7,80	22	15	4/:/:	0,93	0,79	0,85	6,9	199	299	66	26	32	34	37	40	30	28	0,049	37	55	66
8,00	23	17	4/:/:	0,94	0,81	0,87	6,9	204	306	69	27	32	34	37	40	30	28	0,051	38	58	69
8,20	23	14	4/:/:	0,94	0,83	0,87	6,7	211	316	69	26	32	34	37	40	30	28	0,050	38	58	69
8,40	20	14	4/:/:	0,93	0,84	0,80	5,9	225	337	60	21	31	34	37	40	29	27	0,040	33	50	60
8,60	21	16	4/:/:	0,93	0,86	0,82	5,9	229	344	63	22	31	34	37	40	29	27	0,042	35	53	63
8,80	21	14	4/:/:	0,93	0,88	0,82	5,8	236	354	63	21	31	34	37	40	29	27	0,041	35	53	63
9,00	23	16	4/:/:	0,94	0,90	0,87	6,0	238	357	69	24	31	34	37	40	29	28	0,046	38	58	69
9,20	26	19	4/:/:	0,95	0,92	0,93	6,4	239	358	78	28	32	35	37	40	30	28	0,053	43	65	78
9,40	24	17	4/:/:	0,94	0,94	0,89	5,9	250	375	72	25	31	34	37	40	29	28	0,047	40	60	72
9,60	24	18	4/:/:	0,94	0,96	0,89	5,7	257	385	72	24	31	34	37	40	29	28	0,046	40	60	72
9,80	25	17	4/:/:	0,94	0,98	0,91	5,7	261	392	75	25	31	34	37	40	29	28	0,048	42	63	75
10,00	22	16	4/:/:	0,93	0,99	0,85	5,1	273	410	66	20	31	34	37	40	29	28	0,038	37	55	66
10,20	21	22	4/:/:	0,93	1,01	0,82	4,8	281	421	63	18	31	33	36	39	28	27	0,034	35	53	63
10,40	25	21	4/:/:	0,94	1,03	0,91	5,4	281	422	75	24	31	34	37	40	29	28	0,045	42	63	75
10,60	20	19	4/:/:	0,93	1,05	0,80	4,5	293	440	60	15	30	33	36	39	28	27	0,030	33	50	60
10,80	19	20	2////	0,99	1,07	0,78	4,2	299	448	58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11,00	19	20	2////	0,99	1,09	0,78	4,1	304	456	58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11,20	19	24	2////	0,99	1,11	0,78	4,0	310	464	58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11,40	16	24	2////	0,96	1,13	0,70	3,4	318	477	52	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11,60	13	19	2////	0,93	1,15	0,60	2,8	307	460	47	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11,80	12	18	2////	0,92	1,17	0,57	2,6	300	450	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12,00	13	19	2////	0,93	1,18	0,60	2,7	312	468	47	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12,20	13	19	2////	0,93	1,20	0,60	2,7	314	471	47	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12,40	10	19	2////	0,90	1,22	0,50	2,1	278	418	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12,60	11	24	2////	0,91	1,24	0,54	2,2	294	441	42	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12,80	12	20	2////	0,92	1,26	0,57	2,3	309	463	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
13,00	10	17	2////	0,90	1,28	0,50	1,9	281	422	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
13,20	11	21	2////	0,91	1,29	0,54	2,1	298	447	42	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
13,40	14	19	2////	0,94	1,31	0,64	2,5	336	503	48	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
13,60	13	18	2////	0,93	1,33	0,60	2,3	327	490	47	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
13,80	13	19	2////	0,93	1,35	0,60	2,3	328	492	47	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14,00	12	18	2////	0,92	1,37	0,57	2,1	317	475	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14,20	12	20	2////	0,92	1,39	0,57	2,1	318	477	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14,40	14	17	2////	0,94	1,41	0,64	2,3	344	516	48	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14,60	15	16	2////	0,95	1,42	0,67	2,4	356	535	50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14,80	19	17	2////	0,99	1,44	0,78	2,9	390	584	58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15,00	19	18	2////	0,99	1,46	0,78	2,8	392	589	58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
15,20	21	17	4/:/:	0,93	1,48	0,82	3,0	406	608	63	9	29	32	35	39	26	27	0,018	35	53	63
15,40	20	20	4/:/:	0,93	1,50	0,80	2,9	403	605	60	7	29	32	35	39	26	27	0,015	33	50	60
15,60	20	25	4/:/:	0,93	1,52	0,80	2,8	406	609	60	6	29	32	35	39	26	27	0,015	33	50	60
15,80	18	25	2////	0,98	1,54	0,75	2,6	395	592	56	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16,00	13	16	2////	0,93	1,56	0,60	1,9	341	512	47	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16,20	41	31	3::::	0,90	1,58	–	–	–	–	–	30	32	35	38	40	29	30	0,058	68	103	123
16,40	44	21	4/:/:	1,00	1,60	1,47	5,6	430	644	132	32	33	35	38	41	30	31	0,063	73	110	132
16,60	31	22	4/:/:	0,97	1,62	1,03	3,6	456	684	93	20	31	34	37	40	28	29	0,038	52	78	93
16,80	32	20	4/:/:	0,97	1,63	1,07	3,7	461	692	96	21	31	34	37	40	28	29	0,040	53	80	96
17,00	37	25	4/:/:	0,99	1,65	1,23	4,3	462	693	111	26	32	34	37	40	29	30	0,049	62	93	111
17,20	35	24	4/:/:	0,98	1,67	1,17	4,0	467	700	105	23	31	34	37	40	28	29	0,044	58	88	105
17,40	37	33	3::::	0,89	1,69	–	–	–	–	–	25	31	34	37	40	28	30	0,048	62	93	111
17,60	38	32	3::::	0,90	1,71	–	–	–	–	–	26	32	34	37	40	29	30	0,049	63	95	114
17,80	28	35	3::::	0,87	1,73	–	–	–	–	–	15	30	33	36	39	27	28	0,029	47	70	84
18,00	28	30	4/:/:	0,96	1,75	0,97	3,0	477	715	84	15	30	33	36	39	27	28	0,028	47	70	84
18,20	29	–	4/:/:	0,96	1,77	0,98	3,0	483	725	87	16	30	33	36	39	27	29	0,030	48	73	87

allegato 13

Software by: Dr.D.Merlin - 0425/840820

pergeo s.n.c. di Condotta, Stevanin & C.
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01P

PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica Valli di Veccio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa nuova
- note :

- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- pagina : 1

					NATURA COESIVA						NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25	Mo kg/cm²
0,20	–	–	???	1,85	0,04	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,40	9	17	2////	1,85	0,07	0,45	60,0	77	115	38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,60	14	21	2////	1,85	0,11	0,64	55,7	108	162	48	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,80	12	30	4/:/:	1,85	0,15	0,57	34,0	97	146	45	46	34	37	39	42	36	26	0,093	20	30	36
1,00	12	60	4/:/:	1,85	0,19	0,57	25,7	97	146	45	40	34	36	39	41	35	26	0,080	20	30	36
1,20	10	25	2////	0,90	0,20	0,50	19,4	85	128	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,40	7	35	4/:/:	0,83	0,22	0,35	11,2	59	89	32	18	30	33	36	39	31	26	0,034	12	18	21
1,60	8	30	4/:/:	0,84	0,24	0,40	12,1	68	102	35	20	31	34	37	40	31	26	0,039	13	20	24
1,80	7	21	2////	0,84	0,25	0,35	9,4	61	91	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,00	7	21	2////	0,84	0,27	0,35	8,7	64	96	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,20	9	19	2////	0,88	0,29	0,45	11,0	77	115	38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,40	15	28	2////	0,95	0,31	0,67	16,6	113	170	50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,60	9	27	2////	0,88	0,32	0,45	9,5	78	117	38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,80	10	50	4/:/:	0,86	0,34	0,50	10,1	85	128	40	19	31	34	36	40	30	26	0,036	17	25	30
3,00	9	17	2////	0,88	0,36	0,45	8,3	85	128	38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,20	3	15	1***	0,46	0,37	0,15	2,0	18	27	9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,40	3	9	1***	0,46	0,38	0,15	2,0	18	27	9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,60	5	15	1***	0,46	0,39	0,25	3,6	20	31	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,80	5	19	2////	0,80	0,40	0,25	3,5	113	170	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,00	4	15	1***	0,46	0,41	0,20	2,5	22	33	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,20	6	18	2////	0,82	0,43	0,30	4,0	119	179	29	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,40	4	12	1***	0,46	0,44	0,20	2,4	23	34	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,60	7	21	2////	0,84	0,45	0,35	4,5	127	190	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,80	7	26	2////	0,84	0,47	0,35	4,3	132	197	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,00	7	17	2////	0,84	0,49	0,35	4,1	136	204	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,20	6	15	1***	0,46	0,50	0,30	3,3	27	41	18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,40	8	17	2////	0,86	0,51	0,40	4,6	143	215	35	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,60	12	22	2////	0,92	0,53	0,57	6,9	135	202	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,80	16	20	2////	0,96	0,55	0,70	8,4	131	197	52	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,00	19	16	2////	0,99	0,57	0,78	9,2	136	204	58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,20	18	14	2////	0,98	0,59	0,75	8,5	140	211	56	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,40	17	13	2////	0,97	0,61	0,72	7,8	148	222	54	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,60	19	15	2////	0,99	0,63	0,78	8,1	151	226	58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,80	25	15	4/:/:	0,94	0,65	0,91	9,6	156	234	75	35	33	35	38	41	32	28	0,068	42	63	75
7,00	21	13	4/:/:	0,93	0,67	0,82	8,2	160	239	63	28	32	35	37	40	31	27	0,054	35	53	63
7,20	22	14	4/:/:	0,93	0,69	0,85	8,2	164	246	66	29	32	35	37	40	31	28	0,056	37	55	66
7,40	23	13	4/:/:	0,94	0,71	0,87	8,1	169	253	69	30	32	35	38	40	31	28	0,058	38	58	69
7,60	21	15	4/:/:	0,93	0,72	0,82	7,4	178	267	63	26	32	34	37	40	30	27	0,050	35	53	63
7,80	18	14	2////	0,98	0,74	0,75	6,3	193	290	56	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8,00	17	15	2////	0,97	0,76	0,72	5,9	203	305	54	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8,20	20	21	4/:/:	0,93	0,78	0,80	6,5	202	303	60	23	31	34	37	40	29	27	0,043	33	50	60
8,40	13	16	2////	0,93	0,80	0,60	4,4	223	335	47	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8,60	9	13	2////	0,88	0,82	0,45	3,0	223	334	38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8,80	8	20	2////	0,86	0,83	0,40	2,5	212	318	35	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9,00	14	21	2////	0,94	0,85	0,64	4,3	238	358	48	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9,20	14	19	2////	0,94	0,87	0,64	4,2	244	365	48	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9,40	13	19	2////	0,93	0,89	0,60	3,9	250	375	47	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9,60	13	22	2////	0,93	0,91	0,60	3,8	256	385	47	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9,80	16	27	2////	0,96	0,93	0,70	4,4	259	389	52	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10,00	23	17	4/:/:	0,94	0,95	0,87	5,6	255	383	69	23	31	34	37	40	29	28	0,043	38	58	69
10,20	12	14	2////	0,92	0,97	0,57	3,3	270	404	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10,40	13	13	2////	0,93	0,98	0,60	3,4	277	415	47	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10,60	15	22	2////	0,95	1,00	0,67	3,8	283	424	50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10,80	15	28	2////	0,95	1,02	0,67	3,7	289	433	50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11,00	15	17	2////	0,95	1,04	0,67	3,6	294	441	50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11,20	16	16	2////	0,96	1,06	0,70	3,7	299	449	52	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11,40	12	14	2////	0,92	1,08	0,57	2,8	289	434	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
11,60	26	21	4/:/:	0,95	1,10	0,93	5,1	302	453	78	23	31	34	37	40	29	28	0,044	43	65	78
11,80	28	22	4/:/:	0,96	1,12	0,97	5,2	306	459	84	26	32	34	37	40	29	28	0,049	47	70	84
12,00	22	16	4/:/:	0,93	1,14	0,85	4,3	317	476	66	17	30	33	36	39	28	28	0,032	37	55	66
12,20	25	20	4/:/:	0,94	1,15	0,91	4,7	321	482	75	21	31	34	37	40	28	28	0,040	42	63	75
12,40	24	16	4/:/:	0,94	1,17	0,89	4,4	327	491	72	19	31	34	36	40	28	28	0,036	40	60	72
12,60	22	19	4/:/:	0,93	1,19	0,85	4,1	333	499	66	16	30	33	36	39	28	28	0,030	37	55	66
12,80	25	20	4/:/:	0,94	1,21	0,91	4,4	338	507	75	20	31	34	36	40	28	28	0,037	42	63	75
13,00	21	17	4/:/:	0,93	1,23	0,82	3,8	346	519	63	13	30	33	36	39	27	27	0,026	35	53	63
13,20	21	17	4/:/:	0,93	1,25	0,82	3,7	352	528	63	13	30	33	36	39	27	27	0,025	35	53	63
13,40	29	27	4/:/:	0,96	1,27	0,98	4,6	353	530	87	24	31	34	37	40	29	29	0,045	48	73	87
13,60	27	18	4/:/:	0,95	1,29	0,95	4,3	359	539	81	21	31	34	37	40	28	28	0,040	45	68	81
13,80	25	17	4/:/:	0,94	1,31	0,91	4,0	364	546	75	18	30	33	36	39	28	28	0,034	42	63	75
14,00	23	17	4/:/:	0,94	1,32	0,87	3,7	374	560	69	15	30	33	36	39	27	28	0,028	38	58	69
14,20	22	16	4/:/:	0,93	1,34	0,85	3,5	379	568	66	13	30	33	36	39	27	28	0,025	37	55	66
14,40	21	15	4/:/:	0,93	1,36	0,82	3,4	382	573	63	11	30	33	36	39	27	27	0,022	35	53	63
14,60	24	17	4/:/:	0,94	1,38	0,89	3,6	390	584	72	15	30	33	36	39	27	28	0,029	40	60	72
14,80	29	19	4/:/:	0,96	1,40	0,98	4,0	390	586	87	21	31	34	37	40	28	29	0,040	48	73	87
15,00	29	17	4/:/:	0,96	1,42	0,98	4,0	396	594	87	21	31	34	37	40	28	29	0,040	48	73	87
15,20	27	17	4/:/:	0,95	1,44	0,95	3,7	405	608	81	18	31	33	36	39	28	28	0,035	45	68	81
15,40	35	21	4/:/:	0,98	1,46	1,17	4,8	405	607	105	27	32	34	37	40	29	29	0,051	58	88	105
15,60	39	17	4/:/:	1,00	1,48	1,30	5,4	403	604	117	30	32	35	38	40	30	30	0,058	65	98	117
15,80	50	22	4/:/:	1,01	1,50	1,67	7,2	372	558	150	38	33	36	38	41	31	31	0,076	83	125	150
16,00	46	18	4/:/:	1,01	1,52	1,53	6,4	394	591	138	35	33	35	38	41	30	31	0,069	77	115	138
16,20	45	22	4/:/:	1,00	1,54	1,50	6,1	405	607	135	34	33	35	38	41	30	31	0,066	75	113	135
16,40	69	34	3::::	0,95	1,56	–	–	–	–	–	48	35	37	39	42	32	32	0,100	115	173	207
16,60	77	21	4/:/:	1,03	1,58	2,57	11,5	436	655	231	52	35	37	40	42	33	33	0,109	128	193	231
16,80	95	79	3::::	0,99	1,60	–	–	–	–	–	59	36	38	40	43	34	34	0,127	158	238	285
17,00	90	104	3::::	0,98	1,62	–	–	–	–	–	57	36	38	40	43	34	33	0,121	150	225	270
17,20	120	82	3::::	1,03	1,64	–	–	–	–	–	66	37	39	41	43	35	35	0,148	200	300	360
17,40	143	77	3::::	1,06	1,66	–	–	–	–	–	72	38	40	42	44	36	36	0,165	238	358	429
17,60	98	54	3::::	1,00	1,68	–	–	–	–	–	59	36	38	40	43	34	34	0,127	163	245	294
17,80	124	60	3::::	1,04	1,70	–	–	–	–	–	66	37	39	41	43	35	35	0,149	207	310	372
18,00	102	46	3::::	1,00	1,72	–	–	–	–	–	59	36	38	41	43	34	34	0,129	170	255	306
18,20	111	50	3::::	1,02	1,74	–	–	–	–	–	62	37	39	41	43	34	34	0,136	185	278	333
18,40	183	65	3::::	1,12	1,76	–	–	–	–	–	79	39	41	42	44	37	37	0,187	305	458	549
18,60	206	100	3::::	1,15	1,78	–	–	–	–	–	83	40	41	43	45	38	38	0,199	343	515	618
18,80	189	57	3::::	1,13	1,81	–	–	–	–	–	79	39	41	43	44	37	37	0,188	315	473	567
19,00	158	76	3::::	1,09	1,83	–	–	–	–	–	73	38	40	42	44	36	36	0,168	263	395	474
19,20	156	–	3::::	1,08	1,85	–	–	–	–	–	72	38	40	42	44	36	36	0,166	260	390	468

allegato 14

pergeo s.n.c. di Condotta, Stevanin & C.
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01P

PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 3

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica di Valli di Vecchio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa Nuova
- note :
- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio
- pagina : 1

											NATURA COESIVA								NATURA GRANULARE									
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	øm (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	–	–	???	1,85	0,04	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,40	33	29	4/:/:	1,85	0,07	1,10	99,9	187	281	99	97	42	43	44	46	43	29	0,249	55	83	99
0,60	13	16	2////	1,85	0,11	0,60	52,2	103	154	47	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,80	7	21	2////	1,85	0,15	0,35	18,4	59	89	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,00	5	12	1***	1,85	0,19	0,25	9,1	10	16	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,20	6	30	4/:/:	0,82	0,20	0,30	10,3	51	77	29	14	30	33	36	39	30	26	0,028	10	15	18
1,40	13	32	4/:/:	0,88	0,22	0,60	22,3	103	154	47	39	33	36	38	41	34	26	0,077	22	33	39
1,60	5	19	2////	0,80	0,23	0,25	6,8	60	89	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,80	6	30	4/:/:	0,82	0,25	0,30	7,8	61	91	29	9	29	32	35	39	29	26	0,019	10	15	18
2,00	8	24	2////	0,86	0,27	0,40	10,3	68	102	35	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,20	5	19	2////	0,80	0,28	0,25	5,3	78	116	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,40	7	21	2////	0,84	0,30	0,35	7,6	74	110	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,60	6	22	2////	0,82	0,32	0,30	5,8	85	127	29	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2,80	7	21	2////	0,84	0,33	0,35	6,6	86	128	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,00	9	22	2////	0,88	0,35	0,45	8,5	84	125	38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,20	7	17	2////	0,84	0,37	0,35	5,9	98	147	32	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,40	6	22	2////	0,82	0,39	0,30	4,6	107	161	29	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,60	5	19	2////	0,80	0,40	0,25	3,5	113	170	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3,80	4	15	1***	0,46	0,41	0,20	2,6	22	33	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,00	4	20	2////	0,78	0,43	0,20	2,4	107	160	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,20	3	22	2////	0,76	0,44	0,15	1,6	87	130	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,40	4	20	2////	0,78	0,46	0,20	2,2	109	164	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,60	3	9	1***	0,46	0,47	0,15	1,5	19	28	9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4,80	4	10	1***	0,46	0,48	0,20	2,1	24	35	12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,00	7	15	1***	0,46	0,48	0,35	4,2	24	36	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,20	11	15	2////	0,91	0,50	0,54	6,8	127	191	42	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,40	12	13	2////	0,92	0,52	0,57	7,0	130	196	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,60	13	15	2////	0,93	0,54	0,60	7,2	134	201	47	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5,80	12	13	2////	0,92	0,56	0,57	6,5	144	216	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,00	10	15	2////	0,90	0,58	0,50	5,3	158	236	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,20	13	14	2////	0,93	0,59	0,60	6,4	154	231	47	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,40	14	13	2////	0,94	0,61	0,64	6,6	158	236	48	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,60	18	18	2////	0,98	0,63	0,75	7,8	153	230	56	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6,80	21	19	4/:/:	0,93	0,65	0,82	8,4	155	232	63	29	32	35	37	40	31	27	0,055	35	53	63
7,00	24	19	4/:/:	0,94	0,67	0,89	8,9	159	238	72	33	33	35	38	41	31	28	0,063	40	60	72
7,20	18	16	2////	0,98	0,69	0,75	7,0	173	260	56	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7,40	18	19	2////	0,98	0,71	0,75	6,7	181	271	56	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7,60	20	17	4/:/:	0,93	0,73	0,80	7,1	182	273	60	24	31	34	37	40	30	27	0,046	33	50	60
7,80	19	16	2////	0,99	0,75	0,78	6,6	192	288	58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8,00	19	18	2////	0,99	0,77	0,78	6,4	199	299	58	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8,20	15	17	2////	0,95	0,79	0,67	5,1	216	325	50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8,40	10	14	2////	0,90	0,80	0,50	3,5	227	340	40	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8,60	12	16	2////	0,92	0,82	0,57	4,0	230	345	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
8,80	13	19	2////	0,93	0,84	0,60	4,2	235	353	47	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9,00	13	39	4/:/:	0,88	0,86	0,60	4,0	240	360	47	6	29	32	35	38	26	26	0,013	22	33	39
9,20	17	32	4/:/:	0,91	0,88	0,72	4,9	243	364	54	14	30	33	36	39	28	27	0,028	28	43	51
9,40	9	17	2////	0,88	0,90	0,45	2,7	234	350	38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9,60	11	16	2////	0,91	0,91	0,54	3,2	255	382	42	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9,80	12	22	2////	0,92	0,93	0,57	3,4	262	393	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10,00	23	86	3::::	0,86	0,95	–	–	–	–	–	23	31	34	37	40	29	28	0,043	38	58	69
10,20	26	28	4/:/:	0,95	0,97	0,93	6,0	257	385	78	26	32	34	37	40	30	28	0,051	43	65	78
10,40	18	22	2////	0,98	0,99	0,75	4,5	276	413	56	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10,60	24	19	4/:/:	0,94	1,01	0,89	5,4	274	411	72	23	31	34	37	40	29	28	0,043	40	60	72
10,80	25	16	4/:/:	0,94	1,03	0,91	5,4	279	418	75	24	31	34	37	40	29	28	0,045	42	63	75
11,00	23	16	4/:/:	0,94	1,04	0,87	5,0	288	432	69	20	31	34	37	40	29	28	0,039	38	58	69
11,20	25	18	4/:/:	0,94	1,06	0,91	5,2	292	438	75	23	31	34	37	40	29	28	0,043	42	63	75
11,40	27	20	4/:/:	0,95	1,08	0,95	5,3	295	443	81	25	32	34	37	40	29	28	0,048	45	68	81
11,60	27	18	4/:/:	0,95	1,10	0,95	5,2	302	453	81	25	31	34	37	40	29	28	0,047	45	68	81
11,80	24	18	4/:/:	0,94	1,12	0,89	4,7	311	467	72	20	31	34	37	40	28	28	0,038	40	60	72
12,00	25	14	4/:/:	0,94	1,14	0,91	4,7	316	474	75	21	31	34	37	40	29	28	0,040	42	63	75
12,20	24	18	4/:/:	0,94	1,16	0,89	4,5	323	484	72	19	31	34	36	40	28	28	0,037	40	60	72
12,40	26	17	4/:/:	0,95	1,18	0,93	4,7	327	491	78	22	31	34	37	40	29	28	0,041	43	65	78
12,60	26	19	4/:/:	0,95	1,20	0,93	4,6	333	499	78	21	31	34	37	40	28	28	0,041	43	65	78
12,80	24	16	4/:/:	0,94	1,21	0,89	4,3	339	509	72	18	31	33	36	39	28	28	0,035	40	60	72
13,00	23	20	4/:/:	0,94	1,23	0,87	4,0	344	516	69	16	30	33	36	39	28	28	0,031	38	58	69
13,20	22	17	4/:/:	0,93	1,25	0,85	3,8	352	528	66	14	30	33	36	39	27	28	0,028	37	55	66
13,40	11	15	2////	0,91	1,27	0,54	2,1	296	445	42	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
13,60	11	15	2////	0,91	1,29	0,54	2,1	297	446	42	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
13,80	22	15	4/:/:	0,93	1,31	0,85	3,6	369	553	66	13	30	33	36	39	27	28	0,026	37	55	66
14,00	24	16	4/:/:	0,94	1,33	0,89	3,8	373	560	72	16	30	33	36	39	27	28	0,031	40	60	72
14,20	27	16	4/:/:	0,95	1,34	0,95	4,1	375	563	81	20	31	34	36	40	28	28	0,038	45	68	81
14,40	27	14	4/:/:	0,95	1,36	0,95	4,0	381	571	81	19	31	34	36	40	28	28	0,037	45	68	81
14,60	30	16	4/:/:	0,96	1,38	1,00	4,2	386	579	90	23	31	34	37	40	28	29	0,043	50	75	90
14,80	27	18	4/:/:	0,95	1,40	0,95	3,8	394	591	81	19	31	34	36	40	28	28	0,036	45	68	81
15,00	26	16	4/:/:	0,95	1,42	0,93	3,7	401	601	78	17	30	33	36	39	27	28	0,033	43	65	78
15,20	26	16	4/:/:	0,95	1,44	0,93	3,6	406	610	78	17	30	33	36	39	27	28	0,032	43	65	78
15,40	29	17	4/:/:	0,96	1,46	0,98	3,8	410	615	87	20	31	34	37	40	28	29	0,038	48	73	87
15,60	28	17	4/:/:	0,96	1,48	0,97	3,7	417	626	84	19	31	33	36	39	28	28	0,036	47	70	84
15,80	22	14	4/:/:	0,93	1,50	0,85	3,1	412	618	66	10	29	32	36	39	26	28	0,021	37	55	66
16,00	14	15	2////	0,94	1,52	0,64	2,1	352	528	48	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16,20	15	19	2////	0,95	1,53	0,67	2,2	365	548	50	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16,40	12	15	2////	0,92	1,55	0,57	1,8	326	489	45	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16,60	11	14	2////	0,91	1,57	0,54	1,6	310	465	42	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16,80	29	19	4/:/:	0,96	1,59	0,98	3,4	448	671	87	18	31	33	36	39	27	29	0,035	48	73	87
17,00	43	21	4/:/:	1,00	1,61	1,43	5,4	438	656	129	31	32	35	38	41	30	30	0,061	72	108	129
17,20	47	–	3::::	0,91	1,63	–	–	–	–	–	34	33	35	38	41	30	31	0,067	78	118	141

allegato 15

perges Omer. di Condotta, Stevanini & C.
sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 1
CAPACITA' PORTANTE / CEDIMENTI FONDAZIONI

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica Valli di Vecchio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa Nuova
- note :

- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio

- FONDAZIONI SUPERFICIALI ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 18,20 m

- Fondazione tipo: **PLATEA**
- Larghezza Fondazione : **B = 2,00 m**
- Lunghezza Fondazione : **L = 4,00 m**
- Piano posa Fondazione : **H = 2,40 m** (da quota inizio)
- Profondità banco compr. : **Hc = 18,20 m** (da quota inizio)

Valutazioni su: PRESSIONE AMMISSIBILE ALLO SCHIACCIAMENTO — CEDIMENTI DEL SOTTOSUOLO

- Coefficente di sicurezza : **F = 3,0**
- Coefficente riduzione : **n = 0,85** rigidezza struttura

- 1° minimo assoluto :	q.amm = **0,50** kg/cm²	(strato prof: 2,60 m)	- cedim. corrisp. a q.amm :**6,40** cm
- 2° minimo :	q.amm = **0,58** kg/cm²	(strato prof: 4,60 m)	- cedim. corrisp. a q.amm :**7,36** cm
- 3° minimo :	q.amm = **0,62** kg/cm²	(strato prof: 4,20 m)	- cedim. corrisp. a q.amm :**7,97** cm
PRESSIONE AMMISSIBILE (incremento netto)	q.amm = **0,50** kg/cm²		- cedim. corrisp. a q.amm : **6,38** cm

CORRELAZIONI ADOTTATE:
Modulo edometrico Mo = α Rp : Natura TORBOSA (1) α = 1,50 * Natura COESIVA (2) α = 5,00 - 4,00 - 3,30 - 3,00
: Natura GRANULARE (3) α = 3,00
R.amm = Rp / K = resistenza ammissibile schiacciamento [K = 12,00 (Rp $\leq$ 10 kg/cm²) - K = 18,00 (Rp $\geq$ 30 kg/cm²)]

allegato 16

sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 2
CAPACITA' PORTANTE / CEDIMENTI FONDAZIONI

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica Valli di Veccio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa nuova
- note :

- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio

- FONDAZIONI SUPERFICIALI ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 19,20 m

- Fondazione tipo: **PLATEA**
- Larghezza Fondazione : **B = 2,00 m**
- Lunghezza Fondazione : **L = 4,00 m**
- Piano posa Fondazione : **H = 2,40 m** (da quota inizio)
- Profondità banco compr. : **Hc = 19,20 m** (da quota inizio)

Valutazioni su: PRESSIONE AMMISSIBILE ALLO SCHIACCIAMENTO — CEDIMENTI DEL SOTTOSUOLO

- Coefficente di sicurezza : **F = 3,0**
- Coefficente riduzione : **n = 0,85** rigidezza struttura

- 1° minimo assoluto :	q.amm = **0,29** kg/cm²	(strato prof: 3,20 m)	- cedim. corrisp. a q.amm :**4,64** cm
- 2° minimo :	q.amm = **0,31** kg/cm²	(strato prof: 3,40 m)	- cedim. corrisp. a q.amm :**5,05** cm
- 3° minimo :	q.amm = **0,56** kg/cm²	(strato prof: 4,00 m)	- cedim. corrisp. a q.amm :**9,08** cm
PRESSIONE AMMISSIBILE (incremento netto)	q.amm = **0,29** kg/cm²		- cedim. corrisp. a q.amm : **4,68** cm

CORRELAZIONI ADOTTATE:
Modulo edometrico Mo = α Rp : Natura TORBOSA (1) α = 1,50 * Natura COESIVA (2) α = 5,00 - 4,00 - 3,30 - 3,00
: Natura GRANULARE (3) α = 3,00
R.amm = Rp / K = resistenza ammissibile schiacciamento [K = 12,00 (Rp ≤ 10 kg/cm²) - K = 18,00 (Rp ≥ 30 kg/cm²)]

sede legale: 44034 Copparo - FE - Viale P.Togliatti n. 6
unità locale: 44030 Corlo - FE - Via Canalazzi n. 13/b - telefono e fax 0532-426021

Rifer. 02-01

PROVA PENETROMETRICA STATICA CPT 3
CAPACITA' PORTANTE / CEDIMENTI FONDAZIONI

2.010496-001

- committente : Consorzio di Bonifica di Valli di Vecchio Reno
- lavoro :
- località : Chiesa Nuova
- note :

- data : 16/02/2001
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio

- FONDAZIONI SUPERFICIALI ISOLATE - Profondità massima prova : Hmax = 17,20 m

- Fondazione tipo: **PLATEA**
- Larghezza Fondazione : **B = 2,00 m**
- Lunghezza Fondazione : **L = 4,00 m**
- Piano posa Fondazione : **H = 2,40 m** (da quota inizio)
- Profondità banco compr. : **Hc = 17,20 m** (da quota inizio)

Valutazioni su: PRESSIONE AMMISSIBILE ALLO SCHIACCIAMENTO — CEDIMENTI DEL SOTTOSUOLO

- Coefficente di sicurezza : **F = 3,0**
- Coefficente riduzione : **n = 0,85** rigidezza struttura

- 1° minimo assoluto :	q.amm = **0,47** kg/cm²	(strato prof: 4,20 m)	- cedim. corrisp. a q.amm :**5,50** cm
- 2° minimo :	q.amm = **0,50** kg/cm²	(strato prof: 2,60 m)	- cedim. corrisp. a q.amm :**5,89** cm
- 3° minimo :	q.amm = **0,51** kg/cm²	(strato prof: 3,80 m)	- cedim. corrisp. a q.amm :**5,95** cm
PRESSIONE AMMISSIBILE (incremento netto)	q.amm = **0,47** kg/cm²		- cedim. corrisp. a q.amm : **5,52** cm

CORRELAZIONI ADOTTATE:
Modulo edometrico Mo = α Rp : Natura TORBOSA (1) α = 1,50 * Natura COESIVA (2) α = 5,00 - 4,00 - 3,30 - 3,00
: Natura GRANULARE (3) α = 3,00
R.amm = Rp / K = resistenza ammissibile schiacciamento [K = 12,00 (Rp $\leq$ 10 kg/cm²) - K = 18,00 (Rp $\geq$ 30 kg/cm²)]

ALLEGATO B:
REPORT RISULTATI INDAGINI GEOGNOSTICHE 1984

CONSORZIO DI BONIFICA ALTO FERRARESE

FERRARA
23 LUG. 1984
Protocollo N. 2087
Fascicolo N. 27 Pos. 32

PROGETTO DI MASSIMA DELLE OPERE DI DISTRIBUZIONE DI ACQUA IRRIGUA AD EST DELL'ATTENUATORE DI RENO CON DERIVAZIONE DAL C.E.R.

VERIFICA DI FATTIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA: STUDIO IDROGEOLOGICO

REL. 979

COMITGEO s.a.s.

prospezioni geofisiche in terra e mare - logs in pozzo - prospezioni geochimiche, pedologiche, minerarie
sondaggi geognostici - penetrometrie - analisi in situ geotecniche e idrologiche - modelli matematici

38100 trento - via veneto, 75 - tel. 924349

1. PREMESSA

Il Consorzio di Bonifica Alto Ferrarese ha incaricato la COMITGEO s.a.s. di effettuare la verifica di fattibilità del progetto di massima delle opere di distribuzione di acqua irrigua ad est dell'attenuatore di Reno, con derivazione dal C.E.R., limitatamente agli aspetti idrogeologici del problema.

L'indagine geotecnica sull'area di ubicazione degli impianti di sollevamento è stata oggetto di una precedente indagine condotta da altri tecnici.

Le operazioni di campagna e l'elaborazione dati è stata condotta da un gruppo di lavoro composto dai Drr. Geol. E.Balboni ed F. Castellani, coordinati dallo scrivente.

1.1. Finalità dello studio.

In conformità a quanto previsto dal DM.21/1/1981, il presente studio è stato finalizzato a definire l'interazione fra l'opera in progetto e il modello fisico-geologico; cioè ad identificare l'esistenza o meno di eventuali parametri o fattori geologici che possano richiedere solu-

zioni progettuali particolarmente onerose, e valutare le modificazioni che la costruzione dell'opera in progetto può indurre nel territorio.

Stante le limitazioni dell'incarico di cui al punto precedente, si fornità solo uno schema sommario delle caratteristiche geotecniche lungo il tracciato, rinviando l'approfondimento di detta tematica alle indagini specifiche, previste dal D.M. Per il progetto esecutivo.

Per contro saranno compiutamente illustrate le caratteristiche geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area.

1.2 Programma d'indagine

In questa fase di verifica di fattibilità, come è d'altronde previsto dalla normativa e per restare entro i limiti di tempo fissati dall'incarico, per lo studio sono stati utilizzati i dati prodotti in precedenti campagne di misura e prospezioni eseguite dalla Comitgeo, o derivanti da bibliografia, limitando le indagini dirette al solo rilievo geologico di superficie.

Si è quindi realizzato il seguente programma:

- raccolta, analisi, rielaborazione e sintesi dei dati esistenti sulla geomorfologia, litostratigrafia, idrogeologia, idrochimica e geotecnica;
- rilievo geologico di superficie, con prove di riconoscimento rapido, su ha
- rielaborazione dati e stesura della relazione con le conclusioni in esito.

1.3 Presentazione dei risultati

I risultati conseguiti sono compendiati ed illustrati dal presente rapporto e dai seguenti elaborati grafici:

- carta geomorfologica e litologica in scala 1:25.000. (All.1)
- carta delle isofreatiche in scala 1:25.000. (All.2)
- carta delle isobate della superficie freatica in scala 1:25.000. (All.3).

2. LINEAMENTI GEOLOGICI LOCALI

2.1 Geomorfologia

L'assetto geomorfologico attuale dell'area in esame è il risultato della sovrapposizione di un intenso rimodellamento antropico, sviluppatosi attraverso i secoli, sugli originari lineamenti morfologici naturali, che sono quasi ovunque obliterati.

La morfogenesi naturale è la risultante dell'evoluzione del reticolo idrografico e di fenomeni di subsidenza, sia generalizzata, legata al bradisismo, che al lento abbassamento del fondo del bacino padano, e dalle variazioni del livello medio-mare connesse con le glaciazioni, sia per progressiva costipazione dei sedimenti.

La subsidenza generalizzata che ha valori annui molto bassi, ha avuto un'incidenza trascurabile sulla morfogenesi, cioè sul modellamento della superficie del suolo, che è per contro strettamente legato alle vicende idrografiche e alla comprimibilità differenziale dei

litotipi presenti in superficie e sino ad alcune decine di metri di profondità nel sottosuolo.

Infatti la condizione dominante dei fiumi della bassa padana è stata quella di sedimentazione; per cui i fiumi, liberi di espandere le proprie acque di piena nelle aree circostanti, tendono a depositare in alveo e sulle sponde i sedimenti più grossolani, come le sabbie, mentre nei periodi di esondazione, depositano sedimenti via via più fini in rapporto alla distanza dall'alveo, nelle aree comprese fra i diversi corsi d'acqua.

Si è avuta poi una costipazione maggiore nei sedimenti fini, mentre continua il processo di sedimentazione in alveo; ciò ha creato notevoli dislivelli fra i fiumi, diventati pensili, e i territori circostanti.

Per cause naturali o antropiche i fiumi hanno più volte cambiato il loro corso, aprendosi nuove vie e abbandonando in tutto o in parte gli alvei originari.

Ne deriva che il territorio in esame è assimilabile a un piano variamente articolato, con zone a quota maggiore, in corrispondenza degli alvei attuali od estinti, cioè

dei paleoalvei, e unità a quota più bassa delimitate dalle maglie del reticolo idrografico, con quote generalmente variabili fra circa + 10 e + 20 m s.l.m.

Come risuta dalla carta dell'allegato 1, l'unico elemento del reticolo idrografico naturale ancora attivo è rappresentato dal fiume Reno, che si sviluppa al limire sud-orientale del territorio in esame, per contro sono ancora riconoscibili, malgrado l'obliterazione antropica, alcuni paleoalvei; il maggiore di essi è rappresentato dal corso del Reno che si sviluppava lungo un asse SWNE da S. Agostino verso Vigarano Mainarda, escluso dalle opere di rettifica e nuovO inalveamento.

Come quasi sempre accade nelle aree di pianura ad alto tasso di antropizzazione, agli spartiacque naturali, coicidenti con i corsi d'acqua pensili e con i paleoalvei, si sono aggiunti spartiacque artificiali, in genere rappresentati dalla rete stradale o da imbonimenti delle aree urbanizzate. Si ha perciò una suddivisione del territorio in una serie di bacini idrografici tendenzialmente areici, cioè privi di emissari naturali.

2.2 Litologia e stratigrafia

Data la storia geologica locale, nel sottosuolo del territorio in esame, fino alla profondità interessata dalle opere in oggetto, s'incontrano sedimenti classici, costituiti da sabbie medio-fini, limi inorganici od organici, argille inorganiche ed organiche, torbe ed altre terre altamente organiche, oppure miscele binarie o ternarie dei sopracitati litotipi.

In affioramento i termini sabbiosi si localizzano preferenzialmente lungo i paleoalvei e lunghe le zone di rotta ad essi collegati. Si notano inoltre alcuni affioramenti e banchi di sabbie più o meno argilloso-limose, che sono collegati con i paleoalvei tracciati sulla carta dell'allegato 1; si tratta normalmente di lembi residui di paleoalvei non chiaramente identificati o obliterati per l'intervento antropico.

Sulla maggior parte del territorio affiorano argille limoso-sabbiose o argillo-limose, mentre i termini più plastici altamente argillosi sono nettamente subordinati.

Nel sottosuolo, sino ad una profondità di circa 20 metri,

si incontrano gli stessi litotipi visibili in affioramento, distribuiti in fitta alternanza da strati sottili, od in livelli più potenti ma tendenzialmente lentiformi, per cui si ha una notevole variabilità nella successione stratigrafica da punto a punto del territorio.

A 20-30 metri di profondità compare un livello sabbioso con maggiore continuità e con potenze che possono anche superare i 10 metri.

Segue poi in profondità una sequenza di livelli sabbiosi, praticamente continui su tutto il territorio, separati fra loro da assise argilloso-limose più potenti, caratterizzate da una notevole continuità spaziale, anche se sono affette da variazioni di spessore relativamente rilevanti.

Da quanto sopra deriva che sino alla profondità di specifico interesse per la tematica in oggetto, suolo e sottosuolo del territorio in esame, sono caratterizzati da una tendenziale disomogeneità litologica e stratigrafica.

Tuttavia dalle stratigrafie di numerosi sondaggi meccani-

ci reperite in bibliografia risulta quanto segue:

- lungo i paleoalvei e nelle immediate adiacenze entro le zone di sabbie più o meno argillose, lo spessore dell'assise sabbiosa è generalmente da 3 a 7 metri;

- nei primi 2-3 metri sotto piano campagna si incontra tendenzialmente lo stesso litotipo presente in affioramento;

- sono talora presenti, nei primi metri di profondità, anche livelli torbosi, in genere però di potenza ridotta e lenticolari.

La distribuzione spaziale dei diversi litotipi in affioramento è visualizzata dalla carta dell'allegato 1.

2.3 Geologia strutturale

Data la genesi dei litotipi presenti nell'area i diversi livelli hanno giacitura suborizzontale e tendenziale lenticolarità, sino alla profondità delle opere in progetto.

I lineamenti strutturali profondi sono perciò ininfluenti ai fini della presente indagine.

3. CARATTERI FISICO-MECCANICI DEI LITOTIPI

I litotipi presenti in zona sono prevalentemente rappresentati da termini classificabili, secondo la classificazione USCS, come SM, ML,CL,OL,MH,CH, con locali lenti di torba. Si ha una netta prevalenza di terreni coesivi teneri, con comportamento meccanico caratterizzato da bassa resistenza al taglio, influenza della velocità di applicazione dei carichi sulla resistenza al taglio iniziale, incremento della resistenza al taglio con il procedere della consolidazione, anisotropia nei riguardi del coefficiente di permeabilità e quindi nei processi di consolidazione, con possibilità di cedimenti differenziali, consolidazione molto prolungata nel tempo, saturazione al di sotto della falda freatica.

Le sabbie (SM), sono sempre dotate di coesione; sono comunque presenti in quantità subordinata rispetto alle altre terre.

In base alle caratteristiche granulometriche le sabbie limose costituenti i paleoalvei sono prevalentemente classificabili come A-2-4, A-4 e A-7-6; sono quindi utilizza-

bili solo in piccola parte come inerti per calcestruz zo.e solo in parte raggiungono i requisiti richiesti dal Capitolato Generale LL.PP., per la costruzione dei rilevati stradali.

Si può quindi concludere che i litotipi presenti in area hanno caratteristiche tecniche scadenti sia come terreni di fondazione che come materiali da costruzione.

4. IDROGEOLOGIA

4.1 Idrografia

Come si è detto al punto 2.1, l'area in esame è articolata in una serie di bacini idrografici areici, delimitati da spartiacque in parte naturali e in parte antropici. Nelle aree in cui in affioramento si hanno termini impermeabili (argille più o meno limose, limi più o meno argillosi), non si ha possibilità d'infiltrazione delle acque nel sottosuolo, congiuntamente a deflusso superficiale impedito; non si hanno quindi condizioni naturali di drenaggio, e conseguentmente si ha tendenziale ristagno delle acque di afflusso meteoriche.

Analoghe condizioni si verificano anche ove sono presenti nel sottosuolo e nei primi metri del sottosuolo, livelli permeabili, ma si ha in pari tempo falda freatica subaffiorante.

Per ovviare a tale inconveniente, e per la necessità di mantenere il"franco agricolo", cioè la distanza minima fra su

perficie freatica e piano campagna compatibile con le esigenze dell'agricoltura e di sopperire al fabbisogno in acqua di retenzione nei mesi secchi con falda freatica bassa, è stata costruita in zona una fitta rete di canali artificiali, con funzione alterna di drenaggio-irrigazione.

4.2 FREATIMETRIA

Nell'immediato sottosuolo si incontra la prima falda idrica, che ha in genere caratteristica di falda libera e solo localmente,ove affiorano i termini impermeabili, caratteristiche di falda confinata, per cui può essere in prima approssimazione definita col termine di falda freatica.

La superficie freatica, cioè la superficie che delimita superiormente la falda freatica, si localizza a profonditàlimitate, da subaffiorante a -5 m. da piano campagna.

Come risulta dalla carta dell'allegato 2, riproducente la superficie freatica media, è articolata in zone di alto e di basso, che evidenziano spartiacque ed assi di dre-

naggio, non coincidenti coi bacini idrografici superficiaLI. Da detta carta risulta inoltre la funzione prevalentemente alimentante, del fiume Reno, del paleoalveo del Reno e la funzione alterna, alimentante-drenante dei canali di irrigazione.

La carta dell'allegato 3 visualizza la ripartizione della profondità da piano campagna della isofreatica media.

4.3 Falde artesiane

A 20-30 metri di profondità sotto piano campagna si localizza la prima falda idrica francamente confinata ed utilizzata localmente a scopo idropotabile. La definizione delle risorse idriche sotterranee esula dalla finalità del presente studio; basterà qui rilevare come le opere previste dal progetto non incidono sulle risorse idriche sotterranee contenute nelle falde confinate, in quanto esiste una assise impermeabile sufficientemente potente a protezione di queste.

5. ANALISI DELL'INTERAZIONE OPERE IN PROGETTO-MODELLO FISICO GEOLOGICO

Alla luce di quanto esposto nei capitoli precedenti e dalle carte allegate, l'interazione opere-modello fisico geologico, può essere schematizzata come segue.

5.1 Ubicazione delle opere

Come già illustrato nel progetto, i canali si localizzano quasi ovunque a quote superiori a quelle delle aree circostanti, poichè è prevista una circolazione idrica a gravità.

Il ramo NW corre parallelamente ed a poca distanza dal paleoalveo del Reno (vedi allegato 1), cioè in area rilevata per quanto detto al capitolo 2.1 (spartiacque idrografico naturale); il ramo meridionale corre parallelamente al corso del Reno in condizioni analoghe.

5.2 Litostratigrafia

Entrambe i tracciati attraversano più litotipi diversi. Il ramo NW corre prevalentemente in argilla limoso-sab-

biosa; mentre il ramo meridionale attraversa per un maggior sviluppo affioramenti di sabbie limose.

In entrambe i rami i livelli più plastici francamente argillosi sono nettamente subordinati.

La carta dell'allegato 2 consente di identificare i litotipi presenti in ciascun tratto dei canali e conseguentemente fornisce orientamenti per il dimensionamento di massima delle opere e per la progettazione delle indagini geotecniche specifiche, necessarie nella fase di progetto esecutivo per la definizione particolareggiata degli interventi (angoli di scarpa ammissibili, rivestimenti, sottopressioni temibili, dreni ecc.)

5.3 Idrogeologia

5.3.1

Come si è detto la falda freatica mostra due nette zone di alimentazione coincidenti con il corso attuale del Reno e col suo più recente e maggiore paleoalveo.

Come risulta evidenta dalla carta della isofreatica media

la circolazione idrica sotterranea si sviluppa verso N e NE a partire dalle due sopracitate zone di alimentazione; gli assi maggiori di drenaggio coincidono almeno in parte con la rete dei canali artificiali.

5.3.2. I due canali in progetto si localizzano entro le zone di alimentazione sopradette, anche se non coincidono con lo spartiacque e la quota idrometrica nei canali sarà costantemente superiore alla quota freatica delle aree a valle sulla maggior parte dello sviluppo; inoltre i canali saranno aperti in terreni a permeabilità variabili fra 10^{-5} e 10^{-3}, con prevalenza dei termini intermedi. Si deve quindi prevedere che il canale alimenterà la falda freatica per perdite subalvee.

L'entità dell'alimentazione dipende non solo dalle variazioni litologiche e quindi di permeabilità, lungo il tracciato, ma anche dalle quote reciproche falda freatica-livello idrometrico nel canale. A questo proposito è da osservare che le oscillazioni di quota freatica, a seconda della zona, possono raggiungere valori variabili da 0.50 ad oltre 2.00 metri nel corso dell'anno; si avrà quindi

una infiltrazione massima nei mesi estivi e minima in quelli invernali di minor piovosità.

La carta della isofreatica media consente di identificare le zone in cui si ha il massimo dislivello fra quota freatica e quota idrometrica, fornisce inoltre una prima verifica del rischio di sifonamento dove il gradiente idraulico risulta maggiore e quindi della necessità o meno di opere previsionali (rivestimenti, dreni ecc.)

In fase di progetto esecutivo è opportuno verificare tali zone mediante sondaggi meccanici a piccola profondità, analisi su campioni e posa in opera di piezometri, per verificare l'escursione di falda.

5.3.3. Analogamente la carta dell'allegato 3 consente di identificare le zone in cui la falda freatica è meno profonda, ed in conseguenza, potrebbero verificarsi sottopressioni che richiedano interventi di risanamento.

Anche queste zone devono essere verificate in fase di progetto esecutivo come al punto precedente.

6. CONCLUSIONI

Con le indicazioni di cui ai capitoli precedenti l'opera risulta fattibile e non risulta indurre alterazioni di rilievo sul terreno, nè incidere in alcun modo sulle risorse idropotabili.

TRENTO Giugno 1984

COMITGEO S.A.S.
Dr.Prof.E.Vuillermin

FREATIMETRIA

km.	ha.	quota assunta	p.l.s. p.c. 9-11/1981	q.l.s. s.l.m. 9-11/1981	km.	ha.	quota assunta	p.l.s. p.c. 9-11/1981	q.l.s. s.l.m. 9-11/1981	km.	ha.	quota assunta	p.l.s. p.c. 9-11/1981	q.l.s. s.l.m. 9-11/1981
899	17	8.1	1.4	6.7	1052	67	13.42.2		11.1	1131	77	11	3.6	8.3
975	76	8.2	1.7	6.4	1053	50	10.41.2		9.2	1131	87	11	0.2	10.7
975	67	8.5	1.9	6.5	1053	50	10.40.8		9.6	1131	9	12.21.7		10.4
975	68	8.5	1.4	7.0	1053	49	13.22.2		10.9	1131	21	11.31.4		9.8
976	100	10.41.3		9.0	1054	17	10.53.1		7.3	1131	27	12.22.4		9.8
976	67	10.21.5		8.6	1054	31	10.23.9		6.3	1208	72	10.41.0		9.3
976	75	10	1.2	8.7	1126	79	9.8	2.9	6.8	1208	86	10.41.8		8.5
977	25	8.9	2.1	6.7	1127	100	9.9	1.3	8.5	1208	4	10	3.1	6.9
977	25	9.0	2.2	6.7	1127	98	9.9	1.9	7.9	1208	33	10.41.7		8.6
1046	79	9.6	3.5	6.0	1127	73	9.4	3.3	6.0	1209	50	10.22.2		8.0
1047	73	9.7	3.8	5.8	1128	98	9.9	2.6	7.2	1209	69	10.20.8		9.4
1047	78	9.4	3.1	6.2	1128	52	9.5	4.3	5.1	1210	61	10.31.8		8.4
1047	65	9.1	2.6	6.4	1128	98	9.9	2.6	7.2	1210	39	10	2.1	7.8
1049	81	8.9	5.2	3.6	1129	100	10.71.6		9.0	1210	71	10.72.3		8.4
1050	11	8.6	3.0	5.6	1129	98	10.61.9		8.6	1210	92	10.71.8		8.8
1050	72	9.3	2.1	7.2	1129	96	9.8	2.3	7.4	1210	96	10.61.8		8.7
1050	91	10.13.3		6.8	1129	84	9.8	2.5	7.2	1210	58	10.62.1		8.4
1050	55	9.5	1.9	7.5	1130	37	11	3.1	7.8	1211	27	10.72.0		8.7
1051	98	14.22.1		12	1130	38	12.45.4		6.9	1211	46	11	2.0	8.8
1051	21	10.51.9		8.5	1130	60	13.61.2		12.3	1211	57	11.32.1		9.1
1051	21	10.51.9		8.5	1130	89	17	5.5	11.4	1212	70	10.71.8		8.9
1051	3	8.8	1.2	7.5	1130	78	14.53.0		11.4	1212	46	14	2.6	11.3
1051	21	9.0	2.2	6.7	1130	9	9.8	6.0	3.8	1212	18	16	4.6	11.3
1052	60	13.51.4		12	1130	80	10.22.3		7.9	1212	30	10.80.5		10.4
1052	60	13.51.5		12	1131	45	13	2.1	10.8	1212	23	12	1.3	10.6
1052	59	13.51.5		12	1131	81	13.71.8		11.8	1212	22	12.61.9		10.6
1052	59	13.51.4		12.1	1131	67	10.51.1		9.3	1212	92	12.92.0		10.8

FREATIMETRIA

km.	ha.	quota assunta	p.l.s. p.c. 9-11/1981	q.l.s. s.l.m. 9-11/1981	km.	ha.	quota assunta	p.l.s. p.c. 9-11/1981	q.l.s. s.l.m. 9-11/1981	km.	ha.	quota assunta	p.l.s. p.c. 9-11/1981	q.l.s. s.l.m. 9-11/1981
1213	91	11.8	2.5	9.3	1376	47	12.9	0.7	12.1	1382	88	10.8	4.0	6.7
1213	32	10.5	1.1	9.3	1376	68	13.1	1.8	11.2	1458	23	14.9	2.3	12.4
1293	17	11.1	2.5	8.5	1376	96	13.8	1.7	12	1458	29	13.9	1.0	12.8
1293	69	12.6	4.3	8.2	1377	89	14.1	1.2	12.8	1458	57	16.1	2.4	13.7
1293	45	11.6	3.4	8.1	1377	46	14.2	1.7	12.5	1459	8	14.6	1.2	13.4
1293	85	12.6	2.9	9.6	1377	62	13.7	0.9	12.7	1459	43	14.3	1.3	12.9
1293	100	13.1	3.7	9.3	1377	2	13	4.9	8.0	1460	3	12.7	1.5	11.1
1294	11	10.3	2.3	7.9	1377	16	13.2	2.1	11.1	1460	28	11.6	1.8	9.8
1294	71	12.4	2.7	9.7	1377	84	18.1	4.3	13.8	1460	44	12.7	0.7	11.9
1294	6	10.8	1.9	8.8	1377	74	18.1	4.5	13.5	1460	87	12.8	1.6	11.2
1294	35	11.1	1.9	9.1	1377	85	17.2	5.7	11.5	1460	51	13.3	1.5	11.7
1295	53	12	2.5	9.4	1378	89	11.6	1.7	9.8	1461	8	11.7	1.3	10.3
1295	12	12.3	1.5	10.8	1378	66	12.7	1.3	11.3	1461	40	12	3.4	8.5
1296	27	14.5	1.9	12.5	1378	82	12.6	0.9	11.6	1461	52	12.4	3.5	8.8
1296	24	14.2	2.7	11.4	1378	7	12.1	0.9	11.7	1463	50	11.3	4.3	6.9
1296	68	12.5	2.3	10.1	1378	41	13.4	4.4	8.9	1463	97	10.5	2.9	7.5
1296	81	12.5	2.1	10.3	1378	43	13.7	1.7	11.9	1463	92	11	2.3	8.6
1296	2	11.5	2.3	9.2	1378	50	12	0.9	11	1463	12	10.8	2.6	8.8
1296	11	12	1.5	10.4	1379	7	12	2.1	9.8	1464	78	10.7	1.9	8.7
1296	21	12	1.6	10.3	1379	8	12.4	2.0	10.3	1465	77	11.1	2.4	8.6
1297	67	17.1	1.9	15.1	1381	69	11.4	2.6	8.7	1465	92	10.8	3.3	7.5
1297	40	11.8	1.5	10.2	1381	70	11.3	2.5	8.7	1536	98	14.2	3.2	10.9
1299	23	10.4	2.5	7.8	1381	15	11.1	2.1	8.9	1536	19	14	2.2	11.7
1299	34	11	2.7	8.2	1381	23	12.2	1.9	10.3	1536	59	13.8	2.3	11.4
1376	50	13.5	1.1	12.3	1381	12	12.2	1.7	10.4	1537	67	14.3	1.9	12.3
1376	39	12.6	1.5	11	1382	8	11.5	2.0	9.4	1537	3	14.1	2.0	12.0

FREATIMETRIA

km.	ha.	quota assunta	p.l.s. p.c. 9-11/1981	q.l.s. s.l.m. 9-11/1981	km.	ha.	quota assunta	p.l.s. p.c. 9-11/1981	q.l.s. s.l.m. 9-11/1981	km.	ha.	quota assunta	p.l.s. p.c. 9-11/1981	q.l.s. s.l.m. 9-11/1981
1537	92	13.6	1.4	12.1	1617	4	12.4	2.1	10.2	1621	87	11.5	2.9	8.5
1537	100	13.5	1.5	12	1617	94	12.2	2.4	9.7	1621	96	11.5	2.4	9.0
1538	6	13.6	2.3	11.2	1617	99	12.5	1.7	10.7	1621	38	11.5	1.5	9.9
1538	41	13.7	2.0	11.7	1617	89	12.2	2.1	10	1621	44	11.6	2.3	9.2
1538	63	13.6	2?3	11.3	1617	18	12.0	4.0	7.9	1621	44	11.5	2.3	9.1
1538	7	12.7	1.8	10.8	1618	89	12	2.2	9.7	1621	61	11.3	1.3	9.9
1538	16	12.7	1.8	10.8	1618	47	11.5	1.8	9.6	1623	2	11.3	2.8	8.4
1539	95	12	2.7	9.3	1618	81	12.2	2.2	9.9	1694	29	5.0	1.0	3.9
1539	1	12.1	2.5	9.5	1618	42	11.8	2.1	9.6	1695	52	14.7	3.0	11.6
1539	62	12.7	0.8	11.8	1618	45	12	2.5	9.4	1695	89	14.6	2.1	12.4
1540	76	12	4.5	7.5	1618	8	12.0	1.9	10	1695	80	14	2.4	11.5
1541	98	11.5	2.3	9.1	1619	35	11.6	2.4	9.1	1696	61	14	2.2	11.7
1541	99	11.5	3.1	8.3	1619	52	11.4	1.9	9.4	1696	86	14	2.1	11.8
1541	34	11	3.4	7.5	1619	45	11.6	2.6	8.9	1696	29	14	2.3	11.6
1541	96	11.2	2.3	8.8	1619	21	12.5	2.6	9.8	1696	17	12.7	1.5	11.1
1541	85	11.4	2.4	8.9	1619	85	11.1	1.9	9.1	1696	17	12.7	1.6	11.1
1542	94	11.7	1.5	10	1619	68	11.4	3.8	7.5	1697	26	12.9	1.6	8.2
1542	32	11	1.5	9.4	1619	98	10.7	2.0	8.6	1698	82	13.5	1.9	11.6
1542	61	11.6	2.0	9.5	1619	79	10.7	2.8	7.8	1698	18	13	2.1	10.8
1543	49	11.5	3.4	8.1	1619	12	12.5	2.5	9.9	1699	93	11.8	2.3	9.5
1615	57	15.5	2.5	12.9	1620	61	10.5	2.3	8.2	1700	95	11.2	2.3	8.8
1615	14	15.7	2.9	12.7	1620	53	11	2.0	8.9	1700	61	11	2.1	8.8
1616	15	13.5	1.5	11.9	1620	96	11.4	0.9	10.5	1700	42	11	2.1	8.8
1616	41	14.7	2.0	12.6	1620	57	11	3.5	7.5	1700	43	11	2.1	8.9
1616	2	13.8	1.9	11.9	1620	2	11.4	2.5	8.8	1700	99	14	2.5	14.4
1617	36	12.3	2.1	10.2	1621	99	11.3	2.1	9.1	1701	6	11	2.5	8.4

FREATIMETRIA

km.	ha.	quota assunta	p.l.s. p.c. 9-11/1981	q.l.s. s.l.m. 9-11/1981	km.	ha.	quota assunta	p.l.s. p.c. 9-11/1981	q.l.s. s.l.m. 9-11/1981	km.	ha.	quota assunta	p.l.s. p.c. 9-11/1981	q.l.s. s.l.m. 9-11/1981
1701	61	12	2.4	9.5	1776	67	13.5	2.2	11.2	1854	65	9.0	2.0	7.0
1701	53	12	1.8	10.1	1776	56	13.5	3.7	9.7					
1701	43	11.5	2.2	9.2	1776	36	12	2.1	9.8					
1701	34	11	3.4	8.5	1776	5	12	2.3	9.6					
1702	11	11.8	3.0	8.7	1777	41	12	2.8	9.1					
1702	21	11.8	2.8	8.9	1777	11	12	2.9	9.1					
1702	10	11	2.1	8.5	1777	23	12	2.6	9.3					
1702	76	12	1.7	10.2	1777	34	12	2.4	9.5					
1703	53	11	2.1	8.9	1777	82	9.5	2.6	6.8					
1703	46	10.5	1.8	8.6	1777	47	14.8	1.6	13.1					
1703	45	10.5	1.8	8.4	1777	58	14.8	2.1	12.6					
1704	15	11	1.8	9.1	1777	67	14.8	2.3	12.4					
1704	12	10.9	1.7	9.2	1777	40	13.5	2.4	11					
1773	10	13.8	2.0	11.7	1777	40	13.5	2.5	10.9					
1773	31	12.0	2.0	9.9	1777	19	14	2.0	11.9					
1774	1	13.8	2.1	11.6	1777	64	13	2.5	11.5					
1774	39	13.5	1.9	11.5	1777	6	12	2.4	9.6					
1775	5	13.5	2.0	11.4	1778	11	14	1.8	12.1					
1775	19	13.8	2.4	11.3	1779	29	14	1.5	12.5					
1775	49	13.7	1.8	11.8	1779	46	9.5	2.0	7.4					
1775	48	13.6	2.0	11.5	1780	39	8.5	0.7	7.7					
1775	47	13.7	2.1	11.5	1780	17	8.5	2.1	5.7					
1775	25	13.6	1.4	12.1	1780	27	8.5	2.4	6.0					
1775	32	13.5	2.9	10.5	1781	95	8.5	1.6	6.8					
1775	50	13.7	2.1	11.5	1852	5	9.5	2.0	7.4					
1776	17	12.3	2.3	10	1853	30	8.0	2.0	6.0					

STUDIO DI INGEGNERIA TERRITORIALE s.a.s.
dott. ing. RICCARDO ZOPPELLARO & C.

Sede: 44100 FERRARA - Via Boccaleone n. 8/a -
Sede second.: 45026 LENDINARA (Ro) - S.S. 499 n. 9 - Tel. 0425 / 61316

Codice Fiscale - Partita I.V.A. 00678960386

Consorzio di Bonifica Alto Ferrarese
F e r r a r a

PROGETTO COSTRUZIONE IMPIANTO IDROVORO - Località S. AGOSTINO (FE)

RELAZIONE GEOTECNICA

STUDIO DI INGEGNERIA TERRITORIALE s.a.s.
dott. ing. RICCARDO ZOPPELLARO & C.

Sede: 44100 FERRARA - Via Boccaleone n. 8/a -
Sede second.: 45026 LENDINARA (Ro) - S.S. 499 n. 9 - Tel. 0425 / 61316
Codice Fiscale - Partita I.V.A. 00678960386

Spett./le
Consorzio di Bonifica
Alto Ferrarese
Via de Romei 7
44100 F E R R A R A

PROGETTO COSTRUZIONE IMPIANTO IDROVORO

L o c a l i t à : S. AGOSTINO (FE)

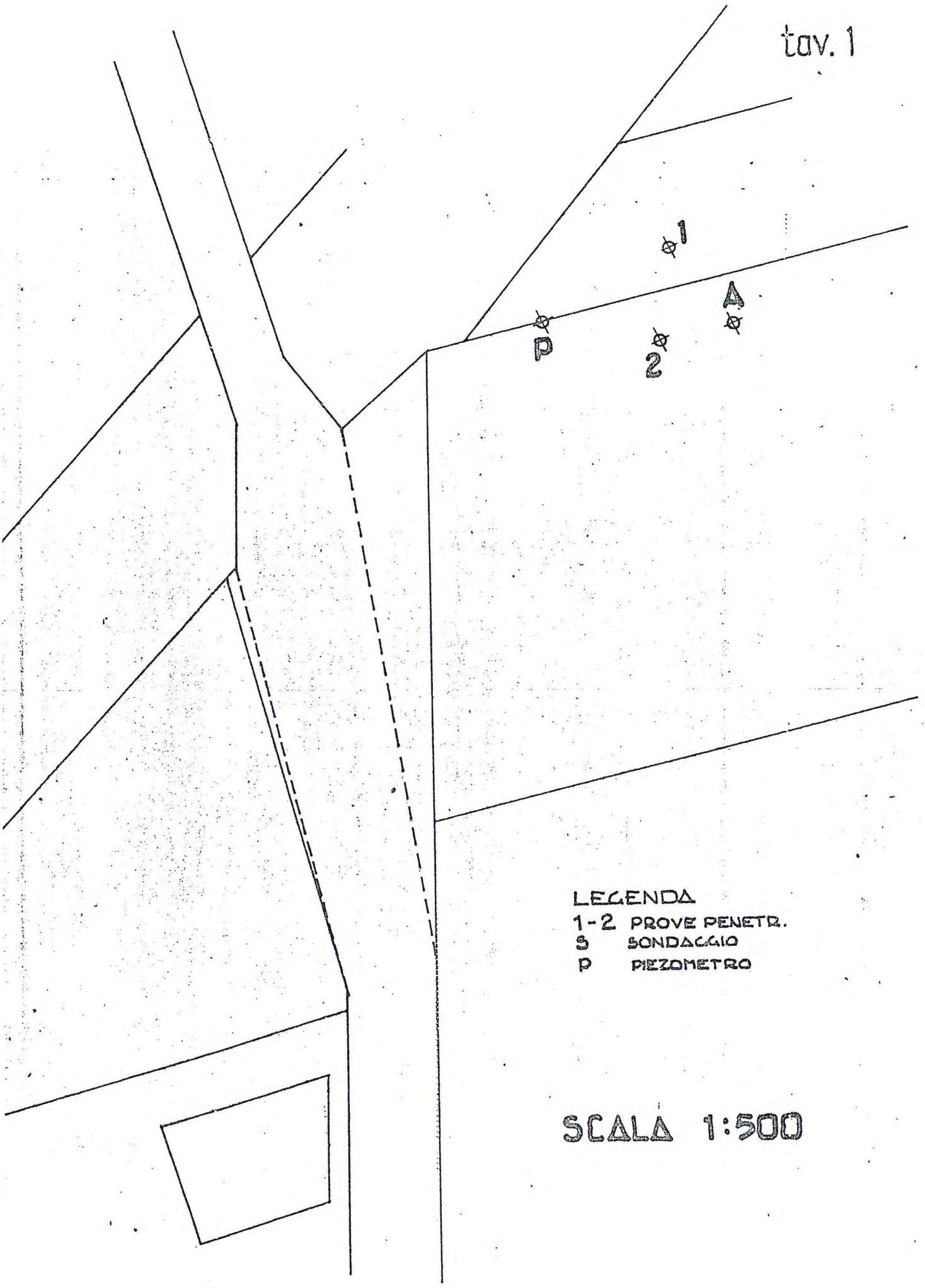
RELAZIONE GEOTECNICA

P r e m e s s a

Nell'area in esame (vedi planimetria , scala 1 : 500 , di tav. 1) sono state condotte dalla Ditta Sacchetto di Adria (RO) le seguenti indagini geognostiche :

- esecuzione di n. 2 prove penetrometriche statiche spinte alla profondità di 19 - 20 m dal piano campagna P.C. ; dette prove sono state effettuate mediante penetrometro statico olandese di Gouda da 20 t avente le seguenti caratteristiche :

tav. 1



LEGENDA

1-2 PROVE PENETR.
S SONDAGGIO
P PIEZOMETRO

SCALA 1:500

punta meccanica Ø 35,7 mm (area punta = 10 cmq), angolo di apertura = 60° ,
manicotto laterale Begemann con superficie pari a 150 cmq ;

- esecuzione di n. 1 sondaggio a rotazione (carotaggio continuo mediante sonda B/30 dell'Atlas Copco) spinto alla profondità di 17,20 m dal piano campagna P.C. ; nel corso del sondaggio sono stati prelevati n. 3 campioni indisturbati e n. 7 campioni disturbati di terreno e sono state inoltre effettuate prove di consistenza con il Pocket Penetrometer (PP in kg/cmq) ;

- installazione di n. 1 tubo piezometrico finestrato in P.V.C. (Ø 1,5") alla profondità di 9,70 m dal piano campagna P.C. ; detto piezometro è stato installato entro un foro di sondaggio eseguito pure a rotazione con carotaggio continuo (con la medesima sonda) .

Nelle rappresentazioni in appendice (vedi appendice n. 1) sono riportati i seguenti dati :

- profili penetrometrici con indicazione dei valori di resistenza rilevati dalle letture ai manometri (durante l'infissione dello strumento) , e precisamente :

  valori di resistenza alla punta Rp (kg/cmq)

  valori di resistenza laterale Rl (kg/cmq)

  valori di resistenza totale Rt (kg) ;

- profilo stratigrafico relativo al sondaggio (A) con indicazioni circa la natura e le caratteristiche del sottosuolo ; sono riportati inoltre i valori di consistenza (PP in kg/cmq) rilevati in sito con il Pocket Penetrometer ;

- profilo stratigrafico relativo al sondaggio con piezometro (P) , con indicazioni circa la natura dei terreni attraversati .

Sui campioni di terreno prelevati sono state condotte le seguenti prove di laboratorio (vedi appendice n. 2) :

- esame visivo e classificazione di tutti i campioni prelevati (indisturbati e disturbati) ;

- prove di consistenza con il Pocket Penetrometer;

- prove di resistenza al taglio (in condizioni non drenate) con il "Torvane" e con il "Vane" di laboratorio , per la determinazione dei valori della coesione non drenata c_u (kg/cmq);

- analisi granulometriche (mediante setacciatura meccanica e/o densimetro) per la determinazione delle seguenti percentuali in peso :

  % argilla (particelle con diametro inferiore a 0,002 mm)

  % l i m o (particelle con diametro compreso fra 0,002 e 0,060 mm)

  % sabbia (particelle con diametro compreso fra 0,060 e 2 mm) ;

- prove di determinazione dei limiti di Atterberg :

  limite di liquidità w_L %

  limite di plasticità w_p %

  indice di plasticità I_p % = $w_L - w_p$;

- prove di determinazione dell'umidità naturale w_n % , del peso di volume allo stato naturale γ (gr/cmc) e allo stato secco γ_d (gr/cmc);

- n. 1 prova di compressione edometrica (del tipo ad incrementi di carico) con rilievo della curva di compressibilità (diagramma semilogaritmico pressione - deformazione) .

Caratteristiche geotecniche del sottosuolo

Con riferimento ai risultati delle indagini in sito e delle prove di laboratorio , si rilevano per il sottosuolo in esame i seguenti dati geotecnici :

- da piano campagna P.C. fino alla profondità di 5,50 m (oltrepassato un sottile livello di terreno vegetale limoso argilloso) è presente un banco superiore di natura sabbioso limosa , piuttosto sciolto , caratterizzato da valori di resistenza alla punta del penetrometro statico Rp generalmente variabili fra 20 e 40 kg/cmq (verso i 4 m di profondità dal P.C. si rileva una caduta di resistenza imputabile alla presenza di una interca_ lazione limosa) ; dalle prove di laboratorio registrano , per il banco sabbioso in esame , valori della percentuale di sabbia variabili dal 73 all' 80% e valori della percentuale di limo variabili dal 20 al 27 % (trattasi secondo la classifica granulometrica A.G.I. di sabbie limose e/o di sabbie con limo) ;

circa le caratteristiche geotecniche del banco in esame, si potrà far riferimento ai seguenti dati indicativi :

angolo di attrito interno $\phi < 30°$ (Meyerhof)

peso di volume saturo $\gamma_{sat} = 1,9$ t/mc (Terzaghi)

" " immerso $\gamma' = 0,9$ t/mc "

grado di permeabilità da medio a scarso (coefficiente di permeabilità k dell'ordine di $10^{-5} \div 10^{-3}$ cm/sec) ;

- da 5,50 a 7,00 m di profondità dal P.C. segue un livello limoso e/o argilloso (piuttosto organico) con consistenza molle - moderata, caratterizzato da valori di resistenza alla punta Rp inferiori a 10 kg/cmq (variabili di norma fra 6 e 10 kg/cmq) ;

- da 7,00 a 15,50 m di profondità dal P.C. è presente un banco argilloso (talora con inclusioni e stratificazioni torbose) moderatamente consistente - consistente (Rp maggiore o uguale a 10 kg/cmq) ; dalle prove di laboratorio condotte su n. 3 campioni indisturbati di argilla si rilevano i seguenti dati :

valori elevati della percentuale di argilla : 54÷71 % e valori nulli della % di sabbia (trattasi pertanto di argille con limo , secondo la classifica granulometrica A.G.I.) ;

valori elevati (e molto variabili) del limite di liquidità e dell'indice di plasticità : w_L = 45÷121 % Ip = 23÷71 % (trattasi pertanto - vedi tav. 2 - di argille inorganiche e/o organiche con plasticità medio-elevata , designabili con i simboli CL-CH , OH-CH secondo la classifica U.S.C.S. , e con grado di attività della frazione colloidale medio-basso) ;

valori dell'umidità naturale w_n variabili dal 23 all' 89 % e valori del peso di volume naturale γ variabili da 1,50 a 2,05 gr/cmc (in condizioni pressocchè di saturazione) ;

valori della coesione non drenata c_u dell'ordine di 0,4 kg/cmq = 4 t/mq ;

- da 15,50 a 19,00m di profondità dal P.C. segue un banco sabbioso addensato (Rp = 150÷200 kg/cmq); trattasi di sabbia media a granulometria piut_

tav. 2

DIAGRAMMA DI PLASTICITA'

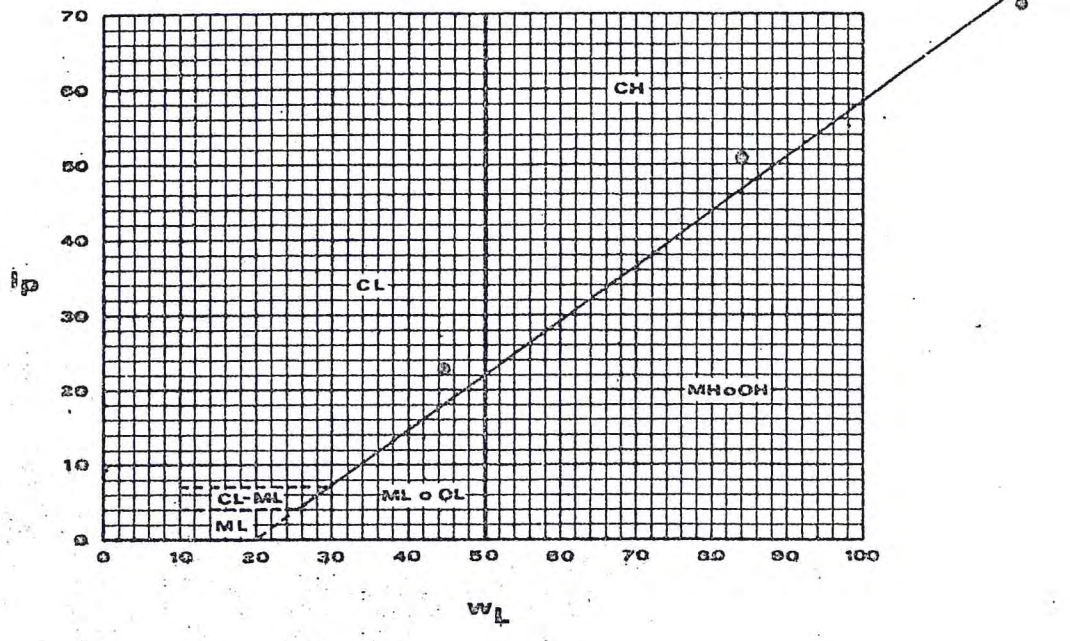
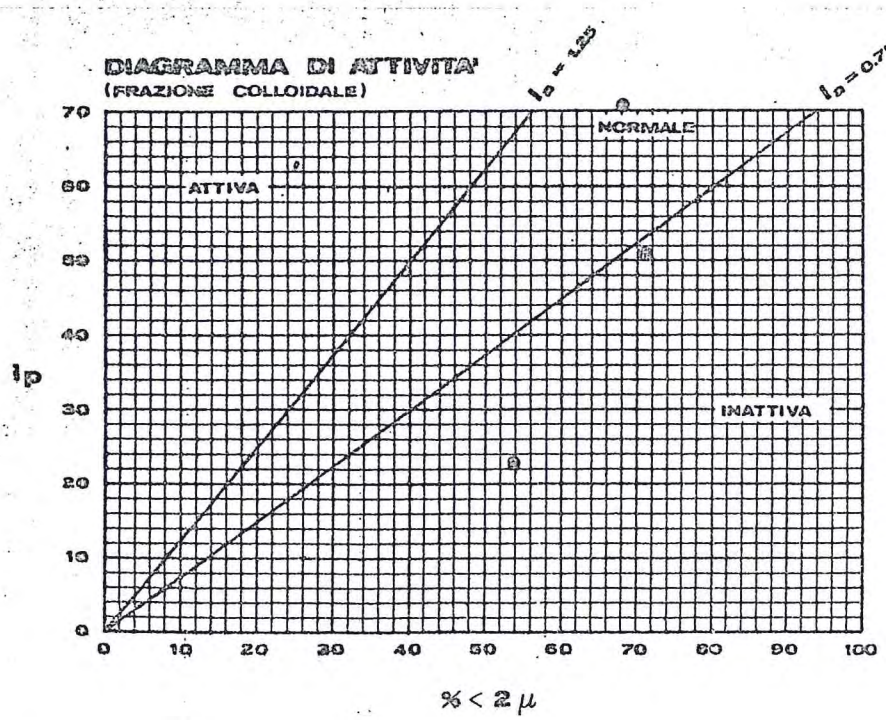


DIAGRAMMA DI ATTIVITA'

(FRAZIONE COLLOIDALE)



tosto uniforme (coefficiente di uniformità $U = D_{60}/D_{10} = 2,9$) e grado di permeabilità medio - elevato (coefficiente di permeabilità $k = 1,44 \times 10^{-2}$ cm/sec , secondo Hazen) ;

- oltre i 19,00 m di profondità dal P.C. si rileva infine una caduta dei valori di resistenza Rp , imputabile alla presenza di terreni argilloso limosi .

Il livello statico della falda risulta individuato alla profondità di 3,50 m dal P.C. (lettura in data 29/9/83 in corrispondenza del piezometro P) .

Considerazioni geotecniche

Secondo i dati forniti viene prevista una fondazione a cassone autoaffondante con successivo getto della platea (in presenza d'acqua) alla profondità di 8,00 m dal P.C. .

Con riferimento al valore della coesione non drenata c_u = 0,4 kg/cmq = 4 t/mq (rilevato dalle prove di laboratorio) si ricava il seguente dato della pressione ammissibile q_a del sottosuolo (platea 8,40 x 7,50 m , profondità 8,00 m dal P.C.) :

$$q_a = \frac{1}{F}\left(1 + 0{,}2\,\frac{B}{L}\right) c_u\, N_c + \gamma H = \begin{array}{l} 22{,}5 \text{ t/mq} \\ \hline = 2{,}25 \text{ kg/cmq} \end{array}$$

o v e :

B/L = 7,50/8,40 = rapporto larghezza/lunghezza della fondazione

c_u = coesione non drenata (0,4 kg/cmq= 4 t/mq)

N_c = fattore di capacità portante (= 5,14)

F = coefficiente di sicurezza (assunto pari a 3)

γ = peso di volume medio del terreno sovrastante il piano di posa della fondazione (assunto pari a 1,8 t/mc)

H = profondità del piano di posa della platea di fondazione (= 8,00 m) .

Ciò considerato , il valore della pressione ammissibile (q_a = 2,25 kg/cmq) risulta superiore al carico unitario di esercizio sul terreno di fondazione (q = 1,35 kg/cmq alla profondità di 8,00 m dal P.C.) .

Per quanto concerne i cedimenti di consolidazione , si rileva un valore dell' alleggerimento unitario (derivante dall' asportazione di 8,00 m di terreno) pari a :

$a = \gamma H = 1{,}8 \times 8{,}00 = 14{,}4$ t/mq = 1,44 kg/cmq ;

tale dato dell' alleggerimento unitario risulta inferiore al carico unitario di esercizio sul terreno di fondazione (q = 1,35 kg/cmq , alla profondità di 8,00 m dal P.C.) , ragion per cui sono da attendersi cedimenti del sottosuolo di un ordine di grandezza trascurabile (teoricamente il cedimento dovrebbe essere nullo) .

Sarà necessario , naturalmente , condurre

opportune verifiche nei confronti della sotto spinta idraulica .

STUDIO DI INGEGNERIA TERRITORIALE s.a.s.
dott. ing. RICCARDO ZOPPELLARO e C.
FERRARA –
LENDINARA (RO) – tel. (0425) 61316

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA - ROVIGO
Dott. Ing. Riccardo Zoppellaro
ALBO N. 233

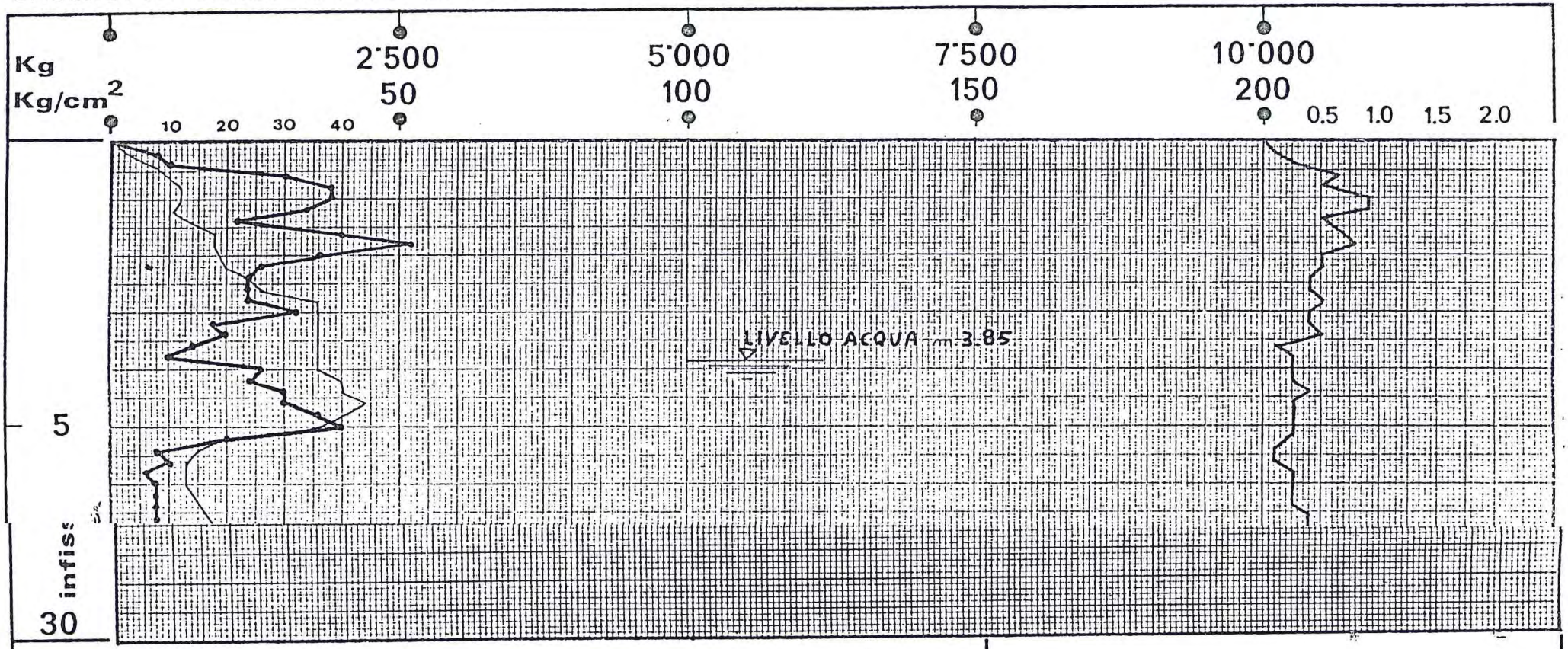
STUDIO DI INGEGNERIA TERRITORIALE s.a.s.
dott. ing. RICCARDO ZOPPELLARO & C.

Sede : 44100 FERRARA - Via Boccaleone n. 8/a -
Sede second. : 45026 LENDINARA (Ro) - S.S. 499 n. 9 - Tel. 0425 / 61316
Codice Fiscale - Partita I.V.A. 00678960386

A P P E N D I C E N. 1

I N D A G I N I I N S I T O

SACCHETTO CARLO & FIGLI DI IVONE & LUIGI - Via Carducci 63 - Tel. 21·3·38 - ADRIA (Rovigo)



Comm: CONSORZIO DI BONIFICA ALTO FERRARESE

Localita': S. AGOSTINO (FE) 25-8-'83

PROVA PENETROMETRICA

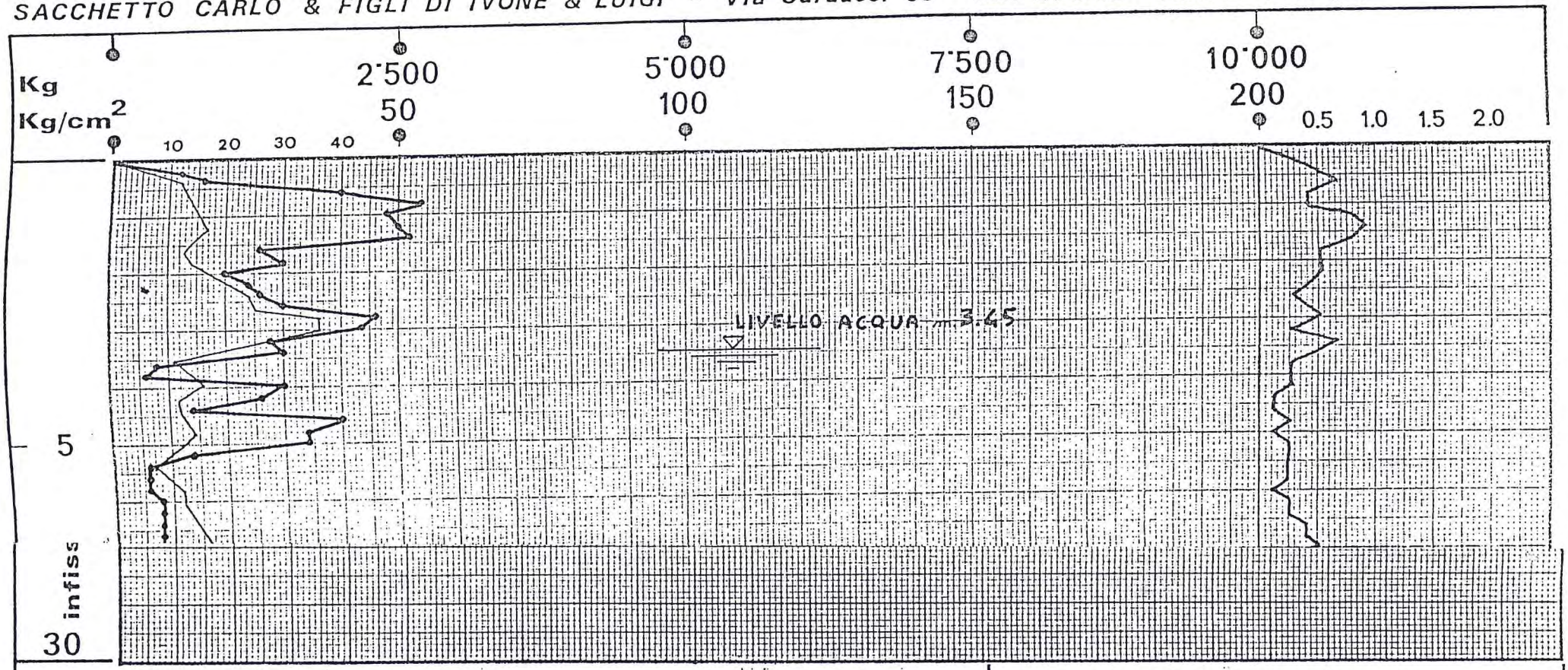
h 1

Rp — Resistenza alla punta in Kg/cm²

Rt — " totale in Kg

Rl — " d'attrito locale in Kg/cm²

SACCHETTO CARLO & FIGLI DI IVONE & LUIGI - Via Carducci 63 - Tel. 21·3·38 - ADRIA (Rovigo)



Comm: CONSORZIO DI BONIFICA ALTO FERRARESE

Localita': S. AGOSTINO 25-8-'83

PROVA PENETROMETRICA n 2

R_p Resistenza alla punta in Kg/cm^2

R_t " totale in Kg

R_l " d'attrito locale in Kg/cm^2

Ditta SACCHETTO CARLO & FIGLI di IVONE e LUIGI
Via G. Carducci, 63 — Telefono (0426) 21338 — 45011 ADRIA (Rovigo)

q. t. P.C.	Descrizione e caratteristiche del terreno	Penetr. Kg/cm²	Torvane Kg/cm²	Acqua liv. statico
	0.60 TERR. VEGET. LIMOSO ARGILL.			
	0.90 LIMO SABBIOSO			
1 1.40 / 1.50	SABBIA FINE LIMOSA			
	1.90			
	SABBIA FINE			
	3.70			
2 4.30 / 4.40	SABBIA ± LIMOSA CON ALTERNANZE LIMOSO SABBIOSE ROSSASTRE			
3 5.20 / 5.30 — 5	5.00 SABBIA FINE GRIGIA			
	5.60 LIMO GRIGIO ORGANICO			
	6.00			
4 6.50 / 6.60		0.8		
7.00		1.0		
A		0.9		
7.50		1.1		
	ARGILLA MODERAT. CONSIST. GRIGIA	1.2		
	PASSANTE A ARGILLA CONSISTENTE	1.1		
	(PRESENZA TALORA DI RESTI VEGET.)	1.5		
		1.4		
		1.4		
10		1.7		
5 10.60 / 10.70	10.60 TORBA			
	11.40			
12.10		1.0		
B		1.3		
12.60	ARGILLA MODERATAM. CONSISTENTE CON INTERCALAZIONI TORBOSE	0.9		
	13.90			
14.40		1.0		
C	ARGILLA GRIGIA MODERAT. CONSIST.	1.2		
14.90 — 15		0.9		
	15.00			
6 15.40 / 15.50	LIMO SABBIOSO			
	15.80			
7 16.60 / 16.70	SABBIA MEDIA			
	17.20			
20				

COMM.: CONS. BONIF. ALTO FERRARESE ..... LOCALITÀ: S. AGOSTINO (FE) .....

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO 29/8/83 n° A

Ditta SACCHETTO CARLO & FIGLI di IVONE e LUIGI
Via G. Carducci, 63 — Telefono (0426) 21338 — 45011 ADRIA (Rovigo)

q. t. P.C.	Descrizione e caratteristiche del terreno	Penetr. Kg/cm²	Torvane Kg/cm²	Acqua liv. statico
	TERR. VEGET. LIMOSO ARGILLOSO			
0.60	LIMO SABBIOSO			
1.60	SABBIA FINE e MEDIO/FINE ROSSICCIA CON STRATIFICAZIONI LIMOSE			3.50m 29-9-65
4.40	SABBIA MEDIO / FINE GRIGIA			
6.10 6.40	LIMO SABBIOSO			
	ARGILLA GRIGIA MODERAT. CONSIST. PASSANTE A CONSISTENTE			
9.70				

5

10

PIEZOMETRO Ø 1.5" - PROF. 9.70 m
TUBO FINESTRATO IN P.V.C.

COMM.: CONS. BONIF. ALTO FERRARESE LOCALITÀ: S. AGOSTINO (FE)

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO

PIEZOMETRO

STUDIO DI INGEGNERIA TERRITORIALE s.a.s.
dott. ing. RICCARDO ZOPPELLARO & C.
Sede: 44100 FERRARA - Via Boccaleone n. 8/a -
Sede second.: 45026 LENDINARA (Ro) - S.S. 499 n. 9 - Tel. 0425 / 61316
Codice Fiscale - Partita I.V.A. 00678960386

A P P E N D I C E N. 2

P R O V E G E O T E C N I C H E
D I L A B O R A T O R I O

tavola n. 1

cantiere S. AGOSTINO (FE) nº lab. _____

riferimento IMPIANTO IDROVORO data apertura _____

SCHEDA CAMPIONE PRELEVATO

sondaggio A campione 1 profondita' dal p.c. 1.40/1.50 m

tipo di contenitore: ø _____ mm.
☐ inox ☐ ferro ☐ p.v.c.
☒ barattolo ☐ sacchetto ☐ cassetta

rappresentazione del campione prof.	simbologia	cm.	esame macroscopico	pp kg/cm²	tor vane kg/cm²	prove di laboratorio previste: vane labor.	S %	setacc.	areom.	limiti	γ	σ_f	Edom.	w_n %		
		10	SABBIA FINE LIMOSA/ /POCO LIMOSA MARRON-GRIGIA				X	X								
		20														
		30														
		40														
		50														
		60														
		70														
		80														
		90														

grado di disturbo: Q_1 Q_2 ☒ Q_3 Q_4 Q_5

annotazioni _____

tavola n. 2

cantiere S. AGOSTINO (FE) nº lab. .....

riferimento IMPIANTO IDROVORO data apertura .....

SCHEDA CAMPIONE PRELEVATO

sondaggio A campione 2 profondita' dal p.c. 4,30/4,40 m

tipo di contenitore: ø _____ mm.

- ☐ inox
- ☐ ferro
- ☐ p.v.c.
- ☒ barattolo
- ☐ sacchetto
- ☐ cassetta

rappresentazione del campione prof.	simbologia	cm.	esame macroscopico	pp kg/cm²	tor vane kg/cm²	prove di laboratorio previste: vane labor.	S %	setacc.	aream.	limiti	γ	σ_i	Edom.	w_n %		
	~ ~ ~	10	LIMO SABBIOSO MARRONE													
		20														
		30														
		40														
		50														
		60														
		70														
		80														
		90														

grado di disturbo: ☐ Q_1 ☐ Q_2 ☒ Q_3 ☐ Q_4 ☐ Q_5

annotazioni _____

tavola n. 3

cantiere S. AGOSTINO (FE) n° lab.

riferimento IMPIANTO IDROVORO data apertura

SCHEDA CAMPIONE PRELEVATO

sondaggio A campione 3 profondita' dal p.c. 5.20/5.30 m

tipo di contenitore: ø _____ mm.

- ☐ Inox
- ☐ ferro
- ☐ p.v.c.
- ☒ barattolo
- ☐ sacchetto
- ☐ cassetta

rappresentazione del campione prof.	simbologia	cm.	esame macroscopico	pp kg/cm²	tor vane kg/cm²	prove di laboratorio previste: vane labor.	S %	setacc.	aream.	limiti	γ	σ_t	Edom.	w_n %		
	~	10	SABBIA FINE LIMOSA / POCO LIMOSA GRIGIA				X	X								
		20														
		30														
		40														
		50														
		60														
		70														
		80														
		90														

grado di disturbo: Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 Q_5

annotazioni _____

tavola n. 4

cantiere S. AGOSTINO (FE) n° lab. .....

riferimento IMPIANTO IDROVORO data apertura .....

SCHEDA CAMPIONE PRELEVATO

sondaggio A campione 4 profondita' dal p.c. 6,50/6,60 m

tipo di contenitore: ø _____ mm.

- ☐ inox
- ☐ ferro
- ☐ p.v.c.
- ☒ barattolo
- ☐ sacchetto
- ☐ cassetta

rappresentazione del campione prof.	simbologia	cm.	esame macroscopico	pp kg/cm²	tor vane kg/cm²	prove di laboratorio previste: vane labor.	S %	setacc.	aream.	limiti	γ	σ_t	Edom.	w_n %		
			ARGILLA GRIGIA MEDIA CONSISTENZA	0.9 1.0												
		10														
		20														
		30														
		40														
		50														
		60														
		70														
		80														
		90														

grado di disturbo: Q_1 Q_2 Q_3 ☒ Q_4 Q_5

annotazioni _____

tavola n. 5

cantiere S. AGOSTINO (FE) n° lab.

riferimento IMPIANTO IDROVORO data apertura

SCHEDA CAMPIONE PRELEVATO

sondaggio A campione A profondita' dal p.c. 7,00/7,50 m

tipo di contenitore: ø 86 mm. ☐ inox ☐ ferro ☒ p.v.c. ☐ barattolo ☐ sacchetto ☐ cassetta

rappresentazione del campione prof.	simbologia	cm.	esame macroscopico	pp kg/cm²	tor vane kg/cm²	prove di laboratorio previste: vane labor.	S %	setacc.	areom.	limiti	γ	σ_t	Edom.	w_n %		
		10	ARGILLA GRIGIA ORGANICA (NOTEV. INCL. TORBOSE)	0.8 0.9		C_u = 0.41 kg/cm²										
		20	ARGILLA GRIGIA													
		30	CON QUALCHE RESTO VEGETALE	0,9 1.0	0,43	X										
		40		0.8	0.40			X	X	X	X			X		
		50		0,9												
		60														
		70														
		80														
		90														

grado di disturbo: Q_1 Q_2 Q_3 ~~Q_4~~ Q_5

annotazioni

tavola n. 6

cantiere S. AGOSTINO (FE) n° lab.

riferimento IMPIANTO IDROVORO data apertura

SCHEDA CAMPIONE PRELEVATO

sondaggio A campione 5 profondita' dal p.c. 10.60/10.70 m

tipo di contenitore: ø _____ mm.

- ☐ Inox
- ☐ ferro
- ☐ p.v.c.
- ☒ barattolo
- ☐ sacchetto
- ☐ cassetta

rappresentazione del campione prof.	simbologia	cm.	esame macroscopico	pp kg/cm²	tor. vane kg/cm²	prove di laboratorio previste: vane labor.	S %	setacc.	areom.	limiti	γ	σ_f	Edom.	w_n %		
			ARGILLA GRIGIA CONSIST. PASSANTE A TORBA NERA COMPATTA	1.1 2.1												
		10														
		20														
		30														
		40														
		50														
		60														
		70														
		80														
		90														

grado di disturbo: Q_1 Q_2 Q_3 X Q_4 Q_5

annotazioni _____

tavola n. 7

cantiere S. AGOSTINO (FE) nº lab.

riferimento IMPIANTO IDROVORO data apertura

SCHEDA CAMPIONE PRELEVATO

sondaggio A **campione** B **profondita' dal p.c.** 12.10/12.60 m

tipo di contenitore: ø 86 mm. ☐ inox ☐ ferro ☒ p.v.c. ☐ barattolo ☐ sacchetto ☐ cassetta

rappresentazione del campione prof. cm.	simbologia	esame macroscopico	pp kg/cm²	tor vane kg/cm²	prove di laboratorio previste: vane labor.	S %	setacc.	areom.	limiti	γ	σ_1	Edom.	w_n %		
10			0.8												
20		ARGILLA GRIGIO			C_u = 0,40 kg/cm²										
30		BRUNO CON RESTI VEGETALI	0.8	0.36											
40		(PIUTTOSTO ORGAN.)	08	041	X	X		X	X	X			X		
50															
60															
70															
80															
90															

grado di disturbo: Q_1 Q_2 Q_3 ☒ Q_4 Q_5

annotazioni

tavola n. 8

cantiere S. AGOSTINO (FE) n° lab. .....

riferimento IMPIANTO IDROVORO data apertura .....

SCHEDA CAMPIONE PRELEVATO

sondaggio A campione C profondita' dal p.c. 14.40/14.90 m

tipo di contenitore: ø 86 mm. ☐ inox ☐ ferro ☒ p.v.c. ☐ barattolo ☐ sacchetto ☐ cassetta

rappresentazione del campione prof. cm.	simbologia	esame macroscopico	pp kg/cm²	tor vane kg/cm²	prove di laboratorio previste: vane labor.	S %	setacc.	areom.	limiti	γ	σ_t	Edom.	w_n %		
10		ARGILLA GRIGIA CON NOTEVOLI CALCIFICAZIONI	1,8		C_u = 0,49 kg/cm²										
20			1,9									×			
			1,1			×		×	×	×			×		
30			1,3	0,60											
			1,5												
40		LIMO ARGILLOSO SABBIOSO FRAMMISTO A ARGILLA													
50			1,0												
			1,1												
60															
70															
80															
90															

grado di disturbo: Q_1 Q_2 Q_3 Q_4 ☒ Q_5

annotazioni .....

tavola n. 9

cantiere S. AGOSTINO (FE) n° lab. ....

riferimento IMPIANTO IDROVORO data apertura .....

SCHEDA CAMPIONE PRELEVATO

sondaggio A campione 6 profondita' dal p.c. 15,40/15,52 m

tipo di contenitore: ø ..... mm.

- ☐ inox
- ☐ ferro
- ☐ p.v.c.
- ☒ barattolo
- ☐ sacchetto
- ☐ cassetta

rappresentazione del campione prof.	simbologia	cm.	esame macroscopico	pp kg/cm²	tor vane kg/cm²	prove di laboratorio previste: vane labor.	S %	setacc.	areom.	limiti	γ	σ_t	Edom.	w_n %		
	~ ~ ~ ~	10	LIMO SABBIOSO GRIGIO COMPATTO (FRIABILE)													
		20														
		30														
		40														
		50														
		60														
		70														
		80														
		90														

grado di disturbo: Q_1 Q_2 ☒ Q_3 Q_4 Q_5

annotazioni .....

tavola n. 10

cantiere _____ n° lab. _____

riferimento _____ data apertura _____

SCHEDA CAMPIONE PRELEVATO

sondaggio A campione 7 profondita' dal p.c. 16,60 / 16,70 m

tipo di contenitore: ☐ inox ☐ ferro ☐ p.v.c.
ø _____ mm. ☒ barattolo ☐ sacchetto ☐ cassetta

rappresentazione del campione prof.	simbologia	cm.	esame macroscopico	pp kg/cm²	tor vane kg/cm²	prove di laboratorio previste: vane labor.	S %	setacc.	aream.	limiti	γ	σ_1	Edom.	w_n %		
		10	SABBIA MEDIA GRIGIA (PULITA)				X	X								
		20														
		30														
		40														
		50														
		60														
		70														
		80														
		90														

grado di disturbo: Q_1 Q_2 ~~Q_3~~ Q_4 Q_5

annotazioni _____

prove di classifica

sondaggio A cantiere S. AGOSTINO (FE) riferimento

CAMP.	PROFONDITA' (m)	CLASSIFICA AGI A %	L %	S %	G %	$\frac{D_{60}}{D_{10}}$	w_n %	w_L %	w_p %	I_p %	I_c -	CLASS. UNI GRUPPO SOTTOGR.	IG	γ_d gr/cm³	γ gr/cm³	VANE DI LAB. c_u kg/cm²	S_t -	COMPR. LIB. $\sigma_1/2$ kg/cm²	ε_1 %	note
1	1.40-1.50	-	27	73	-															
3	5.20-5.30	-	20	80	-															
A	7.00-7.50	71	29	-	-		45	84	33	51				1.22	1.77	0.41				
B	12.10-12.60	68	32	-	-		89	121	50	71				0.79	1.50	0.40				
C	14.40-14.90	54	46	-	-		23	45	22	23				1.67	2.05	0.49				
7	16.60-16.70	-	5	95	-	2.9														$k = 1.44 \cdot 10^{-2}$ cm/s (HAZEN)

GRANULOMETRIE - LIMITI

sondaggio A — cantiere S. AGOSTINO (FE)

campione 3 — profondità dal p.c. 5.20 – 5.30

rilevamento ——

n. laboratorio ——

lavoro n. 13

simbolo	sond. n.	campione n.	profondità da m	profondità a m	A.G.I. / S	argilla %	limo %	sabbia %	ghiaia %	D_{10}	$\frac{D_{60}}{D_{10}}$	w_n %	w_L %	w_p %	I_p %	note
——	A	3	5.20	5.30	SABBIA LIMOSA	1	20	80	—							

DIAMETRO DEI GRANI D (mm): 0,002 — 0,006 — 0,02 — 0,06 — 0,2 — 0,6 — 2 — 6 — 20 — 60

% INFERIORE A D

ARGILLA | LIMO | SABBIA | GHIAIA

F M G | F M G | F M G | F M G

A.G.I. / S

M.I.T.

sondaggio A — cantiere S. AGOSTINO (FE)

campione 1 — profondità del p.c. 1.40 - 1.50

rilevatrice ——— n. laboratorio ———

lavoro n. 12

GRANULOMETRIE - LIMITI

campione	prof. da m	prof. a m	A.G.I./S	γ_s	w_L %	w_p %	I_p %	D60/D10	ghiaia %	sabbia %	limo %	argilla %
A	1	1.40	1.50	SABBIA CON LIMO	—	27	13	—				

DIAMETRI DEI GRANI D (mm)

% INFERIORE A D

ARGILLA — LIMO — SABBIA — GHIAIA

A.G.I./S

GRANULOMETRIE - LIMITI

sondaggio A — cantiere S. AGOSTINO (FE)

campione A — profondità dei p.c. 1.00 - 7.50

rimaneggiato ——— — n. laboratorio ———

tavola n. 41

sondaggio	campione	prof. dei p.c. da m	prof. dei p.c. a m	A.G.I. / S	% argilla	% limo	% sabbia	% ghiaia	$\frac{D_{60}}{D_{10}}$	w_L %	w_P %	I_P %	note
———	Δ	A	7.00	7.50	ARGILLA CON LIMO	71	29	—	—	45	84	33	51	

DIAMETRO DEI GRANI D (mm) 0.005 0.002 0.001 0.05 0.1 0.2 0.4 1 2 5 10 20 50

% INFERIORE A D

ARGILLA F M G | LIMO F M G | SABBIA F M G | GHIAIA F M G

A.G.I. A.G.I./S

GRANULOMETRIE - LIMITI

campione A — campione S. AGOSTINO (FE)

campione B — profondità da m. 12.10 a 12.60

riferimento ——— e. laboratorio ———

tavola n. 15

simbolo	campione	n.	profondità da m	profondità a m	A.G.I. / S	% argilla	% limo	% sabbia	% ghiaia	$\frac{D_{60}}{D_{10}}$	D_{60}	D_{30}	D_{10}	D_{15}	suolo
——	A	B	12.10	12.60	ARGILLA CON LIMO	68	32	—	—		89	121	50	71	

DIAMETRO DEI GRANI D (mm) 0,002 0,006 0,02 0,06 0,2 0,6 2 6 20 60

% INFERIORE A D

ARGILLA | LIMO | SABBIA | GHIAIA

A.G.I. / S

GRANULOMETRIE - LIMITI

sondaggio A — cantiere S. AGOSTINO (FE)

campione 7 — profondità dal p.c. 16.60 — 16.70

rilevamento ——

n. laboratorio ——

lavoro n. 47

% INFERIORE A D

DIAMETRO DEI GRANI D (mm) 0.002 0.006 0.02 0.06 0.2 0.6 2 6 20 60 2 6 20 60 200

ARGILLA | LIMO | SABBIA | GHIAIA

F M G | F M G | F M G | F M G

4 ASTM 10 20 40 60 200 4 10 20 40 3/8" 3/4" 1" 2" 3"

M.I.T. A.G.I./S

sondaggio	campione n.	profondità da m	profondità a m	A.G.I./S	argilla %	limo %	sabbia %	ghiaia %	$\frac{D_{10}}{D_{60}}$	w_n %	w_L %	w_P %	I_P %	γ_d %	n o t e
A	7	16.60	16.70	SABBIA MEDIA	—	5	95	—							

sondaggio A — cantiere S. AGOSTINO (FE)

campione C — profondità dal p.c. 14.40 – 14.90

riferimento ———

n. laboratorio ———

lavoro n. 46

GRANULOMETRIE - LIMITI

% INFERIORE A D

ARGILLA | LIMO | SABBIA | GHIAIA

F M G | F M G | F M G | F M G

A.G.I./S — M.I.T. A.G.I./S

DIAMETRO DEI GRANI D (mm): 0.002 | 0.006 | 0.02 | 0.06 | 0.2 | 0.6 | 2 | 6 | 20 | 60

simbolo sond.	n. campione	profondità da m	profondità a m	A.G.I./S	% argilla	% limo	% sabbia	% ghiaia	$\frac{D_{60}}{D_{10}}$	w_n %	w_L %	w_p %	I_p %	note
—	A	C	14.40	14.90	ARGILLA CON LIMO	54	46	—	—	—	23	45	22	23	

sondaggio A cantiere S. AGOSTINO (FE) n. laboratorio

campione C profondita' del p.c. 14.40 - 14.90 m

riferimento

tavola n. 18

PROVA EDOMETRICA

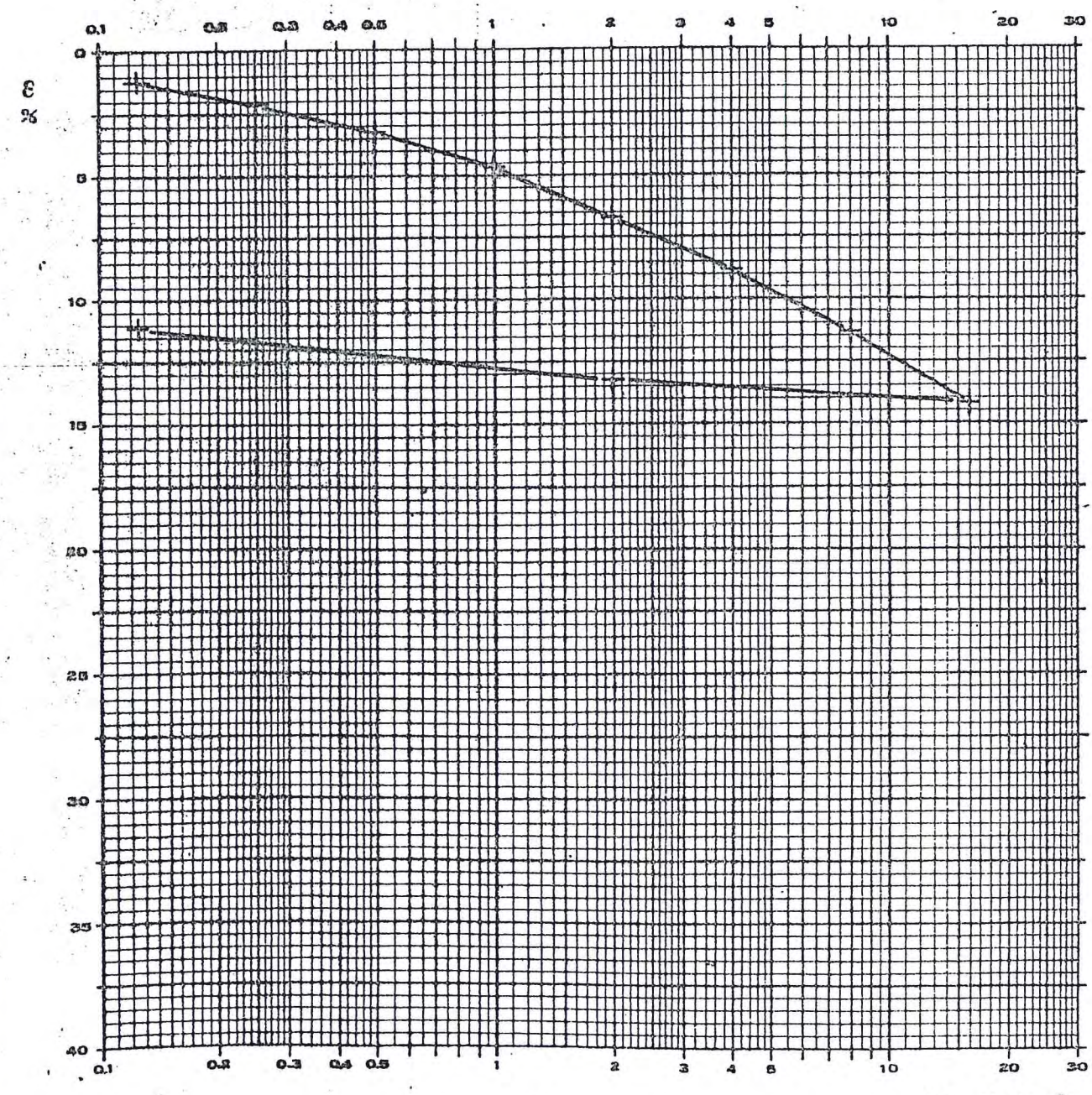
			INIZIALE	FINALE
altezza provino	H	mm	20	17.8
contenuto d'acqua	W	%		
peso di volume umido	γ	gr/cm³		
" " " secco	γ_d	"		

diametro provino D = 50 mm

GRADIENTE _____ kg/cm²

BACK PRESSURE _____ "

☒ INCREMENTI DI CARICO ☐ GRADIENTE CONTROLLATO



Eed = 49.9 Kg/cm² (p' = 1÷2 Kg/cm²)

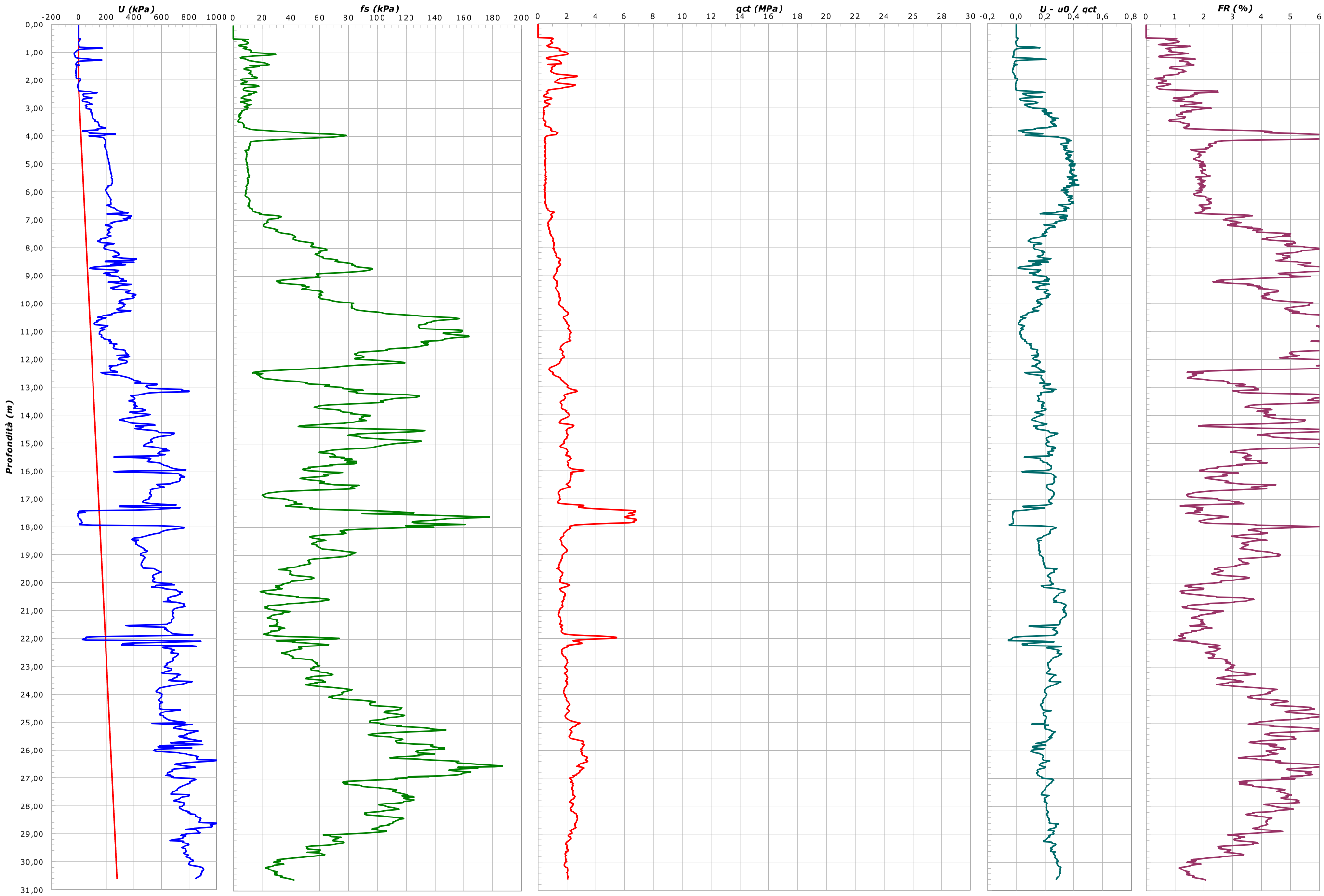
ALLEGATO C:
RISULTATI INDAGINI INTEGRATIVE GEOLAVORI 2017

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

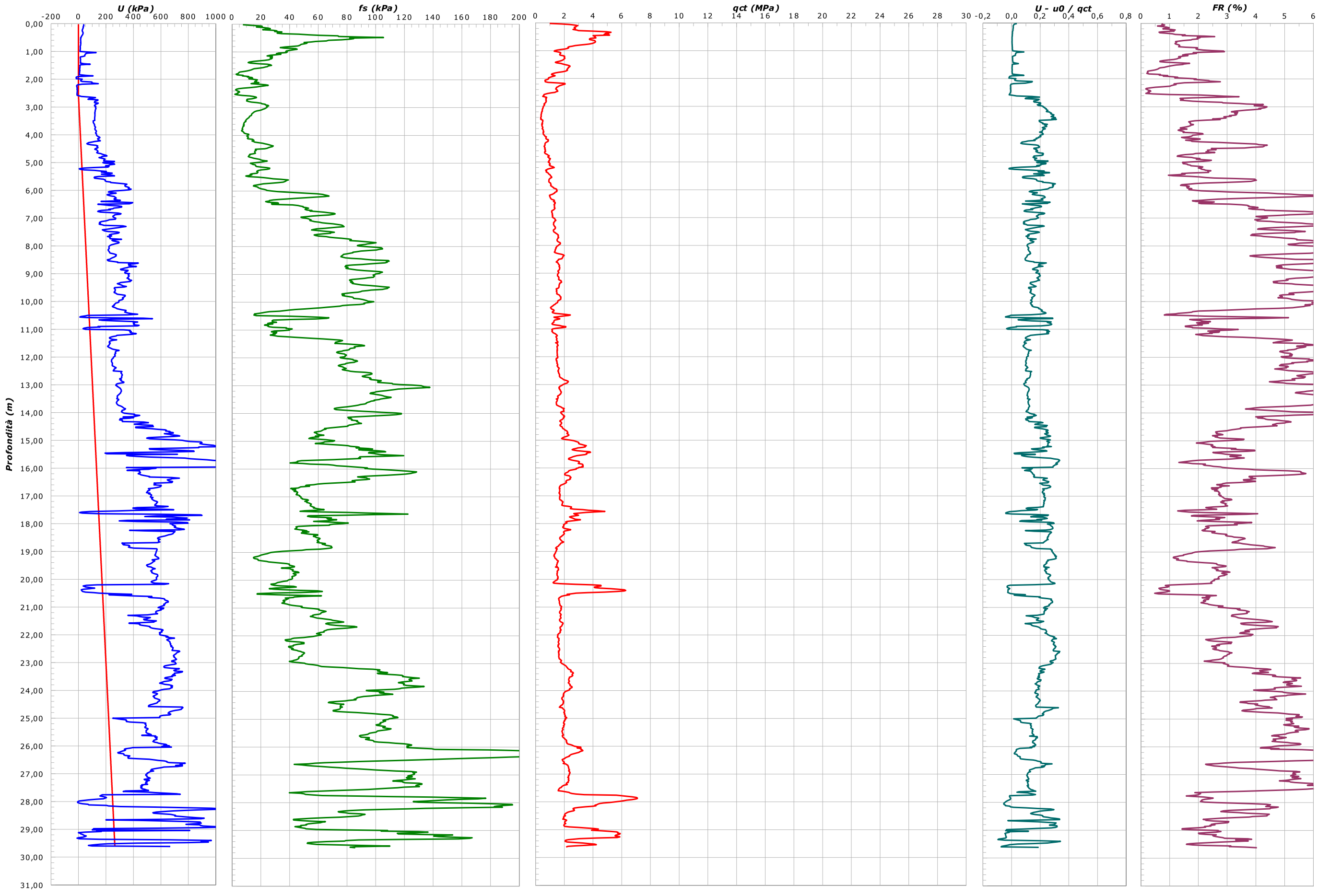
CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

CPTU N°	1	PROF. FALDA (m da p.c.)	2,40	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:
DATA	20/04/2017	PREFORO (m da p.c.)	0,50	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO

COMMITTENTE	**CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**						
CANTIERE	**Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**						
CPTU N°	2	PROF. FALDA (m da p.c.)	2,60	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)		NOTE:	
DATA	20/04/2017	PREFORO (m da p.c.)	0,00	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415		

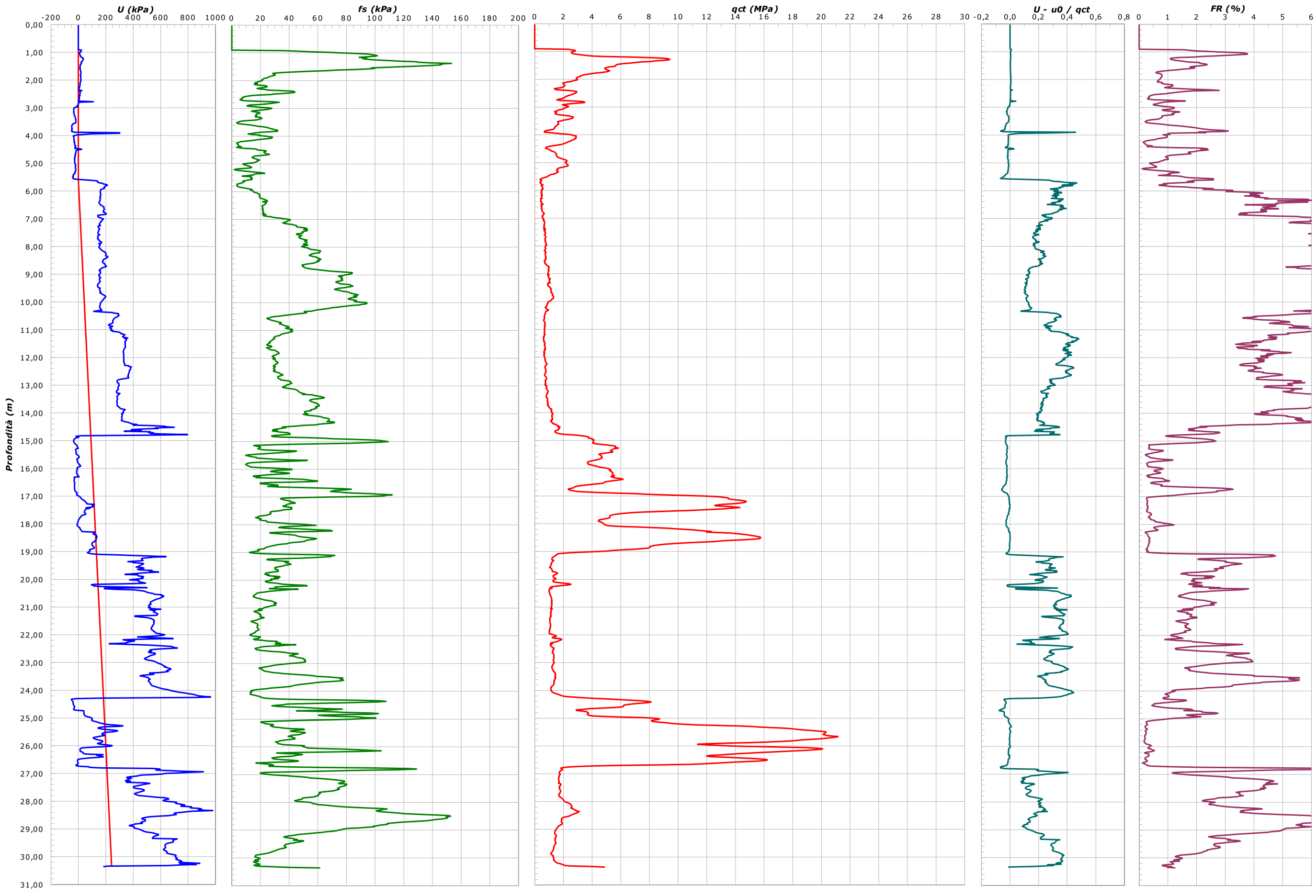


PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

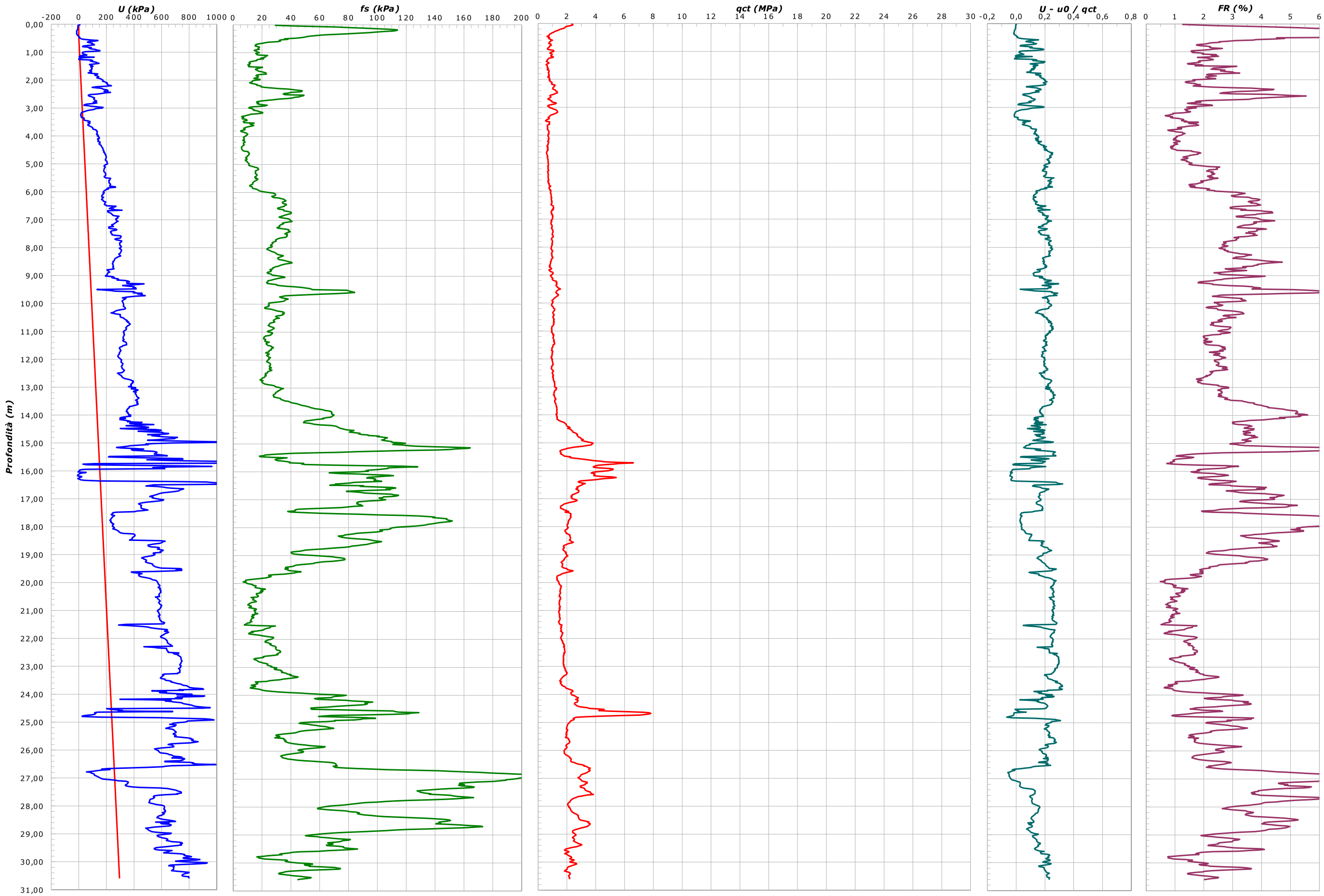
CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

CPTU N°	3	PROF. FALDA (m da p.c.)	5,60	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:
DATA	19/04/2017	PREFORO (m da p.c.)	0,90	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO

COMMITTENTE	**CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**				
CANTIERE	**Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**				
CPTU N°	4	PROF. FALDA (m da p.c.)	0,50	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:
DATA	21/04/2017	PREFORO (m da p.c.)	0,00	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO

COMMITTENTE	**CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**				
CANTIERE	**Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**				
CPTU N°	5	PROF. FALDA (m da p.c.)	3,00	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:
DATA	21/04/2017	PREFORO (m da p.c.)	0,00	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415

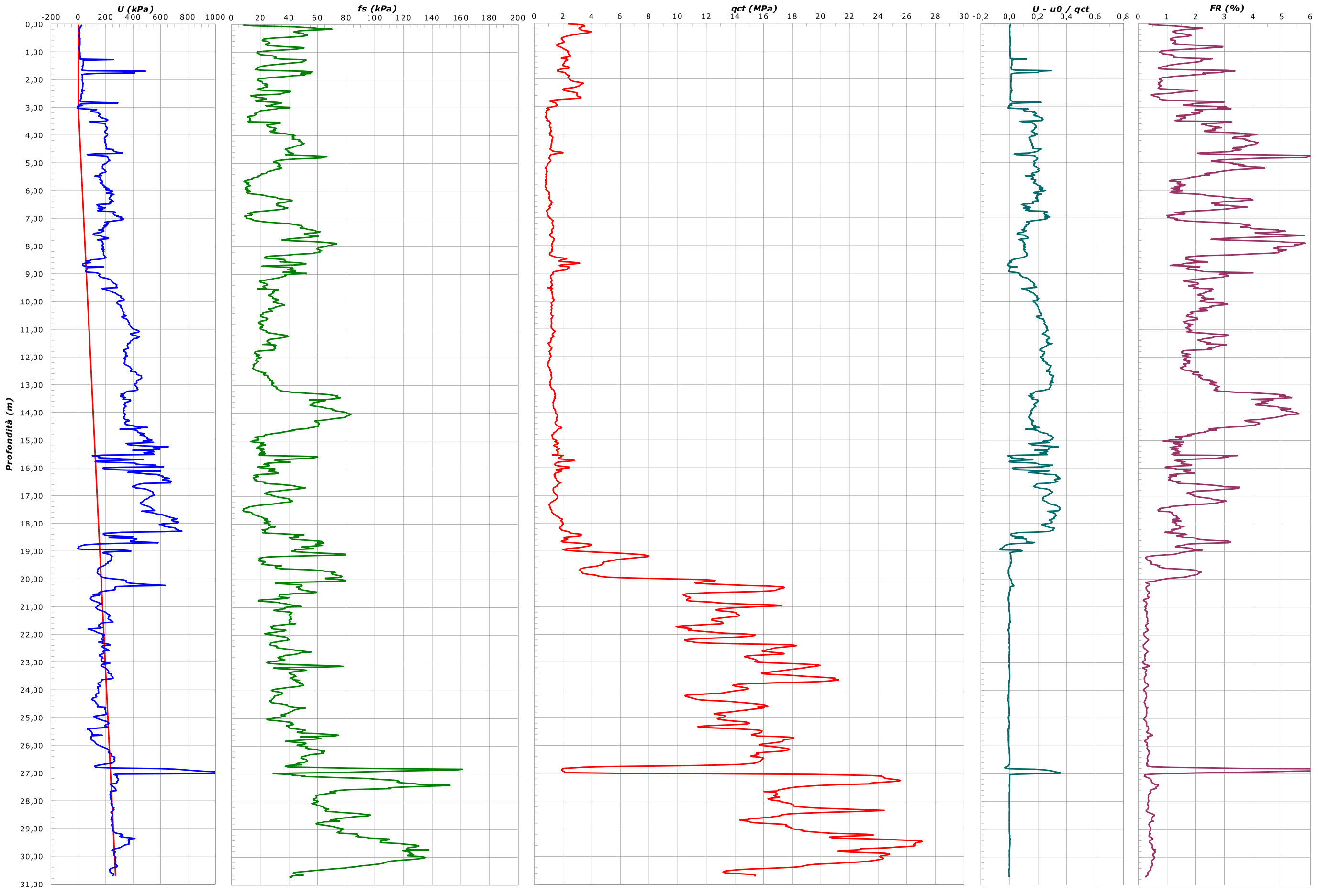


TABELLA DI CALCOLO VELOCITA' ONDE S

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N° 1

piezocone depth	seismic data acquisition depth	distance source S-wave triaxial geophone (L)	arrival time S-wave (t)	Vs to travel L	L2 - L1	t2 - t1	Vs for each level (L2 - L1)/(t2 - t1)
m	m	m	s	m/s	m	s	m/s
0,00	0,00	0,00	0,0000				
3,50	3,20	3,42	0,0286	119	3,42	0,0286	119
6,50	6,20	6,32	0,0658	96	2,90	0,0372	78
9,50	9,20	9,28	0,0922	101	2,96	0,0264	112
12,50	12,20	12,26	0,1105	111	2,98	0,0183	163
15,50	15,20	15,25	0,1240	123	2,99	0,0135	221
18,50	18,20	18,24	0,1370	133	2,99	0,0130	230
21,50	21,20	21,23	0,1526	139	2,99	0,0156	192
24,50	24,20	24,23	0,1639	148	3,00	0,0113	265
27,50	27,20	27,23	0,1779	153	3,00	0,0140	214
30,50	30,20	30,22	0,1898	159	3,00	0,0119	252

V_{s30} = 159 ± 5 m/s

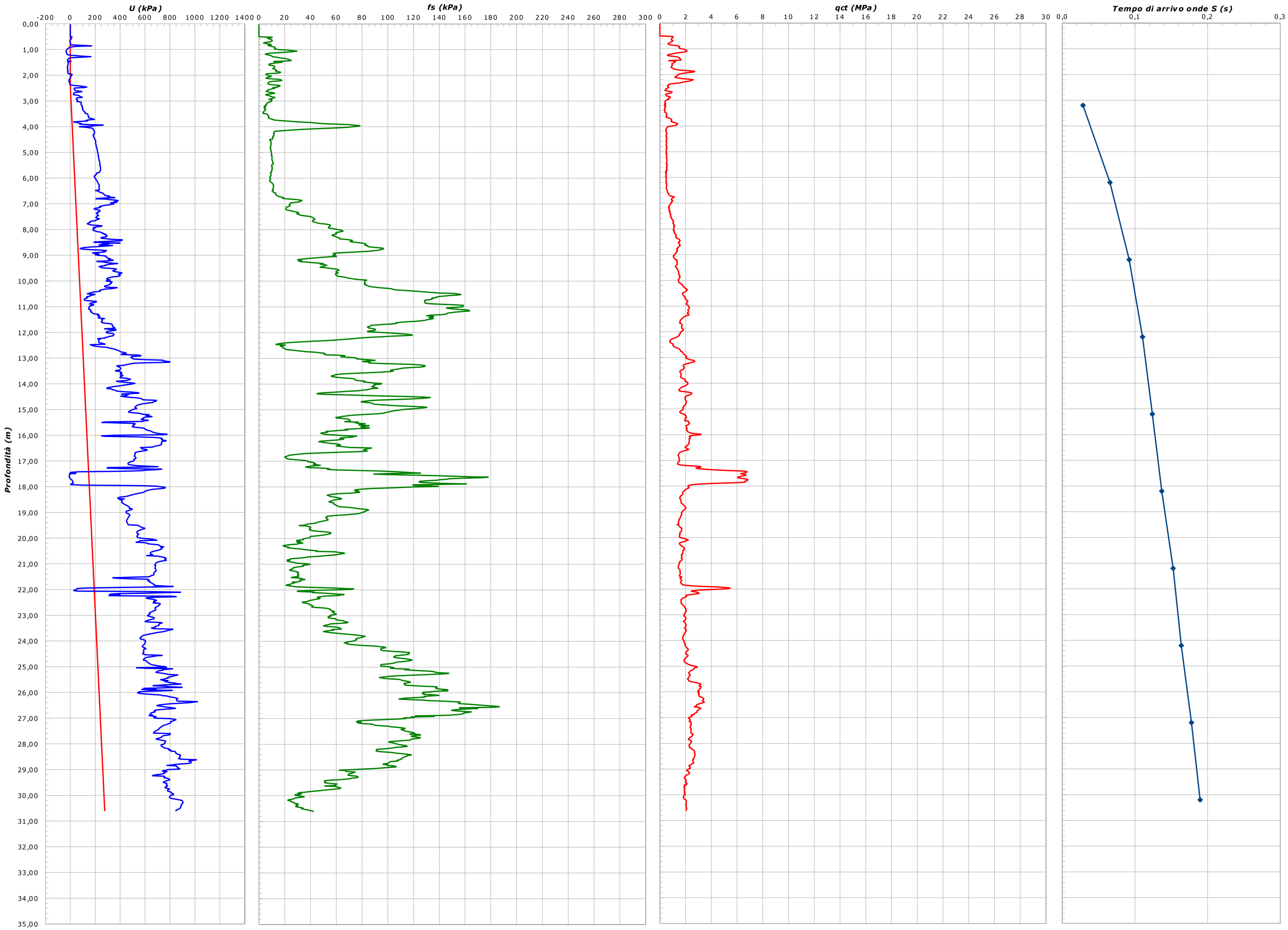
PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	1	PROF. FALDA (m da p.c.)	2,40	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)		NOTE:
DATA	20 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,50	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	

Vs30 =159 ± 5 m/s

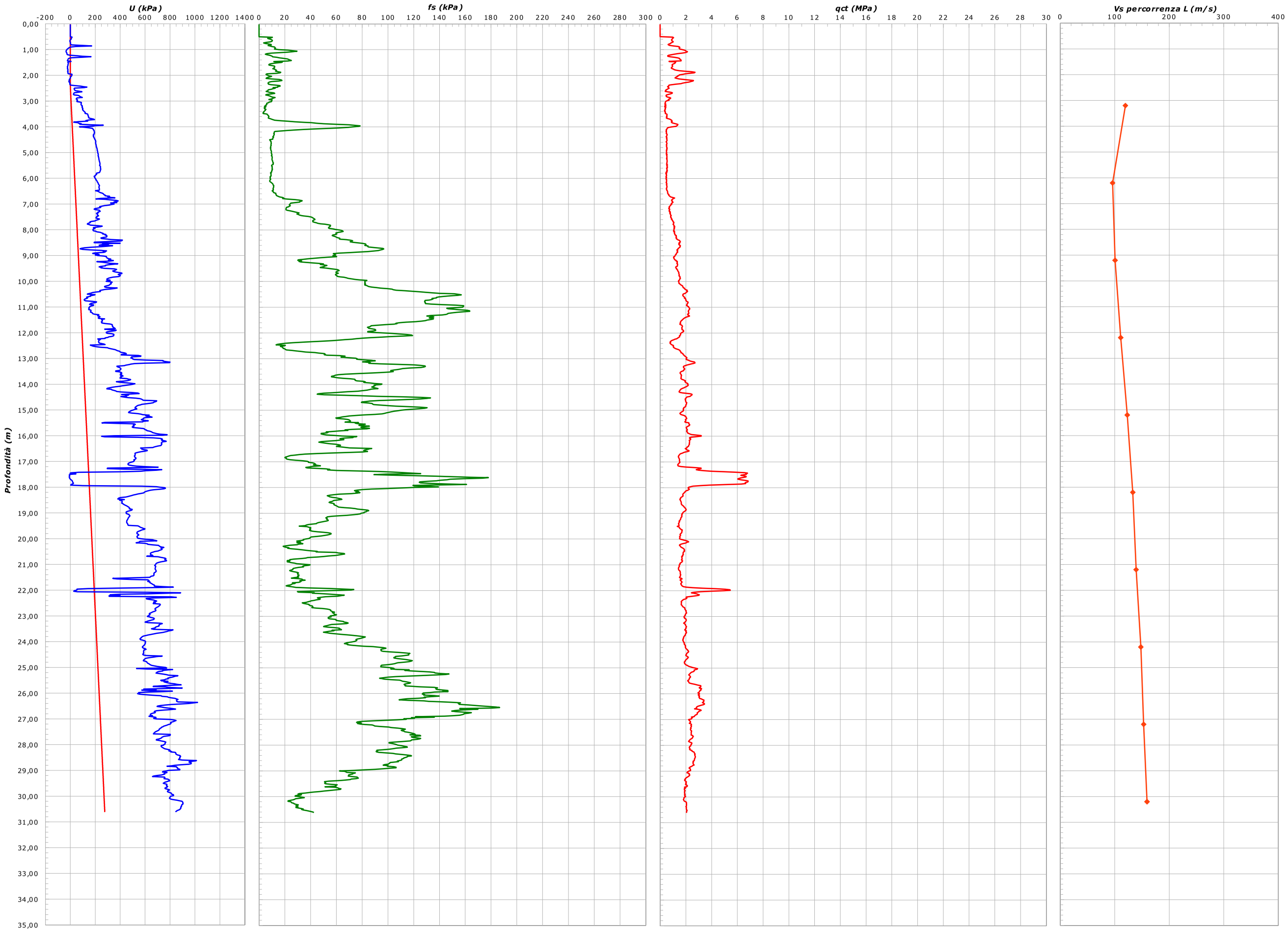


PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	1	PROF. FALDA (m da p.c.)	2,40	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =159 ± 5 m/s**
DATA	20 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,50	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	

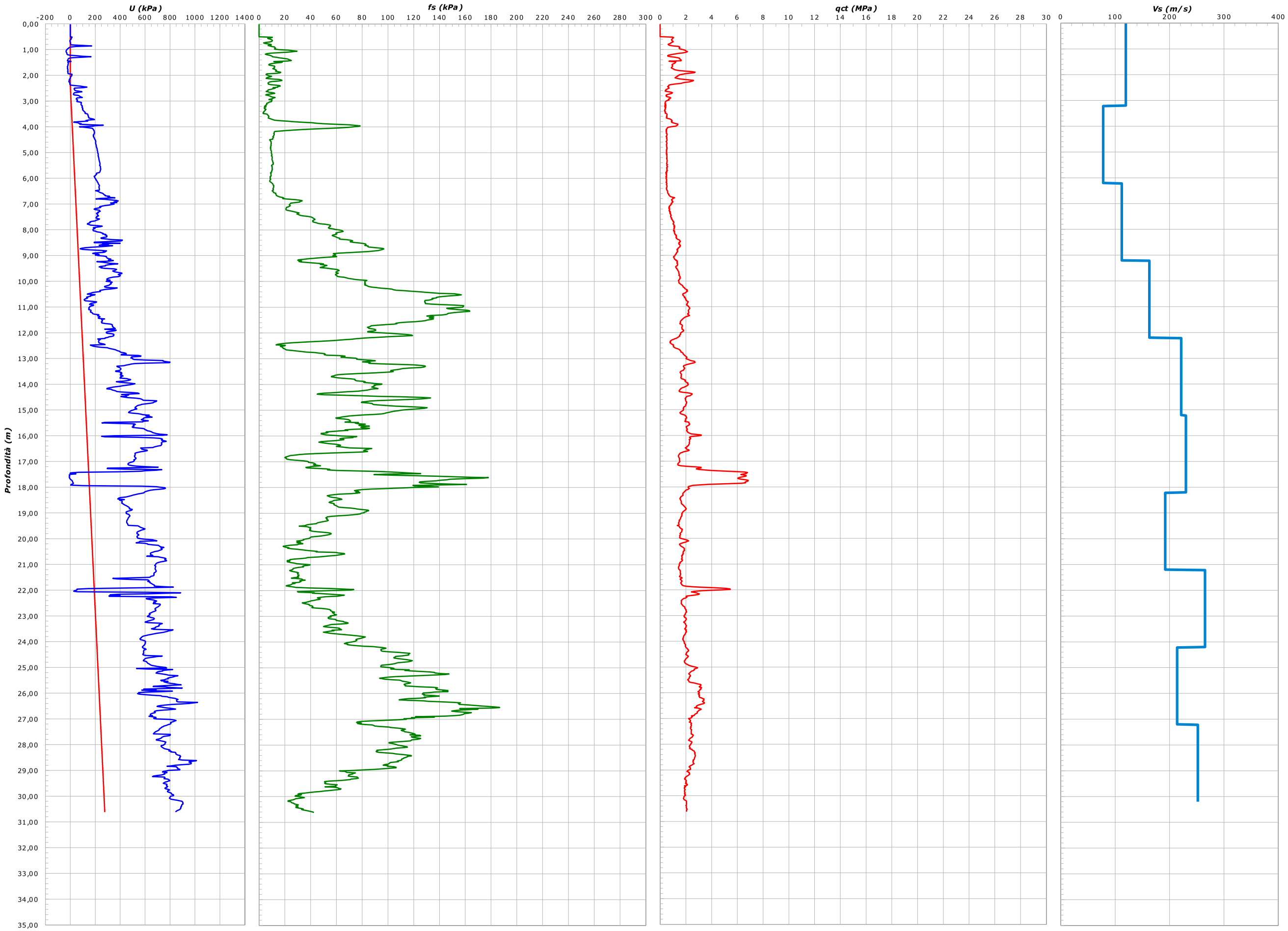


PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	1	PROF. FALDA (m da p.c.)	2,40	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =159 ± 5 m/s**
DATA	20 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,50	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	1	PROF. FALDA (m da p.c.)	2,40	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =159 ± 5 m/s**
DATA	20 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,50	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	

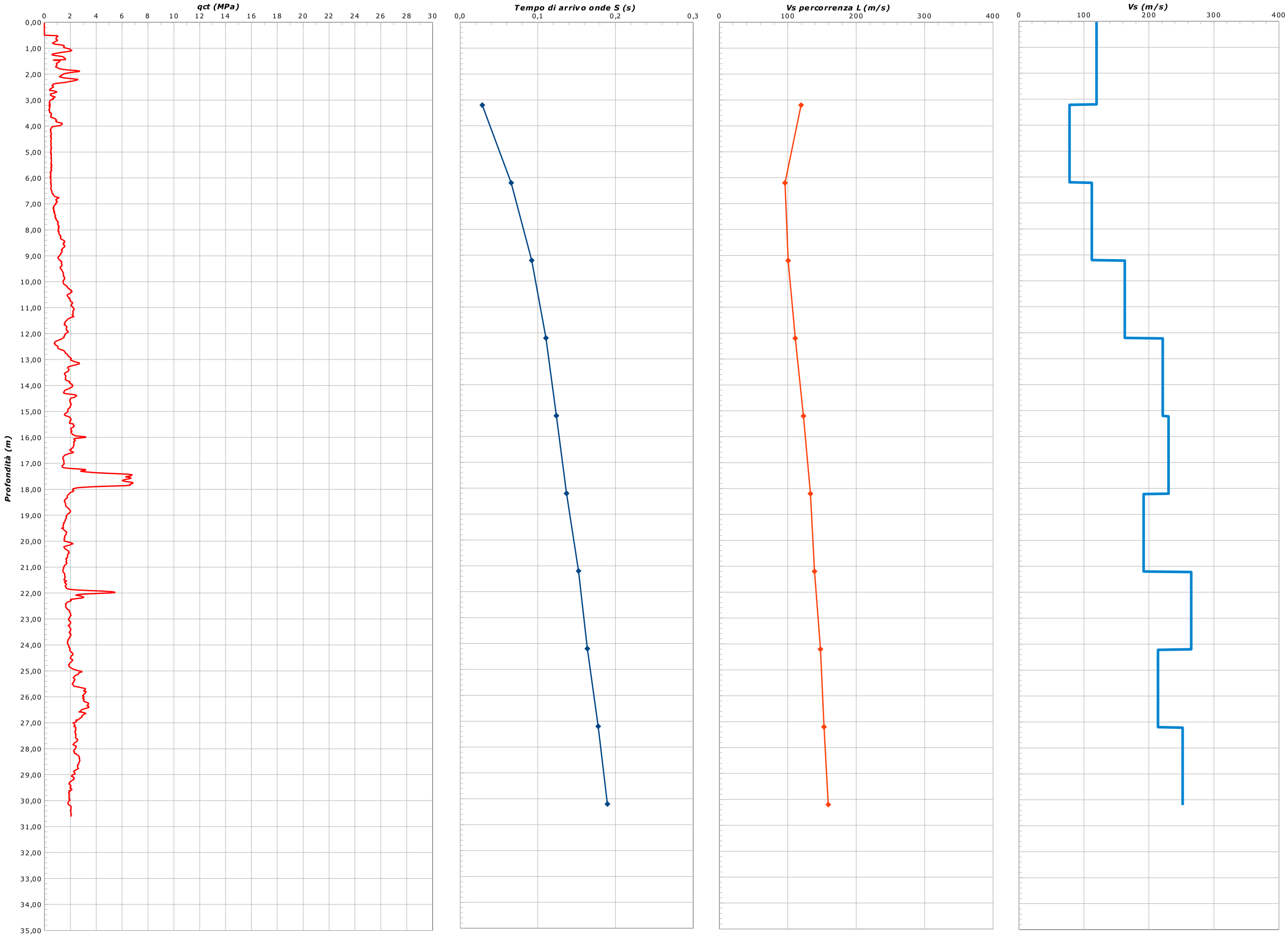


TABELLA DI CALCOLO VELOCITA' ONDE S

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N° 2

piezocone depth	seismic data acquisition depth	distance source S-wave triaxial geophone (L)	arrival time S-wave (t)	Vs to travel L	L2 - L1	t2 - t1	Vs for each level (L2 - L1)/(t2 - t1)
m	m	m	s	m/s	m	s	m/s
0,00	0,00	0,00	0,0000				
3,48	3,18	3,40	0,0200	170	3,40	0,0200	170
6,48	6,18	6,30	0,0432	146	2,90	0,0232	125
9,48	9,18	9,26	0,0631	147	2,96	0,0199	149
12,48	12,18	12,24	0,0750	163	2,98	0,0119	250
15,48	15,18	15,23	0,0911	167	2,99	0,0161	186
18,48	18,18	18,22	0,1025	178	2,99	0,0114	262
21,48	21,18	21,21	0,1159	183	2,99	0,0134	223
24,48	24,18	24,21	0,1337	181	3,00	0,0178	168
27,48	27,18	27,21	0,1472	185	3,00	0,0135	222
29,48	29,18	29,20	0,1543	189	2,00	0,0071	281

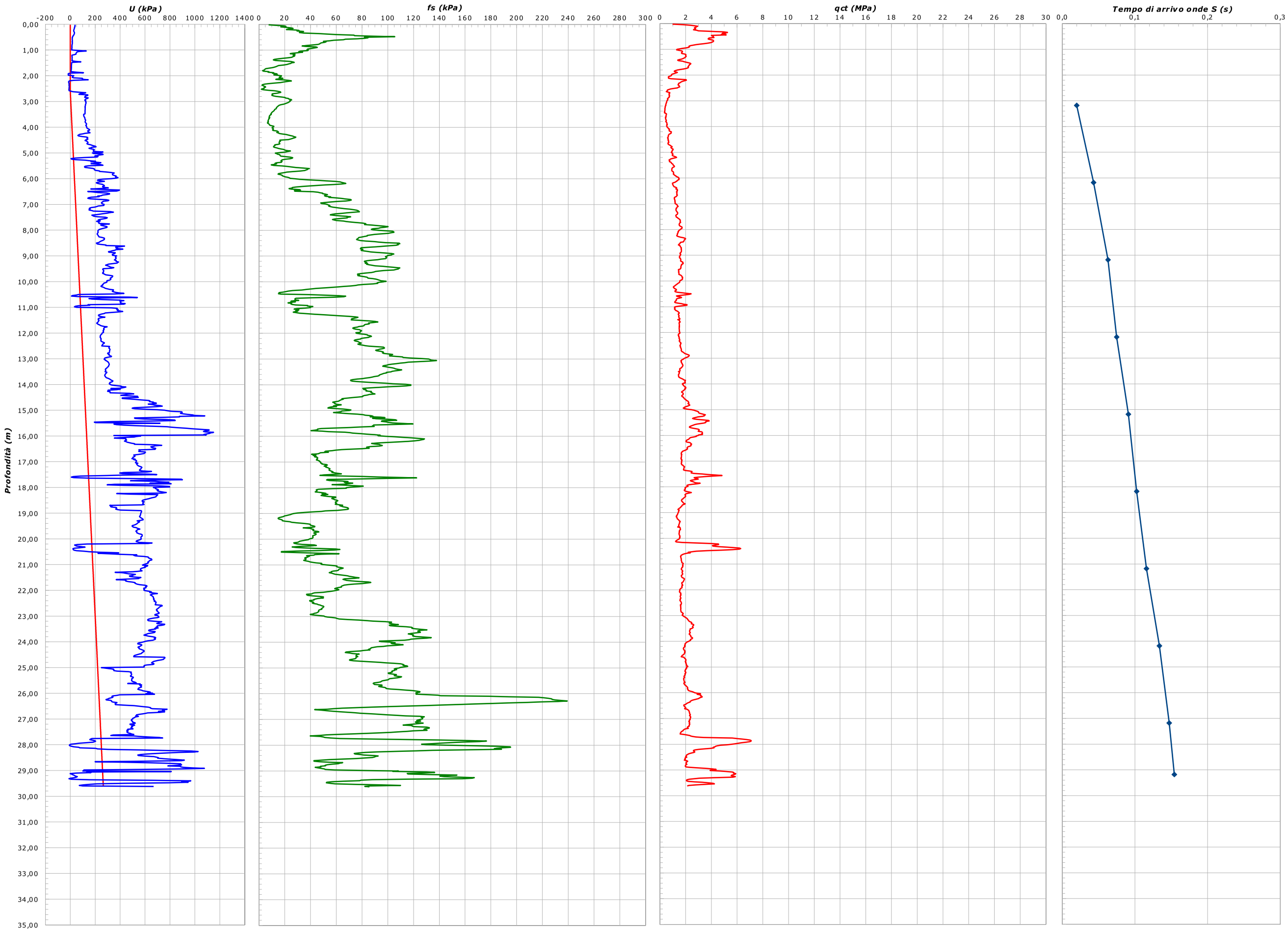
V_{s30} = 189 ± 5 m/s

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	2	PROF. FALDA (m da p.c.)	2,60	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =189 ± 5 m/s**
DATA	20 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,00	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	

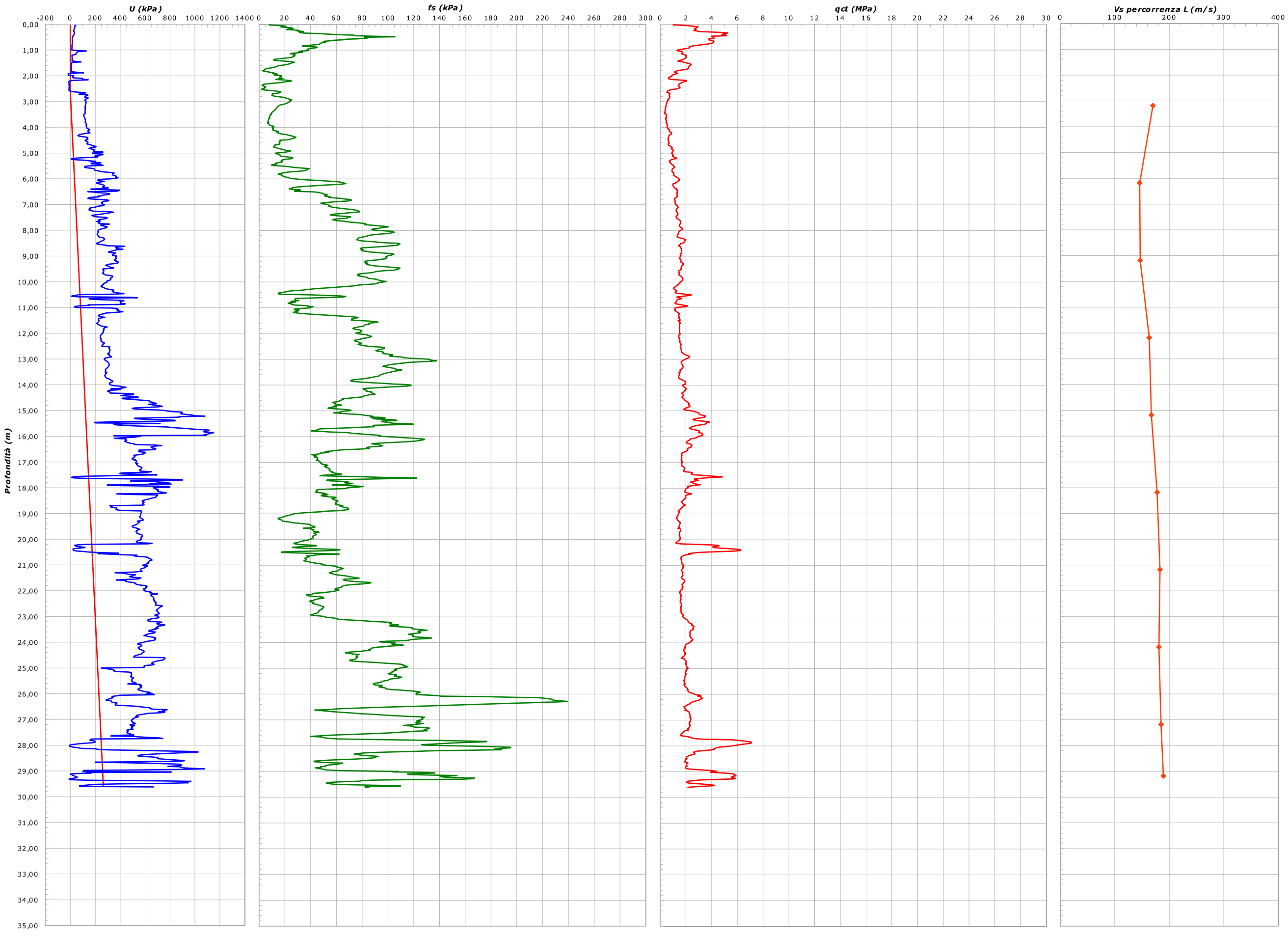


PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	2	PROF. FALDA (m da p.c.)	2,60	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =189 ± 5 m/s**
DATA	20 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,00	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	

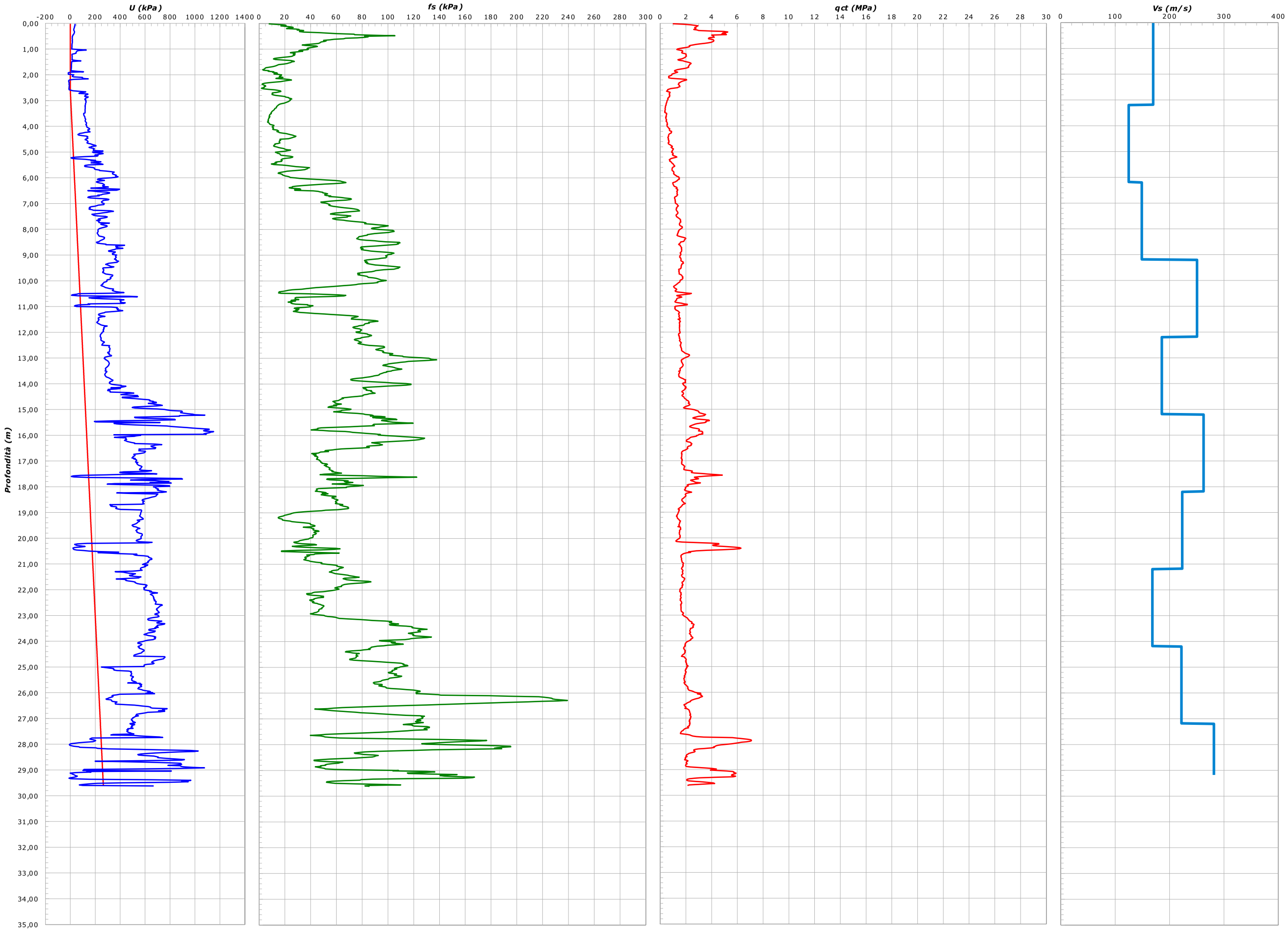


PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	2	PROF. FALDA (m da p.c.)	2,60	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =189 ± 5 m/s**
DATA	20 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,00	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	2	PROF. FALDA (m da p.c.)	2,60	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =189 ± 5 m/s**
DATA	20 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,00	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	

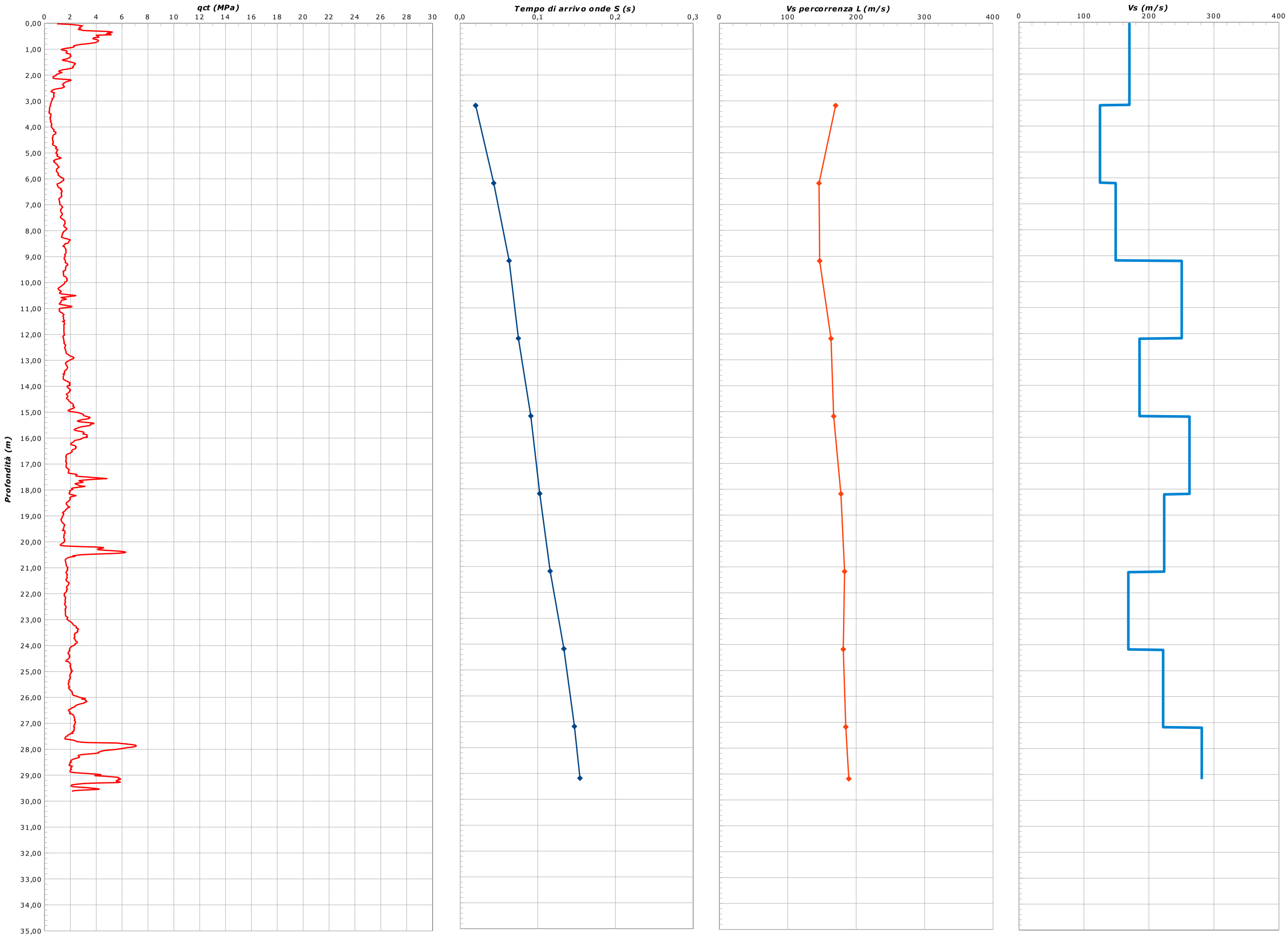


TABELLA DI CALCOLO VELOCITA' ONDE S

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N° 3

piezocone depth	seismic data acquisition depth	distance source S-wave triaxial geophone (L)	arrival time S-wave (t)	Vs to travel L	L2 - L1	t2 - t1	Vs for each level (L2 - L1)/(t2 - t1)
m	m	m	s	m/s	m	s	m/s
0,00	0,00	0,00	0,0000				
3,50	3,20	3,42	0,0181	189	3,42	0,0181	189
6,50	6,20	6,32	0,0367	172	2,90	0,0186	156
9,50	9,20	9,28	0,0580	160	2,96	0,0213	139
12,50	12,20	12,26	0,0786	156	2,98	0,0206	145
15,50	15,20	15,25	0,0965	158	2,99	0,0179	167
18,50	18,20	18,24	0,1092	167	2,99	0,0127	235
21,50	21,20	21,23	0,1235	172	2,99	0,0142	210
24,50	24,20	24,23	0,1394	174	3,00	0,0159	188
27,50	27,20	27,23	0,1504	181	3,00	0,0111	271
30,50	30,20	30,22	0,1634	185	3,00	0,0129	231

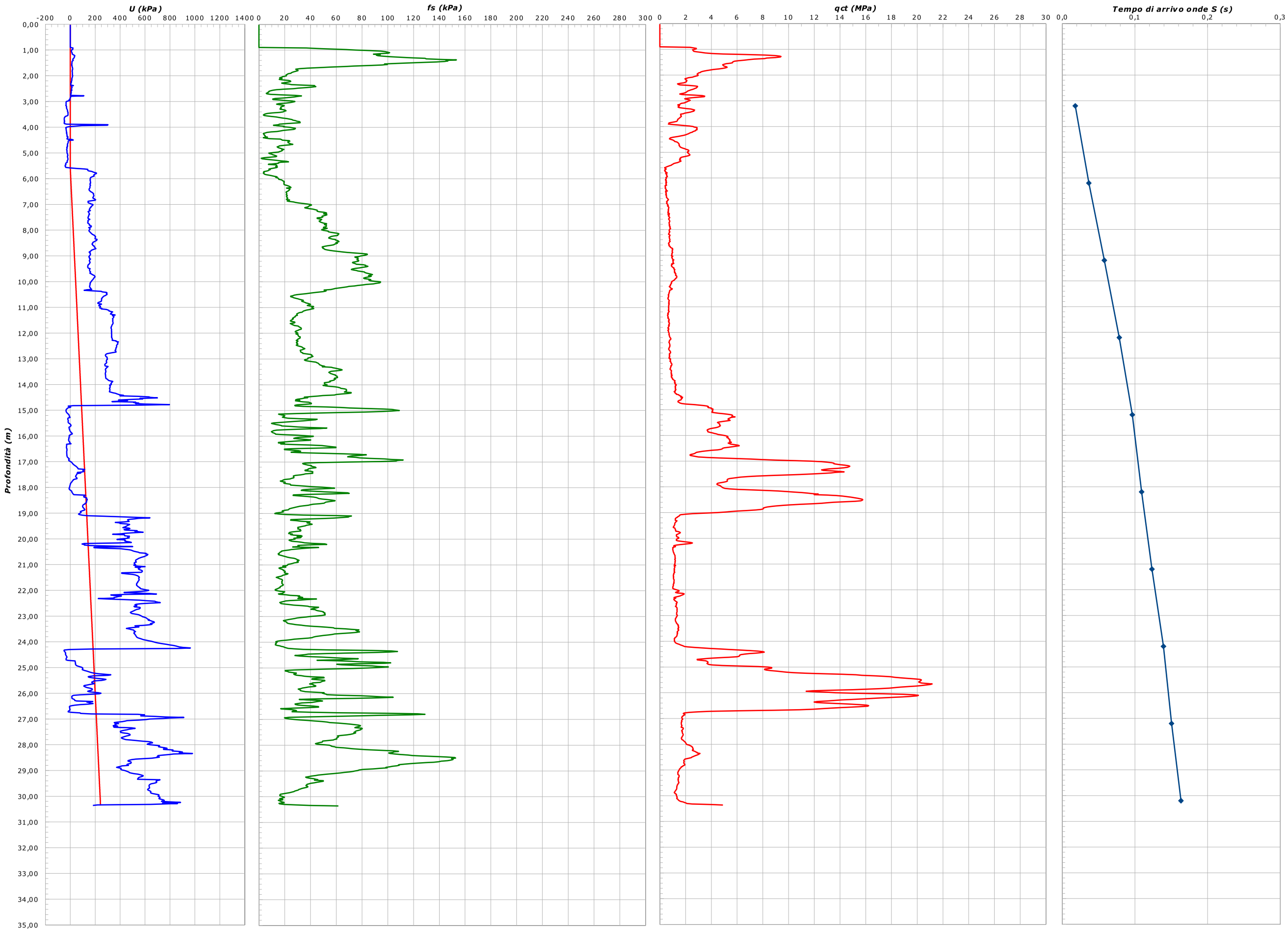
V_{s30} = 185 ± 5 m/s

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	3	PROF. FALDA (m da p.c.)	5,60	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =185 ± 5 m/s**
DATA	19 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,90	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	

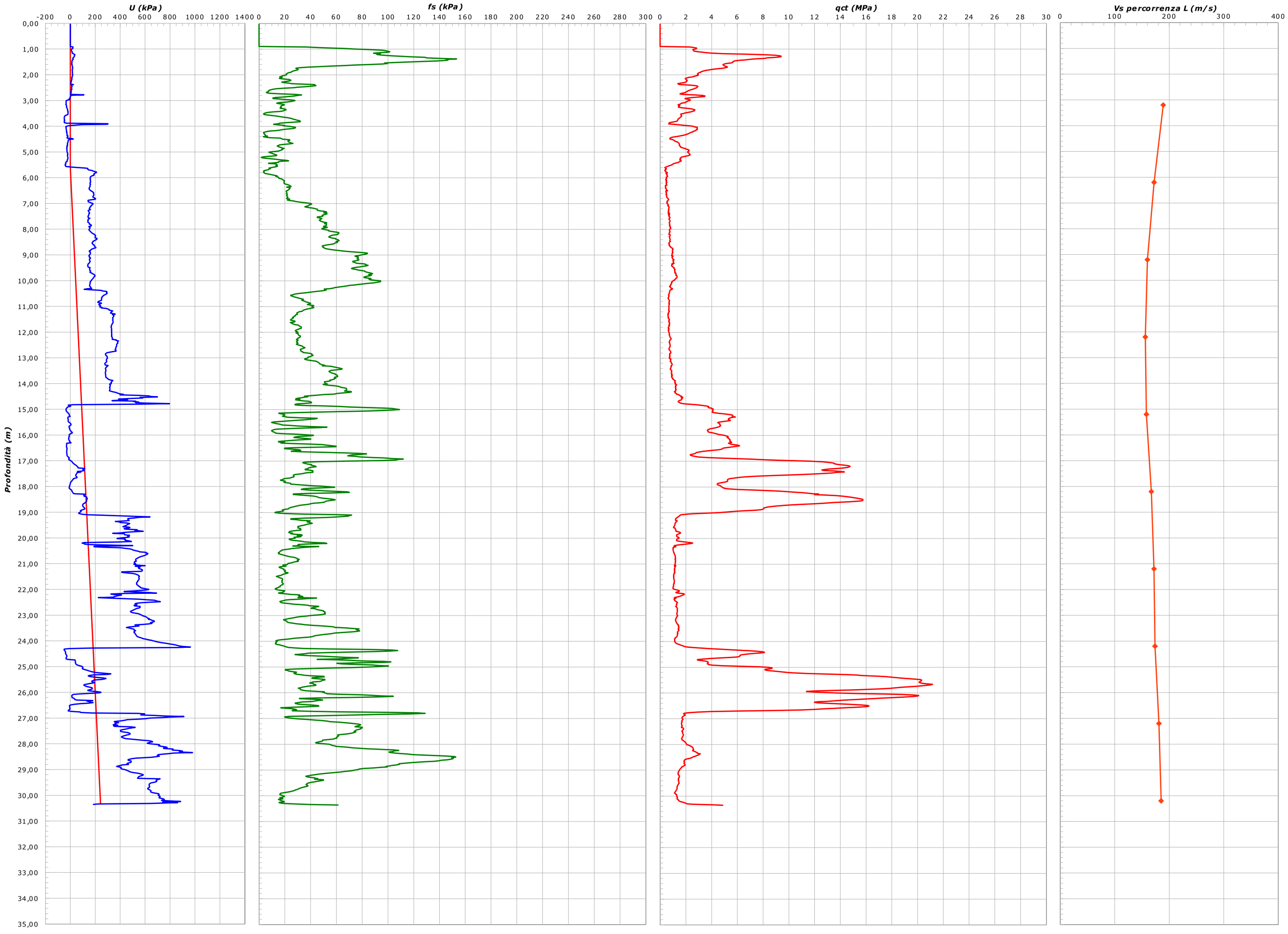


PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	3	PROF. FALDA (m da p.c.)	5,60	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =185 ± 5 m/s**
DATA	19 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,90	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	

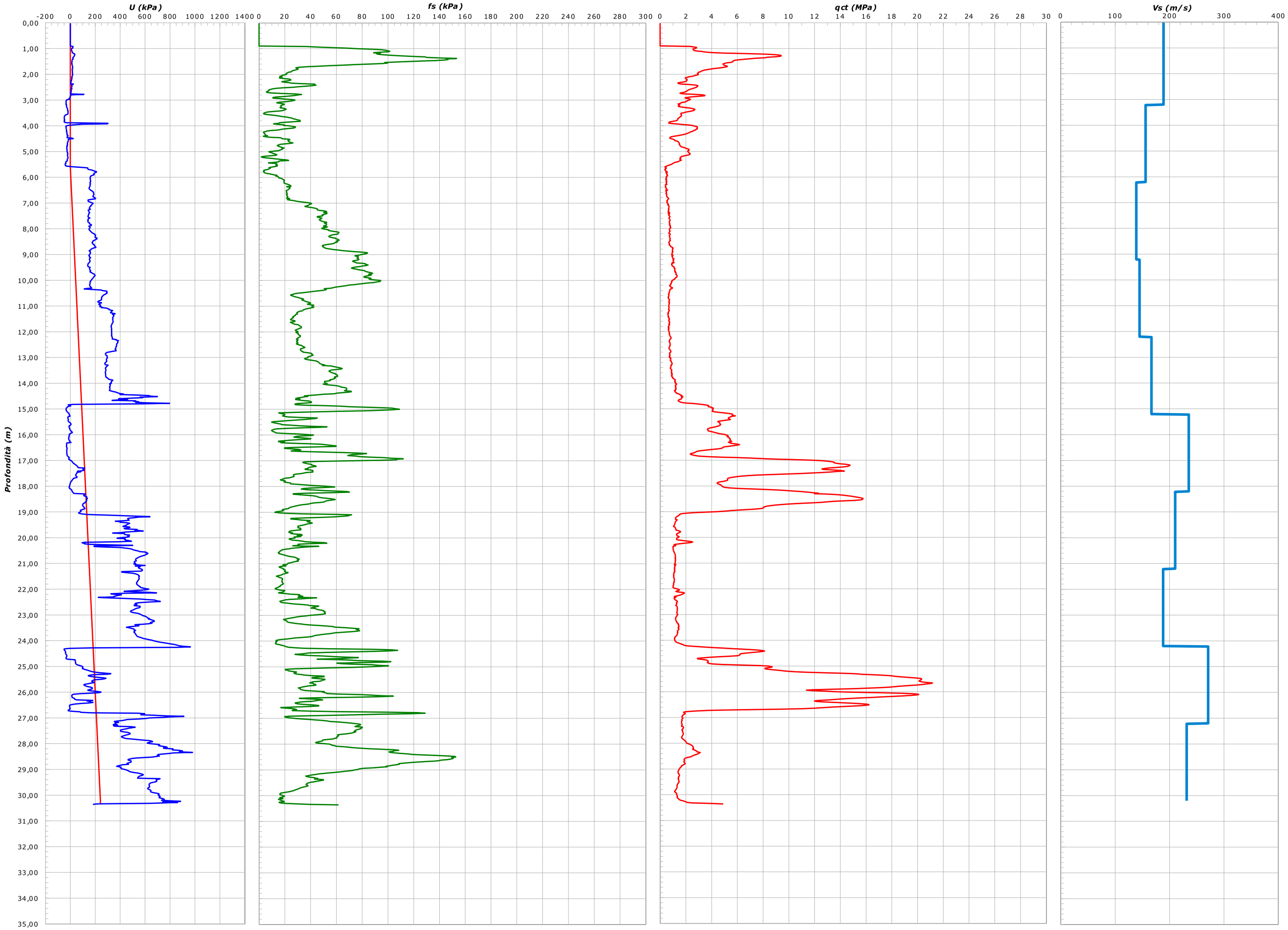


PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	3	PROF. FALDA (m da p.c.)	5,60	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =185 ± 5 m/s**
DATA	19 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,90	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	3	PROF. FALDA (m da p.c.)	5,60	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =185 ± 5 m/s**
DATA	19 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,90	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	

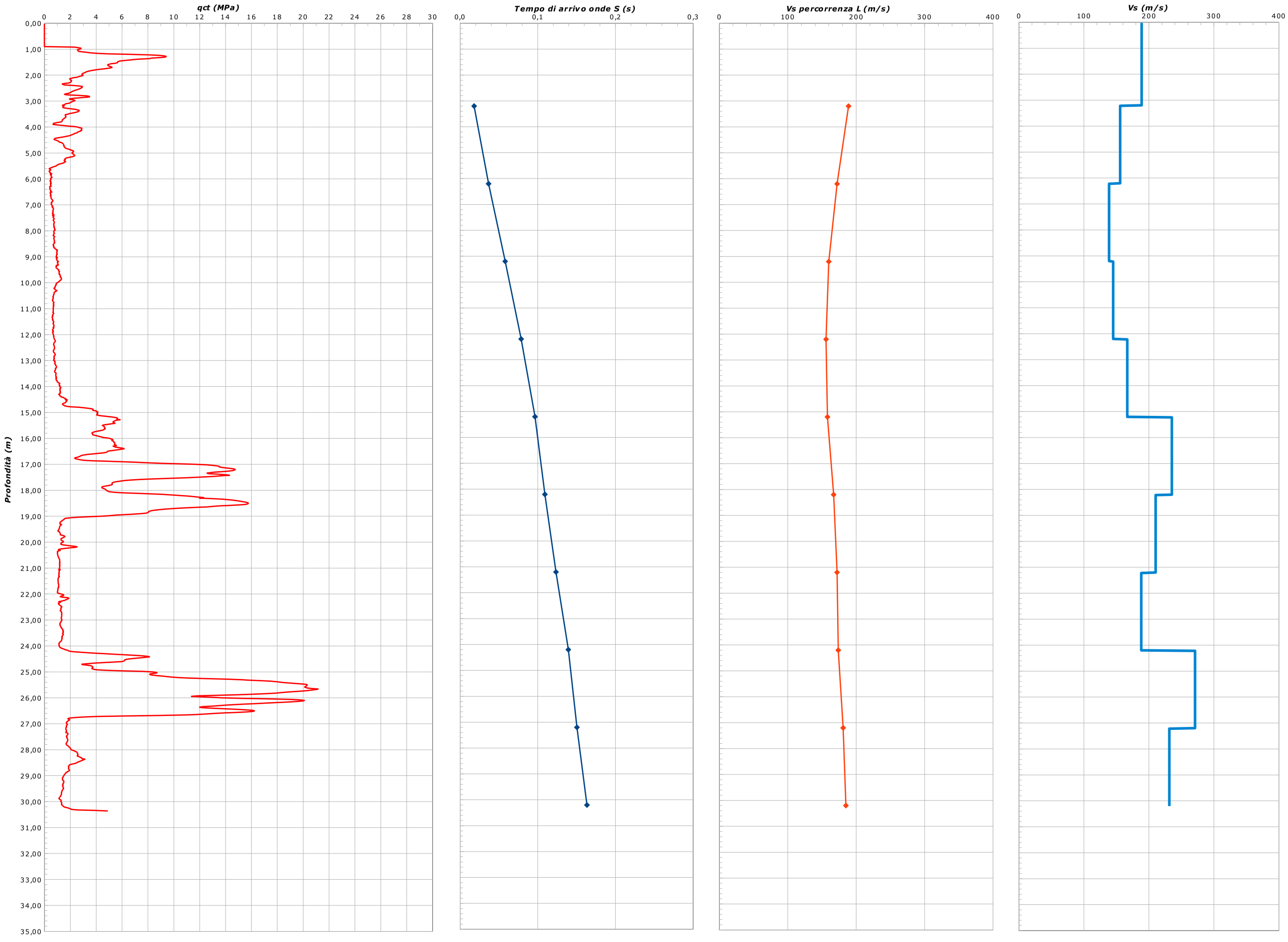


TABELLA DI CALCOLO VELOCITA' ONDE S

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N° 4

piezocone depth	seismic data acquisition depth	distance source S-wave triaxial geophone (L)	arrival time S-wave (t)	Vs to travel L	L2 - L1	t2 - t1	Vs for each level (L2 - L1)/(t2 - t1)
m	m	m	s	m/s	m	s	m/s
0,00	0,00	0,00	0,0000				
3,50	3,20	3,42	0,0248	138	3,42	0,0248	138
6,50	6,20	6,32	0,0523	121	2,90	0,0275	105
9,50	9,20	9,28	0,0777	119	2,96	0,0254	117
12,50	12,20	12,26	0,1025	120	2,98	0,0248	120
15,50	15,20	15,25	0,1219	125	2,99	0,0194	154
18,50	18,20	18,24	0,1327	137	2,99	0,0108	277
21,50	21,20	21,23	0,1440	147	2,99	0,0113	265
24,50	24,20	24,23	0,1602	151	3,00	0,0162	185
27,50	27,20	27,23	0,1737	157	3,00	0,0135	222
30,50	30,20	30,22	0,1942	156	3,00	0,0205	146

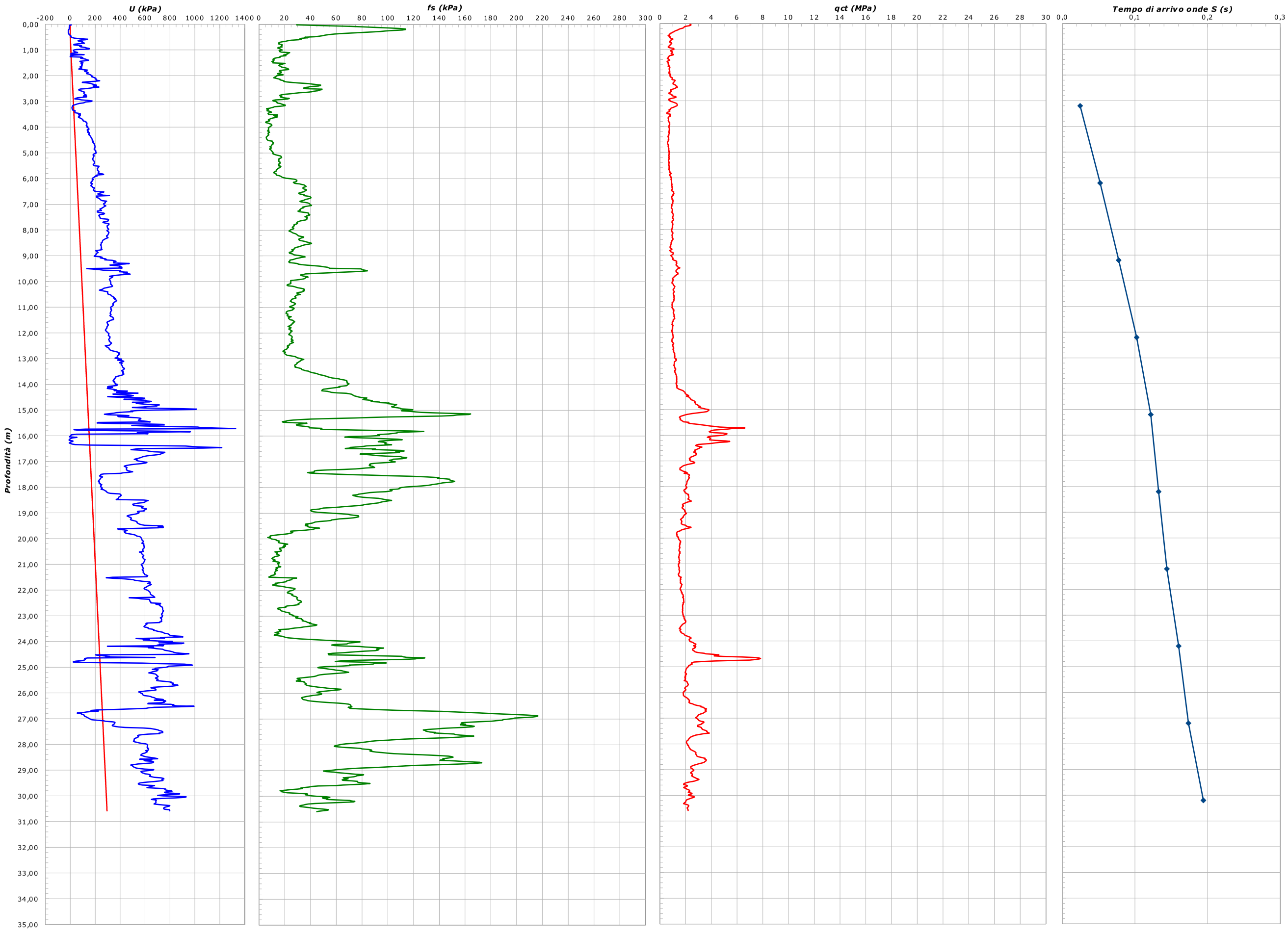
V_{s30} = 155 ± 5 m/s

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	4	PROF. FALDA (m da p.c.)	0,50	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =155 ± 5 m/s**
DATA	21 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,00	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	

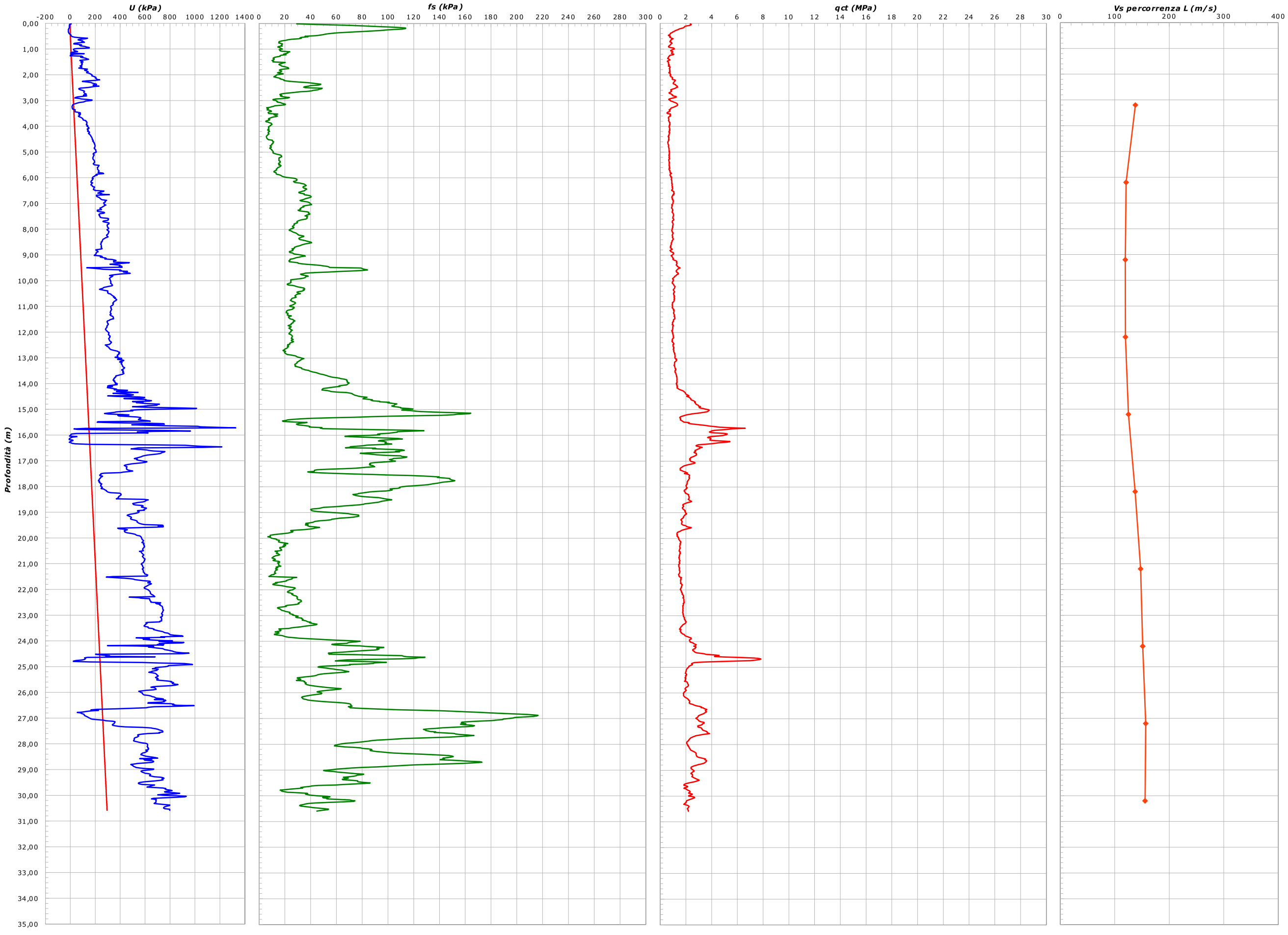


PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	4	PROF. FALDA (m da p.c.)	0,50	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =155 ± 5 m/s**
DATA	21 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,00	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	

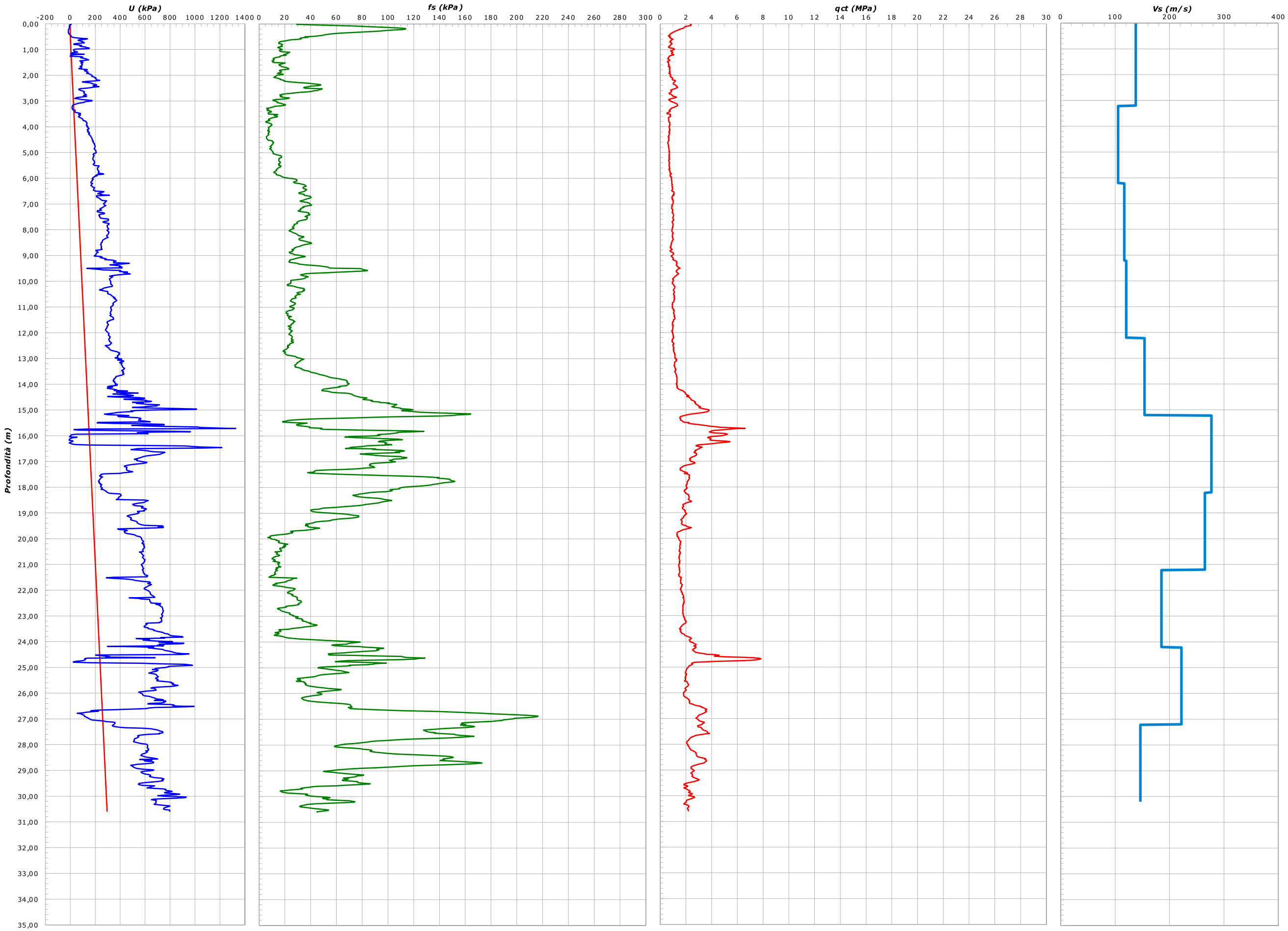


PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	4	PROF. FALDA (m da p.c.)	0,50	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =155 ± 5 m/s**
DATA	21 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,00	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	4	PROF. FALDA (m da p.c.)	0,50	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =155 ± 5 m/s**
DATA	21 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,00	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	

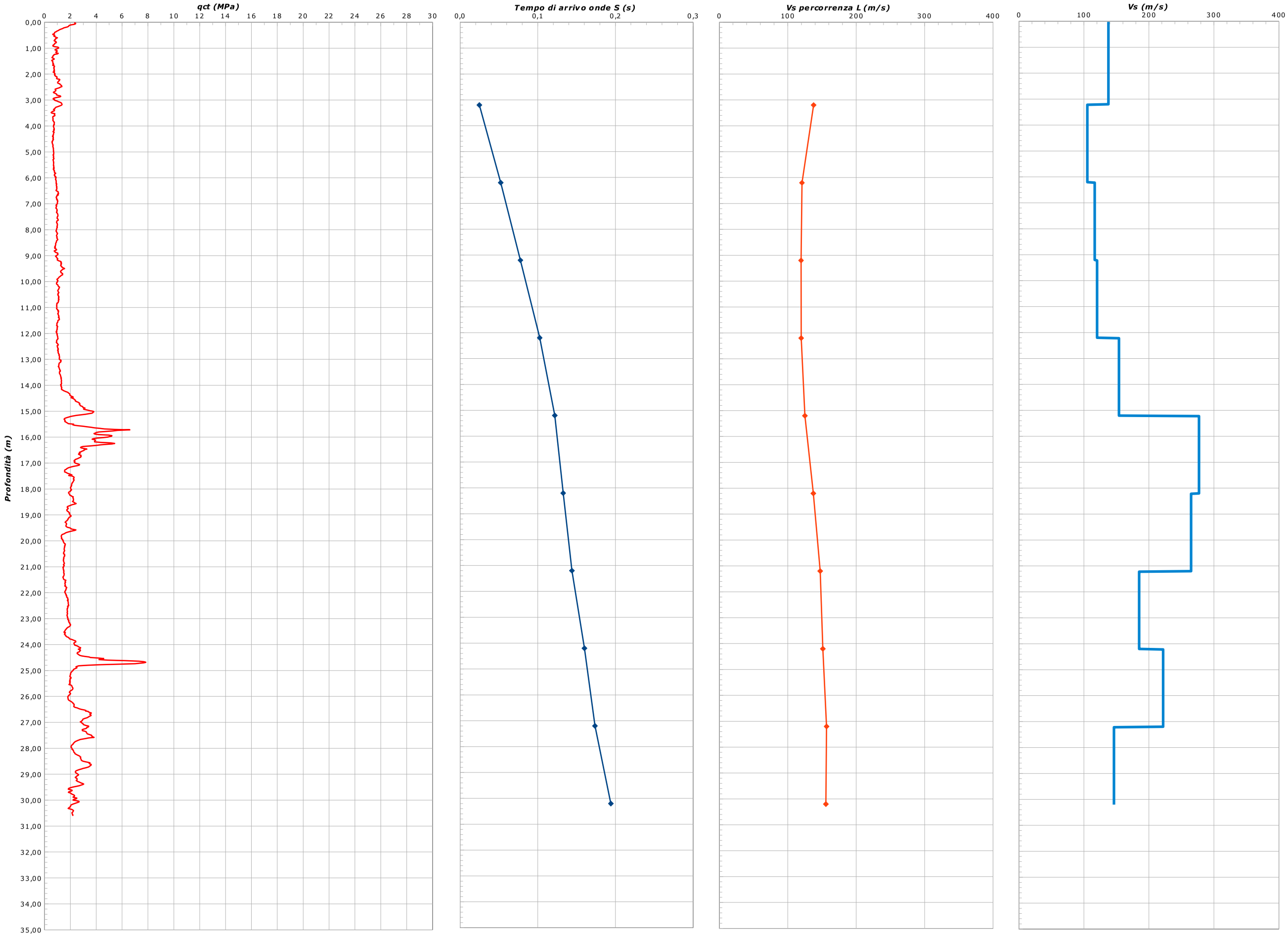


TABELLA DI CALCOLO VELOCITA' ONDE S

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N° 5

piezocone depth	seismic data acquisition depth	distance source S-wave triaxial geophone (L)	arrival time S-wave (t)	Vs to travel L	L2 - L1	t2 - t1	Vs for each level (L2 - L1)/(t2 - t1)
m	m	m	s	m/s	m	s	m/s
0,00	0,00	0,00	0,0000				
3,50	3,20	3,42	0,0189	181	3,42	0,0189	181
6,50	6,20	6,32	0,0394	160	2,90	0,0205	141
9,50	9,20	9,28	0,0550	169	2,96	0,0156	190
12,50	12,20	12,26	0,0733	167	2,98	0,0183	163
15,50	15,20	15,25	0,0901	169	2,99	0,0168	178
18,50	18,20	18,24	0,1046	174	2,99	0,0145	206
21,50	21,20	21,23	0,1159	183	2,99	0,0113	265
24,50	24,20	24,23	0,1273	190	3,00	0,0114	263
27,50	27,20	27,23	0,1375	198	3,00	0,0102	294
30,50	30,20	30,22	0,1494	202	3,00	0,0119	252

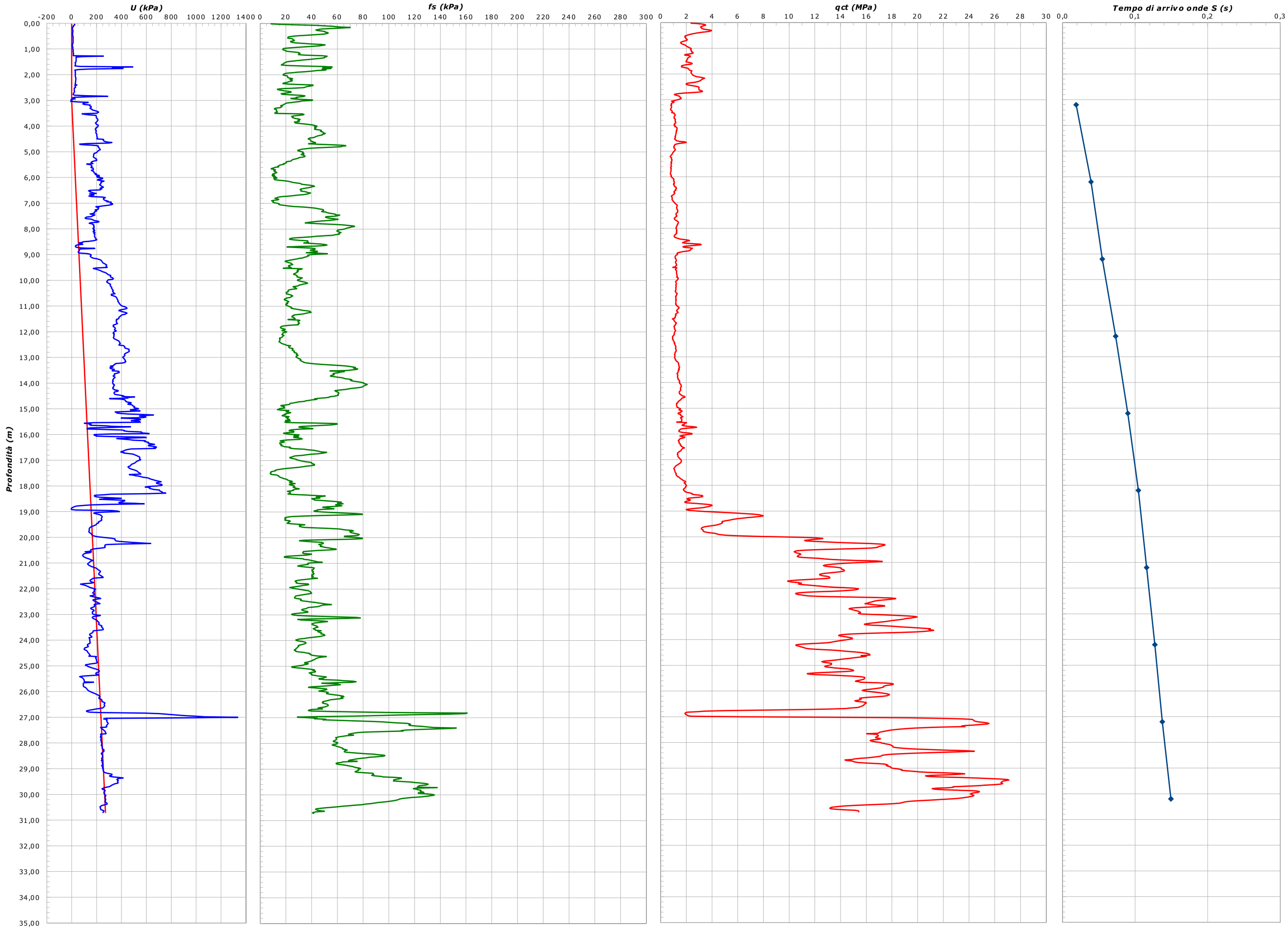
V_{s30} = 202 ± 5 m/s

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	5	PROF. FALDA (m da p.c.)	3,00	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =202 ± 5 m/s**
DATA	21 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,00	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	

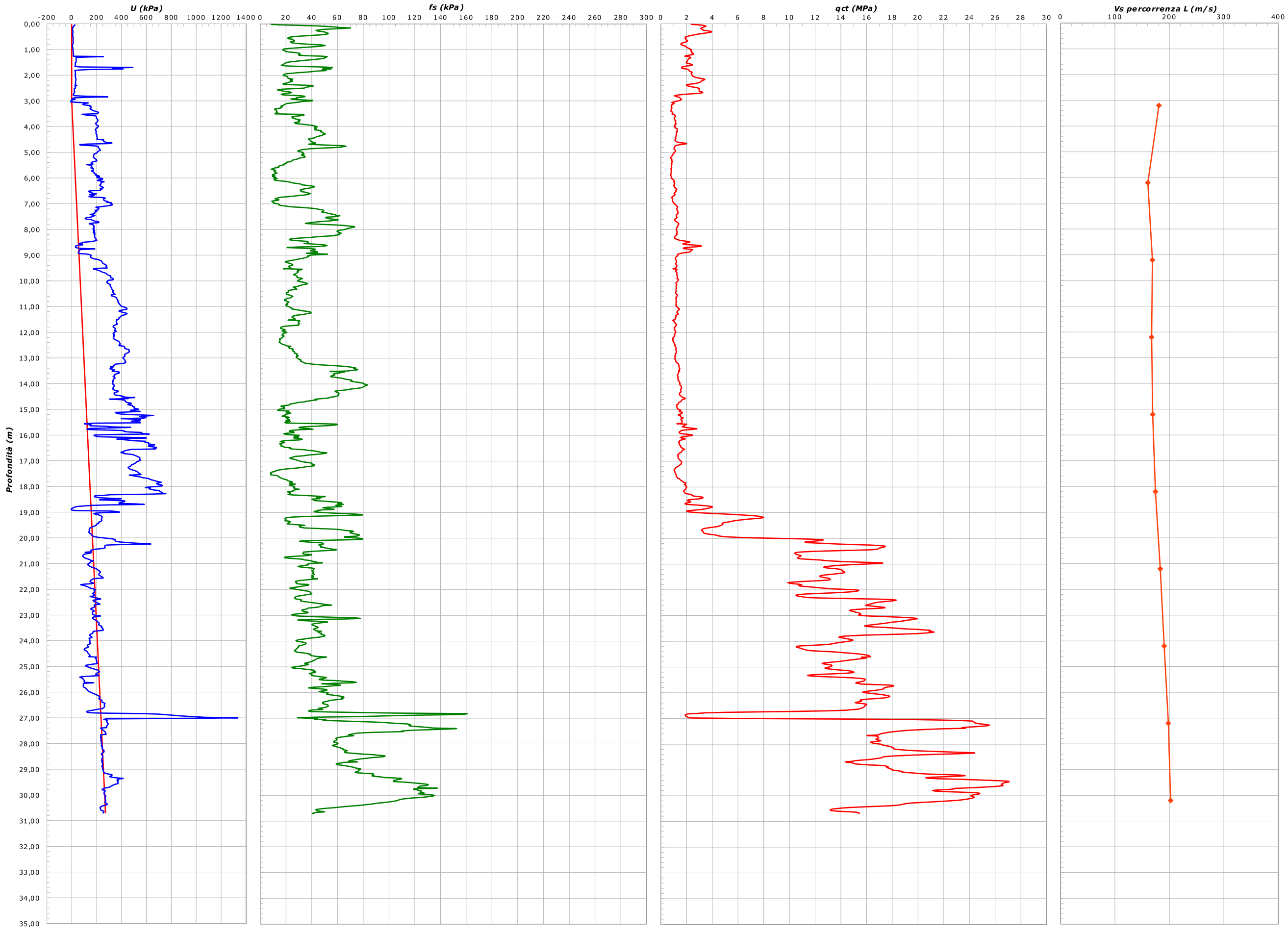


PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	5	PROF. FALDA (m da p.c.)	3,00	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =202 ± 5 m/s**
DATA	21 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,00	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	

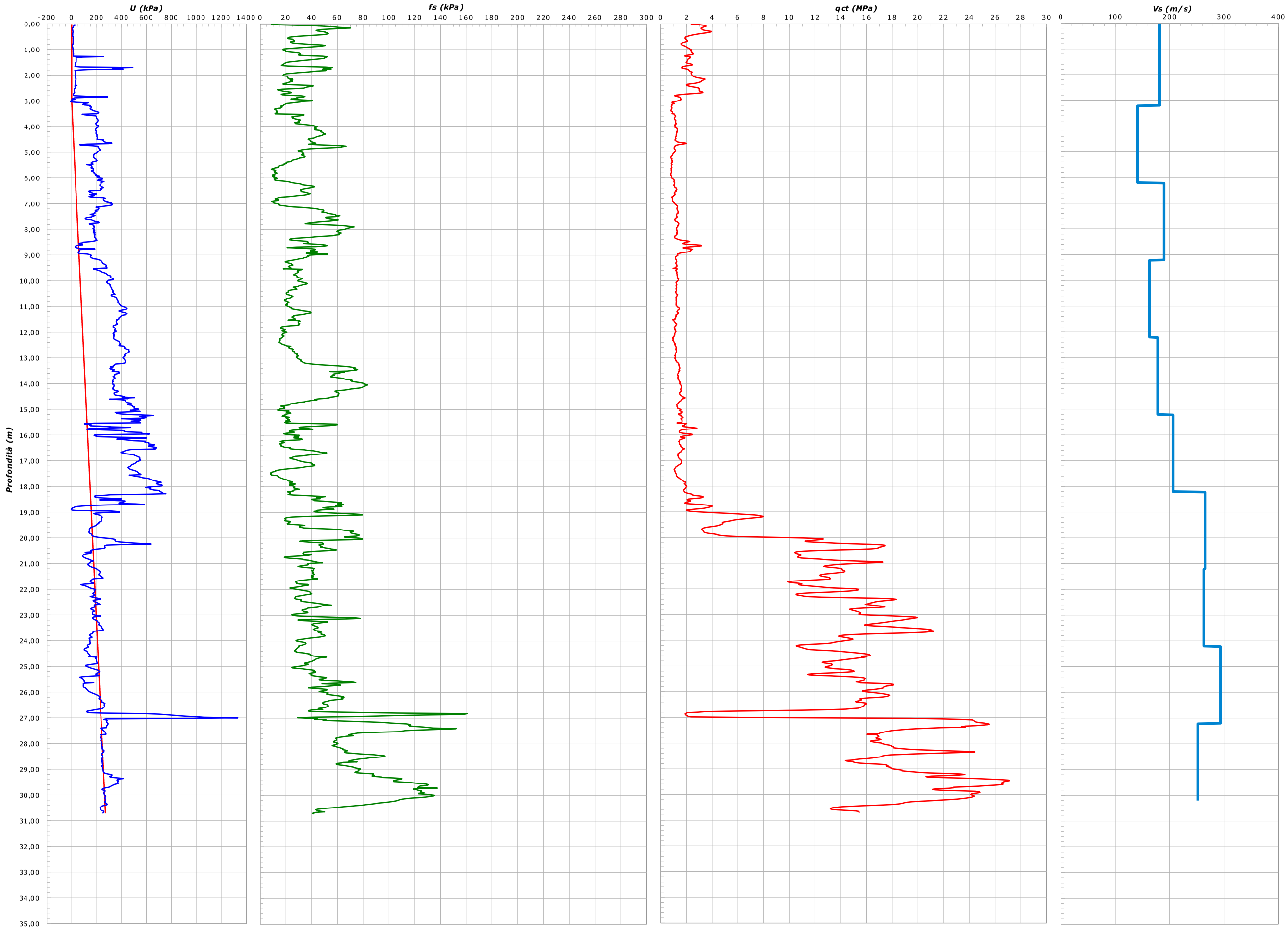


PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	5	PROF. FALDA (m da p.c.)	3,00	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =202 ± 5 m/s**
DATA	21 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,00	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	

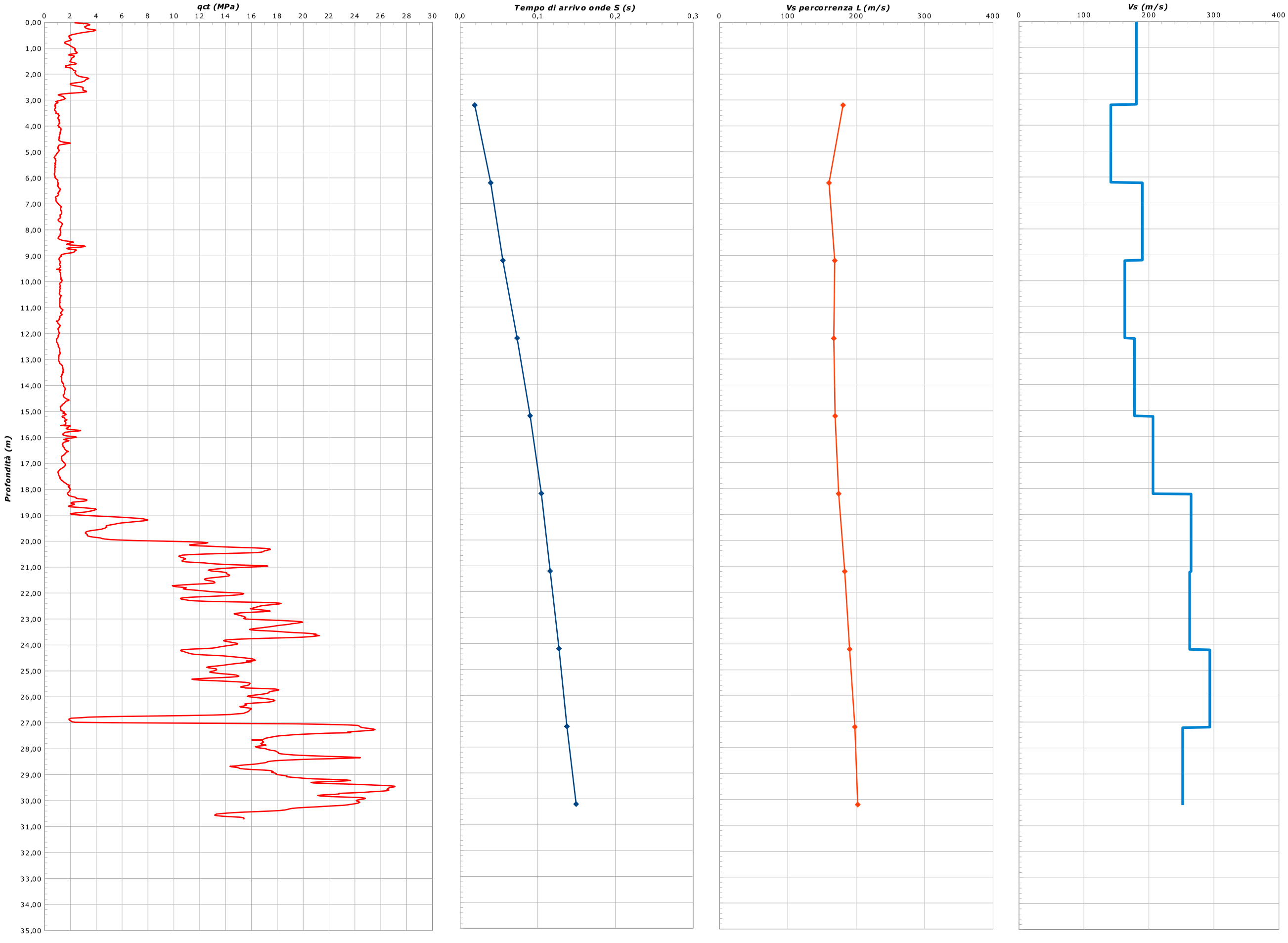


PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PIEZOCONO SISMICO

COMMITTENTE **CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI FERRARA**

CANTIERE **Lavori di completamento dell'impianto di sollevamento Ciarle, del Condotto Distributore Nord e del Condotto Distributore Sud (FE)**

SCPTU N°	5	PROF. FALDA (m da p.c.)	3,00	QUOTA p.c. (m s.l.m.m.)	NOTE:	**Vs30 =202 ± 5 m/s**
DATA	21 apr 2017	PREFORO (m da p.c.)	0,00	TIPO PUNTA	Piezocono TECNOPENTA CPL2IN s.n. 230415	



ALLEGATO D:
RISULTATI DELLE VERIFICHE A LIQUEFAZIONE

SCPTU 1

ELABORAZIONE

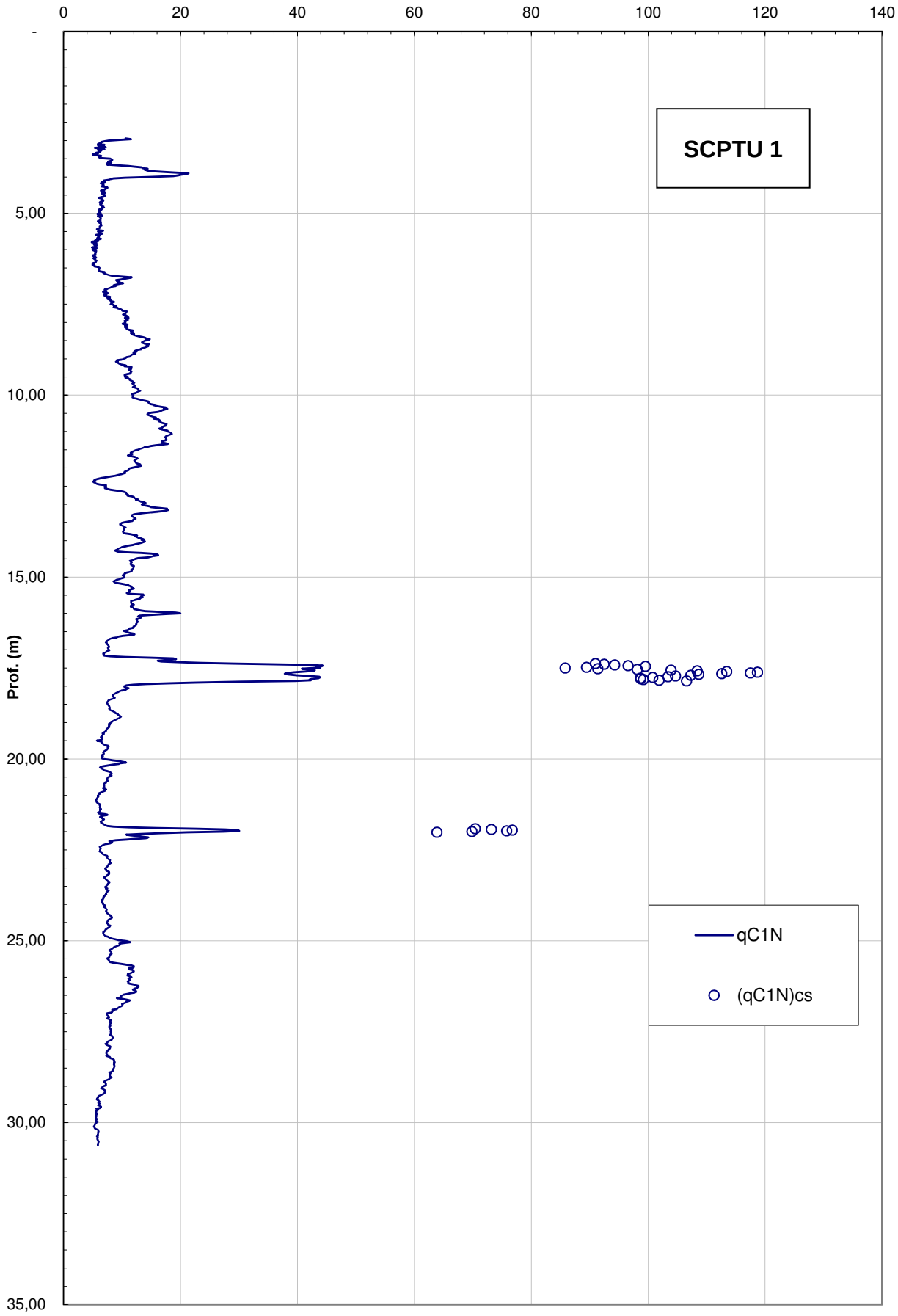
Ac	1,00	
An	1,00	
a=An/Ac	1,00	
Falda	2,40	m
gamma	19,00	KN/mc
gamma h2o	10,00	KN/mc

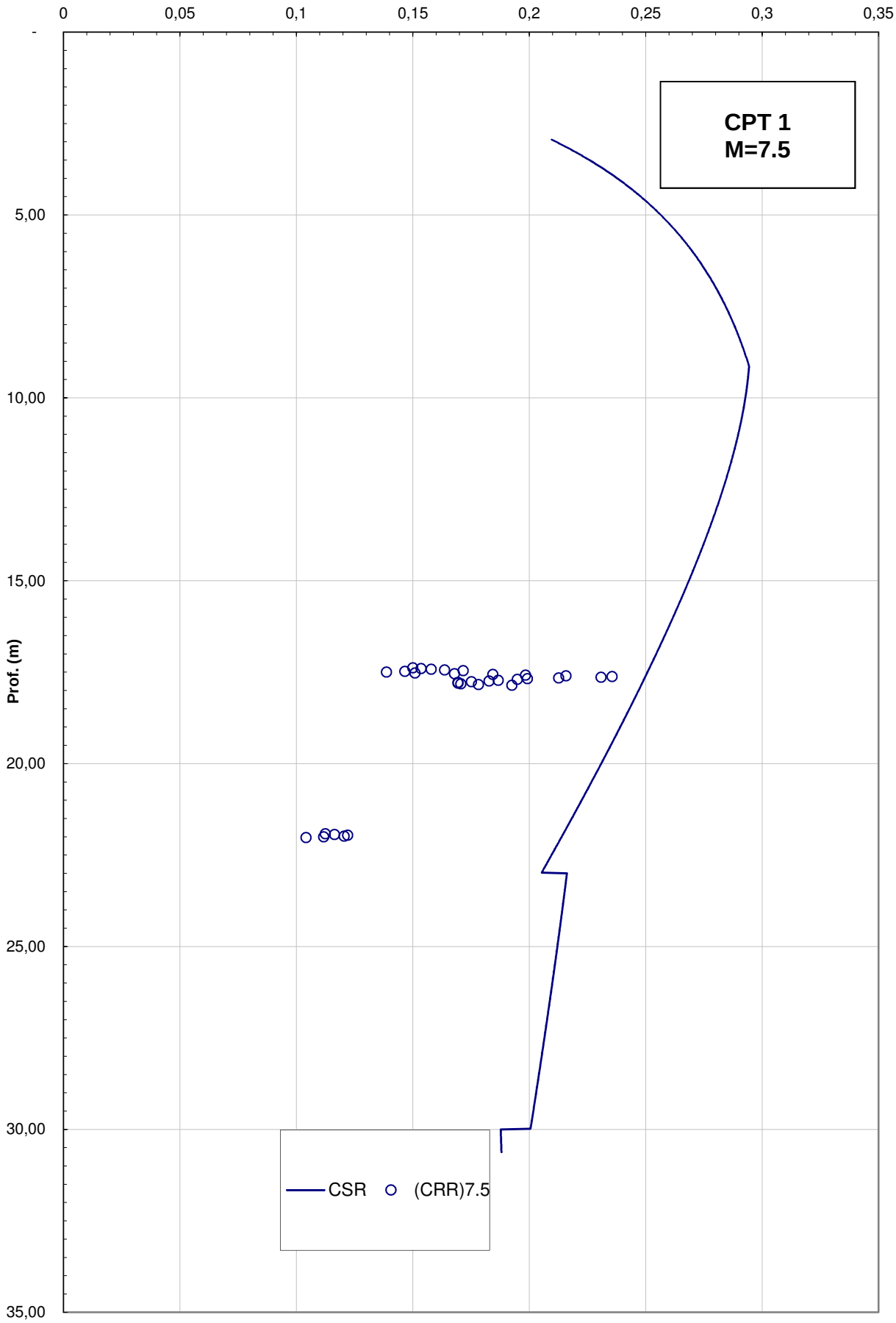
Indice del tipo di terreno, I_c	Zona	Classe di terreno
$I_c < 1.31$	7	Sabbia ghiaiosa
$1.31 < I_c < 2.05$	6	Sabbie: da pulite a limose
$2.05 < I_c < 2.60$	5	Miscele di sabbie: da sabbia limosa a limo
$2.60 < I_c < 2.95$	4	sabbioso
$2.95 < I_c < 3.60$	3	Miscele di limi: da limo argilloso a argilla
$I_c > 3.60$	2	limosa
		Argille
		Terreni organici: torbe

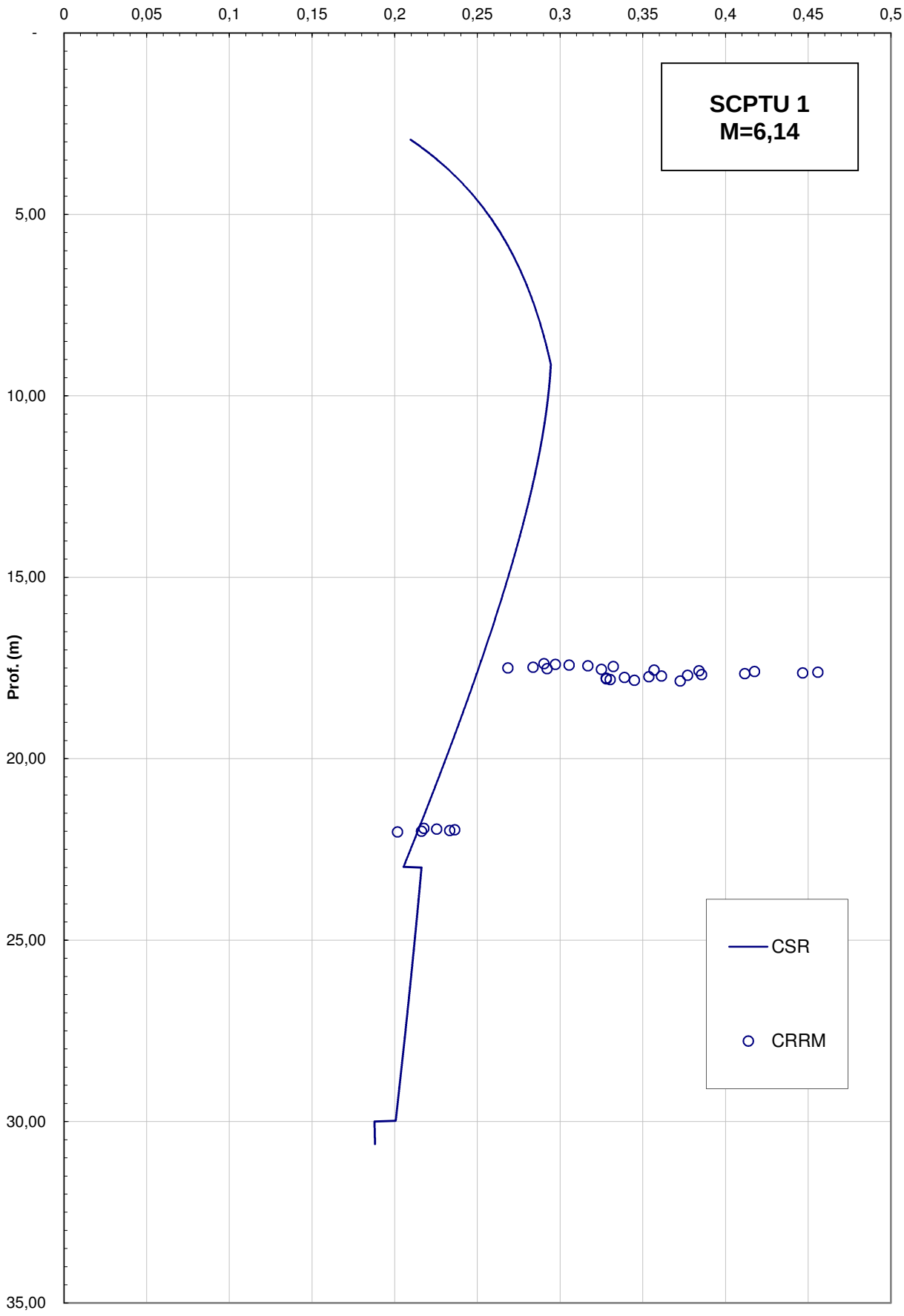
a_{max}	0,298	[m/s^2]
$r_d = 1 - 0.00765 \times z$	per z < 9.15 m	
$r_d = 1.174 - 0.0267 \times z$	per 9.15 < z < 23 m	
$r_d = 0.774 - 0.008 \times z$	per 23 < z < 30 m	
$r_d = 0.5$	per z>30m	

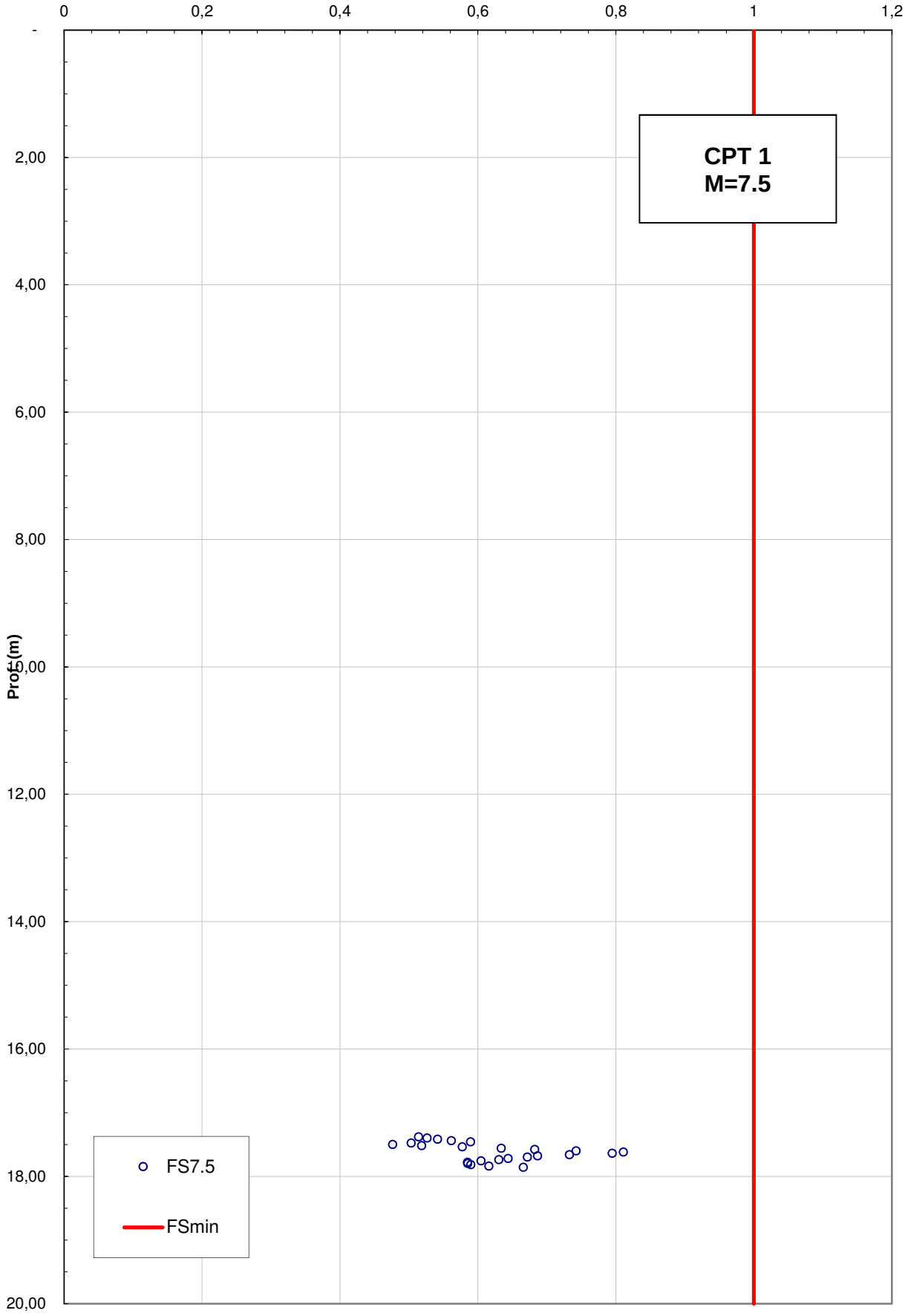
pressione atmosferica	100,00	kPa	
esponente n per Cq	0,50		
M	6,14		magnitudo di progetto
MSF1	1,26	Seed e Idriss (1982)	
MSF2	1,94	Andrus e Stokoe (1997)	
K_α	1,00		
FS	0,00	1,00	
	20,00	1,00	

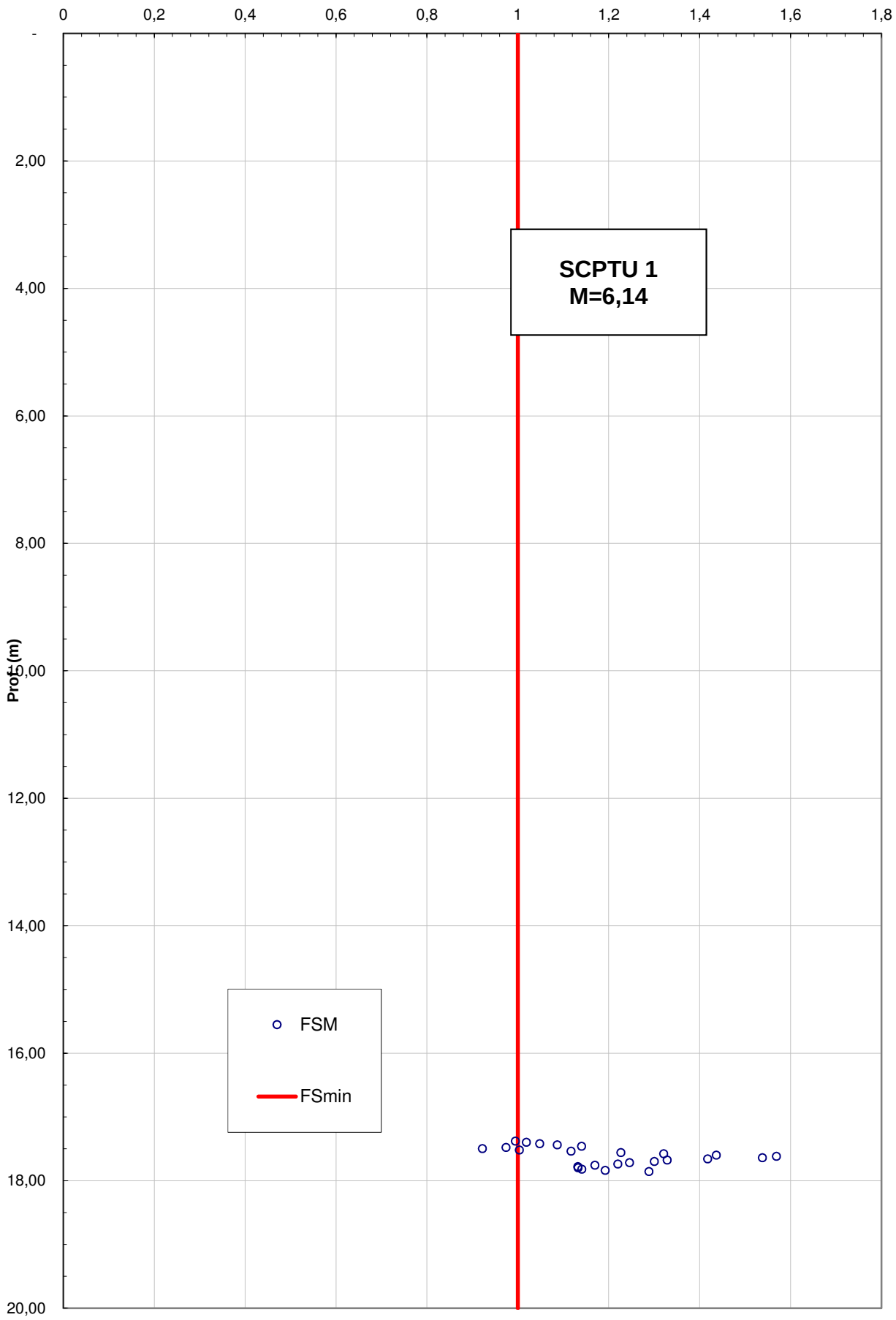
Indice del Potenziale di Liquefazione		
IL	**0,00**	**Basso**


SCPTU 1
0
20
40
60
80
100
120
140
5,00
10,00
15,00
20,00
25,00
30,00
35,00
Prof. (m)
qC1N
(qC1N)cs


0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
0,35
-
5,00
10,00
15,00
20,00
25,00
30,00
35,00
Prof. (m)
CPT 1
M=7.5
CSR
(CRR)7.5


SCPTU 1
M=6,14
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
0,35
0,4
0,45
0,5
5,00
10,00
15,00
20,00
25,00
30,00
35,00
Prof. (m)
CSR
CRRM


0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
1,2
2,00
4,00
6,00
8,00
10,00
12,00
14,00
16,00
18,00
20,00
Prof (m)
CPT 1
M=7.5
FS7.5
FSmin


0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
1,2
1,4
1,6
1,8
2,00
4,00
6,00
8,00
10,00
12,00
14,00
16,00
18,00
20,00
Prof (m)
SCPTU 1
M=6,14
FSM
FSmin

SCPTU 2

ELABORAZIONE

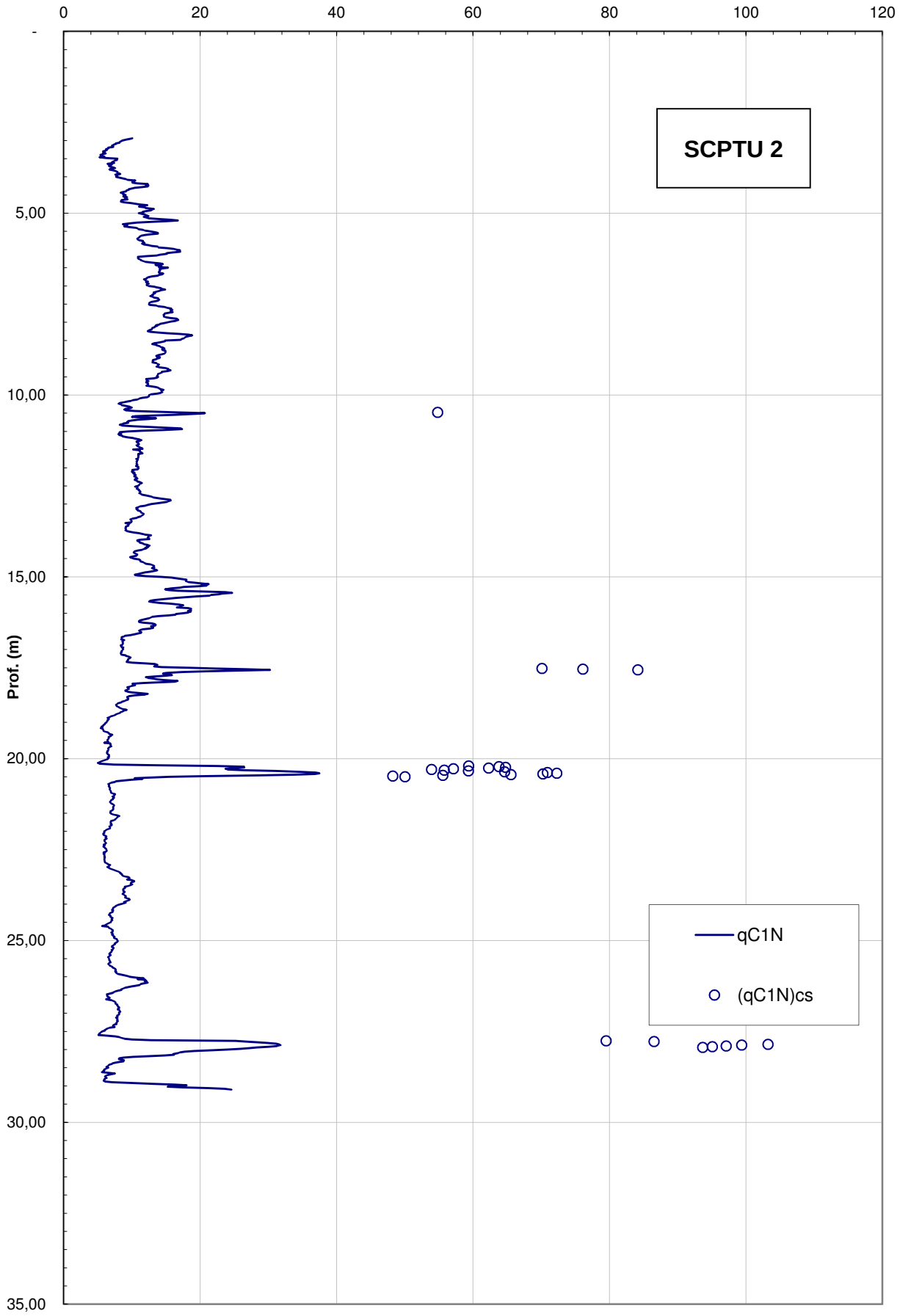
Ac	1,00	
An	1,00	
a=An/Ac	1,00	
Falda	2,60	m
gamma	19,00	KN/mc
gamma h2o	10,00	KN/mc

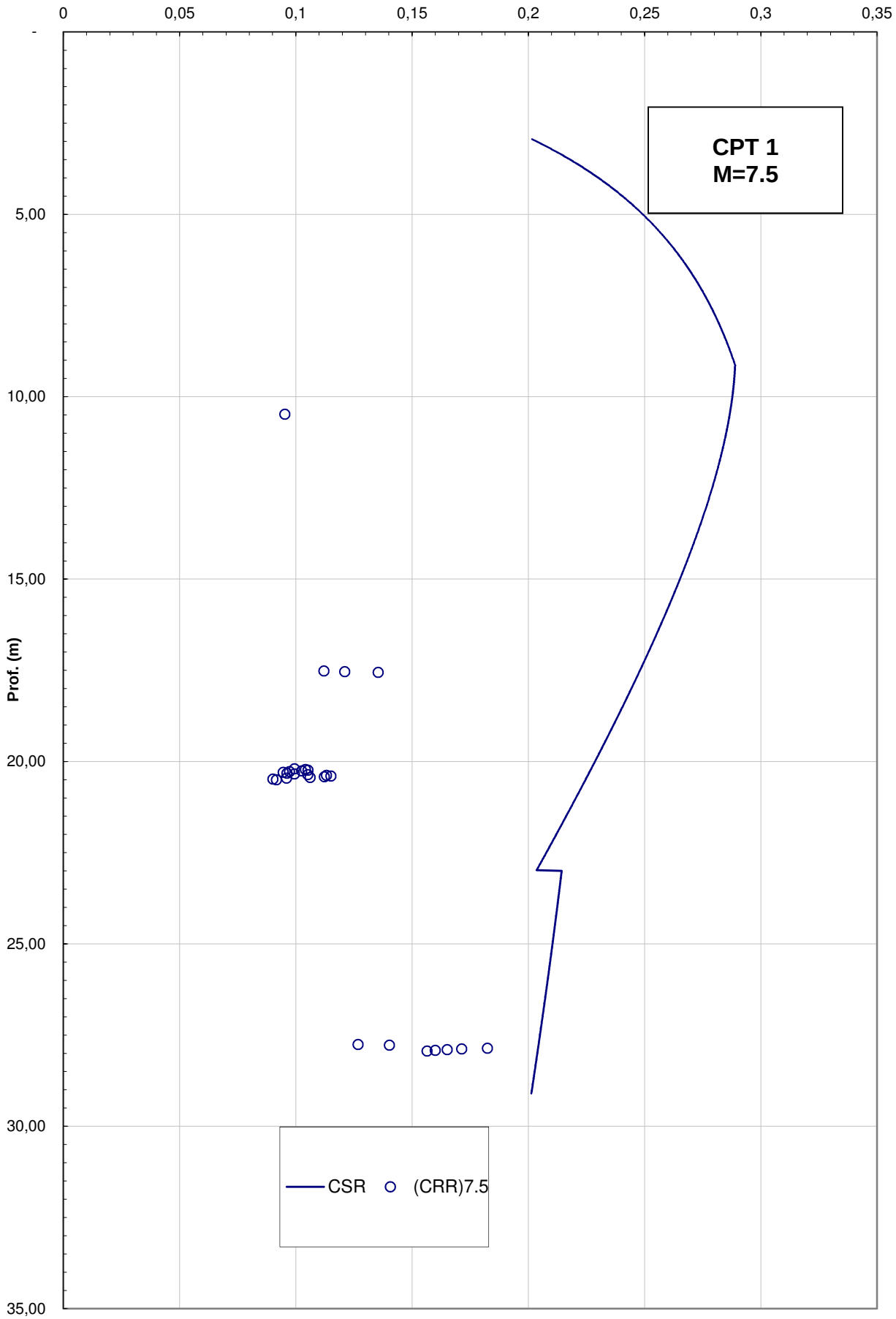
Indice del tipo di terreno, I_c	Zona	Classe di terreno
$I_c < 1.31$	7	Sabbia ghiaiosa
$1.31 < I_c < 2.05$	6	Sabbie: da pulite a limose
$2.05 < I_c < 2.60$	5	Miscele di sabbie: da sabbia limosa a limo
$2.60 < I_c < 2.95$	4	sabbioso
$2.95 < I_c < 3.60$	3	Miscele di limi: da limo argilloso a argilla
$I_c > 3.60$	2	limosa
		Argille
		Terreni organici: torbe

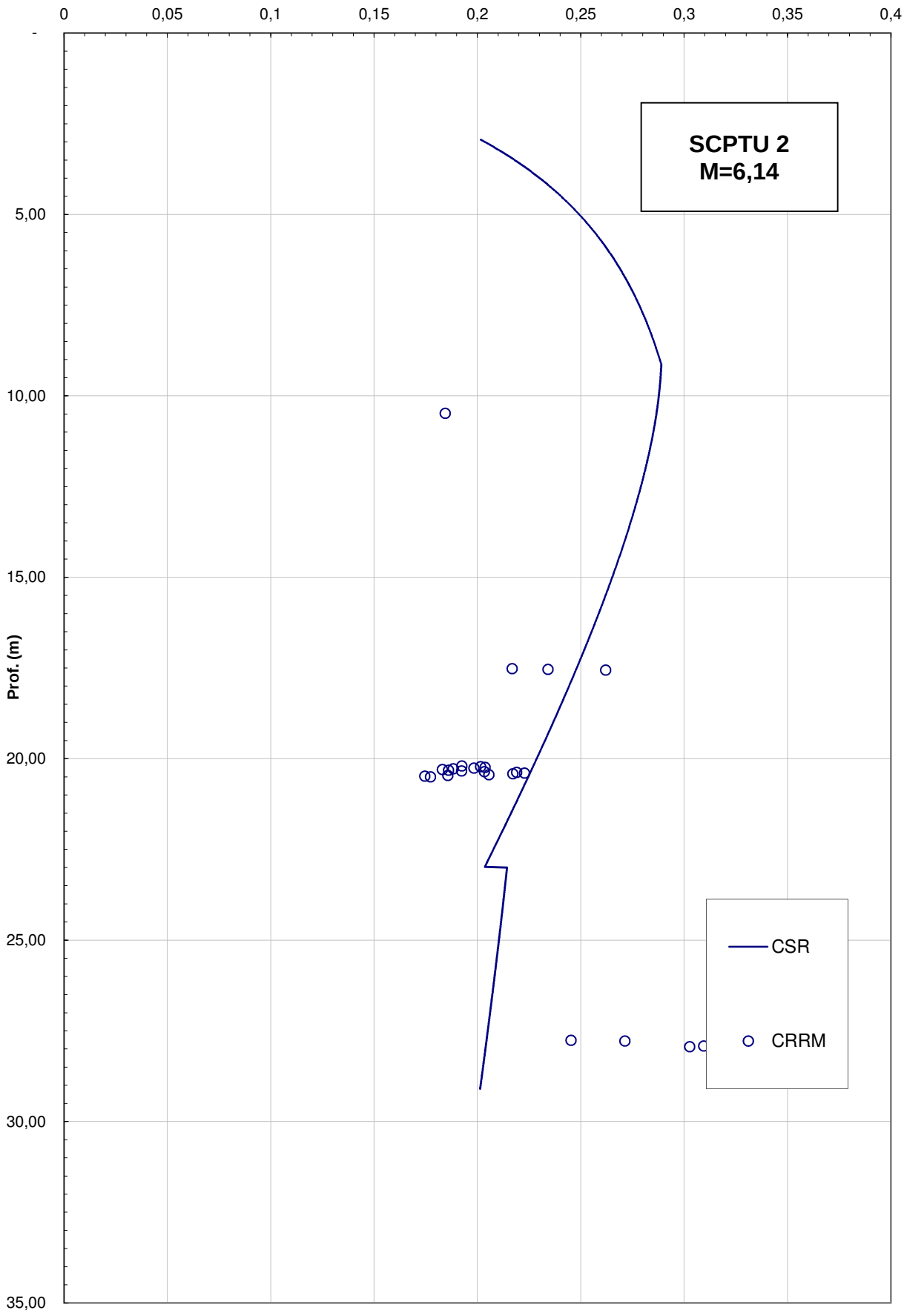
a_{max}	0,298	[m/s^2]
$r_d = 1 - 0.00765 \times z$	per z < 9.15 m	
$r_d = 1.174 - 0.0267 \times z$	per 9.15 < z < 23 m	
$r_d = 0.774 - 0.008 \times z$	per 23 < z < 30 m	
$r_d = 0.5$	per z>30m	

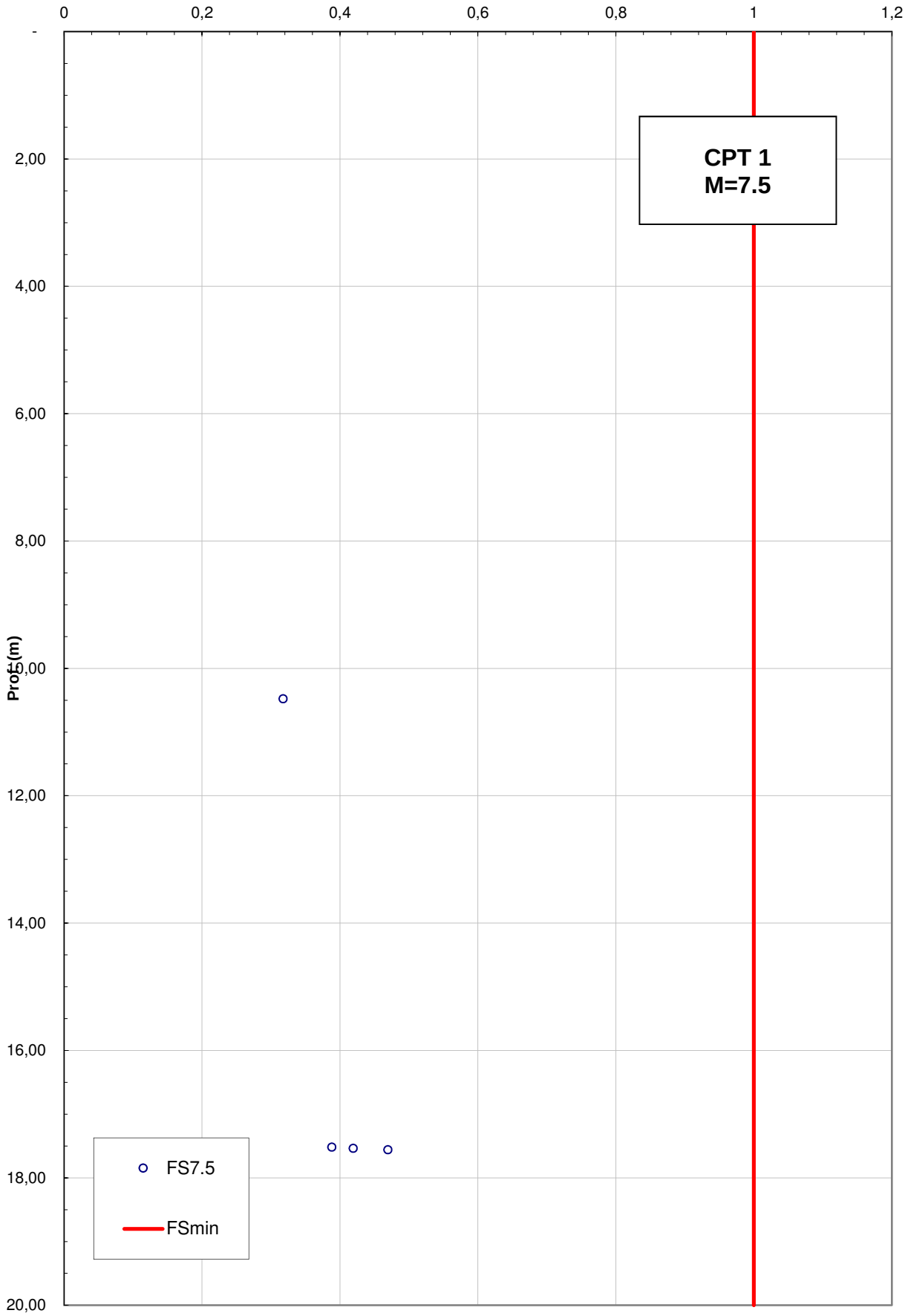
pressione atmosferica	100,00	kPa	
esponente n per Cq	0,50		
M	6,14		magnitudo di progetto
MSF1	1,26	Seed e Idriss (1982)	
MSF2	1,94	Andrus e Stokoe (1997)	
K_α	1,00		
FS	0,00	1,00	
	20,00	1,00	

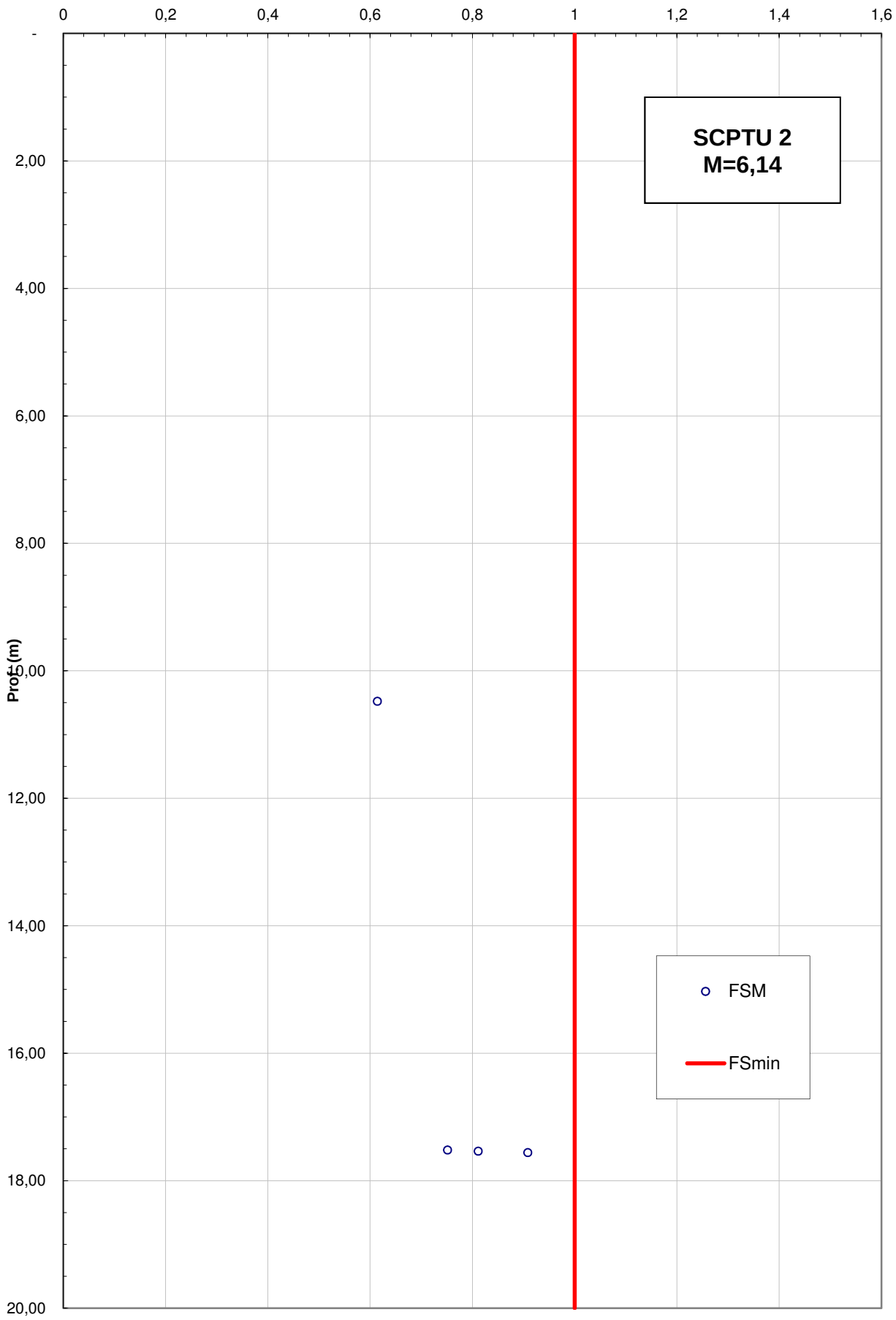
Indice del Potenziale di Liquefazione		
IL	**0,05**	**Basso**


SCPTU 2
Prof. (m)
0
20
40
60
80
100
120
-
5,00
10,00
15,00
20,00
25,00
30,00
35,00
qC1N
(qC1N)cs


0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
0,35
-
5,00
10,00
15,00
20,00
25,00
30,00
35,00
Prof. (m)
CPT 1
M=7.5
CSR
(CRR)7.5


SCPTU 2
M=6,14
Prof. (m)
0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
0,35
0,4
5,00
10,00
15,00
20,00
25,00
30,00
35,00
CSR
CRRM


0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
1,2
-
2,00
4,00
6,00
8,00
10,00
12,00
14,00
16,00
18,00
20,00
Prof (m)
CPT 1
M=7.5
FS7.5
FSmin


SCPTU 2
M=6,14
Prof (m)
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
1,2
1,4
1,6
2,00
4,00
6,00
8,00
10,00
12,00
14,00
16,00
18,00
20,00
FSM
FSmin

SCPTU 3

ELABORAZIONE

Ac	1,00	
An	1,00	
a=An/Ac	1,00	
Falda	5,60	m
gamma	19,00	KN/mc
gamma h2o	10,00	KN/mc

Indice del tipo di terreno, I_c	Zona	Cl
$I_c < 1.31$	7	Sa
$1.31 < I_c < 2.05$	6	Sa
$2.05 < I_c < 2.60$	5	M
$2.60 < I_c < 2.95$	4	sa
$2.95 < I_c < 3.60$	3	M
$I_c > 3.60$	2	lir
		Ar
		Te

a_{max} 0,298 [m/s^2]

$r_d = 1 - 0.00765 \times z$ per z < 9.15 m

$r_d = 1.174 - 0.0267 \times z$ per 9.15 < z < 23 m

$r_d = 0.774 - 0.008 \times z$ per 23 < z < 30 m

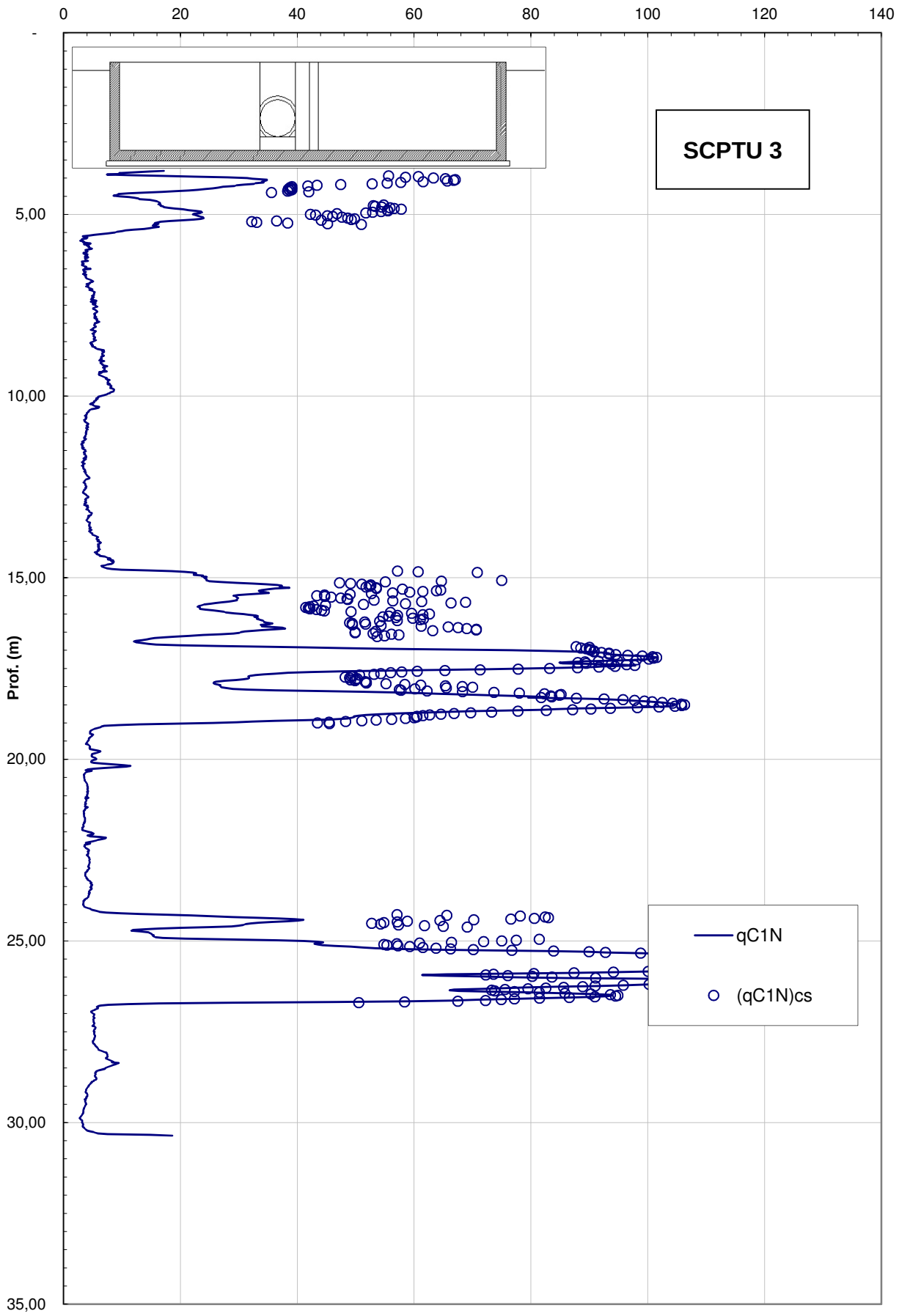
$r_d = 0.5$ per z>30m

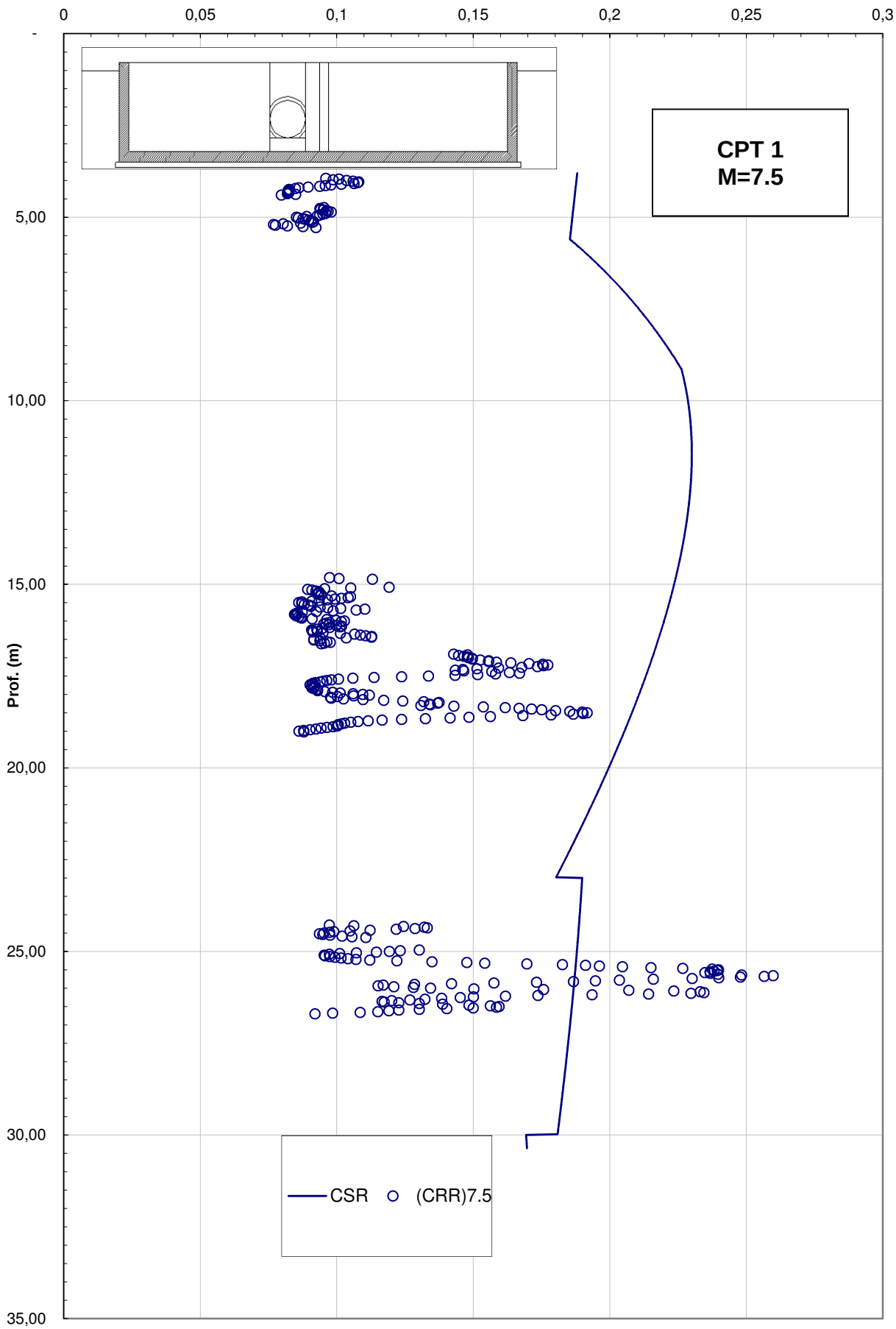
pressione atmosferica	100,00	kPa	
esponente n per Cq	0,50		
M	6,14		magnitudo di
MSF1	1,26	Seed e Idriss (1982)	
MSF2	1,94	Andrus e Stokoe (1997)	
K_α	1,00		
FS	0,00		1,00
	20,00		1,00

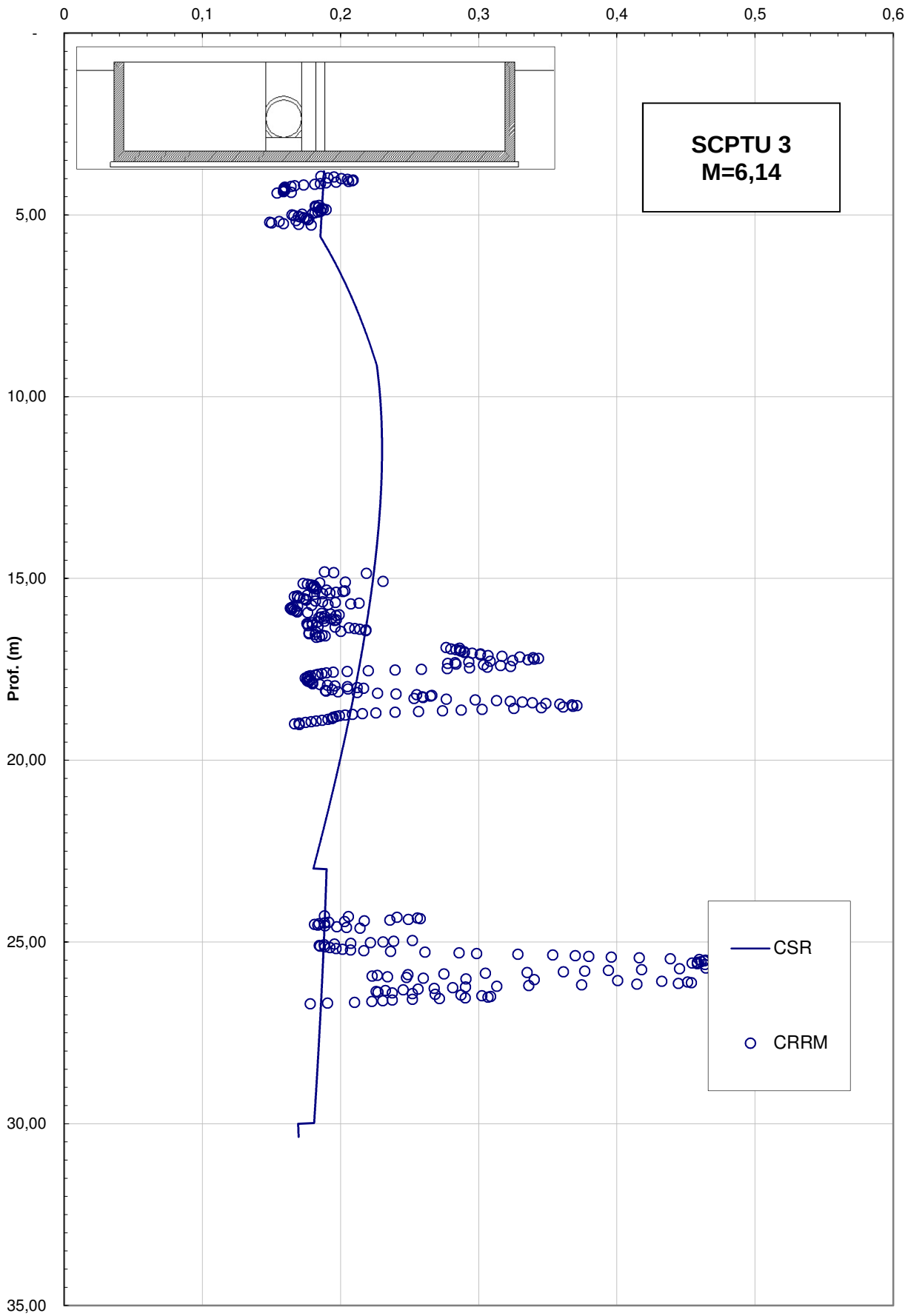
Indice del Potenziale di Liquefazione		
IL	**1,7**	**Basso**

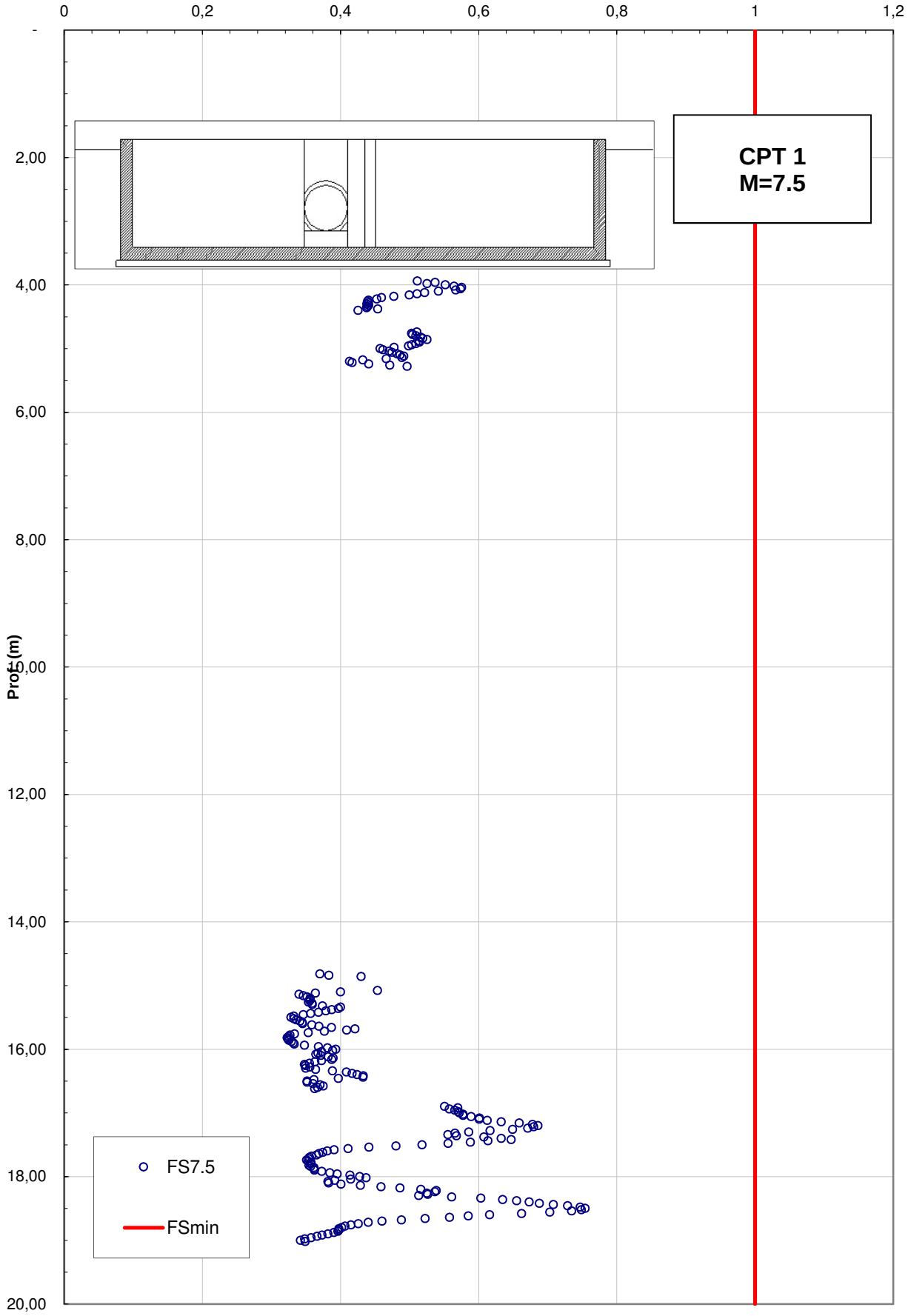
lasse di terreno
abbia ghiaiosa
abbie: da pulite a limose
liscele di sabbie: da sabbia limosa a limo
ibbioso
liscele di limi: da limo argilloso a argilla
mosa
rgille
erreni organici: torbe

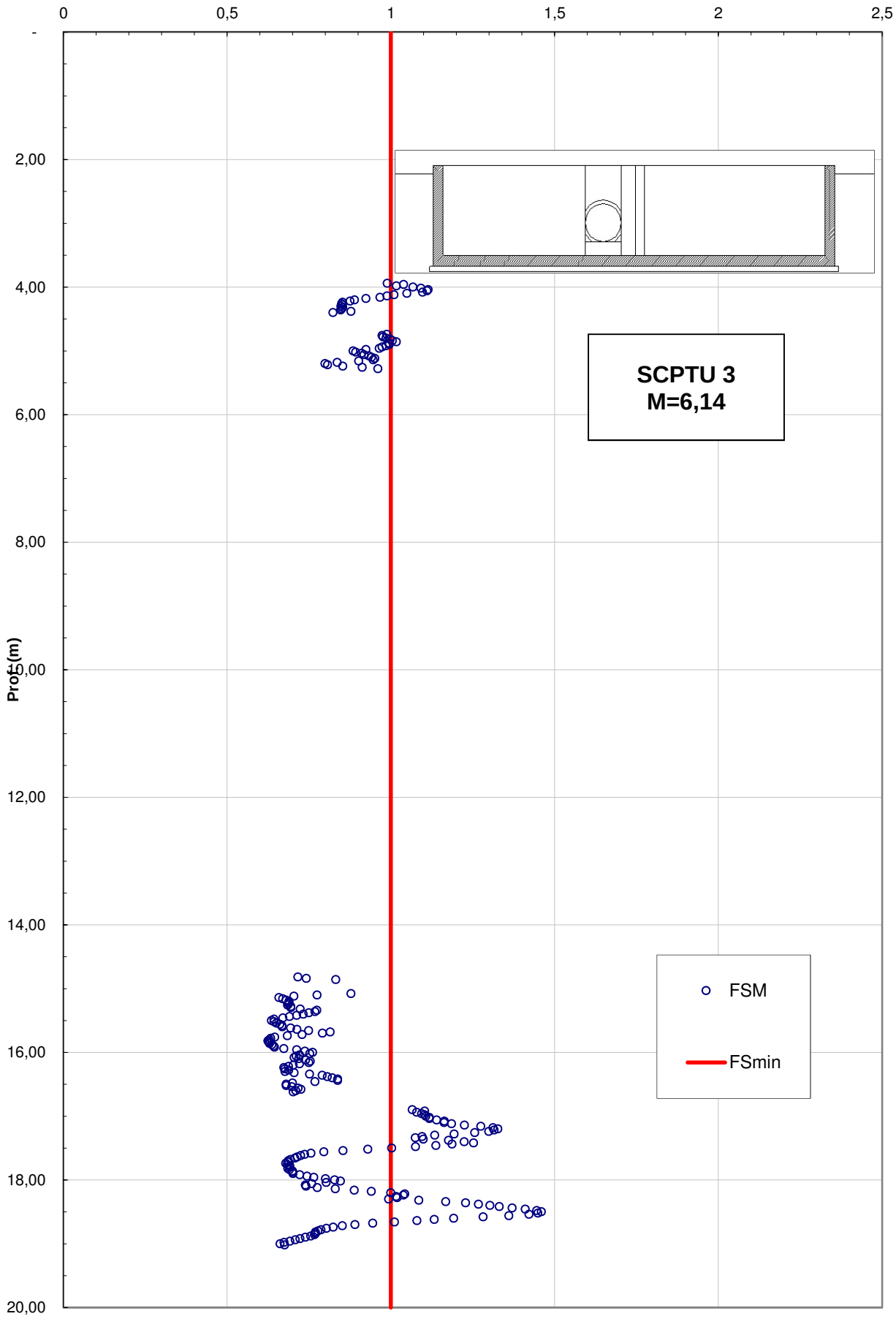
progetto


0
20
40
60
80
100
120
140
-
5,00
10,00
15,00
20,00
25,00
30,00
35,00
Prof. (m)
SCPTU 3
qC1N
(qC1N)cs

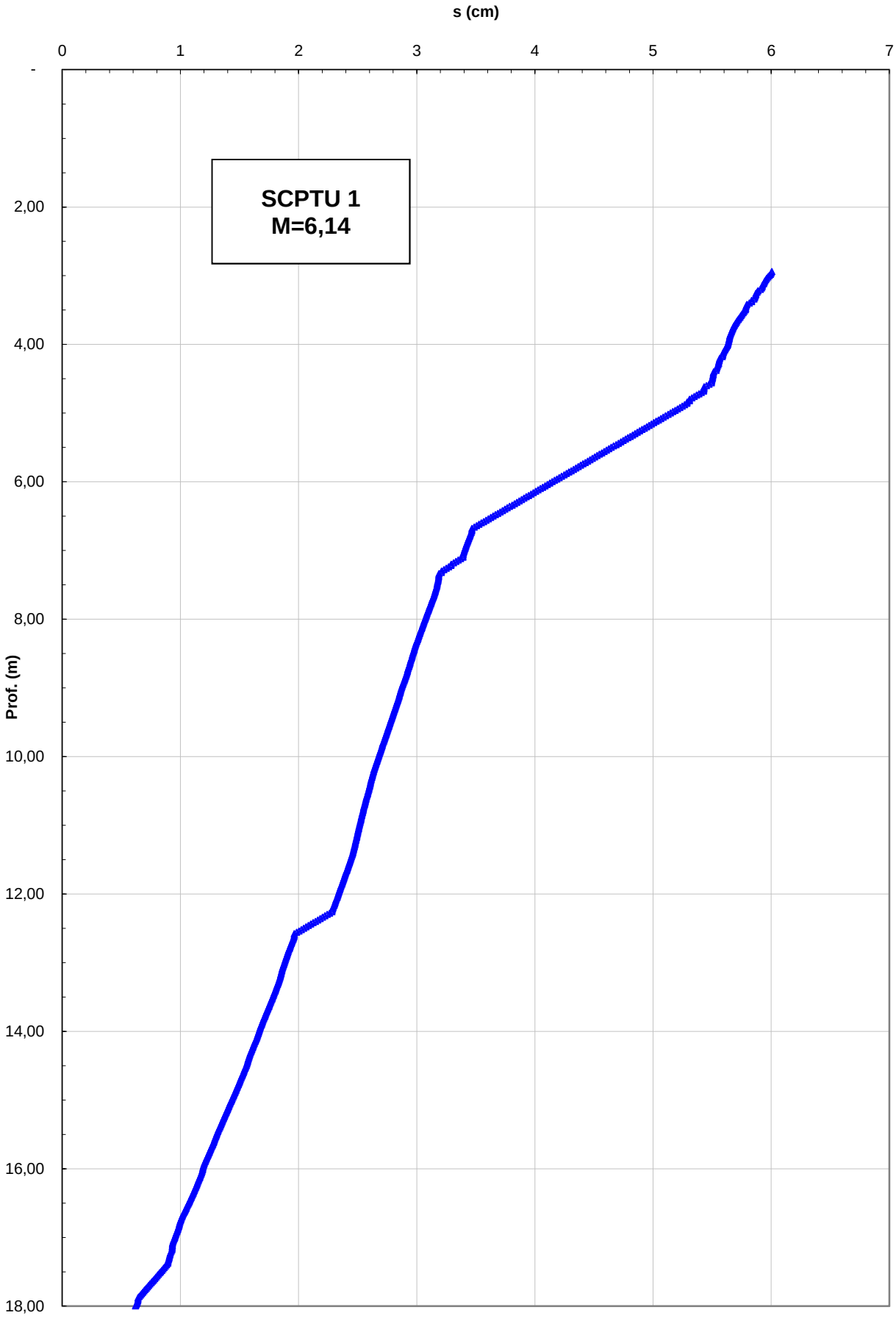

0
0,05
0,1
0,15
0,2
0,25
0,3
-
5,00
10,00
15,00
20,00
25,00
30,00
35,00
Prof. (m)
CPT 1
M=7.5
CSR
(CRR)7.5

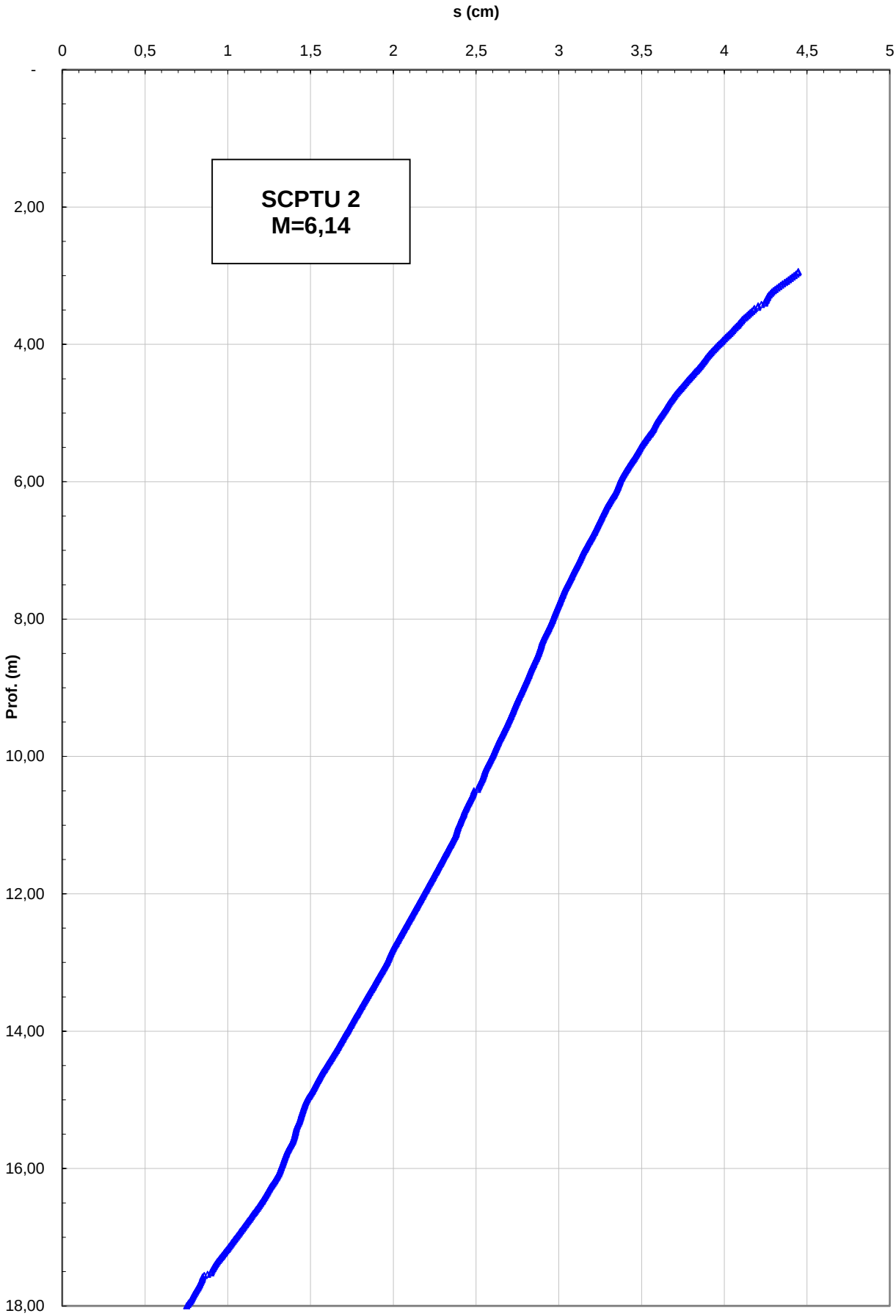

0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
-
5,00
10,00
15,00
20,00
25,00
30,00
35,00
Prof. (m)
SCPTU 3
M=6,14
CSR
CRRM

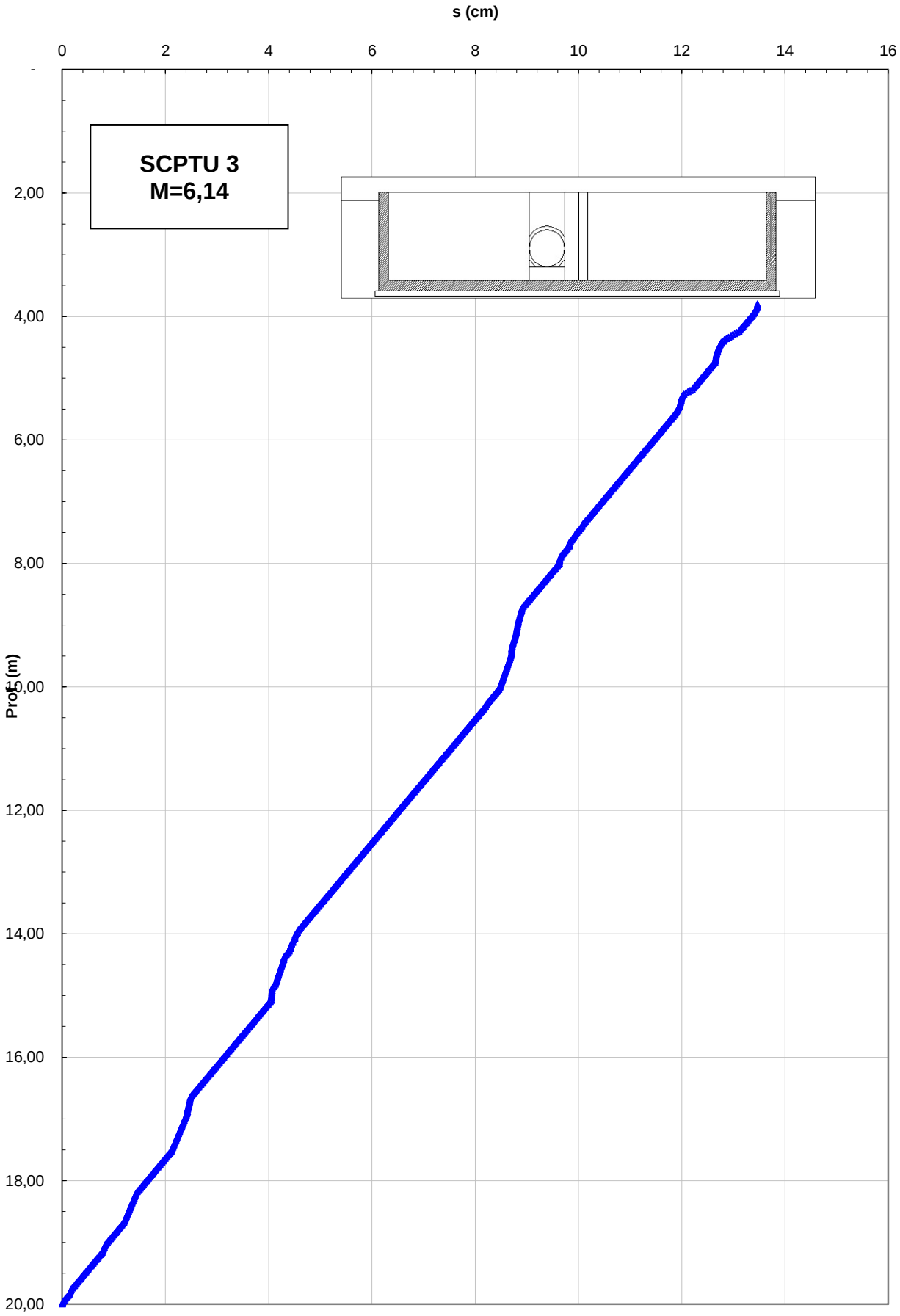

0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
1,2
-
2,00
4,00
6,00
8,00
10,00
12,00
14,00
16,00
18,00
20,00
Prof. (m)
CPT 1
M=7.5
FS7.5
FSmin


0
0,5
1
1,5
2
2,5
2,00
4,00
6,00
8,00
10,00
12,00
14,00
16,00
18,00
20,00
Prof. (m)
SCPTU 3
M=6,14
FSM
FSmin

ALLEGATO E:
CEDIMENTI POST-SISMICI ATTESI


s (cm)
0
1
2
3
4
5
6
7
SCPTU 1
M=6,14
Prof. (m)
-
2,00
4,00
6,00
8,00
10,00
12,00
14,00
16,00
18,00


s (cm)
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
4,5
5
SCPTU 2
M=6,14
Prof. (m)
2,00
4,00
6,00
8,00
10,00
12,00
14,00
16,00
18,00


s (cm)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
SCPTU 3
M=6,14
2,00
4,00
6,00
8,00
10,00
12,00
14,00
16,00
18,00
20,00
Prof (m)