

COMUNE DI FERRARA

PROGRAMMA SPECIALE D'AREA

L.R. n. 30 Agosto 1996

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA

"OFFICINE METALLURGICHE LUX"

Viale Volano n. 69- FERRARA

NUOVE RESIDENZE

PROPRIETA'

IMMOBILIARE ADELE s.r.l.

69,Viale Volano
44121 FERRARA

PROGETTAZIONE URBANISTICA
E PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

GAE AULENTI ARCHITETTI ASSOCIATI

ARCH. GAE AULENTI
ARCH. MARCO BUFFONI
ARCH. FRANCESCA FENAROLI
ARCH. VITTORIA MASSA
4, PIAZZA SAN MARCO
20121 MILANO

PROGETTAZIONE URBANISTICA
E PROJECT MANAGEMENT

ING. FRANCESCO MASCELLANI

6, P.TTA COMBATTENTI
44121 FERRARA

RICERCA STORICA E CONSULENZA

ARCH. BARBARA PAZI

75, Via Palestro
44121 FERRARA

INDAGINI GEOLOGICHE ED AMBIENTALI

DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE

10,Via Roma
44021 CODIGORO (FE)

IL PROGETTISTA

IL DIRETTORE DEI LAVORI

LA PROPRIETA'

OGGETTO

**PROGETTO: RELAZIONE DI MODELLAZIONE GEOLOGICA-SISMICA
ED ANALISI GEOTECNICA DEL TERRENO**

scala :

-

cod. file :

PP-J01

data emissione :

27.05.2011

aggiornamento :

-

				rif.	progetto	eseguito da:
						VERONESE
				disegno:	J01	
						agg.
						-



Studio Servizi Tecnici
Settore geologia e ambiente

DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE

Via Roma, 10

44021 CODIGORO (Ferrara)

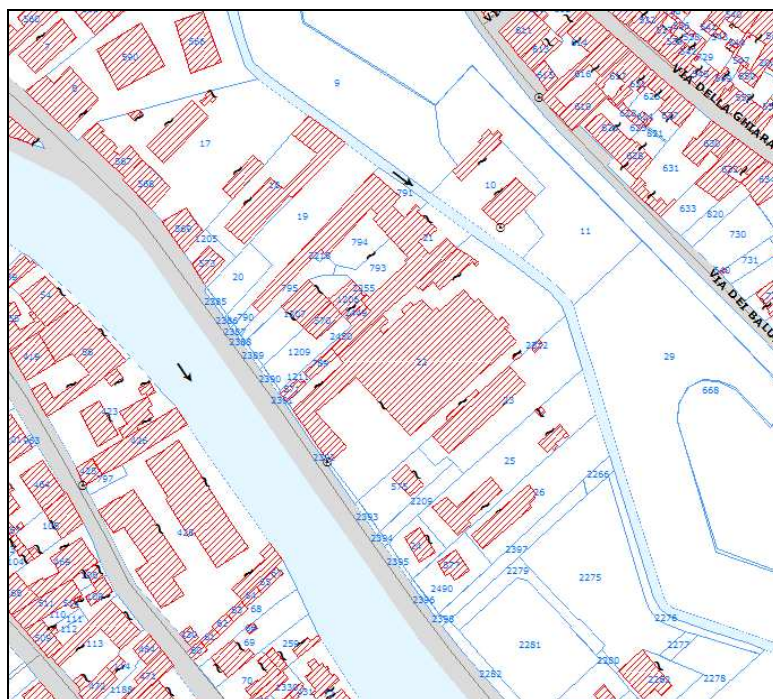
Tel e fax. 0533 / 713798 cell. 335-5240380

E-mail: thomas.veronese@tin.it

**MODELLAZIONE GEOLOGICA-SISMICA, IDROGEOLOGICA ed ANALISI
GEOTECNICA DEL TERRENO**

Comune Ferrara

Piano Urbanistico Attuativo di iniziativa privata "Officine Metallurgiche LUX"
in viale Volano n. 69 a Ferrara.



COMMITTENTE: **Immobiliare Adele s.r.l.**
SEDE: **viale Volano n. 69**
44121 Ferrara

09 giugno 2011

S.S.T. SETTORE GEOLOGIA E AMBIENTE

Timbro

Geotecnica; Studio terreni di fondazione; Stabilità dei versanti; Rilevamento geologico; Rilievi topografici; Geofisica - Contributi allo Studio di Impatto Ambientale; Assistenza alle pubbliche amministrazioni negli studi di fattibilità e di realizzazione dei P.R.G., cimiteri, discariche, piani attività estrattive, studi di acquiferi per la tutela e per l'utilizzo di risorse idriche sotterranee; subirrigazioni.

INDICE:

1. PREMESSA	2
NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO	3
2. MODELLAZIONE GEOLOGICA	3
2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA	3
2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI	4
2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI.....	9
2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI.....	10
3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI.....	12
3.1 DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA	12
<i>Categoria di suolo.....</i>	<i>12</i>
<i>Spettro da "Atto di indirizzo, n°112 del 2 maggio 2007"</i>	<i>17</i>
<i>Secondo "D.M. 14 gennaio 2008"</i>	<i>18</i>
<i>Magnitudo di progetto</i>	<i>22</i>
3.2 VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE.....	24
3.3 CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI IN TERRENI GRANULARI	27
3.4 CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI IN TERRENI COESIVI.....	27
4. MODELLAZIONE GEOTECNICA	27
4.1. ACQUISIZIONE DATI CON PROVA PENETROMETRICA STATICA	29
4.2. CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITA' GEOTECNICA.....	31
4.2 ELABORAZIONE DATI	32
6. CONCLUSIONI	35

1. PREMESSA

Su incarico della soc. Immobiliare Adele s.r.l., con sede in viale Volano n. 69 a Ferrara (FE), si redige lo studio per ricostruire la modellazione geologica per il progetto di *"Piano Urbanistico Attuativo di iniziativa privata Officine Metallurgiche LUX"* in via Volano n. 69 a Ferrara.

Scopo di questa relazione è descrivere i caratteri strutturali, stratigrafici, litologici, idrogeologici e sismici dell'area; descrivere le metodologie dell'acquisizione dati, elaborare i dati acquisiti con prove in situ, per la caratterizzazione geologica e geotecnica dei terreni di fondazione.

In **FIGURA 1.1** si riporta l'ubicazione dell'area di intervento.

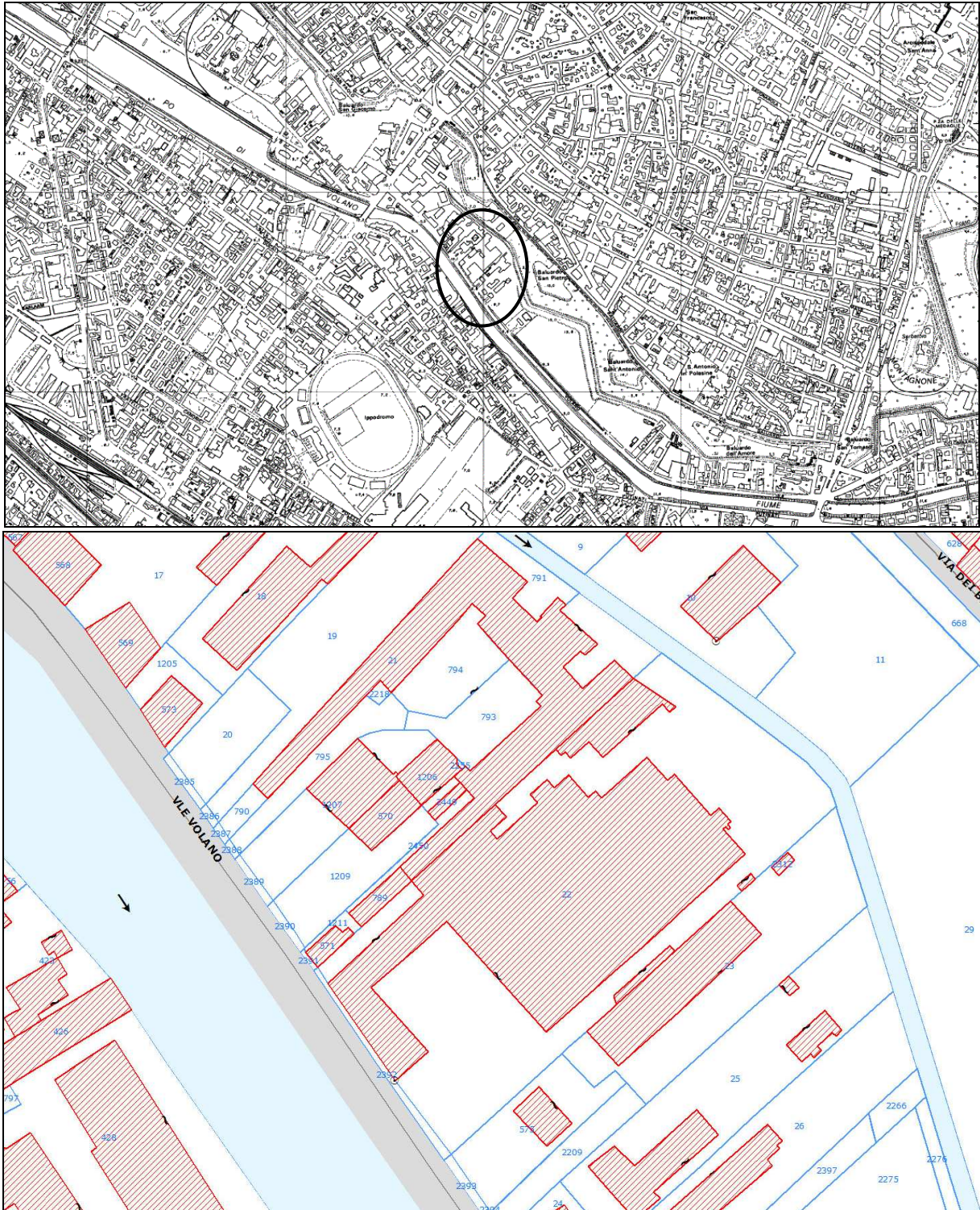


FIGURA 1.1 – Area di intervento a Ferrara con zoomata catastale

Normativa e Raccomandazioni di riferimento

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

2. MODELLAZIONE GEOLOGICA

2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA

Nella **FIGURA 2.1** si riporta la sezione geologica passante per Monestirolo, Ferrara e Villadose, in cui si possono apprezzare gli spessori dei sedimenti del Quaternario sopra i pliocenici, che coincide con il passaggio dai sedimenti sciolti a quelli litificati o pseudolitificati.

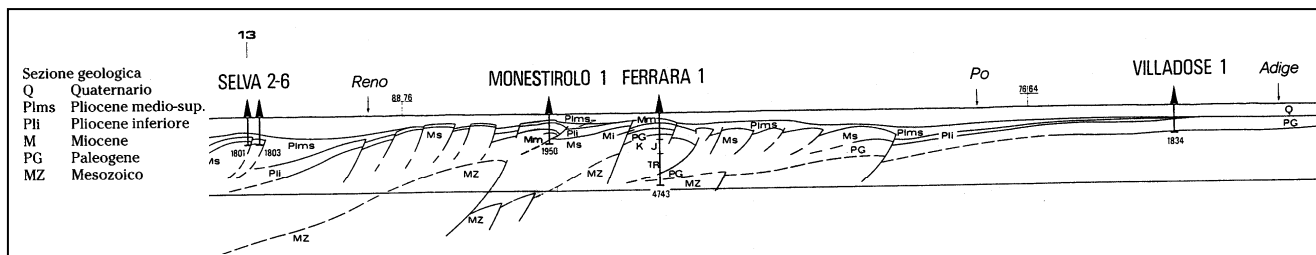


FIGURA 2.1 – Principali strutture del substrato della Padania; ben visibile in sezione la Dorsale Ferrarese.

Nella **FIGURA 2.2** si riporta uno stralcio della Carta strutturale della Pianura Padana orientale (Pieri e Groppi, 1981, CNR, 1992) con visibili le varie strutture sepolte e le faglie e sistemi trascorrenti attivi e non attivi, che sono all'origine della nuova attribuzione alla Zona sismica 3, in cui Ferrara è stata inserita nella OPCM 3274/2003.

Come si può notare a Ferrara, nel substrato roccioso, posto a profondità compresa tra 1000 e 2000 m, sono presenti sistemi di faglie dovute a sovrascorrimenti e a fronti di accavallamento, classificate come riattivate e come soggette a possibili riattivazioni.

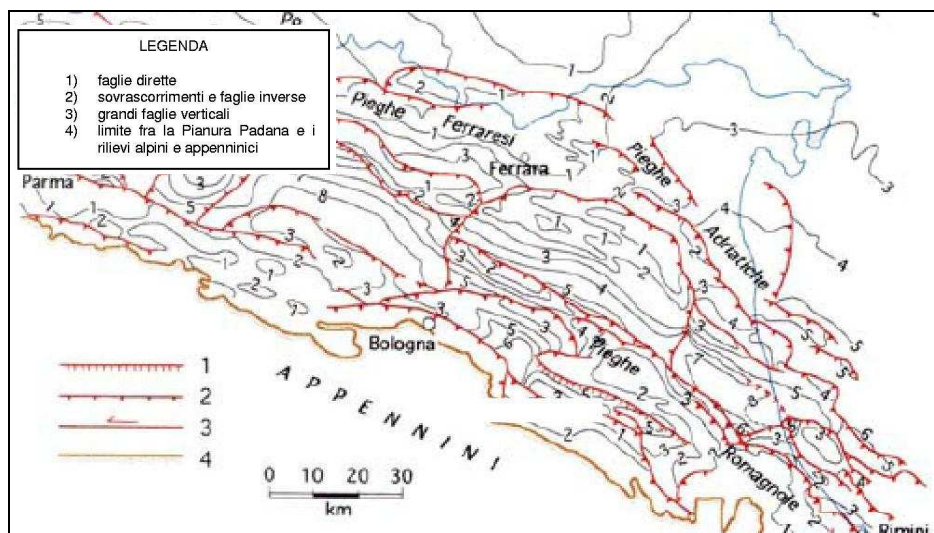


FIGURA 2.2 - Carta strutturale della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1992)

2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI

La formazione dell'ambiente, nella sua configurazione attuale, è relativamente recente e consegue a ripetute variazioni dei rapporti di equilibrio tra livello del mare, apporti solidi dei corsi d'acqua, entità di subsidenza e, non ultimo, l'intervento umano.

Nell'attuale configurazione fisica del territorio sono riconoscibili le tracce sia della sua evoluzione naturale che quella operata dall'uomo. Tra le più evidenti e più importanti nel disegnare l'assetto morfologico si possono elencare i paleoalvei, i coni di esondazione, i cordoni dunari testimoni della veloce progradazione verso est della linea di costa, ed infine si individuano quelle aree particolarmente depresse che erano sede di bacini palustri. Per ogni struttura geomorfologica corrisponde, in linea di massima, una caratteristica classe litologica; la granulometria e la storia tensionale, strettamente legata alla storia geologica, ne condizionano le caratteristiche meccaniche ed idrauliche.

La topografia stessa dei nostri terreni è condizionata dalle strutture geomorfologiche. Le strutture geomorfologiche della pianura ferrarese sono molteplici ed oltre ad avere questa distribuzione così eterogenea in senso orizzontale sul territorio, ce l'hanno anche in senso verticale, cioè esistono nel sottosuolo strutture sepolte come possono essere depositi marini, deltizi, eolici, alluvionali, palustri, paleoalvei, ecc. con le tipiche caratteristiche granulometriche dei litotipi che costituiscono le strutture emerse che riconosciamo in campagna.

Queste sono state ribassate e progressivamente ricoperte da sedimenti successivi per via della subsidenza.

L'eterogeneità degli ambienti di deposizione dei sedimenti nella porzione di Pianura Padana ferrarese che si è formata in questi ultimi due millenni fa sì insomma che ai modelli geologici a grande scala vada di volta in volta affiancata una analisi puntuale locale dettagliata del suolo e sottosuolo ai fini di determinare situazioni vantaggiose che possano far risparmiare già dalla fase di progettazione sul costo della realizzazione dell'intervento, o svantaggiose che possano comunque far lavorare con preventivi realistici, che non siano vittime poi del cosiddetto "imprevisto geologico".

Generalmente i sedimenti che si rilevano in questa area dell'abitato di Ferrara sono di tipo alluvionale. I depositi sono principalmente di canale ed argine prossimale con sedimenti ad alta energia idrodinamica.

Per la validazione del modello geologico è stata realizzata una indagine specifica, consistente in tre prove penetrometriche statiche CPT1, CPT2 e CPT3, con rif.85-11, spinte rispettivamente fino alla profondità di -20,00 m da p.c., -15,00 m da p.c. e -30,00 m da p.c..

Sul sito in esame, inoltre, sono stati realizzati due sondaggi a coclea S1 ed S2 in corrispondenza rispettivamente della CPT1 e della CPT3 per la caratterizzazione dei terreni superficiali fuori falda, spinti rispettivamente fino alla profondità di -4,00 m da p.c. e -5,00 m da p.c.

In **FIGURA 2.3** si riporta l'inquadratura catastale dell'area in esame con l'ubicazione delle prove svolte.

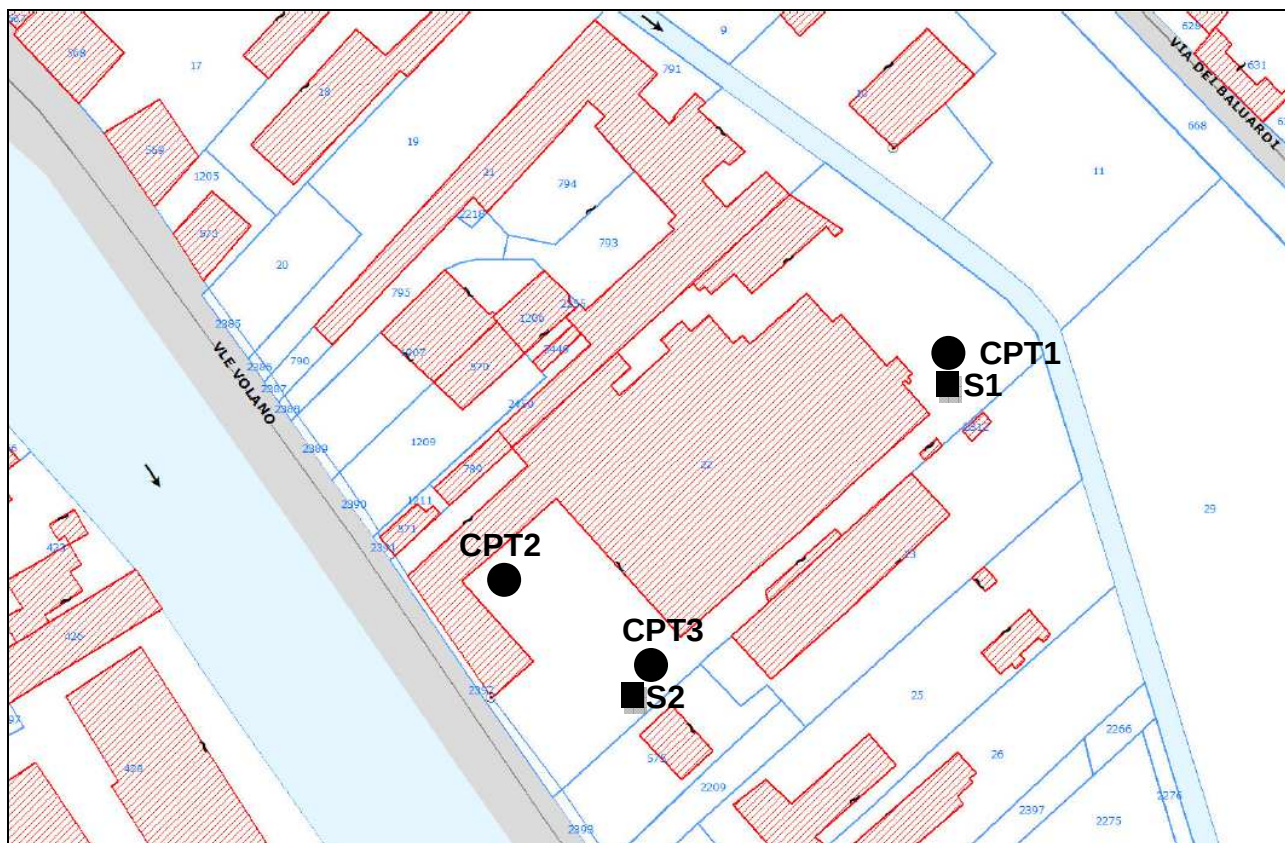


FIGURA 2.3 – Ubicazione prove

Nell'area di intervento per la **CPT1** si rileva da -0,40 m fino a circa -2,60 m da p.c. uno strato di terreni di riporto granulari poco addensati con valore di resistenza alla punta medio di 27 kg/cm²; poi da -2,60 m fino a circa -6,20 m uno strato di terreni di riporto prevalentemente granulari moderatamente addensati con valore di resistenza alla punta medio di 61 kg/cm²; da -6,20 m fino a -7,20 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente coesivi consistenti con un valore di resistenza alla punta medio di 14 kg/cm²; poi da -7,20 m fino a circa -15,60 m uno strato di terreni prevalentemente granulari addensati con valore di resistenza alla punta medio di 123 kg/cm², infine da -15,60 m fino a -20,00 m da p.c., massima profondità di investigazione, uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di 75 kg/cm².

Nell'area di intervento per la **CPT2** si rileva da -0,40 m fino a circa -4,20 m da p.c. uno strato di terreni di riporto coesivi moderatamente consistenti, alternati a sottili lenti sabbiose, con valore di resistenza alla punta medio di 14 kg/cm²; poi da -4,20 m fino a circa -7,60 m uno strato di terreni di riporto prevalentemente granulari poco addensati con valore di resistenza alla punta medio di 33 kg/cm²; infine da -7,60 m fino a -15,00 m da p.c., massima profondità di investigazione, uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di 91 kg/cm².

Nell'area di intervento per la **CPT3** si rileva da -0,20 m fino a circa -1,20 m da p.c. uno strato di terreni di riporto granulari poco addensati con valore di resistenza alla punta medio di 33 kg/cm²; poi da -1,20 m fino a circa -4,80 m uno strato di terreni di riporto prevalentemente coesivi consistenti con valore di resistenza alla punta medio di 13 kg/cm²; da -4,80 m fino a -13,40 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di 77 kg/cm²; poi da -13,40 m fino a circa -17,40 m uno strato di terreni prevalentemente coesivi consistenti con valore di resistenza alla punta medio di 18 kg/cm², da -17,40 m fino a -19,40 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di 80 kg/cm², da -19,40 m fino a -23,40 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente granulari poco addensati con un valore di resistenza alla punta medio di 30

kg/cm², da -23,40 m fino a -24,80 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di 84 kg/cm², poi da -24,80 m fino a circa -26,80m uno strato di terreni prevalentemente coesivi consistenti con valore di resistenza alla punta medio di 16 kg/cm², infine da -26,80 m fino a -30,00 m da p.c., massima profondità di investigazione, uno strato di terreni prevalentemente granulari addensati con un valore di resistenza alla punta medio di 125 kg/cm².

La stratigrafia del sondaggio **S1** realizzato in corrispondenza della CPT1, spinto fino a -4,00 m da p.c., (visibile nella SCHEDA ALLEGATA S1) rileva:

Dott. Geol. Thomas Veronese Via Romea, 80 44023 Vaccolino (FE)			Inizio Esecuzione 06/06/2011		Fine Esecuzione //		Metodo Perfor. Sondaggio a coclea		Sondaggio S1					
			Quota p.c.				Attrezzo Sonda oleodinamica							
Committente Immobiliare Adele							Località Ferrara							
Campioni Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]					Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente T. Veronese			
							Data	Mt. p.c.	4	Operatore L. Lunghi				
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2	N1	N2	N3		
1						Sabbia limosa marrone nocciola addensata ricca di clasti di laterizio di dimensioni millimetriche								
2	2,20					Limo molto addensato grigio chiaro ricco di clasti di laterizio di dimensioni millimetriche								
3	2,90					Limo molto addensato grigio chiaro pseudocementato ricco di clasti di laterizio di dimensioni millimetriche								
	3,20					Limo molto addensato grigio chiaro ricco di clasti di laterizio di dimensioni millimetriche								
	3,80					Calcinacci e laterizi								
4	4,00													

La stratigrafia del sondaggio **S2** realizzato in corrispondenza della CPT3, spinto fino a -5,00 m da p.c., (visibile nella SCHEDA ALLEGATA S2) rileva:

Dott. Geol. Thomas Veronese Via Romea, 80 44023 Vaccolino (FE)			Inizio Esecuzione 06/06/2011		Fine Esecuzione //		Metodo Perfor. Sondaggio a coclea		Sondaggio S2					
			Quota p.c.				Attrezzo Sonda oleodinamica							
Committente Immobiliare Adele							Località Ferrara							
Campioni Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]					Foto		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente T. Veronese			
							Data	Mt. p.c.	4	Operatore L. Lunghi				
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2	N1	N2	N3		
1	1,20					Limo argilloso sabbioso marrone con rari clasti di laterizio								
2	2,80					Limo argilloso sabbioso marrone scuro con piccoli frammenti mill. di laterizio e calcinacci sedimento clasto sosten								
3	3,10 3,25					Sabbia limosa grigio chiara con clasti carbonatici abbondanti								
4	5,00					Argilla limosa grigio-nocciola chiara moderatamente consistente con rarissimi clasti millimetrici di laterizio								

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

2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Generalmente la formazione dei terreni di questa zona del comune di Ferrara è legata alla presenza di ambienti deposizionali di paleoalveo dovuti al dosso fluviale storico del Fiume Po di Ferrara, posto in corrispondenza del sito in esame.

A ridosso e sopra i paleoalvei, prevalgono sedimenti di alta energia idrodinamica, caratterizzati da sabbie e limi. Nelle aree più distanti prevalgono invece sedimenti di bassa energia idrodinamica, quali argille e argille limose.

Le quote topografiche del sito in esame, riferite ai dati della CTR della provincia di Ferrara, sono di circa +9,70/+10,10 m dal l.m.m.

Si propone nella **FIGURA 2.4** uno stralcio della **Carta geomorfologica** di Ferrara, dove si possono notare le forme geomorfologiche sopra citate.

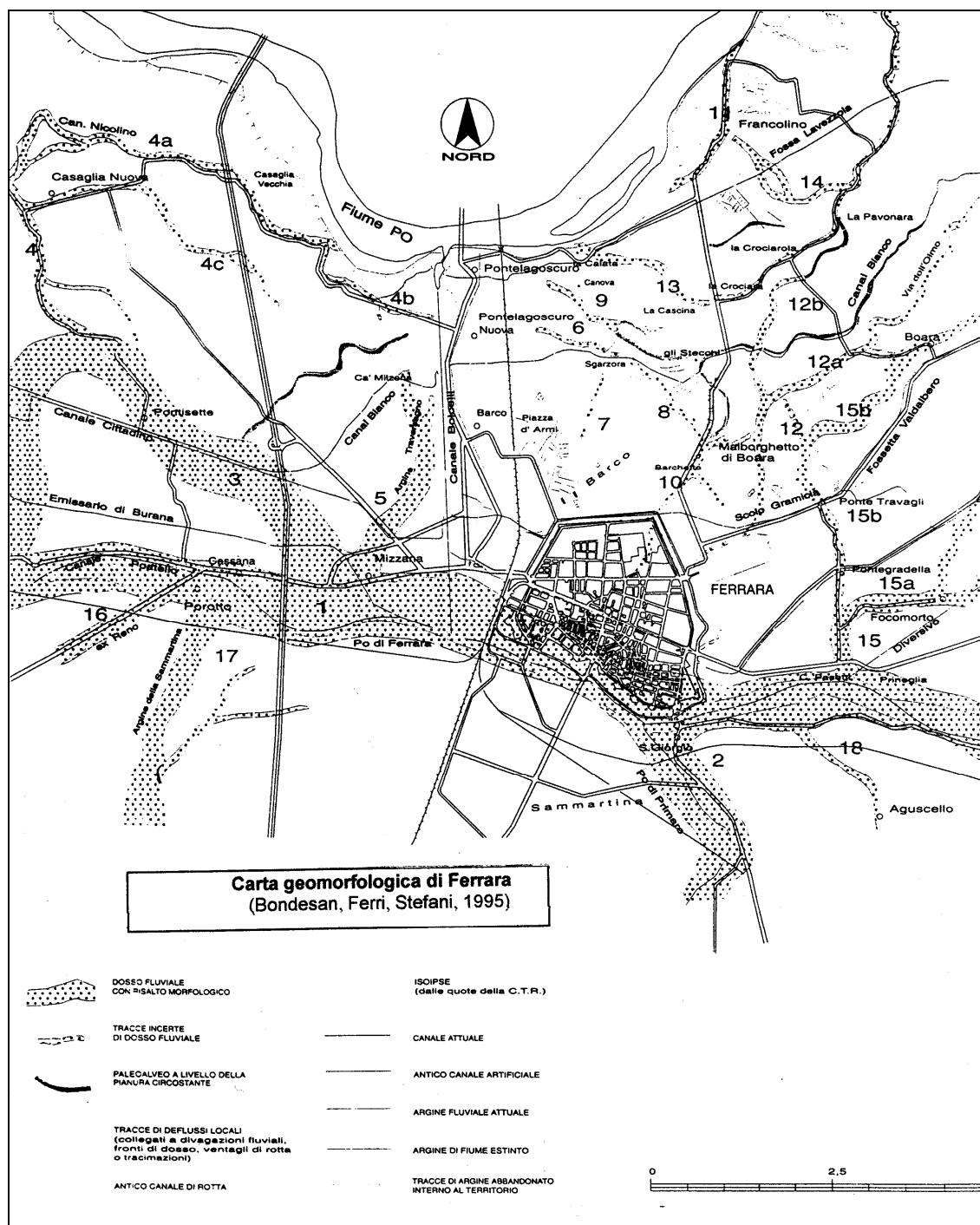


FIGURA 2.4 – Stralcio della Carta Geomorfologica del territorio comunale di Ferrara

2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI

La superficie della falda freatica è stata misurata in data 19/05/2011 per la CPT1 e CPT2, e in data 11/05/2011 per la CPT3 rispettivamente alla profondità di -6,40 m, -5,10 m e -5,00 m dal p.c..

Le acque meteoriche che precipitano all'interno dell'area che delimita il sito in esame vengono recapitate alle opere di urbanizzazione cittadina.

L'area cittadina è soggetta a significative escursioni della falda freatica, influenzata dalle condizioni climatiche stagionali e dalla presenza del Po di Volano adiacente al sito in esame.

In **FIGURA 2.5** si riporta uno stralcio della Carta delle aree allagate in seguito a piogge intense negli anni 1995 e 1996 (Amministrazione provinciale di Ferrara), dove vengono evidenziati i tracciati dei canali di scolo.

Da questa carta si può inoltre evincere che l'area in esame non è stata soggetta ad allagamenti persistenti (area tratteggiata).

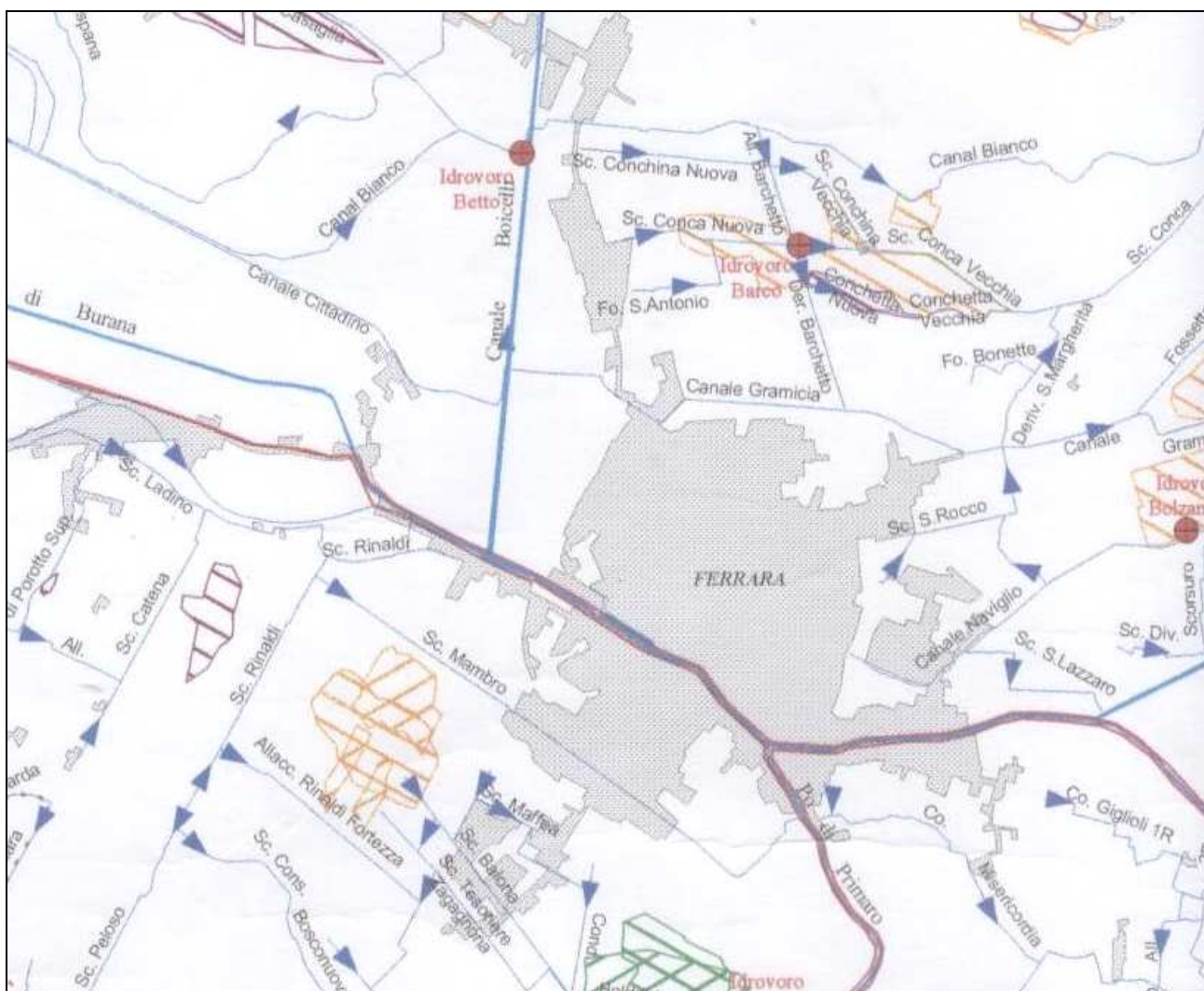


FIGURA 2.5 - Carta delle aree allagate in seguito a piogge intense negli anni 1995 e 1996
(Amministrazione provinciale di Ferrara)

Per la validazione del modello idrogeologico è stata realizzata un'indagine specifica, consistente nella realizzazione di 4 piezometri spinti fino alla profondità di -10,00 m da p.c. con tratto fessurato da -4,00 m da p.c. fino alla massima profondità, -10,00 m da p.c..

Le bocche pozzo dei piezometri sono state quotate attraverso una campagna di rilevamento topografico; il piano ideale di riferimento (quota = 0,0) corrisponde al ferro guida del cancello d'ingresso, i dati rilevati sono riportati in **Tabella 2.1**.

Dalla lettura delle quote d'acqua nei piezometri, effettuate in data 19 maggio 2011, si risale allo schema della circolazione dei flussi di falda.

Piezometro	Quota b.p. (m)	Quota superficie falda da b. p. (m)	Quota superficie falda da p. di riferimento (m)
P1	+10,200	-5,21	+4,990
P2	+11,850	-6,93	+4,921
P3	+11,928	-7,04	+4,888
P4	+10,020	-5,06	+4,960
Banchina Po di Volano*	+3,891	-0,30	+3,591

(N.B. il punto di riferimento preso è la banchina)

Tabella 2.1 - Letture rilevamento topografico – 19/05/2011

Si presenta in **FIGURA 2.6** una carta delle isofreatiche dell'area con ubicati i 4 piezometri (ricostruita con i dati misurati nei quattro piezometri e nelle acque del Po di Volano), con isolinee distanziate di 0,05 m, le quote sono riferite al piano ideale 0,0 che corrisponde al ferro guida del cancello d'ingresso.

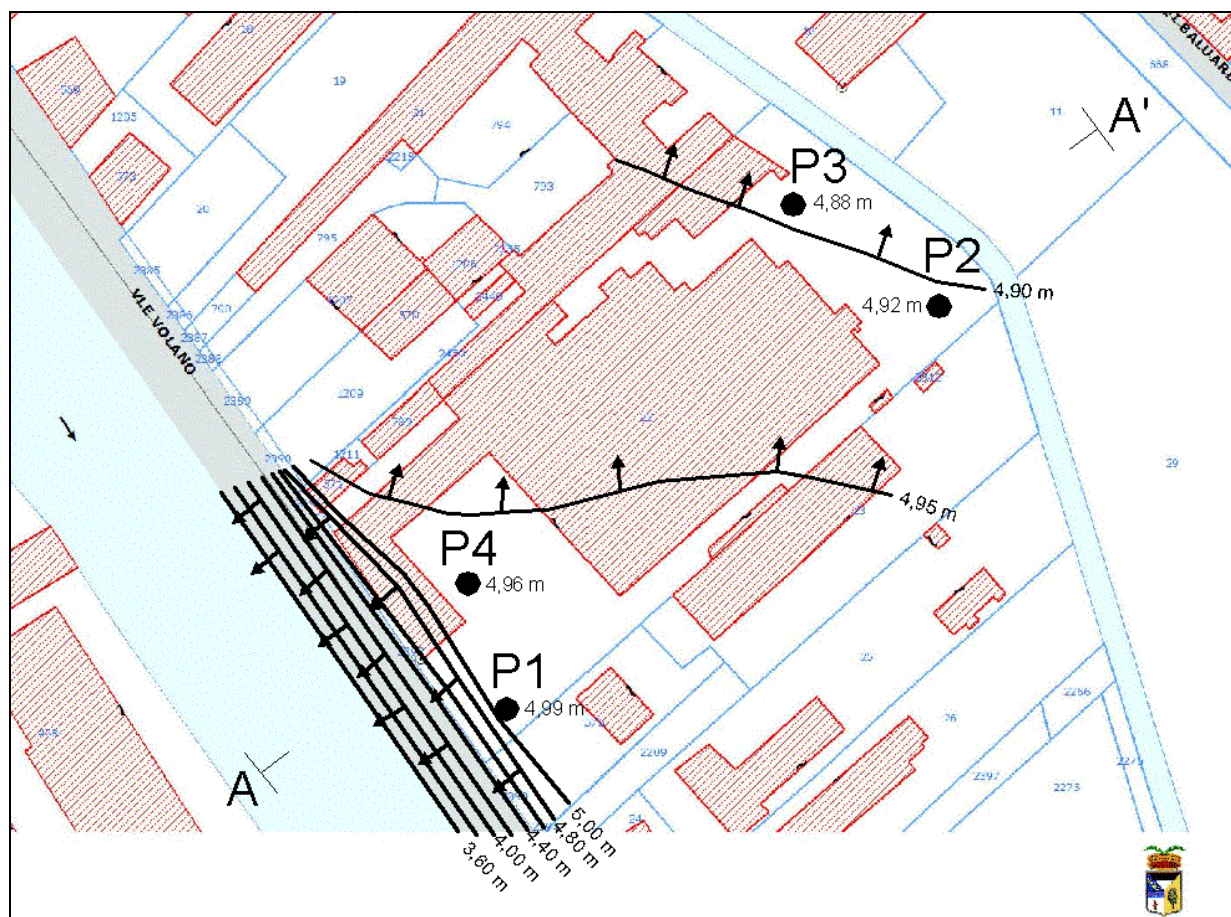


FIGURA 2.6 – Carta delle isofreatiche

Il dosso su cui sorge lo stabilimento fa da spartiacque, infatti, come si può vedere dalla carta delle isofreatiche i flussi sono diretti in parte verso il vallo posto a nord rispetto alle officine e in parte verso il Po di Volano posto a sud-ovest dello stabilimento.

Si veda in proposito anche la sezione schematica AA' (**FIGURA 2.7**) del tutto indicativa che mostra i flussi di falda al di sotto dell'area in esame, in parte diretti verso il Po di Volano in parte diretti verso il vallo e le mura storiche di Ferrara.

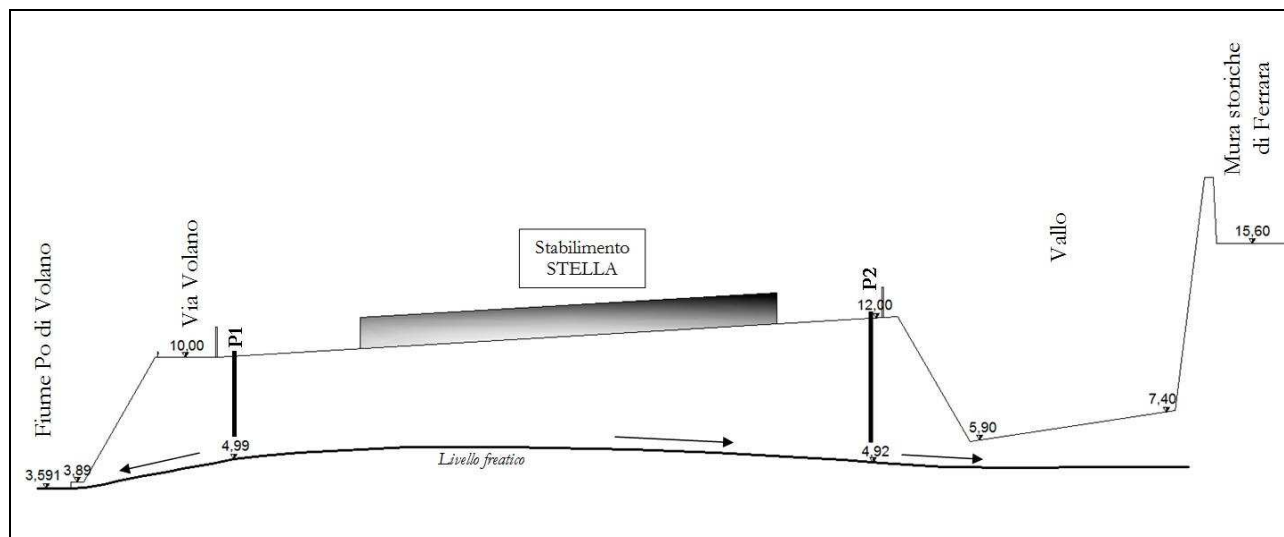


FIGURA 2.7 – Sezione AA'

3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

3.1 DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA

“La Regione Emilia Romagna non è esente da attività sismo-tettonica. La sua sismicità può però essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, poiché i terremoti storici hanno avuto magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala MCS. I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sud-orientale, in particolare nell’Appennino Romagnolo e lungo la costa riminese. Altri settori interessati da sismicità frequente ma **generalmente di minore energia (Magnitudo < 5,5)** sono il margine appenninico-padano tra la Val d’Arda e Bologna, l’arco della dorsale ferrarese e il crinale appenninico” (Note illustrative, Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, 2004).

Categoria di suolo

La categoria di suolo dipende dal valore di V_{s30} . Il parametro V_{s30} rappresenta la media ponderata dei valori delle velocità dell’onda di taglio “S” nei primi 30 m di sottosuolo indagato, matematicamente espressa da (eq. 1):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}} \quad (\text{eq. 1})$$

dove,

V_{s30} : velocità media ponderata delle onde di taglio “S”,

h_i : spessore dello strato i -esimo,

v_i : velocità delle onde di taglio “S” nello strato i -esimo.

Il valore di V_{s30} viene di seguito calcolato attraverso una correlazione con la prova penetrometrica statica CPT3 con *rif. 85-11*, che raggiunge la profondità di -30,00 m da p.c. Si ricorda che la V_{s30} va calcolata dal piano di posa della fondazione.

In **FIGURA 3.1** è riportato uno stralcio della CTR della provincia di Ferrara e una zoomata catastale con l'ubicazione della prova penetrometrica CPT3 con *rif. 85-11*.

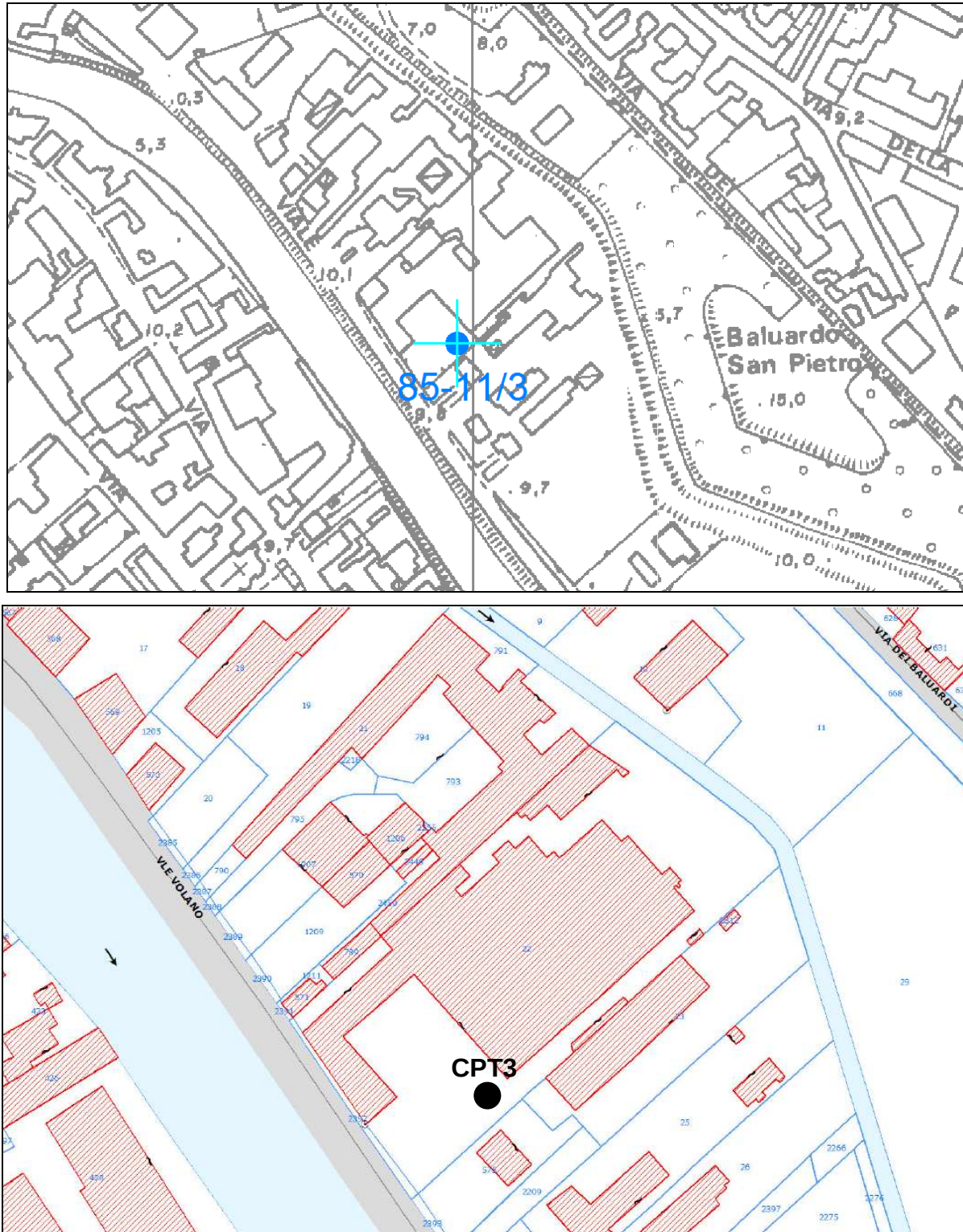


FIGURA 3.1 – Stralcio della CTR della provincia di Ferrara e zoomata catastale con ubicazione prova penetrometrica

In letteratura esistono numerose correlazioni empiriche tra le misure di q_c e di V_{s30} anche se il livello deformativo indotto nel terreno dalla penetrazione della punta penetrometrica provoca la rottura del materiale mentre le onde di taglio si propagano senza intaccare la struttura del terreno in condizioni di deformazioni praticamente elastiche.

La correlazione utilizzata è stata proposta da *Andrus et al. (2001)* ed utilizza valori di q_c e di V_{s30} normalizzati rispetto allo stato tensionale, in questa formula non viene tenuto conto dell'attrito laterale f_s e viene introdotto un coefficiente correttivo per l'età del deposito che viene indicato con ASF. Questo coefficiente viene utilizzato per tenere conto delle diverse caratteristiche di deformabilità e tessitura dei terreni risalenti al periodo Pleistocenico rispetto ai più recenti depositi Olocenici.

La correlazione è la seguente:

$$V_{s1} = ASF \cdot A \cdot (q_{c1N})^\alpha$$

dove:

$$q_{c1N} = \left(\frac{q_c}{p_a} \right) \left(\frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.5} \quad \text{resistenza alla punta normalizzata alla tensione verticale;}$$

$$V_{s1} = V_s \left(\frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.25} \quad \text{velocità corretta per tenere in conto lo stato tensionale verticale;}$$

ASF per depositi Olocenici = 1 (quali sono i depositi presenti nella pianura ferrarese alle profondità indagate) come suggerito da ANDRUS et al.;

A e α sono coefficienti empirici da calibrare sulla base delle misure di q_c e di V_s disponibili;

p_a = pressione atmosferica.

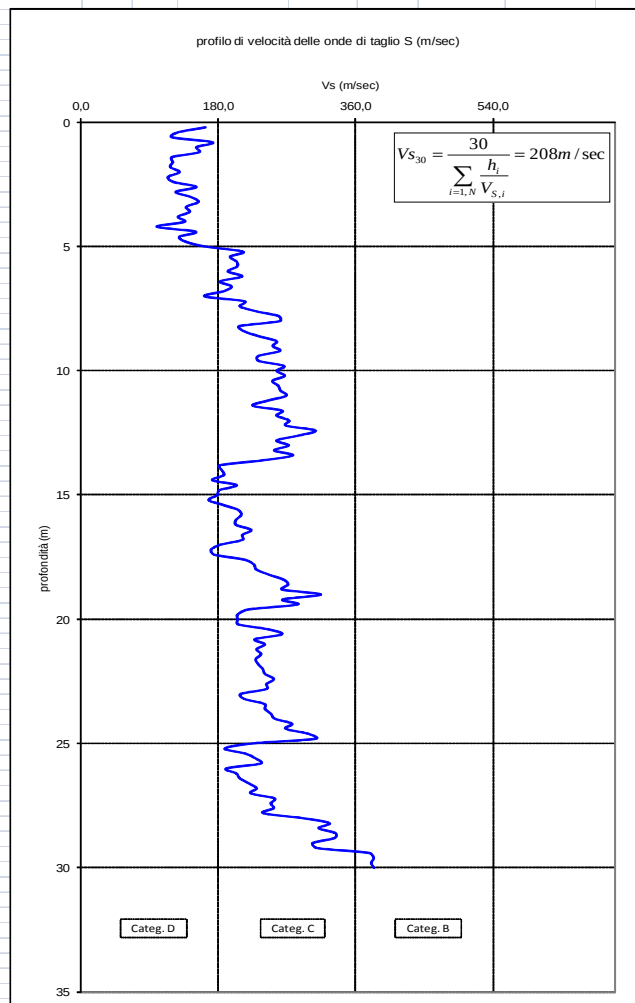
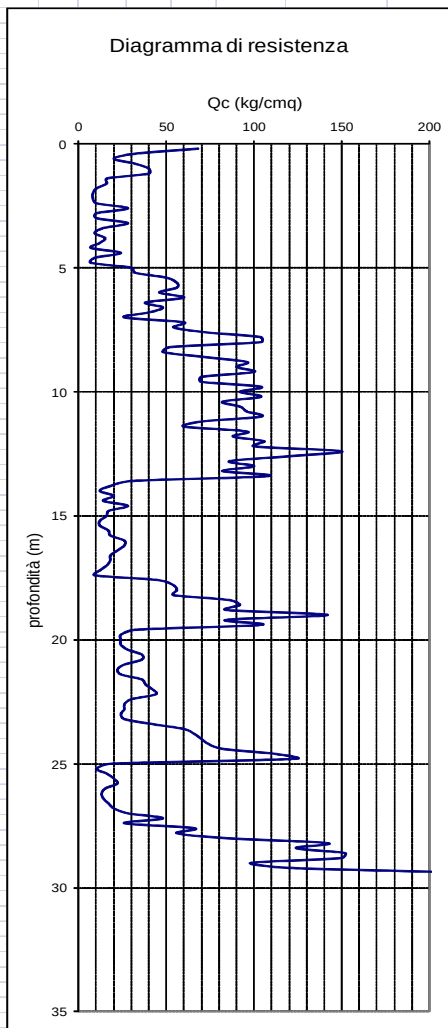
Nella **Tabella 3.1** sono riportati i coefficienti A e α .

	Argilla	Limo	Sabbia
A	80.64	77.83	53.64
α	0.28	0.24	0.33

Tabella 3.1 – Coefficienti A (m/s) e α

		Località: Ferrara		CPT di riferimento: 85-11		Data esecuzione CPT: #####											
		profondità prova 30 m															
Falda:	5	m															
periodo fondamentale T1 = 0,54 sec			$T1 = \left(\sum_{i=1}^n v_{si} \cdot Hi \right) / H$		ANDRUS	Vs30											
					207,59	m/sec											
media pesata delle velocità delle onde di taglio																	
Dobry et al. 1976 modificato in Linee Guida AGI 2005			$T1 = \frac{\sum_{i=1}^n 4 \cdot H_i}{V_{si}}$														
periodo fondamentale T1 = 0,58 sec																	
Somma dei periodi naturali di ciascuno strato																	
prf.	RP	RP/RL	Z1	Z2	ΔH	mezzo strat	litologia	qc(kg/cm2)	σ' ν(kg/cm2)	A	α	VS30 normalizzata	VS30	ΔH/Vs i	σ' ν(kg/cm2)	σ' ν(kg/cm2)	H1 * Vs i
0,2	68	85	0	0,2	0,2	0,1	SABBIA	68	0,037	53,64	0,33	371,9	163,1	0,0	0,037	-0,371	32,6
0,4	32	20	0,2	0,4	0,2	0,3	LIMO	32	0,074	77,83	0,24	244,4	127,5	0,0	0,074	-0,317	25,5
0,6	20	75	0,4	0,6	0,2	0,5	SABBIA	20	0,111	53,64	0,33	207,2	119,6	0,0	0,111	-0,263	23,9
0,8	32	9	0,6	0,8	0,2	0,7	ARGILLA	32	0,148	80,64	0,28	278,1	172,5	0,0	0,148	-0,209	34,5
1	40	23	0,8	1	0,2	0,9	LIMO	40	0,185	77,83	0,24	231,0	151,5	0,0	0,185	-0,155	30,3
1,2	40	33	1	1,2	0,2	1,1	LIMO	40	0,222	77,83	0,24	226,0	155,1	0,0	0,222	-0,101	31,0
1,4	16	60	1,2	1,4	0,2	1,3	SABBIA	16	0,259	53,64	0,33	167,4	119,4	0,0	0,259	-0,047	23,9
1,6	16	40	1,4	1,6	0,2	1,5	SABBIA	16	0,296	53,64	0,33	163,7	120,8	0,0	0,296	0,007	24,2
1,8	10	25	1,6	1,8	0,2	1,7	LIMO	10	0,333	77,83	0,24	154,3	117,2	0,0	0,333	0,061	23,4
2	8	13	1,8	2	0,2	1,9	ARGILLA	8	0,37	80,64	0,28	165,9	129,4	0,0	0,37	0,115	25,9
2,2	8	24	2	2,2	0,2	2,1	LIMO	8	0,407	77,83	0,24	142,8	114,1	0,0	0,407	0,169	22,8
2,4	10	37	2,2	2,4	0,2	2,3	LIMO	10	0,444	77,83	0,24	149,1	121,7	0,0	0,444	0,223	24,3
2,6	28	42	2,4	2,6	0,2	2,5	SABBIA	28	0,481	53,64	0,33	181,8	151,4	0,0	0,481	0,277	30,3
2,8	10	25	2,6	2,8	0,2	2,7	LIMO	10	0,518	77,83	0,24	146,4	124,2	0,0	0,518	0,331	24,8
3	10	19	2,8	3	0,2	2,9	ARGILLA	10	0,555	80,64	0,28	166,9	144,0	0,0	0,555	0,385	28,8
3,2	28	52	3	3,2	0,2	3,1	SABBIA	28	0,592	53,64	0,33	175,6	154,1	0,0	0,592	0,439	30,8
3,4	14	23	3,2	3,4	0,2	3,3	LIMO	14	0,629	77,83	0,24	155,0	138,1	0,0	0,629	0,493	27,6
3,6	9	19	3,4	3,6	0,2	3,5	ARGILLA	9	0,666	80,64	0,28	157,9	142,7	0,0	0,666	0,547	28,5
3,8	15	112	3,6	3,8	0,2	3,7	SABBIA	15	0,703	53,64	0,33	138,9	127,2	0,0	0,703	0,601	25,4
4	12	36	3,8	4	0,2	3,9	LIMO	12	0,74	77,83	0,24	146,5	135,9	0,0	0,74	0,655	27,2
4,2	7	52	4	4,2	0,2	4,1	SABBIA	7	0,777	53,64	0,33	106,3	99,8	0,0	0,777	0,709	20,0
4,4	24	51	4,2	4,4	0,2	4,3	SABBIA	24	0,814	53,64	0,33	158,4	150,4	0,0	0,814	0,763	30,1
4,6	9	27	4,4	4,6	0,2	4,5	LIMO	9	0,851	77,83	0,24	134,5	129,1	0,0	0,851	0,817	25,8
4,8	7	18	4,6	4,8	0,2	4,7	ARGILLA	7	0,888	80,64	0,28	141,4	137,2	0,0	0,888	0,871	27,4
5	30	56	4,8	5	0,2	4,9	SABBIA	30	0,925	53,64	0,33	166,9	163,7	0,0	0,925	0,925	32,7
5,2	32	17	5	5,2	0,2	5,1	ARGILLA	32	0,979	80,64	0,28	213,4	212,3	0,0	0,962	0,979	42,5
5,4	50	125	5,2	5,4	0,2	5,3	SABBIA	50	1,033	53,64	0,33	194,0	195,6	0,0	0,999	1,033	39,1
5,6	56	140	5,4	5,6	0,2	5,5	SABBIA	56	1,087	53,64	0,33	199,7	203,9	0,0	1,036	1,087	40,8
5,8	56	70	5,6	5,8	0,2	5,7	SABBIA	56	1,141	53,64	0,33	198,1	204,8	0,0	1,073	1,141	41,0
6	46	86	5,8	6	0,2	5,9	SABBIA	46	1,195	53,64	0,33	184,3	192,7	0,0	1,11	1,195	38,5
6,2	60	64	6	6,2	0,2	6,1	SABBIA	60	1,249	53,64	0,33	199,7	211,1	0,0	1,147	1,249	42,2
6,4	38	285	6,2	6,4	0,2	6,3	SABBIA	38	1,303	53,64	0,33	170,5	182,2	0,0	1,184	1,303	36,4
6,6	48	120	6,4	6,6	0,2	6,5	SABBIA	48	1,357	53,64	0,33	183,0	197,5	0,0	1,221	1,357	39,5
6,8	40	60	6,6	6,8	0,2	6,7	SABBIA	40	1,411	53,64	0,33	171,2	186,6	0,0	1,258	1,411	37,3
7	26	49	6,8	7	0,2	6,9	SABBIA	26	1,465	53,64	0,33	147,6	162,4	0,0	1,295	1,465	32,5
7,2	60	64	7	7,2	0,2	7,1	SABBIA	60	1,519	53,64	0,33	193,3	214,6	0,0	1,332	1,519	42,9
7,4	54	45	7,2	7,4	0,2	7,3	SABBIA	54	1,573	53,64	0,33	185,7	207,9	0,0	1,369	1,573	41,6
7,6	72	60	7,4	7,6	0,2	7,5	SABBIA	72	1,627	53,64	0,33	203,0	229,3	0,0	1,406	1,627	45,9
7,8	104	97	7,6	7,8	0,2	7,7	SABBIA	104	1,681	53,64	0,33	228,0	259,6	0,0	1,443	1,681	51,9
8	104	71	7,8	8	0,2	7,9	SABBIA	104	1,735	53,64	0,33	226,8	260,3	0,0	1,48	1,735	52,1
8,2	52	49	8	8,2	0,2	8,1	SABBIA	52	1,789	53,64	0,33	179,5	207,6	0,0	1,517	1,789	41,5
8,4	48	36	8,2	8,4	0,2	8,3	LIMO	48	1,843	77,83	0,24	183,1	213,4	0,0	1,554	1,843	42,7
8,6	72	49	8,4	8,6	0,2	8,5	SABBIA	72	1,897	53,64	0,33	197,9	232,3	0,0	1,591	1,897	46,5
8,8	96	72	8,6	8,8	0,2	8,7	SABBIA	96	1,951	53,64	0,33	216,6	256,0	0,0	1,628	1,951	51,2
9	90	75	8,8	9	0,2	8,9	SABBIA	90	2,005	53,64	0,33	211,1	251,2	0,0	1,665	2,005	50,2
9,2	100	107	9	9,2	0,2	9,1	SABBIA	100	2,059	53,64	0,33	217,6	260,7	0,0	1,702	2,059	52,1
9,4	70	48	9,2	9,4	0,2	9,3	SABBIA	70	2,113	53,64	0,33	192,6	232,3	0,0	1,739	2,113	46,5
9,6	70	48	9,4	9,6	0,2	9,5	SABBIA	70	2,167	53,64	0,33	191,8	232,8	0,0	1,776	2,167	46,6
9,8	104	71	9,6	9,8	0,2	9,7	SABBIA	104	2,221	53,64	0,33	217,7	265,8	0,0	1,813	2,221	53,1
10	92	29	9,8	10	0,2	9,9	LIMO	92	2,275	77,83	0,24	208,7	256,4	0,0	1,85	2,275	51,3
10,2	104	60	10	10,2	0,2	10,1	SABBIA	104	2,329	53,64	0,33	216,0	266,9	0,0	1,887	2,329	53,4
10,4	82	31	10,2	10,4	0,2	10,3	LIMO	82	2,383	77,83	0,24	201,9	250,9	0,0	1,924	2,383	50,2
10,6	92	35	10,4	10,6	0,2	10,5	LIMO	92	2,437	77,83	0,24	207,0	258,7	0,0	1,961	2,437	51,7
10,8	96	40	10,6	10,8	0,2	10,7	SABBIA	96	2,491	53,64	0,33	208,1	261,4	0,0	1,998	2,491	52,3
11	104	52	10,8	11	0,2	10,9	SABBIA	104	2,545	53,64	0,33	212,9	268,9	0,0	2,035	2,545	53,8
11,2	70	33	11	11,2	0,2	11,1	LIMO	70	2,599	77,83	0,24	192,4	244,3	0,0	2,072	2,599	48,9
11,4	60	41	11,2	11,4	0,2	11,3	SABBIA	60	2,653	53,64	0,33	176,3	225,1	0,0	2,109	2,653	45,0
11,6	96	45	11,4	11,6	0,2	11,5	SABBIA	96	2,707	53,64	0,33	205,2	263,3	0,0	2,146	2,707	52,7
11,8	88	55	11,6	11,8	0,2	11,7	SABBIA	88	2,761	53,64	0,33	198,8	256,2	0,0	2,183	2,761	51,2
12	106	44	11,8	12	0,2	11,9	SABBIA	106	2,815	53,64	0,33	210,7	272,9	0,0	2,22	2,815	54,6
12,2	100	63	12	12,2	0,2	12,1	SABBIA	100	2,869	53,64	0,33	206,0	268,2	0,0	2,257	2,869	53,6
12,4	150	62	12,2	12,4	0,2	12,3	SABBIA	150	2,923	53,64	0,33	234,8	307,0	0,0	2,294	2,923	61,4
12,6	120	69	12,4	12,6	0,2	12,5	SABBIA	120	2,977	53,64	0,33	217,5	285,7	0,0	2,331	2,977	57,1
12,8	86	129	12,6	12,8	0,2	12,7	SABBIA	86	3,031	53,64	0,33	194,3	256,3	0,0	2,3		

20,2	24	20	20	20,2	0,2	20,1	LIMO	24	5,029	77,83	0,24	137,5	205,9	0,0	3,737	5,029	41,2
20,4	28	19	20,2	20,4	0,2	20,3	ARGILLA	28	5,083	80,64	0,28	163,3	245,1	0,0	3,774	5,083	49,0
20,6	36	19	20,4	20,6	0,2	20,5	ARGILLA	36	5,137	80,64	0,28	174,9	263,3	0,0	3,811	5,137	52,7
20,8	36	21	20,6	20,8	0,2	20,7	LIMO	36	5,191	77,83	0,24	150,9	227,8	0,0	3,848	5,191	45,6
21	26	16	20,8	21	0,2	20,9	ARGILLA	26	5,245	80,64	0,28	159,2	240,9	0,0	3,885	5,245	48,2
21,2	22	17	21	21,2	0,2	21,1	ARGILLA	22	5,299	80,64	0,28	151,7	230,2	0,0	3,922	5,299	46,0
21,4	24	15	21,2	21,4	0,2	21,3	ARGILLA	24	5,353	80,64	0,28	155,2	236,1	0,0	3,959	5,353	47,2
21,6	36	25	21,4	21,6	0,2	21,5	LIMO	36	5,407	77,83	0,24	150,2	229,1	0,0	3,996	5,407	45,8
21,8	38	29	21,6	21,8	0,2	21,7	LIMO	38	5,461	77,83	0,24	152,0	232,3	0,0	4,033	5,461	46,5
22	42	32	21,8	22	0,2	21,9	LIMO	42	5,515	77,83	0,24	155,5	238,3	0,0	4,07	5,515	47,7
22,2	44	22	22	22,2	0,2	22,1	LIMO	44	5,569	77,83	0,24	157,1	241,3	0,0	4,107	5,569	48,3
22,4	30	17	22,2	22,4	0,2	22,3	ARGILLA	30	5,623	80,64	0,28	164,1	252,7	0,0	4,144	5,623	50,5
22,6	26	18	22,4	22,6	0,2	22,5	ARGILLA	26	5,677	80,64	0,28	157,5	243,1	0,0	4,181	5,677	48,6
22,8	26	18	22,6	22,8	0,2	22,7	ARGILLA	26	5,731	80,64	0,28	157,3	243,3	0,0	4,218	5,731	48,7
23	24	30	22,8	23	0,2	22,9	LIMO	24	5,785	77,83	0,24	135,2	209,7	0,0	4,255	5,785	41,9
23,2	26	22	23	23,2	0,2	23,1	LIMO	26	5,839	77,83	0,24	137,7	214,0	0,0	4,292	5,839	42,8
23,4	42	26	23,2	23,4	0,2	23,3	LIMO	42	5,893	77,83	0,24	154,3	240,4	0,0	4,329	5,893	48,1
23,6	60	45	23,4	23,6	0,2	23,5	SABBIA	60	5,947	53,64	0,33	154,4	241,0	0,0	4,366	5,947	48,2
23,8	66	55	23,6	23,8	0,2	23,7	SABBIA	66	6,001	53,64	0,33	159,0	248,9	0,0	4,403	6,001	49,8
24	70	75	23,8	24	0,2	23,9	SABBIA	70	6,055	53,64	0,33	161,9	254,0	0,0	4,44	6,055	50,8
24,2	74	37	24	24,2	0,2	24,1	LIMO	74	6,109	77,83	0,24	176,0	276,7	0,0	4,477	6,109	55,3
24,4	82	88	24,2	24,4	0,2	24,3	SABBIA	82	6,163	53,64	0,33	170,1	268,0	0,0	4,514	6,163	53,6
24,6	112	70	24,4	24,6	0,2	24,5	SABBIA	112	6,217	53,64	0,33	188,3	297,3	0,0	4,551	6,217	59,5
24,8	124	103	24,6	24,8	0,2	24,7	SABBIA	124	6,271	53,64	0,33	194,4	307,7	0,0	4,588	6,271	61,5
25	18	14	24,8	25	0,2	24,9	ARGILLA	18	6,325	80,64	0,28	139,9	221,9	0,0	4,625	6,325	44,4
25,2	10	9	25	25,2	0,2	25,1	ARGILLA	10	6,379	80,64	0,28	118,5	188,4	0,0	4,662	6,379	37,7
25,4	16	9	25,2	25,4	0,2	25,3	ARGILLA	16	6,433	80,64	0,28	135,1	215,1	0,0	4,699	6,433	43,0
25,6	20	14	25,4	25,6	0,2	25,5	ARGILLA	20	6,487	80,64	0,28	143,6	229,2	0,0	4,736	6,487	45,8
25,8	22	19	25,6	25,8	0,2	25,7	ARGILLA	22	6,541	80,64	0,28	147,3	235,6	0,0	4,773	6,541	47,1
26	15	20	25,8	26	0,2	25,9	LIMO	15	6,595	77,83	0,24	118,9	190,5	0,0	4,81	6,595	38,1
26,2	13	14	26	26,2	0,2	26,1	ARGILLA	13	6,649	80,64	0,28	126,8	203,7	0,0	4,847	6,649	40,7
26,4	14	19	26,2	26,4	0,2	26,3	ARGILLA	14	6,703	80,64	0,28	129,4	208,1	0,0	4,884	6,703	41,6
26,6	17	13	26,4	26,6	0,2	26,5	ARGILLA	17	6,757	80,64	0,28	136,4	220,0	0,0	4,921	6,757	44,0
26,8	20	17	26,6	26,8	0,2	26,7	ARGILLA	20	6,811	80,64	0,28	142,6	230,4	0,0	4,958	6,811	46,1
27	28	23	26,8	27	0,2	26,9	LIMO	28	6,865	77,83	0,24	137,4	222,4	0,0	4,995	6,865	44,5
27,2	48	28	27	27,2	0,2	27,1	LIMO	48	6,919	77,83	0,24	156,3	253,4	0,0	5,032	6,919	50,7
27,4	26	12	27,2	27,4	0,2	27,3	ARGILLA	26	6,973	80,64	0,28	153,0	248,6	0,0	5,069	6,973	49,7
27,6	66	50	27,4	27,6	0,2	27,5	SABBIA	66	7,027	53,64	0,33	155,0	252,3	0,0	5,106	7,027	50,5
27,8	56	47	27,6	27,8	0,2	27,7	SABBIA	56	7,081	53,64	0,33	146,6	239,1	0,0	5,143	7,081	47,8
28	84	33	27,8	28	0,2	27,9	LIMO	84	7,135	77,83	0,24	178,1	291,0	0,0	5,18	7,135	58,2
28,2	142	133	28	28,2	0,2	28,1	SABBIA	142	7,189	53,64	0,33	198,8	325,5	0,0	5,217	7,189	65,1
28,4	124	93	28,2	28,4	0,2	28,3	SABBIA	124	7,243	53,64	0,33	189,9	311,5	0,0	5,254	7,243	62,3
28,6	152	228	28,4	28,6	0,2	28,5	SABBIA	152	7,297	53,64	0,33	202,8	333,3	0,0	5,291	7,297	66,7
28,8	150	161	28,6	28,8	0,2	28,7	SABBIA	150	7,351	53,64	0,33	201,7	332,1	0,0	5,328	7,351	66,4
29	98	33	28,8	29	0,2	28,9	LIMO	98	7,405	77,83	0,24	183,9	303,4	0,0	5,365	7,405	60,7
29,2	120	450	29	29,2	0,2	29,1	SABBIA	120	7,459	53,64	0,33	186,9	308,9	0,0	5,402	7,459	61,8
29,4	220	103	29,2	29,4	0,2	29,3	SABBIA	220	7,513	53,64	0,33	228,0	377,5	0,0	5,439	7,513	75,5
29,6	230	288	29,4	29,6	0,2	29,5	SABBIA	230	7,567	53,64	0,33	231,1	383,3	0,0	5,476	7,567	76,7
29,8	224	112	29,6	29,8	0,2	29,7	SABBIA	224	7,621	53,64	0,33	228,8	380,2	0,0	5,513	7,621	76,0
30	230	112	29,8	30	0,2	29,9	SABBIA	230	7,675	53,64	0,33	230,6	383,8	0,0	5,55	7,675	76,8



Il valore di Vs30 calcolato risulta: Vs30 = 208 m/s e quindi la Categoria di suolo è C.

Tale valore v'è assunto con uno scarto di $\pm 10\%$, come per tutti i metodi di acquisizione di tale parametro.

Vs30 = 208 m/s Categoria di suolo C

Con il foglio di calcolo redatto dallo scrivente, è stato stimato anche il periodo fondamentale T1 del deposito stratificato orizzontalmente, utilizzando le due correlazioni proposte da Dobry et alii, 1976, modificato in Linee Guida AGI “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica” 2005.

I due metodi utilizzano le seguenti espressioni:

media pesata delle velocità delle onde di taglio:

$$T_1 = \frac{4H}{V_s} = 0,54 \text{ sec}$$

$$\overline{V_s} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{si} \cdot H_i}{H}$$

somma dei periodi naturali di ciascuno strato

$$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_4} = 0,58 \text{ sec}$$

$$\omega_4^2 = \frac{\left(3 \cdot \sum_{i=1}^n V_{si} \cdot H_i \right)}{H^3}$$

Spettro da “Atto di indirizzo, n°112 del 2 maggio 2007”

La nuova classificazione sismica introdotta con l’Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico” per la microzonizzazione sismica della regione Emilia Romagna, prevede per il comune di Ferrara la seguente accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per T=0, espressa in frazione dell’accelerazione di gravità g (a_{gref}):

Accelerazione PGA_(Vs30<350m/sec) = 0,132 g suolo rigido (Vs30>800 m/sec)
--

Per un valore della Vs30 inferiore 300 m/sec, il fattore di amplificazione è pari a F.A.=1,5. In **FIGURA 3.2**, si riporta lo spettro di risposta calcolato per il Comune di Ferrara, con un valore di a_{refg} pari a 0,132 g ed un fattore di amplificazione pari a 1.5.

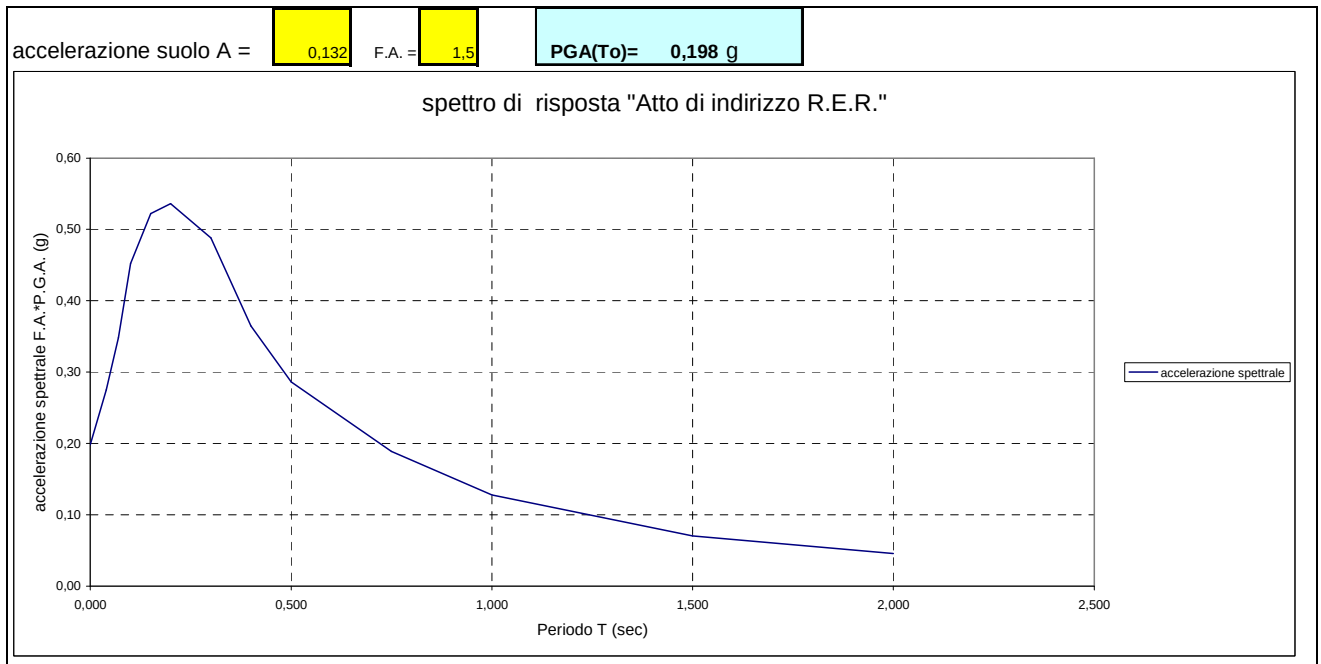


FIGURA 3.2 – Spettro di risposta per il suolo rilevato a Ferrara.

Secondo "D.M. 14 gennaio 2008"

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

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

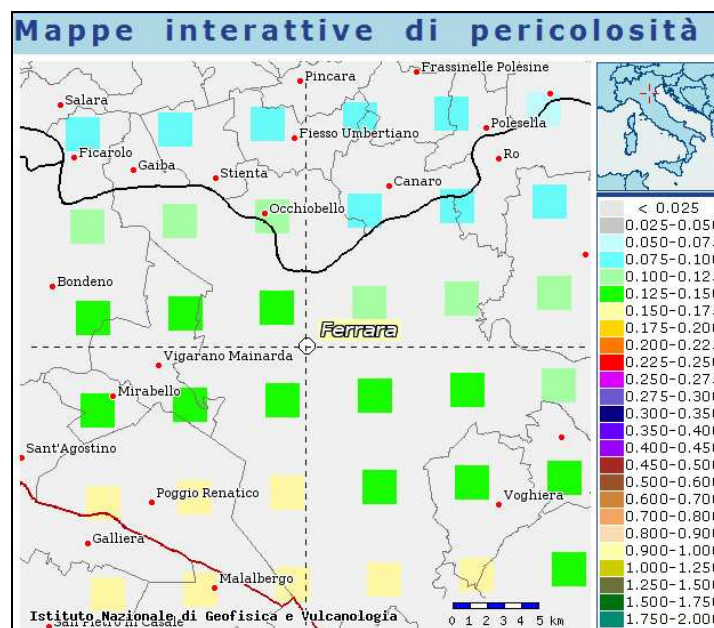


FIGURA 3.3 – carta pericolosità sismica, da progetto DCP – INGV – S1. fonte: <http://lesse1-gis.mi.ingv.it>

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

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma per tutti i siti italiani, sono forniti i valori di a_g , F_0 e T^*_C necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Nella **Tabella 3.2** tratta dalla normativa si riportano i valori di probabilità di superamento per i diversi stati limite a cui si può spingere la progettazione.

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

Tabella 3.2. D.M. 14-01-2008 Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

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

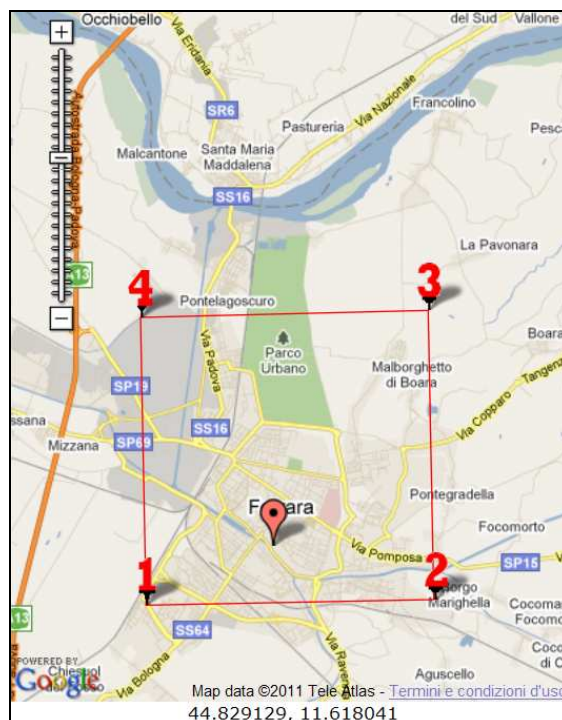


FIGURA 3.4 – vertici della griglia di riferimento.

Si valutano i parametri spettrali a_g , F_0 e T^*c per il sito di progetto (approccio “sito-dipendente”) considerando l’amplificazione stratigrafica e topografica (**T1**) (Cap. 3.2 del D.M.2008) la categoria del sottosuolo (**C**) e la classe d’uso della costruzione (**II**) (Cap. 2.4 del D.M.2008).

Sarà poi il progettista a definire lo spettro di risposta in funzione delle caratteristiche dell’opera progettata e alla strategia di progettazione. Quello che si riporta di seguito deriva solo da considerazioni su ipotesi di massima.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,8300575086238

longitudine: 11,6190332954539

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 15402 Lat: 44,8197 Lon: 11,5883 Distanza: 2685,911

Sito 2 ID: 15403 Lat: 44,8208 Lon: 11,6586 Distanza: 3284,423

Sito 3 ID: 15181 Lat: 44,8708 Lon: 11,6571 Distanza: 5434,580

Sito 4 ID: 15180 Lat: 44,8697 Lon: 11,5867 Distanza: 5093,909

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente c_u : 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

a_g : 0,037 g

F_0 : 2,548

T^*c : 0,252 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

a_g : 0,047 g

F_0 : 2,504

T^*c : 0,275 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

a_g : 0,136 g

F_0 : 2,595

T^*c : 0,274 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

a_g : 0,182 g

F_0 : 2,552

T^*c : 0,280 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,650
St: 1,000
Kh: 0,011
Kv: 0,006
Amax: 0,551
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,610
St: 1,000
Kh: 0,014
Kv: 0,007
Amax: 0,690
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,490
Cc: 1,610
St: 1,000
Kh: 0,049
Kv: 0,024
Amax: 1,983 (Amax/g= 0,202)
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,420
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,062
Kv: 0,031
Amax: 2,541
Beta: 0,240

Magnitudo di progetto

Nella **FIGURA 3.5** sono riportati i sismi che hanno colpito in un raggio di 30 km attorno al sito di intervento, tra la provincia di Ferrara e quella di Modena in tempi storici.

CPTI04 - Risultato dell'interrogazione per parametri

Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:

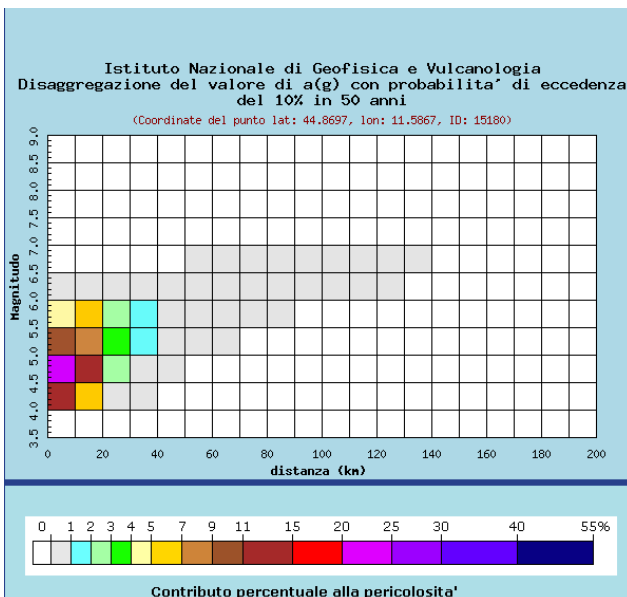
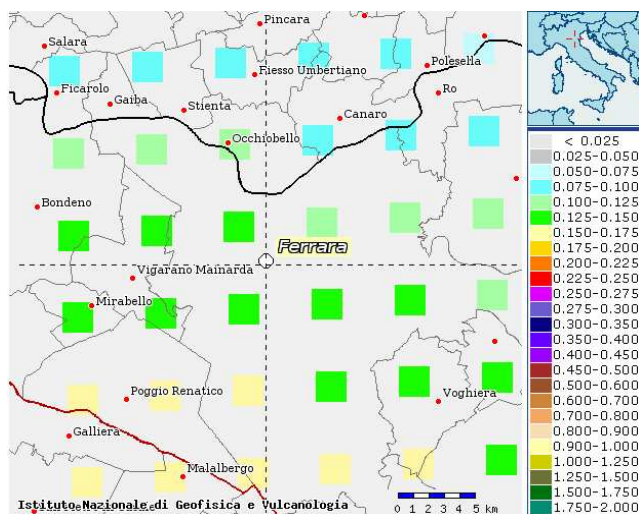
Area circolare con centro C (44.82, 11.61) e raggio 30 km

N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZS9	TZ	Ncft	Nnt	Ncpt
51	DI	1234	3	20				FERRARA	DOM	5	70	70		44.836	11.618	A	5.17	0.30		4.80	0.45		4.99	0.42	912	G		860	5
66	DI	1285	12	13				FERRARA	DOM	2	70	65		44.836	11.618	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	912	G		861	66
131	DI	1410	5	9	22	30		FERRARA	DOM	3	65	65		44.836	11.618	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	912	G		863	131
139	CP	1425	8	10	19			FERRARA SUD	POS85			60		44.833	11.667		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	912	G		864	139
178	DI	1483	3	3	22			FERRARA	DOM	1	55	55		44.836	11.618	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	912	G		865	178
207	CP	1508	10	18	15			FERRARA SUD	POS85			60		44.833	11.667		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	912	G		866	207
257	DI	1561	11	24	1	25		Ferrara	CFTI	5	65	55	M	44.78	11.45	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	912	G	229	867	257
262	DI	1570	11	17	19	10		Ferrara	CFTI	60	80	75		44.82	11.63	A	5.48	0.11		5.27	0.17		5.43	0.16	912	G	231	868	262
266	DI	1574	3	17	3	40		FINALE EMILIA	DOM	4	70	70		44.833	11.294	A	5.12	0.22		4.73	0.33		4.92	0.31	912	G		869	266
323	DI	1624	3	18	19	45		Argentina	CFTI	17	85	75		44.65	11.85	A	5.43	0.22		5.19	0.32		5.35	0.30	912	G	243	870	323
416	DI	1695	2	28				FERRARA	DOM	1	55	55		44.836	11.618	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	912	G		871	416
521	DI	1743	5	29				FERRARA	DOM	1	65	65		44.836	11.618	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	912	G		872	521
654	DI	1787	7	16	10			Ferrara	CFTI	3	65	55	M	44.83	11.62	A	4.63	0.13		4.00	0.20		4.25	0.19	912	G	339	873	654
683	DI	1796	10	22	4			Emilia orientale	CFTI	26	70	70		44.62	11.67	A	5.63	0.15		5.48	0.23		5.62	0.23	912	G	352	874	683
1287	DI	1898	1	16	12	10	5	Romagna settent.	CFTI	73	70	65		44.65	11.77	A	5.03	0.33		4.60	0.49		4.80	0.45	912	G	452	879	1287
1482	CP	1908	6	28	3	19	58	FINALE EMILIA SUD	POS85			60		44.8	11.3		4.83	0.26		4.30	0.39		4.53	0.36	912	G		881	1482
1499	DI	1909	1	13	45			BASSA PADANA	DOM	799	65	65		44.579	11.688	A	5.53	0.05		5.33	0.08		5.48	0.07	912	G		882	1499
1729	DI	1922	5	24	21	17		CENTO	DOM	6	45	35		44.862	11.517	A	4.50	0.14		3.81	0.21		4.07	0.19	912	G		883	1729
2094	DI	1956	2	20	1	29		ARGENTIA	DOM	32	55	55		44.919	11.899	A	4.98	0.07		4.52	0.10		4.73	0.09			885	2094	
2455	DI	1986	12	6	17	7	19	BONDENO	DOM	604	60	60		44.879	11.334	A	4.56	0.09		4.30	0.13		4.53	0.12	912	G		9019	2456

Maw	Magnitudo momento		--	
Daw	Errore associato alla stima di Maw		--	
TW	codice di determinazione di Maw	O	valore osservato	--
Mas	Magnitudo calcolata sulle onde di superficie	fino al 1980 coincide con Ma di CPTI99	Ma	Magnitudo media (calibrata a Ms)
Das	Errore associato alla stima di Mas	fino al 1980 coincide con Da di CPTI99	Da	Errore associato alla stima di Ma
TS	Codice di determinazione delle magnitudo per la zona etnea	En: valore per il calcolo del quale è stata usata la relazione Io/Mm di Azzaro e Barbano (1997)	--	
Msp	Magnitudo da utilizzare in combinazione con la relazione di attenuazione di Sabetta e Pugliese (1996)	per Ms>5.5: Msp=Ms per Ms<=5.5: Msp=(Ms+0.584)/1.079	--	
Dsp	Errore associato alla stima di Msp		--	
ZS9	Zona sorgente di ZS9 cui l'evento è assegnato		--	

FIGURA 3.5 : sismi che hanno colpito l'area in esame in un raggio di 30 km (Fonte: <http://emidius.mi.ingn.it/CPTI04/ricerca04.php>)

In **FIGURA 3.6** è visibile il grafico di disaggregazione, in cui si riporta il contributo percentuale alla pericolosità delle diverse coppie di magnitudo e distanza, con cui si individua la coppia di valori che domina lo scenario sismico.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.8697, lon: 11.5867, ID: 15180)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	14.300	22.800	10.500	4.280	0.455	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	5.170	11.900	8.750	5.250	0.696	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.821	2.970	3.390	2.900	0.471	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.021	0.568	1.240	1.440	0.274	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.027	0.360	0.627	0.118	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.050	0.244	0.050	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.002	0.090	0.063	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.051	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.035	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.960	12.100	0.584

FIGURA 3.6 - grafico di disaggregazione <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

Dunque la magnitudo massima attesa nei tempi di ritorno adottati è di 4,96 Mw, ovvero 5,00 Mw, con una distanza epicentrale di 12,100 km circa.

Conservativamente si utilizza una magnitudo di 5,5 per effettuare le analisi della liquefazione delle sabbie.

3.2 VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

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

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

1. Eventi sismici attesi di magnitudo di momento M_w inferiore a 6 e durata inferiore a 15 sec. ("La Liquefazione del terreno in condizioni sismiche" – Crespellani, Nardi, Simoncini – Zanichelli 1988).

2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,1g;

3. Accelerazioni massime al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:

- frazione di fine, FC, superiore al 20% (FC = frazione passante al setaccio ASTM 200, 0,074mm), con indice di plasticità $PI > 10$;

- $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;

- $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 25$

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

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella **FIGURA 3.7** da distinguere i materiali in funzione del coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ o $U_c > 3,5$.

5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15m dal piano campagna.

6. Copertura di strati superficiali non liquefacibili con spessore maggiore di 3m, oppure con spessore maggiore di 5m per magnitudo maggiori di $M > 7$.

7. Un ulteriore motivo di esclusione dalla verifica di liquefazione è dato dal valore della **densità relativa** D_r del deposito. Gibbs ha eseguito diversi studi su risultati di vari autori stabilendo che una densità relativa pari a 70% è valore limite tra terreni liquefacibili e non liquefacibili (*Manuale di geotecnica per l'ingegneria civile* di Nunziante Marino, Maggioli Editore, 2006), di conseguenza tutti i terreni con $D_r > 70\%$ vengono automaticamente esclusi dalla verifica alla liquefazione.

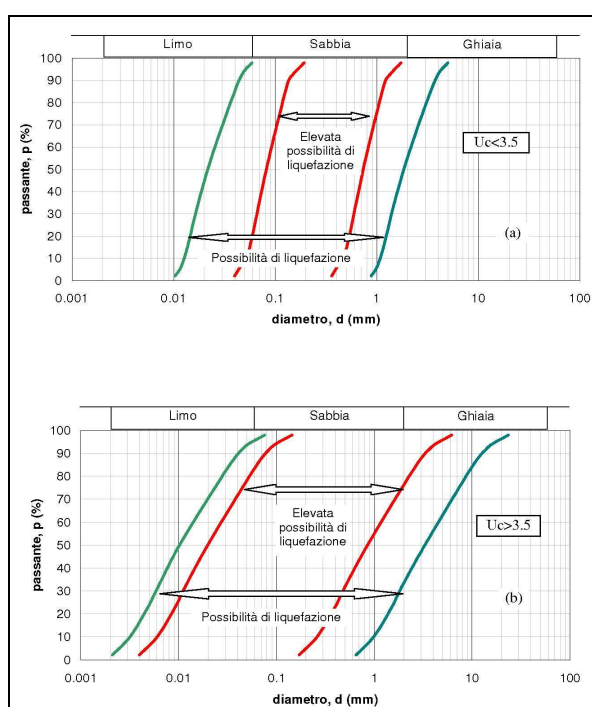


FIGURA 3.7: Fusi granulometrici liquefacibili

Per la verifica della liquefazione delle sabbie è stato utilizzato un software di calcolo che analizzando ogni strato da 20 cm individuato dalla prova CPT, ne verifica la potenzialità di liquefazione.

Ai fini del calcolo sono state considerate tutte e tre le prove penetrometriche CPT1, CPT2 e CPT3 con *Rifer. 85-11*.

Atto di indirizzo

Trattandosi di piano urbanistico attuativo i dati di input vengono estrapolati da “Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico” per gli studi di microzonizzazione sismica. Accelerazione PGA = 0,132 g, F.A.= 1,5, Magnitudo conservativamente pari a 5,5, Fattore di sicurezza F=1,00. **(FIGURA 3.8)**

Nell'area di studio il fenomeno della liquefazione non è un effetto di sito atteso.

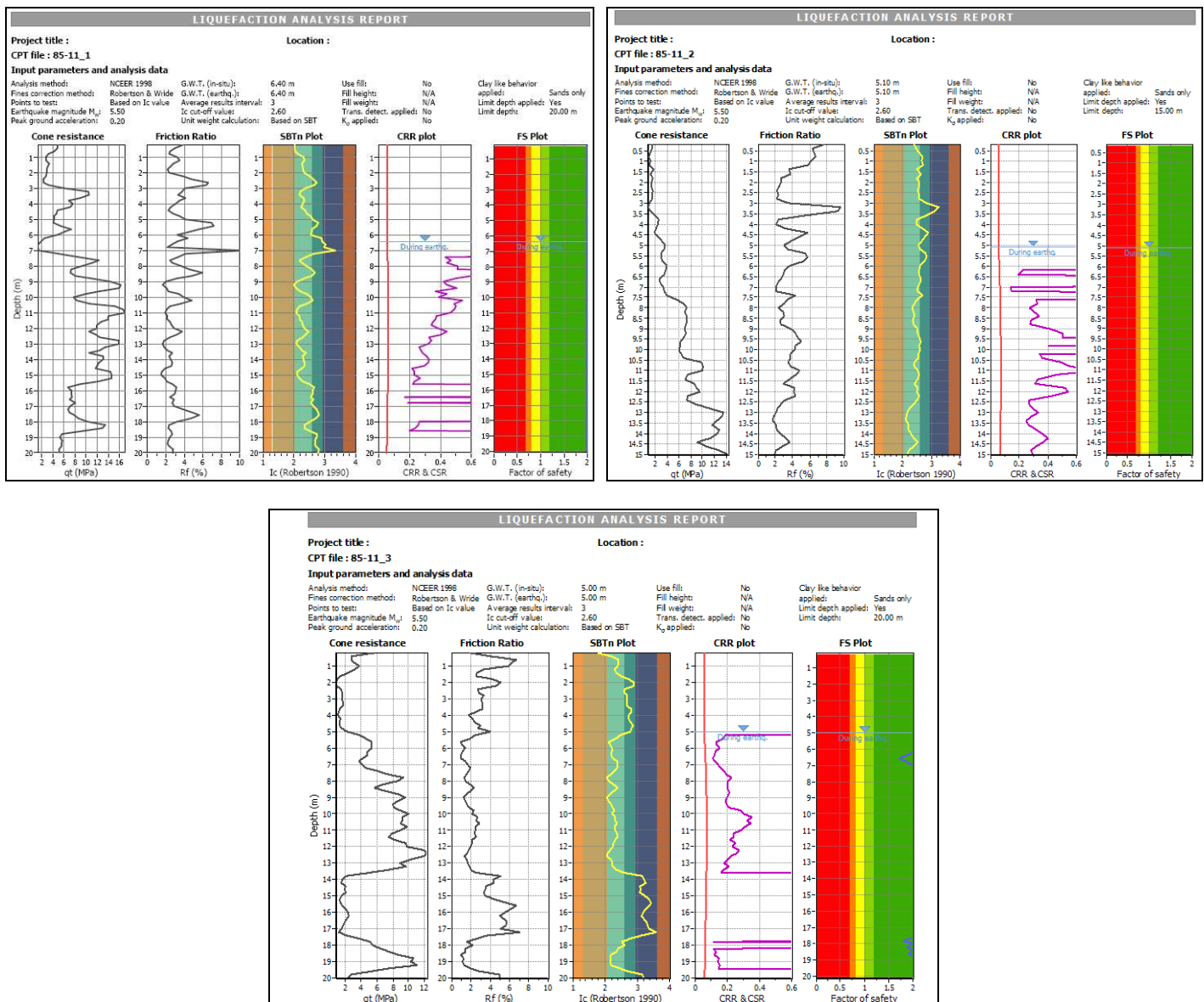


FIGURA 3.8 – dati di input

In **FIGURA 3.9**, si riporta un diagramma CSR, qc_1N_{cs} , in cui si schematizzano i comportamenti di non liquefazione degli strati esaminati.

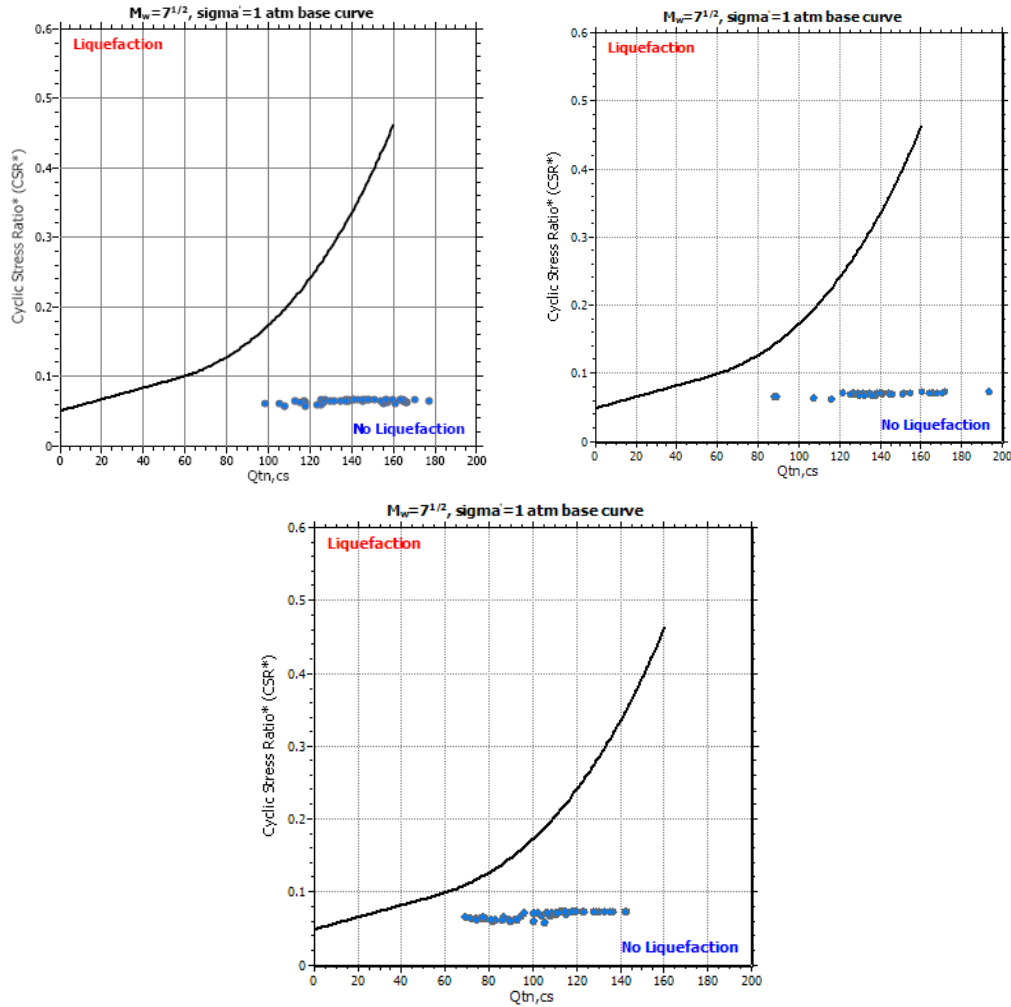


FIGURA 3.9– Diagramma per la stima della resistenza normalizzata alla liquefazione CRR di un terreno sabbioso saturo in funzione della percentuale di fini FC e sulla base dei valori N_{SPT} , q_c e V_S corretti.

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

Inoltre è stato verificato l'indice del potenziale di liquefazione, I_L , definito dalla seguente relazione:

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

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

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

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

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

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

Con il software si calcola nei primi 20,00 m, il valore del potenziale di liquefazione per tutti gli strati incoerenti (Metodo Iwasaki) risulta uguale a **0,00**.

In base alla **Tabella 3.3** i terreni risultano **non liquefacibili**.

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

Tabella 3.3 – Classificazione indice potenziale liquefazione

3.3 CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI IN TERRENI GRANULARI

Dell'elaborazione completa dei cedimenti post sismici si riporta solo il risultato finale. Sono stati stimati i cedimenti postsismici nei banchi sabbiosi rilevati con la prova CPT di riferimento. E' stato dunque utilizzato lo stesso software di analisi con cui si sono valutati i terreni per strati da 20 cm individuati dalla prova CPT.

Dalle elaborazioni, si ricava che con una Magnitudo di 5.50, non sono presenti livelli con un fattore di resistenza alla liquefazione inferiore a 1,0 (Atto di Indirizzo 112/2007), non determinando dunque cedimenti post sismici.

3.4 CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI IN TERRENI COESIVI

Nei depositi coesivi molto soffici ($c_u \leq 70$ kPa) e plastici ($I_p \geq 30\%$) in cui si prevede un incremento delle pressioni interstiziali $\frac{\Delta u}{\sigma'_0} \geq 0.3$ durante il terremoto di riferimento può verificarsi un cedimento di riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

Le stratigrafie delle prove penetrometriche rilevano la presenza di argille limose e limi argillosi, nei primi 5 metri di terreno. Qui la frazione limosa (e talvolta sabbiosa) riduce il valore dell'indice di plasticità che per questi terreni risulta inferiore al 30%, e non presentano dunque le caratteristiche tali per essere passibili di cedimenti per riconsolidazione.

Inoltre i terreni coesivi rilevati in sito si collocano solo al di sopra del livello di falda freatica, per cui non risentono dei fenomeni di incremento delle sovrappressioni neutre, trattandosi di terreni asciutti.

4. MODELLAZIONE GEOTECNICA

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

Attualmente, la pericolosità geologica dell'area di studio è legata anche alle oscillazioni della falda che determinano nei terreni coesivi delle significative ed importanti variazioni di umidità naturale; questo fenomeno interessa degli spessori tali di terreno, da causare ritiri e rigonfiamenti sensibili per le fondazioni. Questo fenomeno si manifesta sottoforma di quadri fessurativi in edifici anche poco pesanti, a seguito dei ritiri per essiccamento dei terreni argillosi su cui poggiano le fondazioni.

Sono state considerate le tre prove penetrometriche statiche CPT1, CPT2 e CPT3 spinte fino alla profondità rispettivamente di -20,00 m, -15,00 m e -30,00 m dal p.c..

L'ubicazione delle prove è riportata in **FIGURA 4.1**.

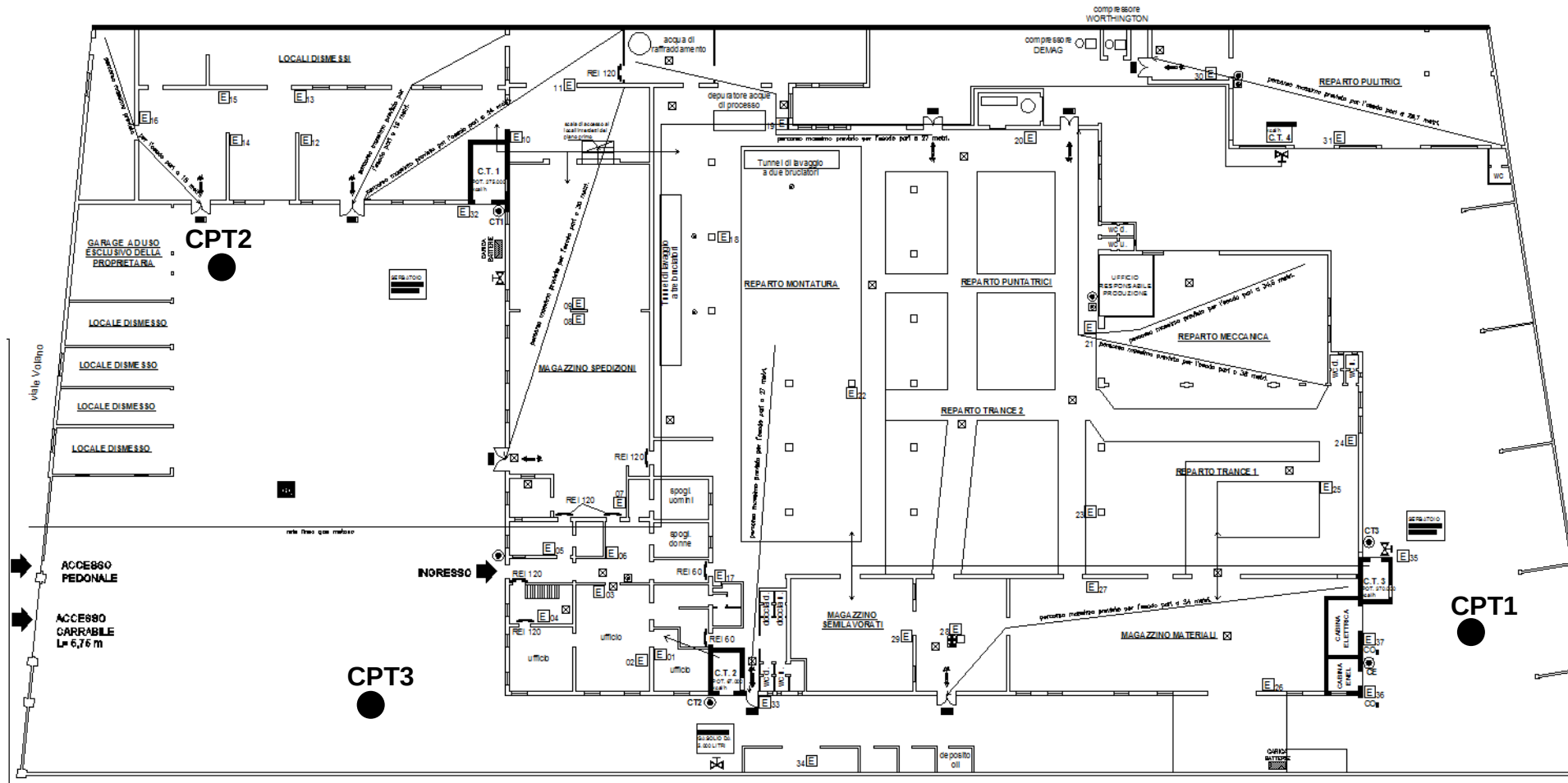


FIGURA 4.1— ubicazione prove CPT

4.1. ACQUISIZIONE DATI CON PROVA PENETROMETRICA STATICA

L'esecuzione delle prove penetrometriche è avvenuta con un Penetrometro Statico Olandese tipo Gouda (tipo meccanico), con dispositivo idraulico di spinta da 12 t. fornito di punta telescopica tipo "Begemann" per il rilievo della resistenza alla punta R_p e dell'attrito laterale locale R_l , avente un'area di 10 cm², angolo 60°, velocità di avanzamento 2 cm/sec.

Si allegano i diagrammi delle resistenze dal cui confronto si possono evincere le differenze di comportamento dei terreni nei vari strati incontrati. Nei **diagrammi di resistenza** relativi alle prove statiche sono riportati, per ogni 20 cm di avanzamento, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro (R_p in Kg/cm²), i valori di resistenza di attrito laterale locale (R_l in kg/cm²) ed i valori del rapporto di Begemann R_p/R_l che permettono una stima della granulometria dei terreni attraversati.

Nelle colonne stratigrafiche, redatte in base al diagramma di Schmerton relativo al rapporto $R_p/(R_p/R_l)$, sono evidenziate le successioni litologiche incontrate nel corso delle prove. Sono inoltre riportate le **valutazioni litologiche** basate sul rapporto R_p/R_l secondo Begemann (1965) e secondo le raccomandazioni A.G.I. (1977), insieme alle valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978) ricavate dai valori di R_p e $FR = (R_l/R_p)\%$ (vedi anche legenda allegata).

Le caratteristiche geotecniche dei terreni ricavate dai risultati delle penetrometrie statiche sono riportate in tabella (**parametri geotecnici**). Nelle tabelle viene fatta distinzione fra i terreni di natura coesiva e quelli di natura granulare.

Per i terreni di natura coesiva vengono riportati, per ogni 20 cm di profondità, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro R_p (kg/cm²), del rapporto R_p/R_l , del peso di volume γ' (t/m³), della tensione verticale geostatica del terreno σ' (t/m³), della coesione non drenata (C_u kg/cm²), del grado di sovraconsolidazione OCR, dei moduli di deformazione non drenati E_{u50} ed E_{u25} (kg/cm²) corrispondenti rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50 e 25 %, del modulo di deformazione edometrico M_o (kg/cm²).

Per i terreni di natura granulare vengono riportati, per ogni 20 cm di profondità, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro R_p (kg/cm²), della densità relativa D_r (%), dell'angolo di attrito interno efficace ϕ' , dell'accelerazione al suolo che può causare liquefazione A_{max}/g con g = accelerazione di gravità, dei moduli di deformazione drenati E'_{50} ed E'_{25} (kg/cm²) e del modulo di deformazione edometrico M_o (kg/cm²).

Nella legenda allegata vi sono ulteriori informazioni sui parametri geotecnici e sugli autori.

Nella **Tabella 4.1, 4.2 e 4.3** si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con le tre prove penetrometriche statiche:

CPT1 - Rifer 85-11

strato (m da p.c.)	R_p media (kg/cm ²)	R_p min (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	C_u media (kg/cm ²)	M_o (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ_{my}	E_{u50} (kg/cm ²)	E'_{50} (kg/cm ²)
0,40 – 2,60	26,80	15	1,85	--	84,60	49	21°8	--	40,30
2,60 – 6,20	60,90	27	1,85	--	129,30	55	31°2	--	101,50
6,20 – 7,20	13,80	12	1,91	0,63	54,60	--	--	318,60	--
7,20 – 15,60	123,30	66	2,05	--	431,50	65	34°7	--	205,50
15,60 – 20,00	75,00	47	1,97	--	262,40	39	32°3	--	124,90

Tabella 4.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata, CPT1

CPT2 - Rifer 85-11

strato (m da p.c.)	R_p media (kg/cm ²)	R_p min (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	C_u media (kg/cm ²)	M_o (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ_{my}	E_{u50} (kg/cm ²)	E'_{50} (kg/cm ²)
0,40 – 4,20	14,50	7	1,85	0,41	36,20	--	--	81,70	--
4,20 – 7,60	32,60	21	1,93	--	114,70	32	29°1	--	54,50
7,60 – 15,00	91,20	49	1,98	--	319,40	57	33°3	--	152,10

Tabella 4.2 – Stratigrafia geotecnica semplificata, CPT2

CPT3 - Rifer 85-11

strato (m da p.c.)	Rp media (kg/cm ²)	Rp min (kg/cm ²)	γ (t/m ³)	Cu media (kg/cm ²)	Mo (kg/cm ²)	Dr. %	ϕ_{my}	Eu50 (kg/cm ²)	E'50 (kg/cm ²)
0,20 – 1,20	32,80	20	1,85	--	114,80	81	29°	--	54,60
1,20 – 4,80	13,40	7	1,85	0,43	36,60	-	--	126,40	--
4,80 – 13,40	77,10	26	1,97	--	269,70	54	32°4	--	128,40
13,40 – 17,40	18,10	9	1,94	0,73	67,00	--	--	407,50	--
17,40 – 19,40	80,20	24	1,97	--	280,70	43	32°6	--	133,60
19,40 – 23,40	30,50	22	1,96	--	106,80	8	28°9	--	50,80
23,40 – 24,80	84,00	60	1,97	--	294,00	40	32°9	--	140,10
24,80 – 26,80	16,10	10	1,94	0,70	61,90	--	--	418,80	--
26,80 – 30,00	124,90	26	2,04	--	437,10	437	34°3	--	208,10

Tabella 4.3 – *Stratigrafia geotecnica semplificata, CPT3*

Nell'area di intervento per la **CPT1** si rileva da -0,40 m fino a circa -2,60 m da p.c. uno strato di terreni di riporto granulari poco addensati con valore di resistenza alla punta medio di 27 kg/cm²; poi da -2,60 m fino a circa -6,20 m uno strato di terreni di riporto prevalentemente granulari moderatamente addensati con valore di resistenza alla punta medio di 61 kg/cm²; da -6,20 m fino a -7,20 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente coesivi consistenti con un valore di resistenza alla punta medio di 14 kg/cm²; poi da -7,20 m fino a circa -15,60 m uno strato di terreni prevalentemente granulari addensati con valore di resistenza alla punta medio di 123 kg/cm², infine da -15,60 m fino a -20,00 m da p.c., massima profondità di investigazione, uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di 75 kg/cm².

Nell'area di intervento per la **CPT2** si rileva da -0,40 m fino a circa -4,20 m da p.c. uno strato di terreni di riporto coesivi moderatamente consistenti, alternati a sottili lenti sabbiose, con valore di resistenza alla punta medio di 14 kg/cm²; poi da -4,20 m fino a circa -7,60 m uno strato di terreni di riporto prevalentemente granulari poco addensati con valore di resistenza alla punta medio di 33 kg/cm²; infine da -7,60 m fino a -15,00 m da p.c., massima profondità di investigazione, uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di 91 kg/cm².

Nell'area di intervento per la **CPT3** si rileva da -0,20 m fino a circa -1,20 m da p.c. uno strato di terreni di riporto granulari poco addensati con valore di resistenza alla punta medio di 33 kg/cm²; poi da -1,20 m fino a circa -4,80 m uno strato di terreni di riporto prevalentemente coesivi consistenti con valore di resistenza alla punta medio di 13 kg/cm²; da -4,80 m fino a -13,40 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di 77 kg/cm²; poi da -13,40 m fino a circa -17,40 m uno strato di terreni prevalentemente coesivi consistenti con valore di resistenza alla punta medio di 18 kg/cm², da -17,40 m fino a -19,40 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di 80 kg/cm², da -19,40 m fino a -23,40 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente granulari poco addensati con un valore di resistenza alla punta medio di 30 kg/cm², da -23,40 m fino a -24,80 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio di 84 kg/cm², poi da -24,80 m fino a circa -26,80 m uno strato di terreni prevalentemente coesivi consistenti con valore di resistenza alla punta medio di 16 kg/cm², infine da -26,80 m fino a -30,00 m da p.c., massima profondità di investigazione, uno strato di terreni prevalentemente granulari addensati con un valore di resistenza alla punta medio di 125 kg/cm².

4.2. CONSIDERAZIONI SULLA FATTIBILITA' GEOTECNICA

Il progetto in esame di *“Piano Urbanistico Attuativo di iniziativa privata Officine Metallurgiche LUX”* prevede la futura realizzazione di 4 fabbricati composti da 28 unità abitative e proservizi interrati annessi da realizzare in via Volano 69 in corrispondenza delle attuali officine metallurgiche.

Mediamente lo scavo sarà di almeno 4m dal p.c., per cui si prevede una asportazione di carico di circa:

$$1,8 \text{ t/m}^3 \times 4 \text{ m} = 7,2 \text{ t/m}^2$$

Gli incrementi di carichi approssimativi per gli edifici più alti (4piani + piano interrato) saranno di circa:

$$1,2 \text{ t/m}^2 \times 5 = 6,0 \text{ t/m}^2$$

Come si può notare c'è una compensazione degli incrementi di carico per cui non sono attesi cedimenti significativi.

I fabbricati di progetto saranno sorretti per la maggior parte da pilastri, per cui si avranno carichi concentrati importanti, e di questo occorrerà tenerne conto in fase progettuale esecutiva delle strutture di fondazione. E' dunque auspicabile una attenta valutazione geotecnica e strutturale delle opere di fondazioni di queste strutture di progetto.

Importante è una buona organizzazione di cantiere, per cui allo sbancamento deve seguire immediatamente la costruzione dei fabbricati, per evitare problematiche di rigonfiamento (che comunque nei terreni sabbiosi sono del tutto trascurabili).

Le quote d'acqua del fiume Po di Volano sono inferiori alle quote di sbancamento e ciò non causa problematiche di infiltrazione o sifonamento nello scavo, che allo stato attuale del monitoraggio dei piezometri installati, avverrà all'asciutto.



FIGURA 4.2. – Schema del progetto con il piano interrato e le parti in elevazione

4.2 ELABORAZIONE DATI

Con i dati acquisiti dalle penetrometrie e dai sondaggi geognostici del sito si sono ricostruiti dei modelli lito-stratigrafici del sottosuolo dell'area in esame.

In **FIGURA 4.2** si riporta uno stralcio di CTR e un catastale che mostrano le due sezioni considerate.

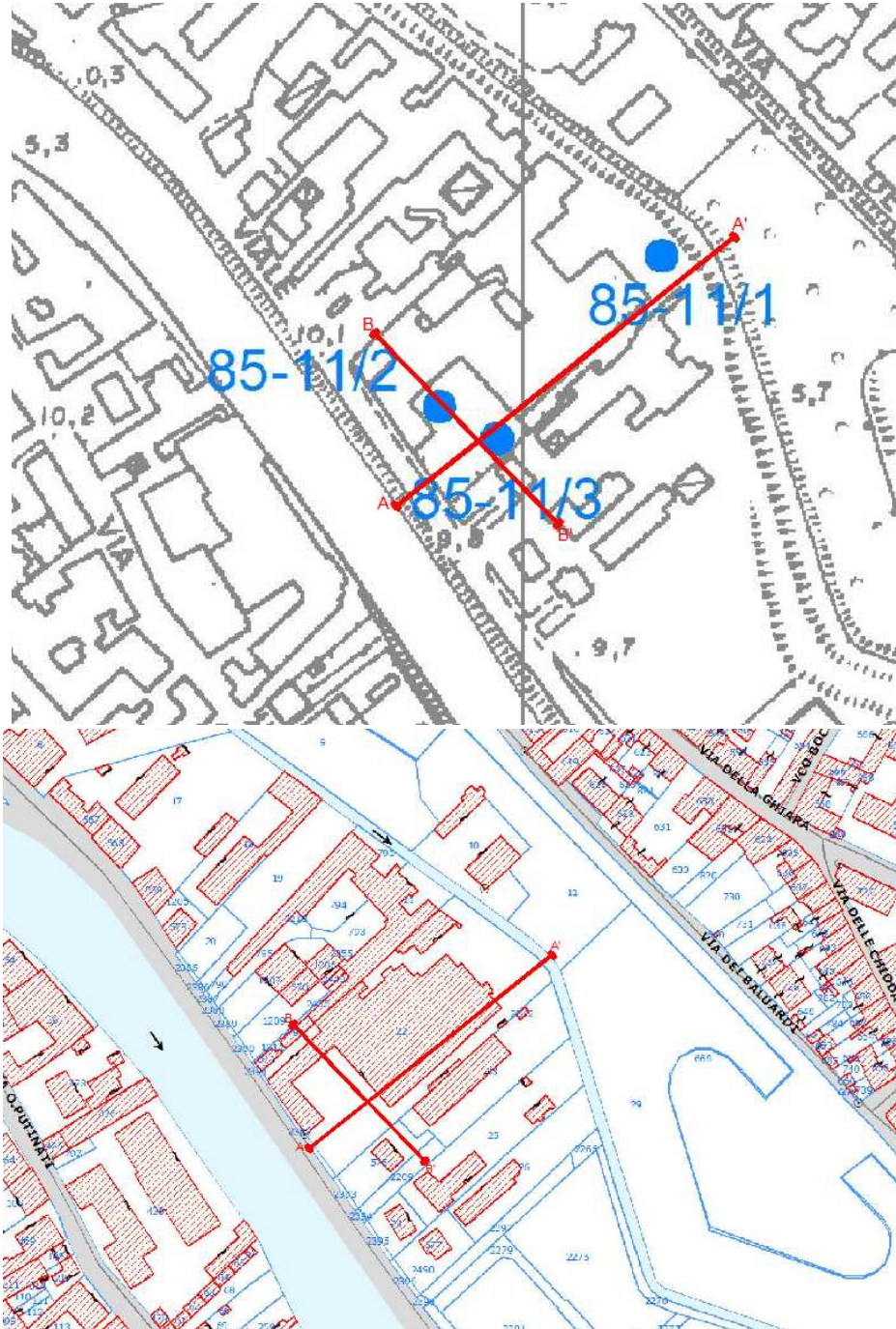


FIGURA 4.2 – Stralcio CTR e catastale con sezioni

In **FIGURA 4.3** si riportano i due profili lito-stratigrafici; inoltre si riportano i diagrammi di resistenza delle prove penetrometriche statiche eseguite suddivise nei rispettivi pseudo-strati omogenei con i parametri geotecnici principali per ogni spessore.

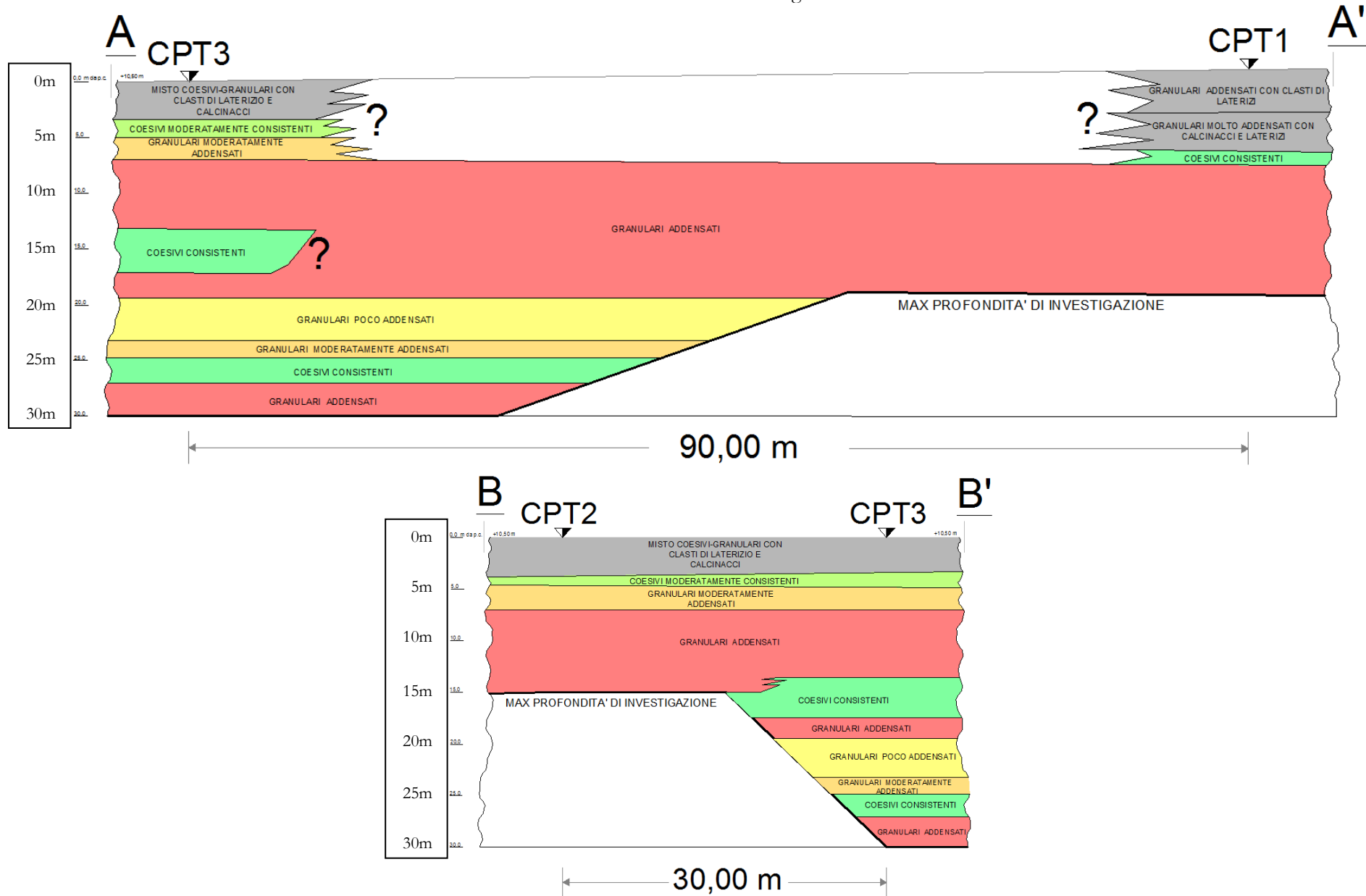
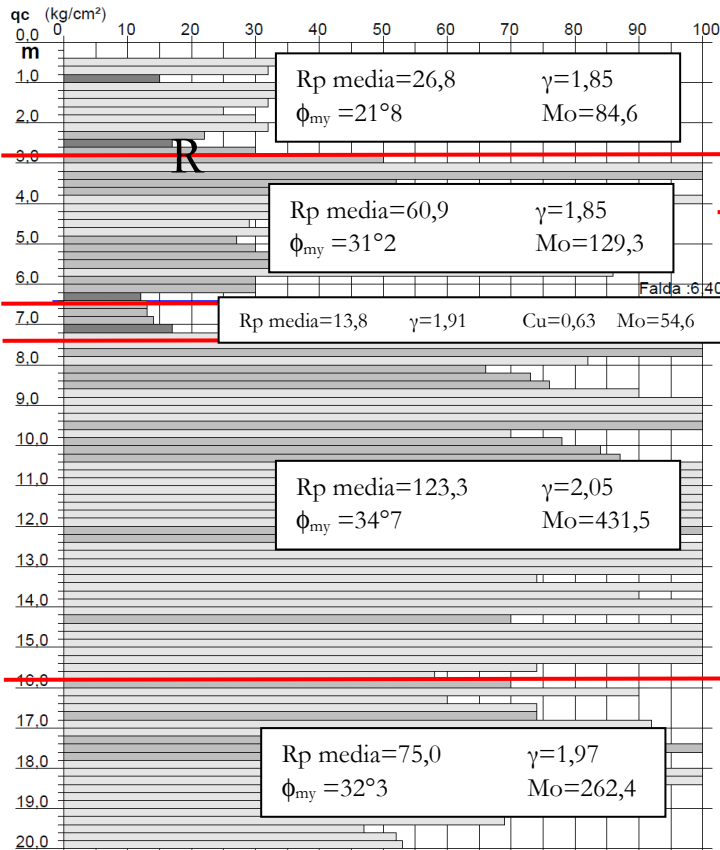
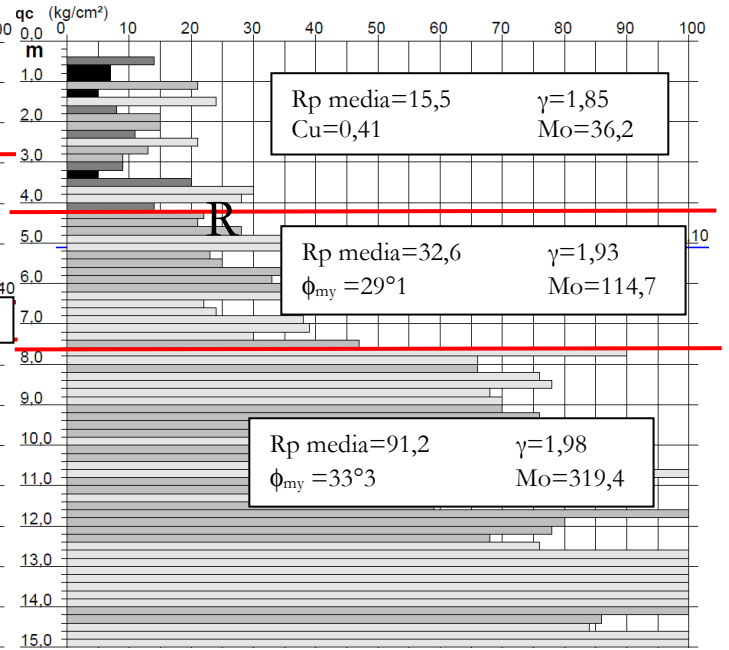


FIGURA 4.3 – Ricostruzione del modello lito-stratigrafico dell'area

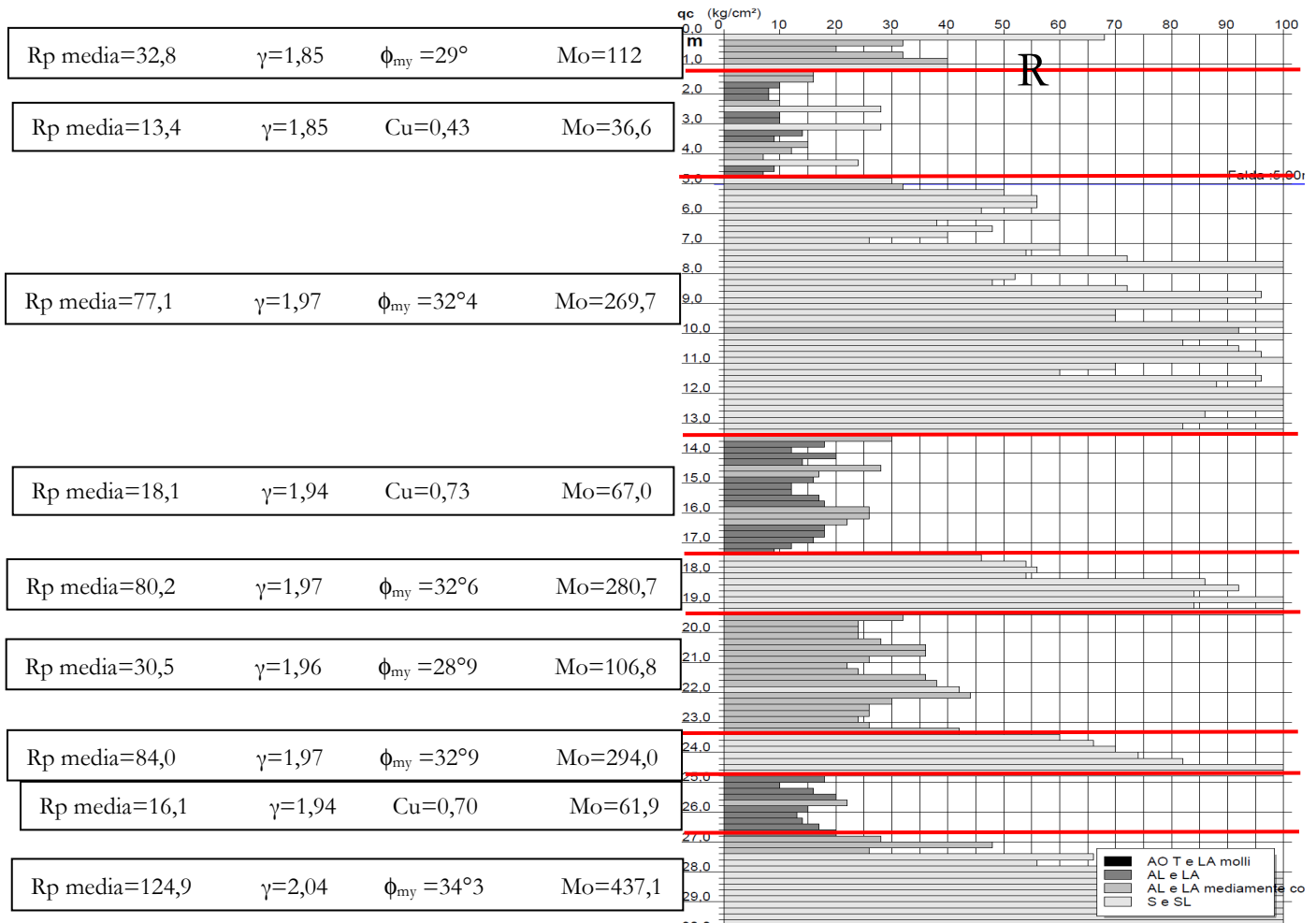
CPT1



CPT2



CPT3



Legenda

Rp media=kg/cm² $\gamma=t/m^3$ $\phi_{my}=^{\circ}$ Mo=kg/cm²

6. CONCLUSIONI

Si esprime dunque un parere favorevole per quanto attiene l'interazione tra il piano urbanistico e gli aspetti di pericolosità geologica. Per gli aspetti di mitigazione del rischio sismico, note le azioni e gli effetti di sito attesi, occorre progettare di conseguenza. L'amplificazione sismica non è tale da causare liquefazione delle sabbie immerse in falda rilevate con le CPT.

I pochi terreni coesivi presenti hanno comunque presenza di limi e sabbie tali da abbattere il limite plastico ben al di sotto del 30%, ma essendo anche situati fuori falda (sono asciutti), non subiscono incrementi di sovrappressioni neutre dovute al passaggio dell'onda sismica, e non si hanno deformazioni che possono tradursi in cedimenti postsismici.

Per quanto riguarda il rischio idraulico da alluvione del fiume Po, l'area presenta lo stesso livello di rischio che ha il resto della città, ma è un problema che non può essere affrontato ovviamente dal lottizzante.

Il fiume Po di Volano non costituisce elemento di rischio idraulico per le quote particolarmente alte di questa parte di città.

Non ci sono problematiche di stabilità dei versanti che possano causare interazione tra il progetto ed il fiume Po di Volano.

Gli sbancamenti vanno presidiati con idonei sostegni o idonee pendenze, per evitare frane sui fronti di scavo. I terreni da sbancare sono in asciutto e sono costituiti da antichi riporti. E' raccomandabile la soluzione del sostegno delle scarpate di scavo.

In fase di scavo si dovranno adottare quegli accorgimenti atti a far sì che le acque meteoriche vengano convogliate e raccolte per un veloce allontanamento. Il recapito finale di queste acque è da studiare in fase esecutiva.

Il destino dei terreni di scavo dipende dalle verifiche chimiche che verranno fatte, così come previsto dalle normative vigenti. Sono in corso le progettazioni degli accertamenti da fare.

Dal punto di vista geotecnico le resistenze del sistema geotecnico è superiore alle azioni, che, come visto, uguaglieranno approssimativamente lo scarico sul terreno di fondazione dovuto all'asportazione di circa 4m di terreno. In fase esecutiva (con gli edifici attuali demoliti) dovranno essere fatte le indagini geotecniche puntuali al di sotto del volume significativo di ogni nuovo fabbricato, e dovranno essere valutate le conseguenze sulle opere di fondazione dei carichi puntuali trasmessi dai carichi concentrati dei numerosi pilastri che sosterranno gli edifici in elevazione.

Codigoro, li 09/06/2011

Dott. Geol. Thomas Veronese

PROVA PENETROMETRICA STATICA

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.0105-028

- committente : Imm. Adele s.r.l.
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo
- località : Ferrara
- assist. cantiere :

- data : 19/05/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,40 da quota inizio

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	10,20	42,0	70,0	84,0	4,20	20,0
0,40	----	----	--	1,87	----	10,40	43,5	75,0	87,0	4,00	22,0
0,60	24,0	38,0	48,0	0,53	90,0	10,60	75,0	105,0	150,0	3,33	45,0
0,80	16,0	20,0	32,0	0,80	40,0	10,80	110,0	135,0	220,0	4,00	55,0
1,00	7,5	13,5	15,0	0,93	16,0	11,00	65,0	95,0	130,0	3,33	39,0
1,20	17,0	24,0	34,0	0,93	36,0	11,20	80,0	105,0	160,0	2,67	60,0
1,40	17,5	24,5	35,0	1,07	33,0	11,40	65,0	85,0	130,0	3,33	39,0
1,60	16,0	24,0	32,0	0,80	40,0	11,60	65,0	90,0	130,0	3,33	39,0
1,80	12,5	18,5	25,0	0,40	62,0	11,80	60,0	85,0	120,0	2,67	45,0
2,00	15,0	18,0	30,0	0,67	45,0	12,00	55,0	75,0	110,0	3,33	33,0
2,20	16,0	21,0	32,0	1,00	32,0	12,20	65,0	90,0	130,0	4,40	30,0
2,40	11,0	18,5	22,0	1,53	14,0	12,40	37,0	70,0	74,0	4,00	18,0
2,60	8,5	20,0	17,0	0,87	20,0	12,60	75,0	105,0	150,0	2,67	56,0
2,80	15,0	21,5	30,0	2,13	14,0	12,80	75,0	95,0	150,0	2,67	56,0
3,00	25,0	41,0	50,0	3,20	16,0	13,00	90,0	110,0	180,0	3,33	54,0
3,20	51,0	75,0	102,0	2,00	51,0	13,20	75,0	100,0	150,0	2,13	70,0
3,40	80,0	95,0	160,0	6,53	24,0	13,40	37,0	53,0	74,0	2,00	37,0
3,60	26,0	75,0	52,0	1,87	28,0	13,60	75,0	90,0	150,0	4,00	38,0
3,80	27,0	41,0	54,0	2,67	20,0	13,80	45,0	75,0	90,0	2,67	34,0
4,00	50,0	70,0	100,0	2,67	37,0	14,00	75,0	95,0	150,0	2,67	56,0
4,20	36,0	56,0	72,0	1,67	43,0	14,20	75,0	95,0	150,0	4,67	32,0
4,40	21,0	33,5	42,0	1,07	39,0	14,40	35,0	70,0	70,0	2,67	26,0
4,60	14,5	22,5	29,0	0,53	54,0	14,60	70,0	90,0	140,0	2,00	70,0
4,80	35,0	39,0	70,0	2,33	30,0	14,80	70,0	85,0	140,0	2,00	70,0
5,00	13,5	31,0	27,0	1,60	17,0	15,00	75,0	90,0	150,0	2,67	56,0
5,20	15,0	27,0	30,0	1,27	24,0	15,20	75,0	95,0	150,0	2,00	75,0
5,40	31,5	41,0	63,0	5,40	12,0	15,40	70,0	85,0	140,0	3,73	37,0
5,60	34,5	75,0	69,0	4,93	14,0	15,60	37,0	65,0	74,0	1,87	40,0
5,80	43,0	80,0	86,0	2,00	43,0	15,80	29,0	43,0	58,0	1,87	31,0
6,00	15,0	30,0	30,0	1,67	18,0	16,00	35,0	49,0	70,0	2,67	26,0
6,20	15,0	27,5	30,0	1,07	28,0	16,20	45,0	65,0	90,0	2,13	42,0
6,40	6,0	14,0	12,0	0,40	30,0	16,40	30,0	46,0	60,0	1,73	35,0
6,60	6,5	9,5	13,0	0,33	39,0	16,60	37,0	50,0	74,0	1,67	44,0
6,80	6,5	9,0	13,0	0,27	49,0	16,80	37,0	49,5	74,0	2,53	29,0
7,00	7,0	9,0	14,0	0,27	52,0	17,00	46,0	65,0	92,0	2,27	41,0
7,20	8,5	10,5	17,0	4,00	4,0	17,20	24,0	41,0	48,0	1,47	33,0
7,40	60,0	90,0	120,0	2,00	60,0	17,40	31,0	42,0	62,0	4,00	16,0
7,60	60,0	75,0	120,0	2,67	45,0	17,60	50,0	80,0	100,0	4,93	20,0
7,80	65,0	85,0	130,0	4,53	29,0	17,80	38,0	75,0	76,0	4,53	17,0
8,00	41,0	75,0	82,0	1,87	44,0	18,00	41,0	75,0	82,0	2,67	31,0
8,20	33,0	47,0	66,0	3,87	17,0	18,20	75,0	95,0	150,0	2,67	56,0
8,40	36,5	65,5	73,0	4,27	17,0	18,40	85,0	105,0	170,0	4,27	40,0
8,60	38,0	70,0	76,0	4,67	16,0	18,60	33,0	65,0	66,0	1,93	34,0
8,80	45,0	80,0	90,0	2,67	34,0	18,80	28,0	42,5	56,0	1,27	44,0
9,00	80,0	100,0	160,0	3,33	48,0	19,00	24,0	33,5	48,0	1,40	34,0
9,20	90,0	115,0	180,0	2,67	67,0	19,20	26,0	36,5	52,0	1,20	43,0
9,40	75,0	95,0	150,0	2,00	75,0	19,40	34,5	43,5	69,0	1,20	57,0
9,60	75,0	90,0	150,0	5,33	28,0	19,60	23,5	32,5	47,0	1,33	35,0
9,80	35,0	75,0	70,0	1,20	58,0	19,80	26,0	36,0	52,0	1,47	35,0
10,00	39,0	48,0	78,0	3,73	21,0	20,00	26,5	37,5	53,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 12 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - 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)

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.0105-028

- committente : Imm. Adele s.r.l.
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo
- località : Ferrara
- assist. cantiere :

- data : 19/05/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 5,10 da quota inizio

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	7,80	45,0	70,0	90,0	1,60	56,0
0,40	----	----	--	1,07	----	8,00	33,0	45,0	66,0	1,20	55,0
0,60	7,0	15,0	14,0	0,53	26,0	8,20	33,0	42,0	66,0	2,53	26,0
0,80	3,5	7,5	7,0	0,67	10,0	8,40	38,0	57,0	76,0	2,27	34,0
1,00	3,5	8,5	7,0	0,67	10,0	8,60	39,0	56,0	78,0	1,87	42,0
1,20	10,5	15,5	21,0	0,80	26,0	8,80	34,0	48,0	68,0	1,60	42,0
1,40	2,5	8,5	5,0	0,47	11,0	9,00	35,0	47,0	70,0	2,27	31,0
1,60	12,0	15,5	24,0	0,53	45,0	9,20	35,0	52,0	70,0	4,27	16,0
1,80	4,0	8,0	8,0	0,40	20,0	9,40	38,0	70,0	76,0	2,80	27,0
2,00	7,5	10,5	15,0	0,33	45,0	9,60	29,0	50,0	58,0	2,27	26,0
2,20	7,5	10,0	15,0	0,27	56,0	9,80	27,0	44,0	54,0	4,27	13,0
2,40	5,5	7,5	11,0	0,40	27,0	10,00	38,0	70,0	76,0	1,53	50,0
2,60	10,5	13,5	21,0	0,33	63,0	10,20	24,5	36,0	49,0	1,87	26,0
2,80	6,5	9,0	13,0	0,33	39,0	10,40	33,0	47,0	66,0	3,87	17,0
3,00	4,5	7,0	9,0	0,27	34,0	10,60	45,0	74,0	90,0	2,00	45,0
3,20	4,5	6,5	9,0	0,47	19,0	10,80	70,0	85,0	140,0	4,53	31,0
3,40	2,5	6,0	5,0	1,47	3,0	11,00	36,0	70,0	72,0	4,93	15,0
3,60	10,0	21,0	20,0	1,20	17,0	11,20	43,0	80,0	86,0	4,80	18,0
3,80	15,0	24,0	30,0	0,40	75,0	11,40	34,0	70,0	68,0	0,20	340,0
4,00	14,0	17,0	28,0	0,27	105,0	11,60	29,5	31,0	59,0	2,67	22,0
4,20	7,0	9,0	14,0	0,80	17,0	11,80	65,0	85,0	130,0	4,67	28,0
4,40	11,0	17,0	22,0	1,00	22,0	12,00	40,0	75,0	80,0	4,13	19,0
4,60	10,5	18,0	21,0	1,47	14,0	12,20	39,0	70,0	78,0	3,20	24,0
4,80	14,0	25,0	28,0	0,93	30,0	12,40	34,0	58,0	68,0	2,53	27,0
5,00	21,0	28,0	42,0	1,13	37,0	12,60	38,0	57,0	76,0	1,20	63,0
5,20	19,5	28,0	39,0	1,27	31,0	12,80	60,0	69,0	120,0	3,33	36,0
5,40	11,5	21,0	23,0	1,13	20,0	13,00	70,0	95,0	140,0	3,07	46,0
5,60	12,5	21,0	25,0	2,40	10,0	13,20	72,0	95,0	144,0	1,87	77,0
5,80	20,0	38,0	40,0	1,53	26,0	13,40	56,0	70,0	112,0	2,00	56,0
6,00	16,5	28,0	33,0	1,20	27,0	13,60	58,0	73,0	116,0	2,40	48,0
6,20	23,0	32,0	46,0	1,60	29,0	13,80	60,0	78,0	120,0	2,67	45,0
6,40	18,0	30,0	36,0	0,80	45,0	14,00	75,0	95,0	150,0	3,47	43,0
6,60	11,0	17,0	22,0	0,67	33,0	14,20	52,0	78,0	104,0	3,73	28,0
6,80	12,0	17,0	24,0	0,67	36,0	14,40	43,0	71,0	86,0	3,73	23,0
7,00	19,0	24,0	38,0	0,53	71,0	14,60	42,0	70,0	84,0	2,67	31,0
7,20	19,5	23,5	39,0	0,93	42,0	14,80	75,0	95,0	150,0	2,67	56,0
7,40	15,0	22,0	30,0	0,80	37,0	15,00	70,0	90,0	140,0	-----	----
7,60	23,5	29,5	47,0	3,33	14,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 12 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.0105-028

- committente : Imm. Adele s.r.l.
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo
- località : Ferrara
- assist. cantiere :

- data : 11/05/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 5,00 da quota inizio

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	34,0	----	68,0	0,80	85,0	10,20	52,0	76,0	104,0	1,73	60,0
0,40	16,0	22,0	32,0	1,60	20,0	10,40	41,0	54,0	82,0	2,67	31,0
0,60	10,0	22,0	20,0	0,27	75,0	10,60	46,0	66,0	92,0	2,67	34,0
0,80	16,0	18,0	32,0	3,73	9,0	10,80	48,0	68,0	96,0	2,40	40,0
1,00	20,0	48,0	40,0	1,73	23,0	11,00	52,0	70,0	104,0	2,00	52,0
1,20	20,0	33,0	40,0	1,20	33,0	11,20	35,0	50,0	70,0	2,13	33,0
1,40	8,0	17,0	16,0	0,27	60,0	11,40	30,0	46,0	60,0	1,47	41,0
1,60	8,0	10,0	16,0	0,40	40,0	11,60	48,0	59,0	96,0	2,13	45,0
1,80	5,0	8,0	10,0	0,40	25,0	11,80	44,0	60,0	88,0	1,60	55,0
2,00	4,0	7,0	8,0	0,60	13,0	12,00	53,0	65,0	106,0	2,40	44,0
2,20	4,0	8,5	8,0	0,33	24,0	12,20	50,0	68,0	100,0	1,60	62,0
2,40	5,0	7,5	10,0	0,27	37,0	12,40	75,0	87,0	150,0	2,40	62,0
2,60	14,0	16,0	28,0	0,67	42,0	12,60	60,0	78,0	120,0	1,73	69,0
2,80	5,0	10,0	10,0	0,40	25,0	12,80	43,0	56,0	86,0	0,67	129,0
3,00	5,0	8,0	10,0	0,53	19,0	13,00	50,0	55,0	100,0	2,53	39,0
3,20	14,0	18,0	28,0	0,53	52,0	13,20	41,0	60,0	82,0	1,20	68,0
3,40	7,0	11,0	14,0	0,60	23,0	13,40	54,0	63,0	108,0	1,60	67,0
3,60	4,5	9,0	9,0	0,47	19,0	13,60	15,0	27,0	30,0	1,60	19,0
3,80	7,5	11,0	15,0	0,13	112,0	13,80	9,0	21,0	18,0	0,67	27,0
4,00	6,0	7,0	12,0	0,33	36,0	14,00	6,0	11,0	12,0	0,80	15,0
4,20	3,5	6,0	7,0	0,13	52,0	14,20	10,0	16,0	20,0	0,67	30,0
4,40	12,0	13,0	24,0	0,47	51,0	14,40	7,0	12,0	14,0	0,53	26,0
4,60	4,5	8,0	9,0	0,33	27,0	14,60	14,0	18,0	28,0	1,00	28,0
4,80	3,5	6,0	7,0	0,40	17,0	14,80	8,5	16,0	17,0	0,53	32,0
5,00	15,0	18,0	30,0	0,53	56,0	15,00	8,0	12,0	16,0	0,53	30,0
5,20	16,0	20,0	32,0	1,87	17,0	15,20	6,0	10,0	12,0	0,53	22,0
5,40	25,0	39,0	50,0	0,40	125,0	15,40	6,0	10,0	12,0	0,73	16,0
5,60	28,0	31,0	56,0	0,40	140,0	15,60	8,5	14,0	17,0	1,07	16,0
5,80	28,0	31,0	56,0	0,80	70,0	15,80	9,0	17,0	18,0	1,33	13,0
6,00	23,0	29,0	46,0	0,53	86,0	16,00	13,0	23,0	26,0	1,33	19,0
6,20	30,0	34,0	60,0	0,93	64,0	16,20	13,0	23,0	26,0	1,20	22,0
6,40	19,0	26,0	38,0	0,13	285,0	16,40	11,0	20,0	22,0	1,20	18,0
6,60	24,0	25,0	48,0	0,40	120,0	16,60	9,0	18,0	18,0	1,20	15,0
6,80	20,0	23,0	40,0	0,67	60,0	16,80	9,0	18,0	18,0	0,93	19,0
7,00	13,0	18,0	26,0	0,53	49,0	17,00	8,0	15,0	16,0	0,80	20,0
7,20	30,0	34,0	60,0	0,93	64,0	17,20	6,0	12,0	12,0	0,60	20,0
7,40	27,0	34,0	54,0	1,20	45,0	17,40	4,5	9,0	9,0	1,20	7,0
7,60	36,0	45,0	72,0	1,20	60,0	17,60	23,0	32,0	46,0	0,53	86,0
7,80	52,0	61,0	104,0	1,07	97,0	17,80	27,0	31,0	54,0	1,20	45,0
8,00	52,0	60,0	104,0	1,47	71,0	18,00	28,0	37,0	56,0	0,67	84,0
8,20	26,0	37,0	52,0	1,07	49,0	18,20	27,0	32,0	54,0	1,73	31,0
8,40	24,0	32,0	48,0	1,33	36,0	18,40	43,0	56,0	86,0	0,27	322,0
8,60	36,0	46,0	72,0	1,47	49,0	18,60	46,0	48,0	92,0	1,33	69,0
8,80	48,0	59,0	96,0	1,33	72,0	18,80	42,0	52,0	84,0	0,93	90,0
9,00	45,0	55,0	90,0	1,20	75,0	19,00	71,0	78,0	142,0	1,60	89,0
9,20	50,0	59,0	100,0	0,93	107,0	19,20	42,0	54,0	84,0	1,07	79,0
9,40	35,0	42,0	70,0	1,47	48,0	19,40	52,0	60,0	104,0	1,73	60,0
9,60	35,0	46,0	70,0	1,47	48,0	19,60	16,0	29,0	32,0	1,60	20,0
9,80	52,0	63,0	104,0	1,47	71,0	19,80	12,0	24,0	24,0	1,20	20,0
10,00	46,0	57,0	92,0	3,20	29,0	20,00	12,0	21,0	24,0	1,20	20,0

- PENETROMETRO STATICO tipo da 12 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\varnothing$ = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.0105-028

- committente : Imm. Adele s.r.l.
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo
- località : Ferrara
- assist. cantiere :

- data : 11/05/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 5,00 da quota inizio

prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs	prf	L1	L2	qc	fs	qc/fs
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
20,20	12,0	21,0	24,0	1,20	20,0	25,20	5,0	15,0	10,0	1,07	9,0
20,40	14,0	23,0	28,0	1,47	19,0	25,40	8,0	16,0	16,0	1,73	9,0
20,60	18,0	29,0	36,0	1,87	19,0	25,60	10,0	23,0	20,0	1,47	14,0
20,80	18,0	32,0	36,0	1,73	21,0	25,80	11,0	22,0	22,0	1,13	19,0
21,00	13,0	26,0	26,0	1,60	16,0	26,00	7,5	16,0	15,0	0,73	20,0
21,20	11,0	23,0	22,0	1,33	16,0	26,20	6,5	12,0	13,0	0,93	14,0
21,40	12,0	22,0	24,0	1,60	15,0	26,40	7,0	14,0	14,0	0,73	19,0
21,60	18,0	30,0	36,0	1,47	25,0	26,60	8,5	14,0	17,0	1,33	13,0
21,80	19,0	30,0	38,0	1,33	28,0	26,80	10,0	20,0	20,0	1,20	17,0
22,00	21,0	31,0	42,0	1,33	31,0	27,00	14,0	23,0	28,0	1,20	23,0
22,20	22,0	32,0	44,0	2,00	22,0	27,20	24,0	33,0	48,0	1,73	28,0
22,40	15,0	30,0	30,0	1,73	17,0	27,40	13,0	26,0	26,0	2,13	12,0
22,60	13,0	26,0	26,0	1,47	18,0	27,60	33,0	49,0	66,0	1,33	49,0
22,80	13,0	24,0	26,0	1,47	18,0	27,80	28,0	38,0	56,0	1,20	47,0
23,00	12,0	23,0	24,0	0,80	30,0	28,00	42,0	51,0	84,0	2,53	33,0
23,20	13,0	19,0	26,0	1,20	22,0	28,20	71,0	90,0	142,0	1,07	133,0
23,40	21,0	30,0	42,0	1,60	26,0	28,40	62,0	70,0	124,0	1,33	93,0
23,60	30,0	42,0	60,0	1,33	45,0	28,60	76,0	86,0	152,0	0,67	228,0
23,80	33,0	43,0	66,0	1,20	55,0	28,80	75,0	80,0	150,0	0,93	161,0
24,00	35,0	44,0	70,0	0,93	75,0	29,00	49,0	56,0	98,0	2,93	33,0
24,20	37,0	44,0	74,0	2,00	37,0	29,20	60,0	82,0	120,0	0,27	450,0
24,40	41,0	56,0	82,0	0,93	88,0	29,40	110,0	112,0	220,0	2,13	103,0
24,60	56,0	63,0	112,0	1,60	70,0	29,60	115,0	131,0	230,0	0,80	287,0
24,80	62,0	74,0	124,0	1,20	103,0	29,80	112,0	118,0	224,0	2,00	112,0
25,00	9,0	18,0	18,0	1,33	13,0	30,00	115,0	130,0	230,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo da 12 t - (senza anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\varnothing = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

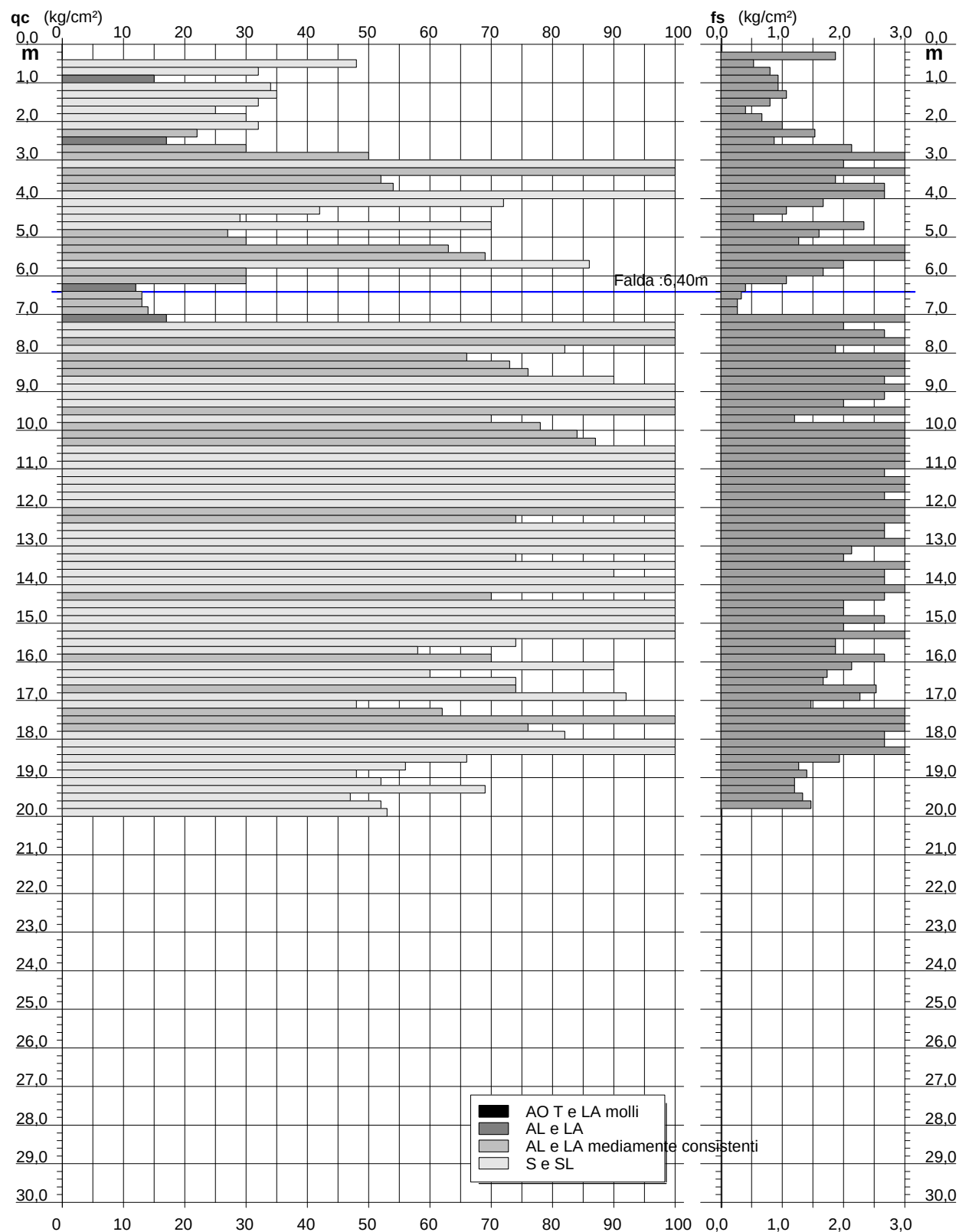
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.0105-028

- committente : Imm. Adele s.r.l.
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo
- località : Ferrara
- assist. cantiere :

- data : 19/05/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,40 da quota inizio



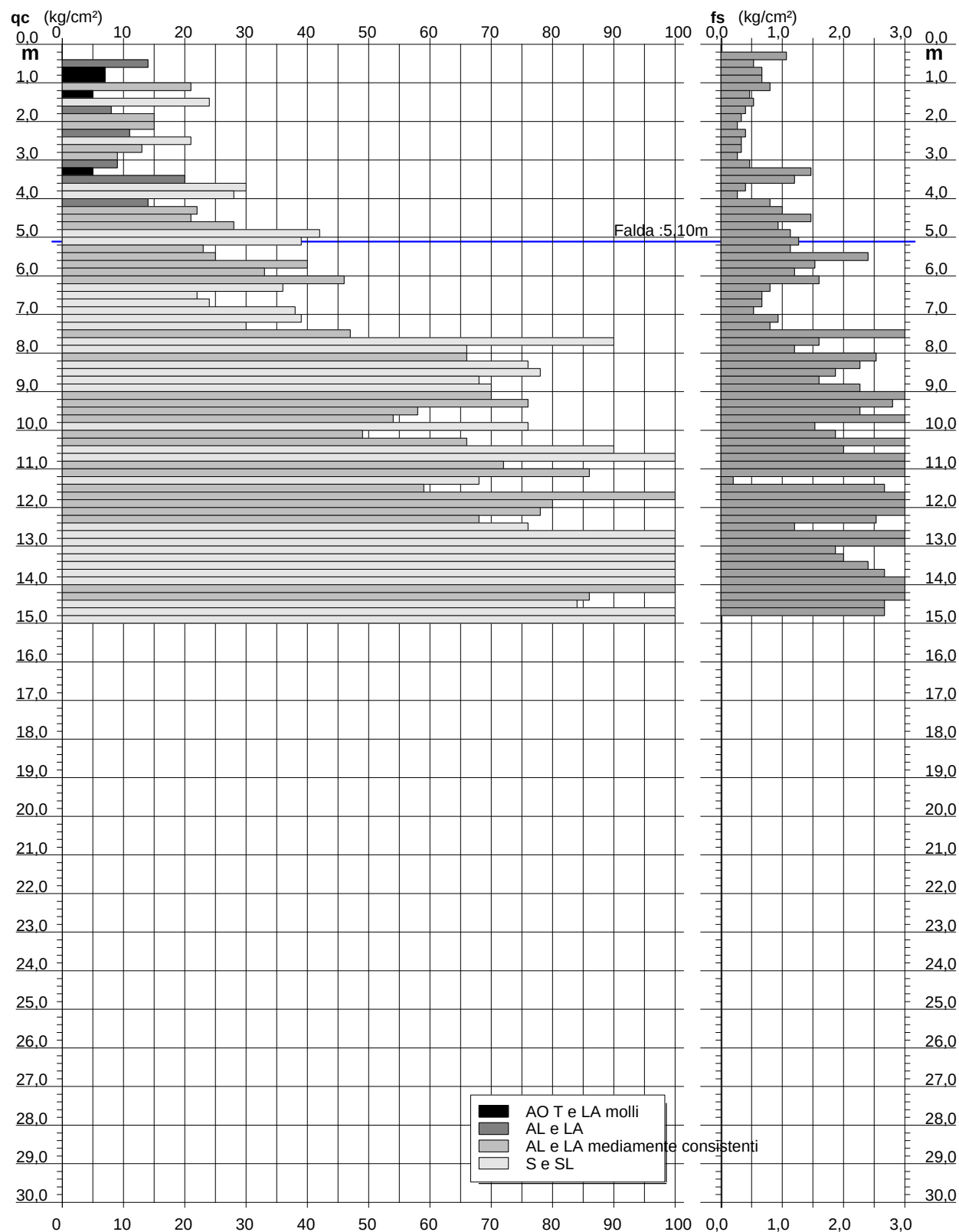
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.0105-028

- committente : Imm. Adele s.r.l.
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo
- località : Ferrara
- assist. cantiere :

- data : 19/05/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 5,10 da quota inizio



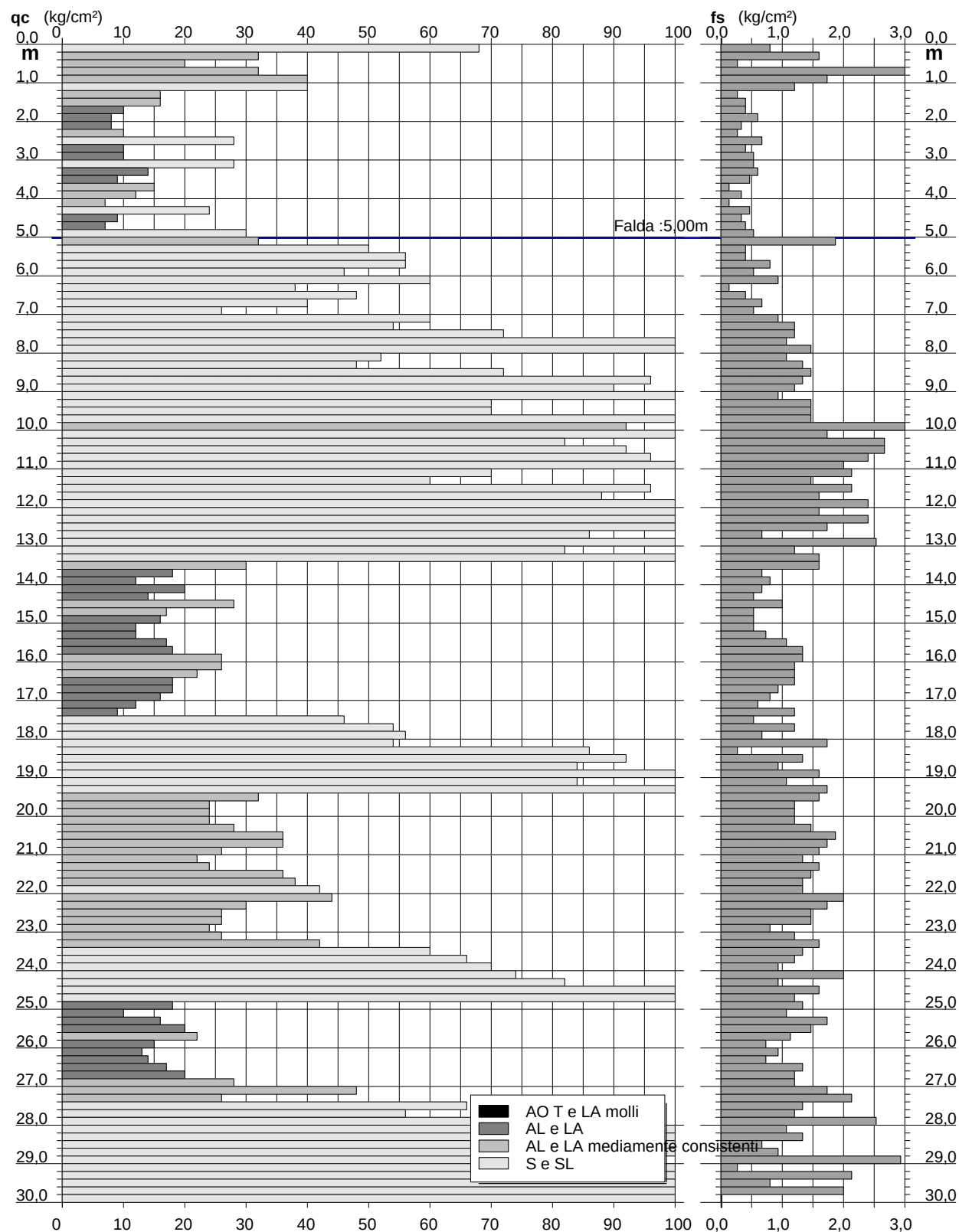
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.0105-028

- committente : Imm. Adele s.r.l.
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo
- località : Ferrara
- assist. cantiere :

- data : 11/05/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 5,00 da quota inizio



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

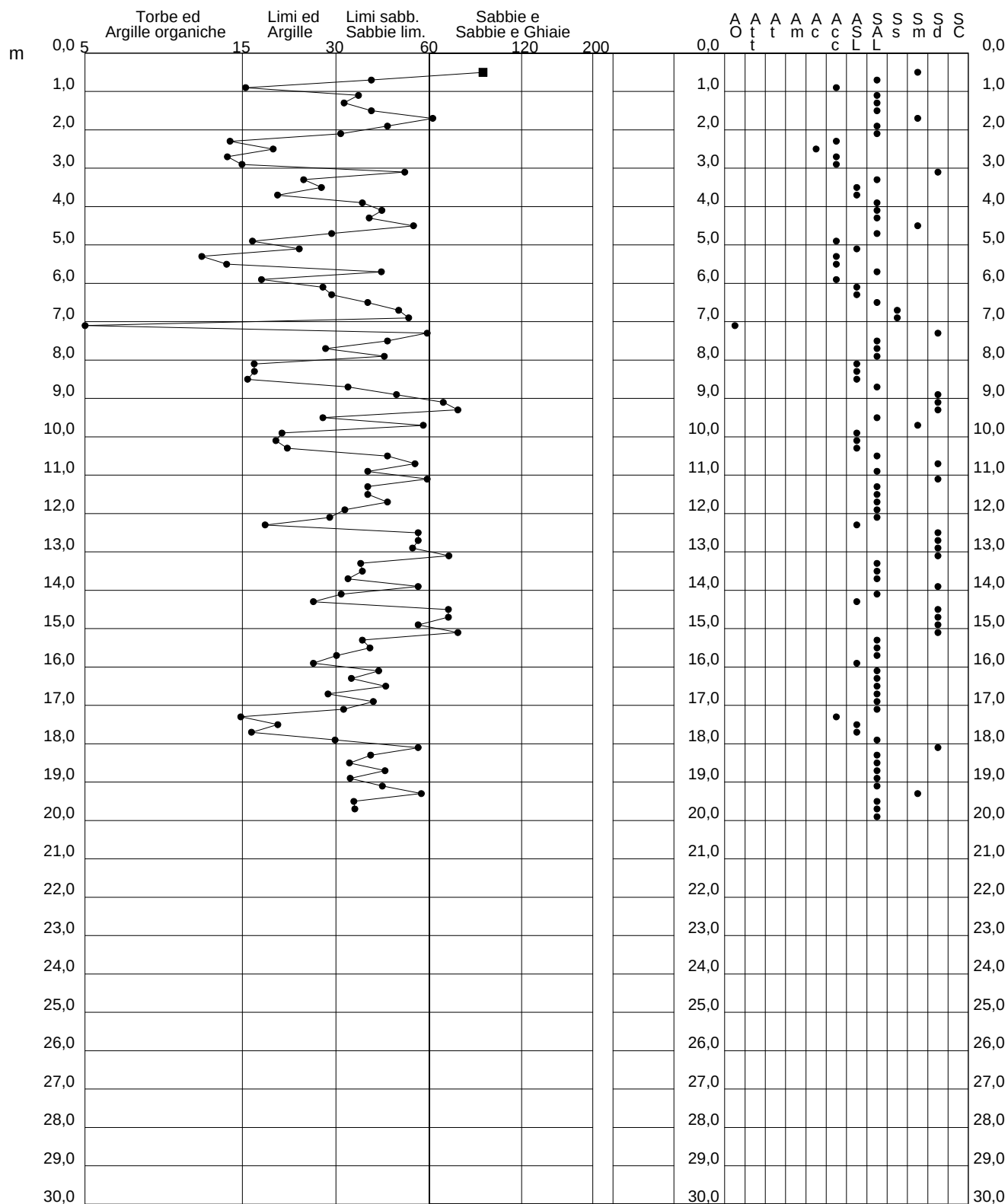
2.0105-028

- committente : Imm. Adele s.r.l.
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo
- località : Ferrara
- assist. cantiere :

- data : 19/05/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,40 da quota inizio

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

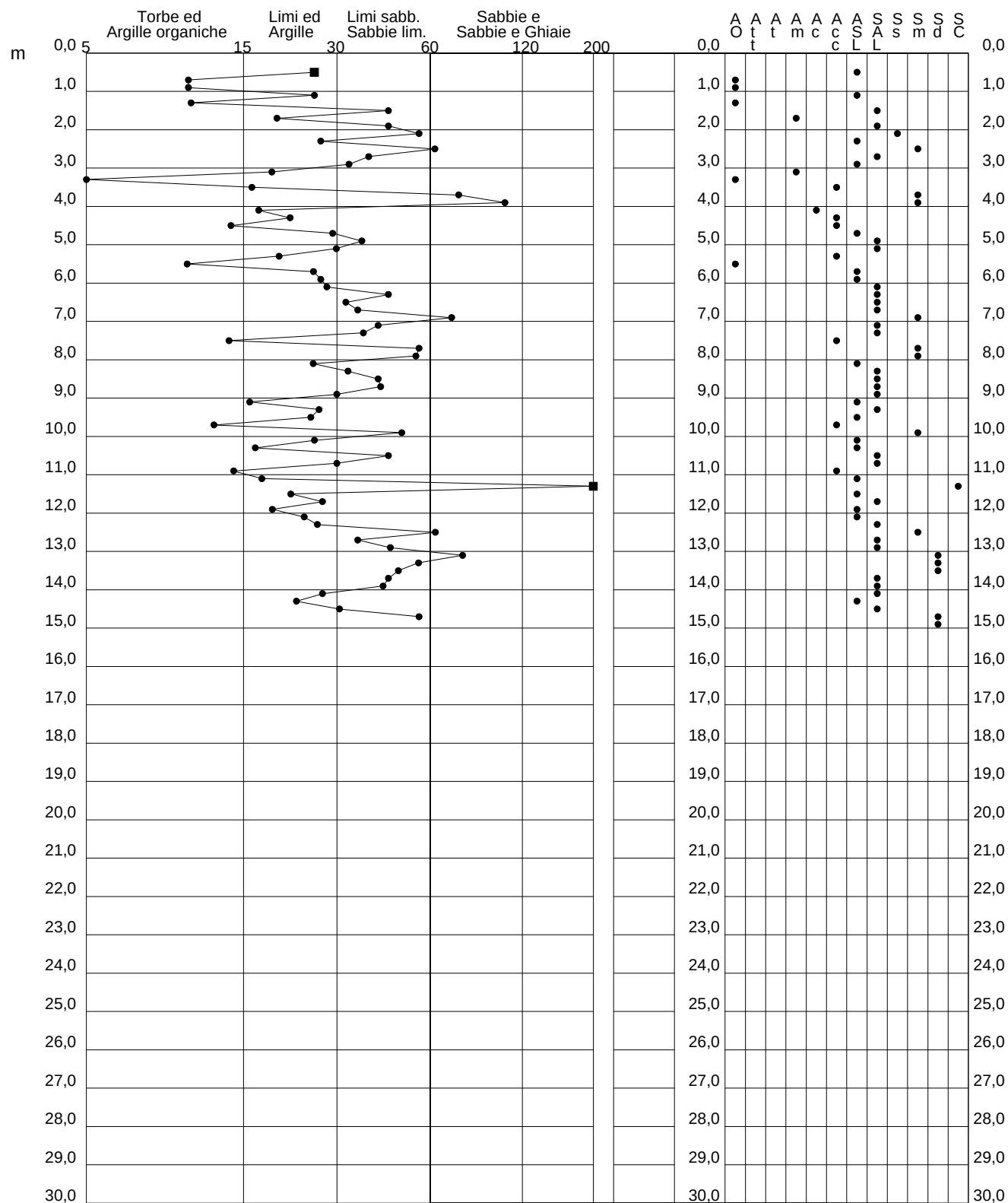
2.0105-028

- committente : Imm. Adele s.r.l.
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo
- località : Ferrara
- assist. cantiere :

- data : 19/05/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 5,10 da quota inizio

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 3

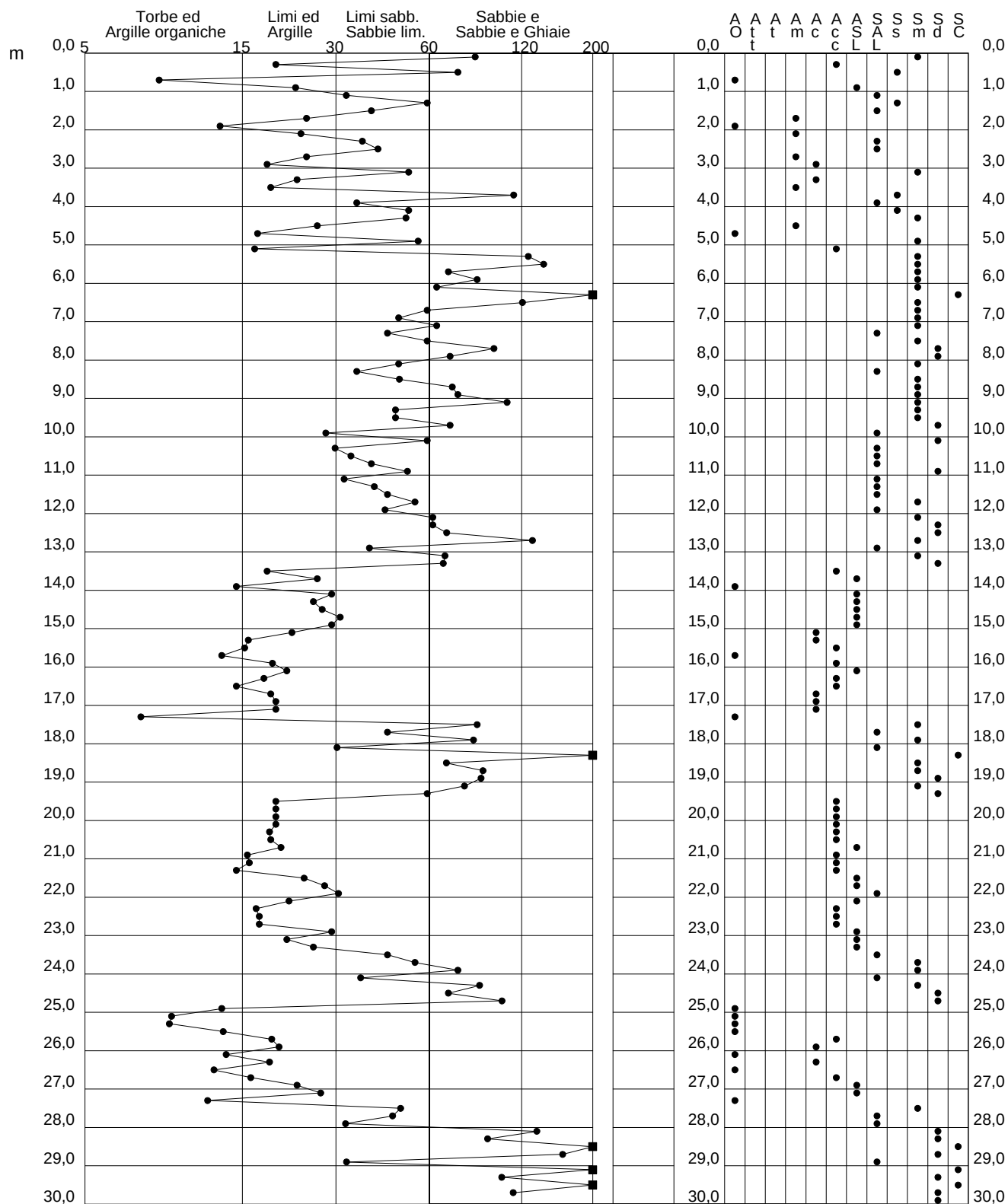
2.0105-028

- committente : Imm. Adele s.r.l.
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo
- località : Ferrara
- assist. cantiere :

- data : 11/05/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 5,00 da quota inizio

qc/fs (Begemann 1965 A.G.I. 1977)

qc - fs/qc (Schmertmann 1978)



PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.0105-028

- committente : Imm. Adele s.r.l.
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo
- località : Ferrara
- assist. cantiere :

- data : 19/05/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 6,40 da quota inizio

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	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 (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	48	90	3:---	1,85	0,11	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	43	31	0,258	80	120	168
0,80	32	40	3:---	1,85	0,15	--	--	--	--	--	79	39	41	43	44	40	29	0,188	53	80	112
1,00	15	16	2:////	1,85	0,19	0,67	31,2	113	170	75	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	34	36	3:---	1,85	0,22	--	--	--	--	--	72	38	40	42	44	39	29	0,164	57	85	119
1,40	35	33	3:---	1,85	0,26	--	--	--	--	--	69	38	40	41	44	38	29	0,156	58	88	123
1,60	32	40	3:---	1,85	0,30	--	--	--	--	--	63	37	39	41	43	37	29	0,137	53	80	112
1,80	25	62	3:---	1,85	0,33	--	--	--	--	--	51	35	37	40	42	35	28	0,107	42	63	88
2,00	30	45	3:---	1,85	0,37	--	--	--	--	--	55	36	38	40	42	36	29	0,117	50	75	105
2,20	32	32	3:---	1,85	0,41	--	--	--	--	--	55	36	38	40	42	36	29	0,116	53	80	112
2,40	22	14	4:/-	1,85	0,44	0,85	14,1	144	216	66	40	34	36	39	41	33	28	0,079	37	55	77
2,60	17	20	2:////	1,85	0,48	0,72	10,5	123	184	71	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	30	14	4:/-	1,85	0,52	1,00	14,3	170	255	90	47	35	37	39	42	34	29	0,096	50	75	105
3,00	50	16	4:/-	1,85	0,55	1,67	24,8	283	425	150	63	37	39	41	43	36	31	0,137	83	125	175
3,20	102	51	3:---	1,85	0,59	--	--	--	--	--	85	40	42	43	45	39	34	0,208	170	255	357
3,40	160	24	4:/-	1,85	0,63	5,33	90,8	907	1360	480	99	42	43	45	46	41	36	0,256	267	400	560
3,60	52	28	4:/-	1,85	0,67	1,73	20,8	295	442	156	59	36	38	41	43	36	31	0,129	87	130	182
3,80	54	20	4:/-	1,85	0,70	1,80	20,3	306	459	162	59	36	38	41	43	36	31	0,129	90	135	189
4,00	100	37	3:---	1,85	0,74	--	--	--	--	--	79	39	41	43	44	38	34	0,188	167	250	350
4,20	72	43	3:---	1,85	0,78	--	--	--	--	--	67	37	39	41	43	37	32	0,150	120	180	252
4,40	42	39	3:---	1,85	0,81	--	--	--	--	--	47	35	37	39	42	33	30	0,097	70	105	147
4,60	29	54	3:---	1,85	0,85	--	--	--	--	--	33	33	35	38	41	31	29	0,065	48	73	102
4,80	70	30	4:/-	1,85	0,89	2,33	21,0	397	595	210	63	37	39	41	43	36	32	0,138	117	175	245
5,00	27	17	4:/-	1,85	0,93	0,95	6,5	239	358	81	29	32	35	37	40	30	28	0,055	45	68	95
5,20	30	24	4:/-	1,85	0,96	1,00	6,6	247	370	90	32	32	35	38	41	30	29	0,061	50	75	105
5,40	63	12	4:/-	1,85	1,00	2,10	15,9	357	536	189	56	36	38	40	42	34	32	0,120	105	158	221
5,60	69	14	4:/-	1,85	1,04	2,30	17,0	391	586	207	58	36	38	40	43	35	32	0,126	115	173	242
5,80	86	43	3:---	1,85	1,07	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	36	33	0,145	143	215	301
6,00	30	18	4:/-	1,85	1,11	1,00	5,5	301	451	90	28	32	35	37	40	30	29	0,054	50	75	105
6,20	30	28	4:/-	1,85	1,15	1,00	5,3	313	470	90	27	32	35	37	40	29	29	0,052	50	75	105
6,40	12	30	4:/-	0,88	1,16	0,57	2,6	300	450	60	--	28	31	35	38	25	26	--	20	30	42
6,60	13	39	4:/-	0,88	1,18	0,60	2,7	311	467	65	--	28	31	35	38	25	26	--	22	33	46
6,80	13	49	4:/-	0,88	1,20	0,60	2,7	314	470	65	--	28	31	35	38	25	26	--	22	33	46
7,00	14	52	4:/-	0,89	1,22	0,64	2,8	324	486	70	--	28	31	35	38	25	26	--	23	35	49
7,20	17	4	2:////	0,97	1,24	0,72	3,2	344	516	71	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	120	60	3:---	1,03	1,26	--	--	--	--	--	73	38	40	42	44	37	35	0,167	200	300	420
7,60	120	45	3:---	1,03	1,28	--	--	--	--	--	72	38	40	42	44	37	35	0,166	200	300	420
7,80	130	29	4:/-	1,07	1,30	4,33	28,3	737	1105	390	75	38	40	42	44	37	35	0,173	217	325	455
8,00	82	44	3:---	0,97	1,32	--	--	--	--	--	58	36	38	40	43	34	33	0,126	137	205	287
8,20	66	17	4:/-	1,02	1,34	2,20	11,7	374	561	198	51	35	37	40	42	33	32	0,105	110	165	231
8,40	73	17	4:/-	1,03	1,36	2,43	13,0	414	621	219	54	36	38	40	42	34	32	0,113	122	183	256
8,60	76	16	4:/-	1,03	1,38	2,53	13,4	431	646	228	55	36	38	40	42	34	33	0,116	127	190	266
8,80	90	34	3:---	0,98	1,40	--	--	--	--	--	60	36	38	41	43	35	33	0,131	150	225	315
9,00	160	48	3:---	1,09	1,42	--	--	--	--	--	80	39	41	43	44	38	36	0,189	267	400	560
9,20	180	67	3:---	1,12	1,44	--	--	--	--	--	83	40	41	43	45	38	37	0,200	300	450	630
9,40	150	75	3:---	1,08	1,47	--	--	--	--	--	77	39	40	42	44	37	36	0,179	250	375	525
9,60	150	28	4:/-	1,09	1,49	5,00	28,6	850	1275	450	76	39	40	42	44	37	36	0,178	250	375	525
9,80	70	58	3:---	0,95	1,51	--	--	--	--	--	50	35	37	40	42	33	32	0,103	117	175	245
10,00	78	21	4:/-	1,03	1,53	2,60	12,2	442	663	234	53	35	38	40	42	33	33	0,112	130	195	273
10,20	84	20	4:/-	1,04	1,55	2,80	13,2	476	714	252	55	36	38	40	42	34	33	0,118	140	210	294
10,40	87	22	4:/-	1,04	1,57	2,90	13,5	493	740	261	56	36	38	40	42	34	33	0,120	145	218	305
10,60	150	45	3:---	1,08	1,59	--	--	--	--	--	75	38	40	42	44	37	36	0,173	250	375	525
10,80	220	55	3:---	1,15	1,61	--	--	--	--	--	87	40	42	43	45	39	38	0,214	367	550	770
11,00	130	39	3:---	1,05	1,63	--	--	--	--	--	69	38	40	41	44	36	35	0,156	217	325	455
11,20	160	60	3:---	1,09	1,66	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	37	36	0,177	267	400	560
11,40	130	39	3:---	1,05	1,68	--	--	--	--	--	68	38	39	41	43	36	35	0,154	217	325	455
11,60	130	39	3:---	1,05	1,70	--	--	--	--	--	68	38	39	41	43	35	35	0,153	217	325	455
11,80	120	45	3:---	1,03	1,72	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	35	35	0,145	200	300	420
12,00	110	33	3:---	1,02	1,74	--	--	--	--	--	62	37	39	41	43	34	34	0,135	183	275	385
12,20	130	30	4:/-	1,07	1,76	4,33	19,4	737	1105	390	67	37	39	41	43	35	35	0,151	217	325	455
12,40	74	18	4:/-	1,03	1,78	2,47	--	426	640	222	48	35	37	39	42	32	32	0,098	123	185	259
12,60	150	56	3:---	1,08	1,80	--	--	--	--	--	72	38									

PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

2.0105-028

- committente : Imm. Adele s.r.l.
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo
- località : Ferrara
- assist. cantiere :

- data : 19/05/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 5,10 da quota inizio

NATURA COESIVA														NATURA GRANULARE													
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	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 (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²						
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
0,60	14	26	2////	1,85	0,11	0,64	55,7	108	162	70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
0,80	7	10	1***	1,85	0,15	0,35	18,4	14	21	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
1,00	7	10	1***	1,85	0,19	0,35	13,9	14	21	21	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
1,20	21	26	4//.	1,85	0,22	0,82	32,3	140	210	63	55	36	38	40	42	37	27	0,117	35	53	74						
1,40	5	11	1***	1,85	0,26	0,25	6,0	14	21	15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
1,60	24	45	3****	1,85	0,30	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	36	28	0,111	40	60	84						
1,80	8	20	2////	1,85	0,33	0,40	7,9	80	120	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
2,00	15	45	4//.	1,85	0,37	0,67	13,1	113	170	75	31	32	35	38	40	32	27	0,060	25	38	53						
2,20	15	56	4//.	1,85	0,41	0,67	11,6	113	170	75	29	32	35	37	40	31	27	0,055	25	38	53						
2,40	11	27	2////	1,85	0,44	0,54	8,0	107	160	55	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
2,60	21	63	3****	1,85	0,48	--	--	--	--	--	36	33	36	38	41	32	27	0,071	35	53	74						
2,80	13	39	4//.	1,85	0,52	0,60	7,6	126	189	65	18	31	33	36	39	29	26	0,034	22	33	46						
3,00	9	34	4//.	1,85	0,55	0,45	4,8	154	231	45	4	29	32	35	38	27	26	0,009	15	23	32						
3,20	9	19	2////	1,85	0,59	0,45	4,5	165	248	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
3,40	5	3	1***	1,85	0,63	0,25	2,0	30	45	15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
3,60	20	17	4//.	1,85	0,67	0,80	7,9	160	241	60	27	32	34	37	40	30	27	0,051	33	50	70						
3,80	30	75	3****	1,85	0,70	--	--	--	--	--	39	33	36	38	41	32	29	0,078	50	75	105						
4,00	28	105	3****	1,85	0,74	--	--	--	--	--	36	33	36	38	41	32	28	0,070	47	70	98						
4,20	14	17	2////	1,85	0,78	0,64	4,9	215	323	70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--					
4,40	22	22	4//.	1,85	0,81	0,85	6,6	209	313	66	25	31	34	37	40	30	28	0,048	37	55	77						
4,60	21	14	4//.	1,85	0,85	0,82	6,0	225	337	63	22	31	34	37	40	29	27	0,042	35	53	74						
4,80	28	30	4//.	1,85	0,89	0,97	7,0	223	335	84	31	32	35	38	40	31	28	0,060	47	70	98						
5,00	42	37	3****	1,85	0,93	--	--	--	--	--	44	34	37	39	42	33	30	0,089	70	105	147						
5,20	39	31	3****	0,90	0,94	--	--	--	--	--	41	34	36	39	41	32	30	0,082	65	98	137						
5,40	23	20	4//.	0,94	0,96	0,87	5,5	260	391	69	22	31	34	37	40	29	28	0,043	38	58	81						
5,60	25	10	4//.	0,94	0,98	0,91	5,7	263	395	75	25	31	34	37	40	29	28	0,047	42	63	88						
5,80	40	26	4//.	1,00	1,00	1,33	9,0	237	356	120	40	34	36	39	41	32	30	0,081	67	100	140						
6,00	33	27	4//.	0,97	1,02	1,10	6,9	257	386	99	33	33	35	38	41	31	29	0,065	55	83	116						
6,20	46	29	4//.	1,01	1,04	1,53	10,2	261	391	138	44	34	37	39	42	32	31	0,090	77	115	161						
6,40	36	45	3****	0,89	1,06	--	--	--	--	--	36	33	36	38	41	31	30	0,070	60	90	126						
6,60	22	33	3****	0,86	1,08	--	--	--	--	--	18	31	33	36	39	28	28	0,035	37	55	77						
6,80	24	36	3****	0,86	1,09	--	--	--	--	--	21	31	34	37	40	29	28	0,039	40	60	84						
7,00	38	71	3****	0,90	1,11	--	--	--	--	--	36	33	36	38	41	31	30	0,071	63	95	133						
7,20	39	42	3****	0,90	1,13	--	--	--	--	--	37	33	36	38	41	31	30	0,072	65	98	137						
7,40	30	37	3****	0,88	1,15	--	--	--	--	--	27	32	35	37	40	29	29	0,052	50	75	105						
7,60	47	14	4//.	1,01	1,17	1,57	9,1	277	415	141	42	34	36	39	41	32	31	0,085	78	118	165						
7,80	90	56	3****	0,98	1,19	--	--	--	--	--	64	37	39	41	43	35	33	0,142	150	225	315						
8,00	66	55	3****	0,94	1,20	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	34	32	0,112	110	165	231						
8,20	66	26	4//.	1,02	1,22	2,20	13,1	374	561	198	53	35	38	40	42	34	32	0,111	110	165	231						
8,40	76	34	3****	0,96	1,24	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	34	33	0,123	127	190	266						
8,60	78	42	3****	0,96	1,26	--	--	--	--	--	58	36	38	40	43	34	33	0,124	130	195	273						
8,80	68	42	3****	0,95	1,28	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	33	32	0,111	113	170	238						
9,00	70	31	3****	0,95	1,30	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	34	32	0,112	117	175	245						
9,20	70	16	4//.	1,03	1,32	2,33	12,8	397	595	210	53	35	38	40	42	33	32	0,112	117	175	245						
9,40	76	27	4//.	1,03	1,34	2,53	13,9	431	646	228	55	36	38	40	42	34	33	0,118	127	190	266						
9,60	58	26	4//.	1,02	1,36	1,93	9,7	330	496	174	46	34	37	39	42	32	31	0,093	97	145	203						
9,80	54	13	4//.	1,01	1,38	1,80	8,7	328	491	162	43	34	36	39	41	32	31	0,087	90	135	189						
10,00	76	50	3****	0,96	1,40	--	--	--	--	--	54	36	38	40	42	34	33	0,115	127	190	266						
10,20	49	26	4//.	1,01	1,42	1,63	7,5	349	523	147	39	33	36	38	41	31	31	0,077	82	123	172						
10,40	66	17	4//.	1,02	1,44	2,20	10,6	374	561	198	49	35	37	39	42	33	32	0,101	110	165	231						
10,60	90	45	3****	0,98	1,46	--	--	--	--	--	59	36	38	40	43	34	33	0,128	150	225	315						
10,80	140	31	3****	1,06	1,48	--	--	--	--	--	74	38	40	42	44	37	36	0,171	233	350	490						
11,00	72	15	4//.	1,03	1,50	2,40	11,3	408	612	216	51	35	37	40	42	33	32	0,106	120	180	245						
11,20	86	18	4//.	1,04	1,52	2,87	13,8	487	731	258	57	36	38	40	43	34	33	0,121	143	215	301						
11,40	68	340	3****	0,95	1,54	--	--	--	--	--	48	35	37	39	42	32	32	0,099	113	170	238						
11,60	59	22	4//.	1,02	1,56	1,97	8,4	372	558	177	43	34	36	39	41	32	32	0,087	98	148	207						
11,80	130	28	4//.	1,07	1,59	4,33	22,1	737	1105	390	70	38	40	42	44	36	35	0,158	217	325	455						
12,00	80	19	4//.	1,03	1,61	2,67	11,8	453	680	240	53	35	38	40	42	33	33	0,111	133	200	280						
12,20	78	24	4//.	1,03	1,63	2,60	11,3	442	663	234	52	35	37	40	42	33	33	0,108	130	195	273						
12,40	68	27	4//.	1,02	1,65	2,27	9,4	393	590	204	47	35	37	39	42	32	32	0,095	113	170	238						
12,60	76	63	3****	0,96	1,67	--	--	--	--	--	50	35	37	40	42	33	33	0,104	127	190	266						
12,80	120	36	3****	1,03	1,69	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	35	35	0,146	200	300	420						
13,00	140	46	3****	1,06	1,71	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	36	36	0,161	233	350	490						
13,20	144	77	3****	1,07	1,73	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	36	36	0,163	240	360	504						
13,40	11																										

PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 3

2.0105-028

- committente : Imm. Adele s.r.l.
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo
- località : Ferrara
- assist. cantiere :

- data : 11/05/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 5,00 da quota inizio

NATURA COESIVA												NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	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 (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²		
0,20	68	85	3:...	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	32	0,258	113	170	238		
0,40	32	20	4:/f.	1,85	0,07	1,07	99,9	181	272	96	96	41	43	44	46	43	29	0,245	53	80	112		
0,60	20	75	4:/f.	1,85	0,11	0,80	74,1	136	204	60	70	38	40	42	44	40	27	0,160	33	50	70		
0,80	32	9	4:/f.	1,85	0,15	1,07	74,1	181	272	96	79	39	41	43	44	40	29	0,188	53	80	112		
1,00	40	23	4:/f.	1,85	0,19	1,33	74,1	227	340	120	82	39	41	43	45	40	30	0,195	67	100	140		
1,20	40	33	3:...	1,85	0,22	--	--	--	--	--	77	39	41	42	44	40	30	0,181	67	100	140		
1,40	16	60	4:/f.	1,85	0,26	0,70	21,6	118	177	74	42	34	36	39	41	34	27	0,084	27	40	56		
1,60	16	40	4:/f.	1,85	0,30	0,70	18,3	118	177	74	39	33	36	38	41	34	27	0,077	27	40	56		
1,80	10	25	2:III	1,85	0,33	0,50	10,4	85	128	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
2,00	8	13	2:III	1,85	0,37	0,40	6,9	93	140	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
2,20	8	24	2:III	1,85	0,41	0,40	6,1	107	160	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
2,40	10	37	4:/f.	1,85	0,44	0,50	7,3	110	165	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
2,60	28	42	3:...	1,85	0,48	--	--	--	--	--	13	30	33	36	39	29	26	0,025	17	25	35		
2,80	10	25	2:III	1,85	0,52	0,50	6,0	137	206	50	46	34	37	39	42	34	28	0,094	47	70	98		
3,00	10	19	2:III	1,85	0,55	0,50	5,5	150	225	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3,20	28	52	3:...	1,85	0,59	--	--	--	--	--	41	34	36	39	41	33	28	0,082	47	70	98		
3,40	14	23	2:III	1,85	0,63	0,64	6,4	163	245	70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3,60	9	19	2:III	1,85	0,67	0,45	3,8	187	281	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3,80	15	112	4:/f.	1,85	0,70	0,67	5,9	187	281	75	15	30	33	36	39	28	27	0,030	25	38	53		
4,00	12	36	4:/f.	1,85	0,74	0,57	4,5	206	309	60	6	29	32	35	39	27	26	0,015	20	30	42		
4,20	7	52	4:/f.	1,85	0,78	0,35	2,3	190	284	35	--	28	31	35	38	25	26	--	12	18	25		
4,40	24	51	3:...	1,85	0,81	--	--	--	--	--	28	32	35	37	40	30	28	0,054	40	60	84		
4,60	9	27	2:III	1,85	0,85	0,45	2,8	228	342	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4,80	7	17	2:III	1,85	0,89	0,35	2,0	197	295	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5,00	30	56	3:...	0,88	0,91	--	--	--	--	--	33	33	35	38	41	31	29	0,064	50	75	105		
5,20	32	17	4:/f.	0,97	0,92	1,07	7,5	226	340	96	35	33	35	38	41	31	29	0,068	53	80	112		
5,40	50	125	3:...	0,92	0,94	--	--	--	--	--	50	35	37	40	42	33	31	0,103	83	125	175		
5,60	56	140	3:...	0,93	0,96	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	34	31	0,112	93	140	196		
5,80	56	70	3:...	0,93	0,98	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	34	31	0,111	93	140	196		
6,00	46	86	3:...	0,91	1,00	--	--	--	--	--	45	34	37	39	42	33	31	0,092	77	115	161		
6,20	60	64	3:...	0,93	1,02	--	--	--	--	--	54	36	38	40	42	34	32	0,114	100	150	210		
6,40	38	285	3:...	0,90	1,04	--	--	--	--	--	38	33	36	38	41	31	30	0,075	63	95	133		
6,60	48	120	3:...	0,91	1,05	--	--	--	--	--	45	34	37	39	42	33	31	0,093	80	120	168		
6,80	40	60	3:...	0,90	1,07	--	--	--	--	--	39	33	36	38	41	31	30	0,077	67	100	140		
7,00	26	49	3:...	0,87	1,09	--	--	--	--	--	24	31	34	37	40	29	28	0,045	43	65	91		
7,20	60	64	3:...	0,93	1,11	--	--	--	--	--	52	35	37	40	42	34	32	0,109	100	150	210		
7,40	54	45	3:...	0,92	1,13	--	--	--	--	--	48	35	37	39	42	33	31	0,099	90	135	189		
7,60	72	60	3:...	0,95	1,14	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	34	32	0,123	120	180	252		
7,80	104	97	3:...	1,01	1,16	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	36	34	0,158	173	260	364		
8,00	104	71	3:...	1,01	1,19	--	--	--	--	--	69	38	40	41	44	36	34	0,157	173	260	364		
8,20	52	49	3:...	0,92	1,20	--	--	--	--	--	45	34	37	39	42	32	31	0,092	87	130	182		
8,40	48	36	3:...	0,91	1,22	--	--	--	--	--	42	34	36	39	41	32	31	0,084	80	120	168		
8,60	72	49	3:...	0,95	1,24	--	--	--	--	--	55	36	38	40	42	34	32	0,118	120	180	252		
8,80	96	72	3:...	0,99	1,26	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	35	34	0,144	160	240	336		
9,00	90	75	3:...	0,98	1,28	--	--	--	--	--	62	37	39	41	43	35	33	0,137	150	225	315		
9,20	100	107	3:...	1,00	1,30	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	36	34	0,146	167	250	350		
9,40	70	48	3:...	0,95	1,32	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	33	32	0,112	117	175	245		
9,60	70	48	3:...	0,95	1,34	--	--	--	--	--	53	35	38	40	42	33	32	0,111	117	175	245		
9,80	104	71	3:...	1,01	1,36	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	35	34	0,147	173	260	364		
10,00	92	29	4:/f.	1,04	1,38	3,07	17,0	521	782	276	61	37	39	41	43	35	33	0,134	153	230	322		
10,20	104	60	3:...	1,01	1,40	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	35	34	0,145	173	260	364		
10,40	82	31	3:...	0,97	1,42	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	34	33	0,121	137	205	287		
10,60	92	34	3:...	0,99	1,44	--	--	--	--	--	60	36	38	41	43	34	33	0,131	153	230	322		
10,80	96	40	3:...	0,99	1,46	--	--	--	--	--	61	37	39	41	43	35	34	0,134	160	240	336		
11,00	104	52	3:...	1,01	1,48	--	--	--	--	--	64	37	39	41	43	35	34	0,141	173	260	364		
11,20	70	33	3:...	0,95	1,50	--	--	--	--	--	50	35	37	40	42	33	32	0,104	117	175	245		
11,40	60	41	3:...	0,93	1,52	--	--	--	--	--	44	34	37	39	42	32	32	0,090	100	150	210		
11,60	96	45	3:...	0,99	1,54	--	--	--	--	--	60	36	38	41	43	34	34	0,131	160	240	336		
11,80	88	55	3:...	0,98	1,56	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	34	33	0,122	147	220	308		
12,00	106	44	3:...	1,01	1,58	--	--	--	--	--	63	37	39	41	43	35	34	0,139	177	265	371		
12,20	100	62	3:...	1,00	1,60	--	--	--	--	--	61	36	39	41	43	34	34	0,132	167	250	350		
12,40	150	62	3:...	1,08	1,62	--	--	--	--	--	74	38	40	42	44	37	36	0,172	250	375	525		
12,60	120	69	3:...	1,03	1,64	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	35	35	0,148	200	300	420		
12,80	86	129	3:...	0,98	1,66	--	--	--	--	--	54	36	38	40	42	33	33	0,116	143	215	301		
13,00	100	39	3:...	1,00																			

PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 3

2.0105-028

- committente : Imm. Adele s.r.l.
- lavoro : Piano Urbanistico Attuativo
- località : Ferrara
- assist. cantiere :

- data : 11/05/2011
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 5,00 da quota inizio

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	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 (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
20,20	24	20	4/./	0,94	2,36	0,89	1,8	505	757	72	2	28	31	35	38	25	28	0,005	40	60	84
20,40	28	19	4/./	0,96	2,38	0,97	2,0	539	809	84	7	29	32	35	39	25	28	0,016	47	70	98
20,60	36	19	4/./	0,99	2,40	1,20	2,6	625	937	108	16	30	33	36	39	26	30	0,030	60	90	126
20,80	36	21	4/./	0,99	2,42	1,20	2,6	627	940	108	15	30	33	36	39	26	30	0,029	60	90	126
21,00	26	16	4/./	0,95	2,44	0,93	1,9	526	789	78	4	29	32	35	38	25	28	0,010	43	65	91
21,20	22	16	4/./	0,93	2,46	0,85	1,7	488	732	66	--	28	31	35	38	25	28	--	37	55	77
21,40	24	15	4/./	0,94	2,48	0,89	1,7	509	764	72	1	28	31	35	38	25	28	0,002	40	60	84
21,60	36	25	4/./	0,99	2,50	1,20	2,5	635	953	108	15	30	33	36	39	26	30	0,028	60	90	126
21,80	38	28	4/./	0,99	2,52	1,27	2,7	657	986	114	16	30	33	36	39	26	30	0,031	63	95	133
22,00	42	31	3/...	0,90	2,54	--	--	--	--	--	19	31	34	36	40	27	30	0,037	70	105	147
22,20	44	22	4/./	1,00	2,56	1,47	3,1	707	1061	132	21	31	34	37	40	27	31	0,040	73	110	154
22,40	30	17	4/./	0,96	2,57	1,00	1,9	564	846	90	8	29	32	35	39	25	29	0,016	50	75	105
22,60	26	18	4/./	0,95	2,59	0,93	1,7	532	798	78	2	28	32	35	38	25	28	0,006	43	65	91
22,80	26	18	4/./	0,95	2,61	0,93	1,7	533	799	78	2	28	32	35	38	25	28	0,006	43	65	91
23,00	24	30	4/./	0,94	2,63	0,89	1,6	514	771	72	--	28	31	35	38	25	28	--	40	60	84
23,20	26	22	4/./	0,95	2,65	0,93	1,7	534	801	78	2	28	31	35	38	25	28	0,005	43	65	91
23,40	42	26	4/./	1,00	2,67	1,40	2,8	712	1068	126	18	31	33	36	39	27	30	0,035	70	105	147
23,60	60	45	3/...	0,93	2,69	--	--	--	--	--	30	32	35	38	40	29	32	0,058	100	150	210
23,80	66	55	3/...	0,94	2,71	--	--	--	--	--	33	33	35	38	41	29	32	0,065	110	165	231
24,00	70	75	3/...	0,95	2,73	--	--	--	--	--	35	33	35	38	41	29	32	0,069	117	175	245
24,20	74	37	3/...	0,96	2,75	--	--	--	--	--	37	33	36	38	41	30	32	0,073	123	185	259
24,40	82	88	3/...	0,97	2,77	--	--	--	--	--	40	34	36	39	41	30	33	0,081	137	205	287
24,60	112	70	3/...	1,02	2,79	--	--	--	--	--	51	35	37	40	42	32	34	0,106	187	280	392
24,80	124	103	3/...	1,04	2,81	--	--	--	--	--	54	36	38	40	42	32	35	0,115	207	310	434
25,00	18	13	2/...	0,98	2,83	0,75	1,2	446	669	68	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
25,20	10	9	2/...	0,90	2,84	0,50	0,7	300	450	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
25,40	16	9	2/...	0,96	2,86	0,70	1,1	416	624	74	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
25,60	20	14	4/./	0,93	2,88	0,80	1,3	474	710	60	--	28	31	35	38	25	27	--	33	50	70
25,80	22	19	4/./	0,93	2,90	0,85	1,3	499	748	66	--	28	31	35	38	25	28	--	37	55	77
26,00	15	20	2/...	0,95	2,92	0,67	1,0	400	600	75	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26,20	13	14	2/...	0,93	2,94	0,60	0,9	363	544	65	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26,40	14	19	2/...	0,94	2,96	0,64	0,9	382	573	70	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26,60	17	13	2/...	0,97	2,98	0,72	1,1	433	649	71	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
26,80	20	17	4/./	0,93	2,99	0,80	1,2	475	713	60	--	28	31	35	38	25	27	--	33	50	70
27,00	28	23	4/./	0,96	3,01	0,97	1,5	563	844	84	1	28	31	35	38	25	28	0,003	47	70	98
27,20	48	28	4/./	1,01	3,03	1,60	2,8	811	1217	144	20	31	34	36	40	27	31	0,037	80	120	168
27,40	26	12	4/./	0,95	3,05	0,93	1,4	545	817	78	--	28	31	35	38	25	28	--	43	65	91
27,60	66	49	3/...	0,94	3,07	--	--	--	--	--	30	32	35	38	40	28	32	0,058	110	165	231
27,80	56	47	3/...	0,93	3,09	--	--	--	--	--	25	31	34	37	40	27	31	0,047	93	140	196
28,00	84	33	3/...	0,97	3,11	--	--	--	--	--	38	33	36	38	41	30	33	0,076	140	210	294
28,20	142	133	3/...	1,06	3,13	--	--	--	--	--	56	36	38	40	42	33	36	0,120	237	355	497
28,40	124	93	3/...	1,04	3,15	--	--	--	--	--	51	35	37	40	42	32	35	0,107	207	310	434
28,60	152	228	3/...	1,08	3,17	--	--	--	--	--	58	36	38	40	43	33	36	0,126	253	380	532
28,80	150	161	3/...	1,08	3,19	--	--	--	--	--	58	36	38	40	43	33	36	0,124	250	375	525
29,00	98	33	3/...	1,00	3,21	--	--	--	--	--	43	34	36	39	41	30	34	0,086	163	245	343
29,20	120	450	3/...	1,03	3,24	--	--	--	--	--	50	35	37	40	42	31	35	0,103	200	300	420
29,40	220	103	3/...	1,15	3,26	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	35	38	0,160	367	550	770
29,60	230	287	3/...	1,15	3,28	--	--	--	--	--	72	38	40	42	44	35	39	0,164	383	575	805
29,80	224	112	3/...	1,15	3,30	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	35	38	0,161	373	560	784
30,00	230	--	3/...	1,15	3,33	--	--	--	--	--	71	38	40	42	44	35	39	0,163	383	575	805

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

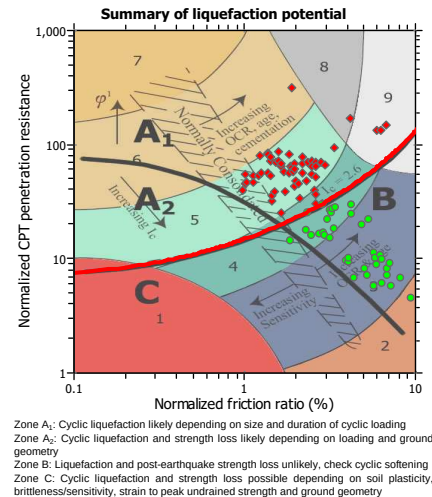
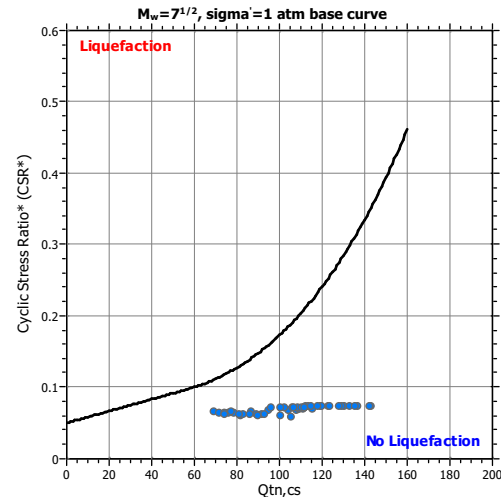
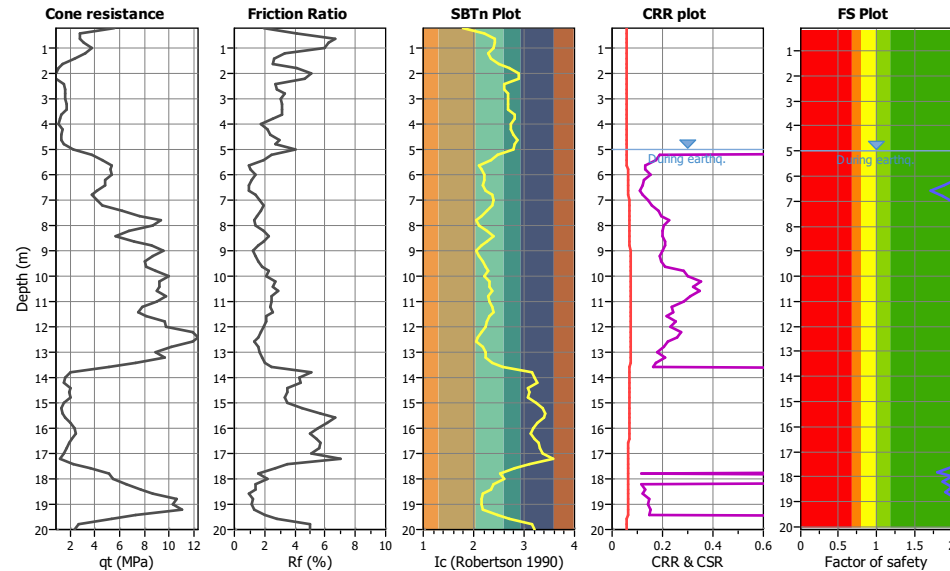
Project title :

Location :

CPT file : 85-11_3

Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER 1998	G.W.T. (in-situ):	5.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	Robertson & Wride	G.W.T. (earthq.):	5.00 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	5.50	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.20	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_p applied:	No		

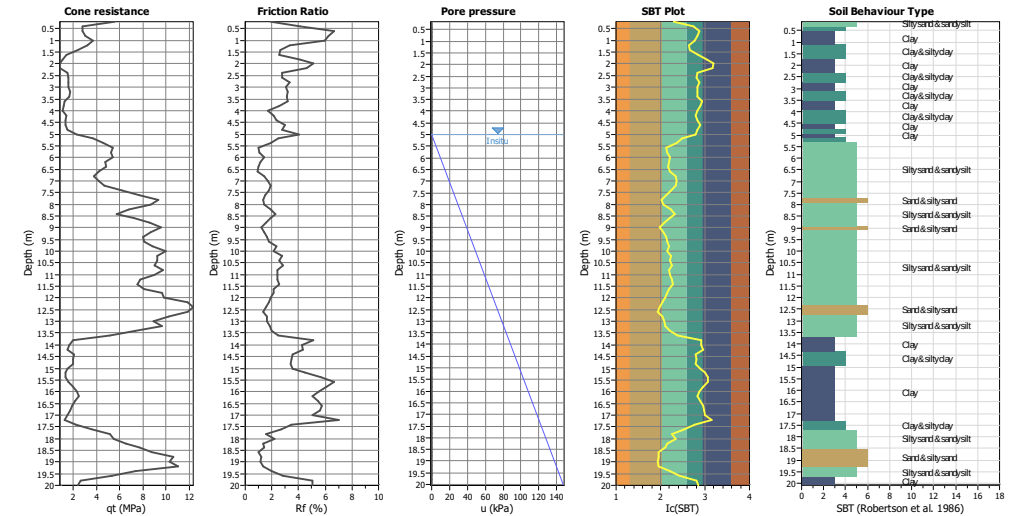


Zone A: Cyclic liquefaction likely depending on size and duration of cyclic loading
Zone B: Cyclic liquefaction and strength loss likely depending on loading and ground geometry
Zone C: Liquefaction and post-earthquake strength loss unlikely, check cyclic softening
Zone D: Cyclic liquefaction and strength loss possible depending on soil plasticity, brittleness/sensitivity, strain to peak undrained strength and ground geometry

This software is licensed to: Thomas Veronese

CPT name: 85-11_3

CPT basic interpretation plots



Input parameters and analysis data

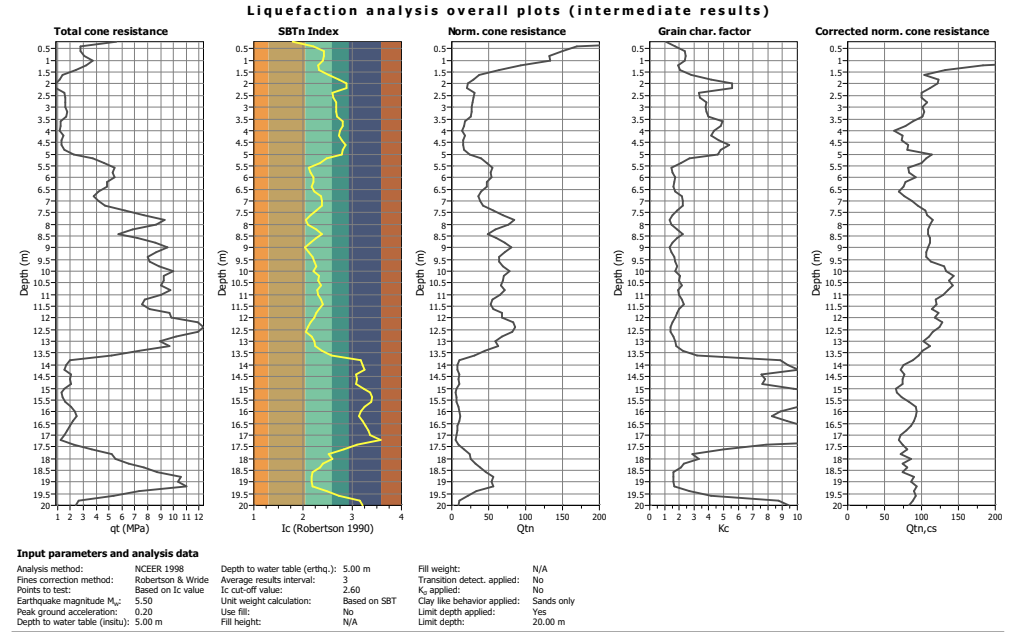
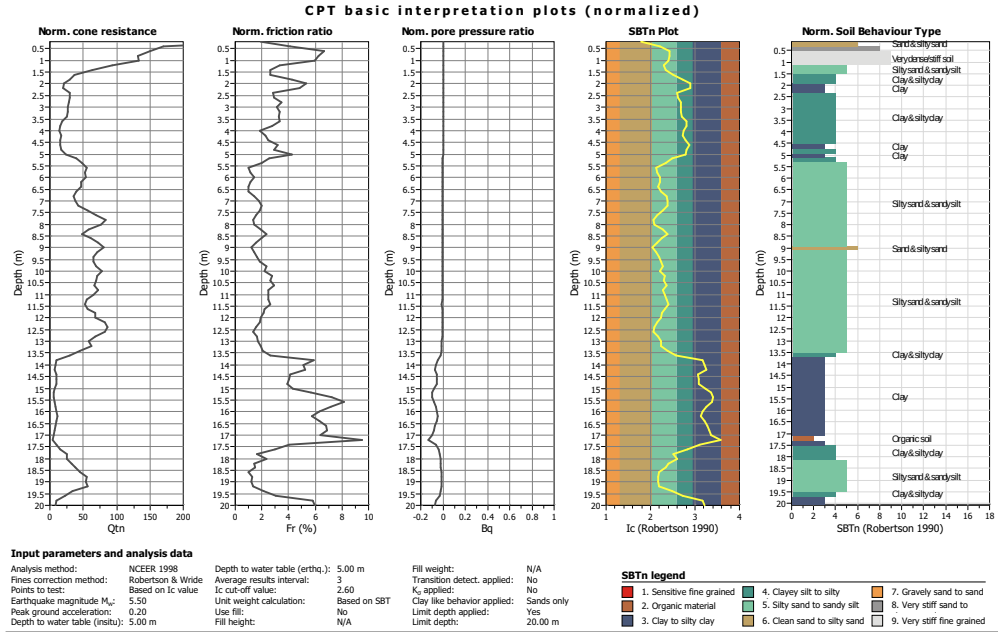
Analysis method:	NCEER 1998	Depth to water table (earthq.):	5.00 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	Robertson & Wride	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	Clay like behavior applied:	No
Earthquake magnitude M_w :	5.50	Unit weight calculation:	Based on SBT	Limit depth applied:	Yes
Peak ground acceleration:	0.20	Use fill:	No	Limit depth:	20.00 m
Depth to water table (instu):	5.00 m	Fill height:	N/A		

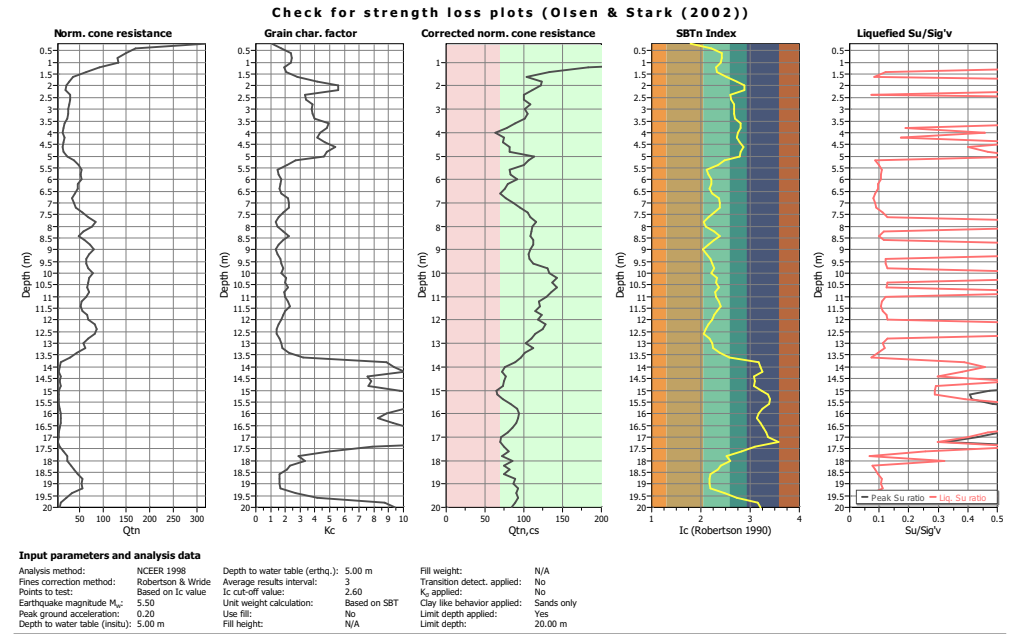
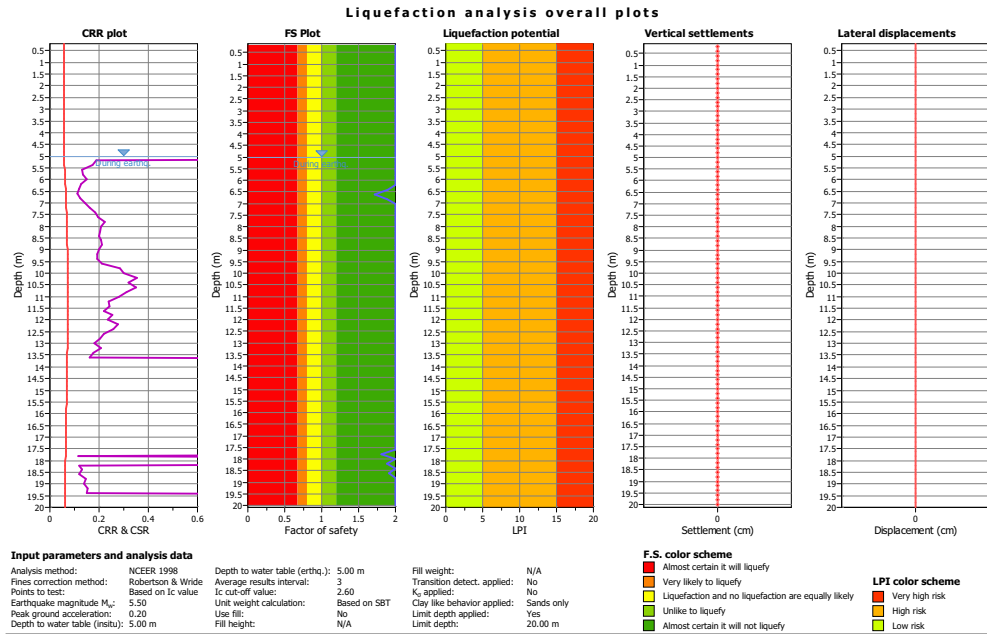
SBT legend

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

CLiQ v.1.4.1.22 - CPT Liquefaction Assessment Software - Report created on: 25/05/2011, 12.59.01

Project file:





:: Field input data ::						
Point ID	Depth (m)	q _c (MPa)	f _s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
1	0.20	6.80	80.00	0.00	7.81	19.03
2	0.40	3.20	160.00	0.00	19.56	18.85
3	0.60	2.00	27.00	0.00	27.26	19.40
4	0.80	3.20	373.00	0.00	27.51	19.46
5	1.00	4.00	173.00	0.00	26.72	19.71
6	1.20	4.00	120.00	0.00	22.55	18.81
7	1.40	1.60	27.00	0.00	23.85	18.08
8	1.60	1.60	40.00	0.00	31.18	17.23
9	1.80	1.00	40.00	0.00	41.70	17.46
10	2.00	0.80	60.00	0.00	51.30	17.30
11	2.20	0.80	33.00	0.00	51.30	17.18
12	2.40	1.00	27.00	0.00	35.35	17.47
13	2.60	2.80	67.00	0.00	35.85	17.54
14	2.80	1.00	40.00	0.00	39.19	17.75
15	3.00	1.00	53.00	0.00	38.95	17.64
16	3.20	2.80	53.00	0.00	39.20	17.82
17	3.40	1.40	60.00	0.00	40.23	17.77
18	3.60	0.90	47.00	0.00	46.94	17.33
19	3.80	1.50	13.00	0.00	46.17	17.01
20	4.00	1.20	33.00	0.00	43.05	16.47
21	4.20	0.70	13.00	0.00	41.86	17.08
22	4.40	2.40	47.00	0.00	45.23	17.05
23	4.60	0.90	33.00	0.00	49.90	17.35
24	4.80	0.70	40.00	0.00	46.30	17.46
25	5.00	3.00	53.00	0.00	44.84	18.53
26	5.20	3.20	187.00	0.00	29.96	18.72
27	5.40	5.00	40.00	0.00	24.29	18.74
28	5.60	5.60	40.00	0.00	16.34	18.21
29	5.80	5.60	80.00	0.00	17.60	18.29
30	6.00	4.60	53.00	0.00	19.56	18.61
31	6.20	6.00	93.00	0.00	19.10	18.16
32	6.40	3.80	13.00	0.00	18.27	18.07
33	6.60	4.80	40.00	0.00	19.91	17.79
34	6.80	4.00	67.00	0.00	25.03	18.08
35	7.00	2.60	53.00	0.00	25.70	18.45
36	7.20	6.00	93.00	0.00	25.67	18.74
37	7.40	5.40	120.00	0.00	21.42	19.11
38	7.60	7.20	120.00	0.00	17.42	19.24
39	7.80	10.40	107.00	0.00	14.44	19.40
40	8.00	10.40	147.00	0.00	15.64	19.33
41	8.20	5.20	107.00	0.00	21.55	19.32
42	8.40	4.80	133.00	0.00	25.91	19.25
43	8.60	7.20	147.00	0.00	21.25	19.41
44	8.80	9.60	133.00	0.00	17.23	19.45
45	9.00	9.00	120.00	0.00	14.11	19.32
46	9.20	10.00	93.00	0.00	16.37	19.33
47	9.40	7.00	147.00	0.00	18.84	19.38
48	9.60	7.00	147.00	0.00	19.93	19.54

:: Field input data :: (continued)						
Point ID	Depth (m)	q _c (MPa)	f _s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
49	9.80	10.40	147.00	0.00	21.70	19.95
50	10.00	9.20	320.00	0.00	19.56	20.04
51	10.20	10.40	173.00	0.00	23.47	20.21
52	10.40	8.20	267.00	0.00	22.75	20.13
53	10.60	9.20	267.00	0.00	24.76	20.22
54	10.80	9.60	240.00	0.00	21.87	20.15
55	11.00	10.40	200.00	0.00	22.99	20.03
56	11.20	7.00	213.00	0.00	24.92	19.80
57	11.40	6.00	147.00	0.00	26.29	19.81
58	11.60	9.60	213.00	0.00	23.28	19.73
59	11.80	8.80	160.00	0.00	21.10	19.98
60	12.00	10.60	240.00	0.00	19.93	19.88
61	12.20	10.00	160.00	0.00	17.24	20.11
62	12.40	15.00	240.00	0.00	15.49	20.00
63	12.60	12.00	173.00	0.00	14.74	19.78
64	12.80	8.60	67.00	0.00	18.22	19.75
65	13.00	10.00	253.00	0.00	20.18	19.57
66	13.20	8.20	120.00	0.00	20.50	19.82
67	13.40	10.80	160.00	0.00	25.44	19.49
68	13.60	3.00	160.00	0.00	34.24	19.22
69	13.80	1.80	67.00	0.00	70.65	18.58
70	14.00	1.20	80.00	0.00	73.60	18.10
71	14.20	2.00	67.00	0.00	77.43	17.99
72	14.40	1.40	53.00	0.00	63.43	18.21
73	14.60	2.80	100.00	0.00	65.03	18.12
74	14.80	1.70	53.00	0.00	63.67	18.13
75	15.00	1.60	53.00	0.00	75.65	17.72
76	15.20	1.20	53.00	0.00	85.98	17.81
77	15.40	1.20	73.00	0.00	90.81	18.12
78	15.60	1.70	107.00	0.00	89.07	18.51
79	15.80	1.80	133.00	0.00	77.37	18.81
80	16.00	2.60	133.00	0.00	70.80	18.91
81	16.20	2.60	120.00	0.00	67.49	18.89
82	16.40	2.20	120.00	0.00	73.18	18.80
83	16.60	1.80	120.00	0.00	79.26	18.66
84	16.80	1.80	93.00	0.00	83.47	18.47
85	17.00	1.60	80.00	0.00	86.62	18.16
86	17.20	1.20	60.00	0.00	100.00	18.21
87	17.40	0.90	120.00	0.00	65.25	18.31
88	17.60	4.60	53.00	0.00	47.48	18.76
89	17.80	5.40	120.00	0.00	31.64	18.67
90	18.00	5.60	67.00	0.00	35.57	19.15
91	18.20	5.40	173.00	0.00	26.22	18.88
92	18.40	8.60	27.00	0.00	24.11	19.19
93	18.60	9.20	133.00	0.00	18.42	18.93
94	18.80	8.40	93.00	0.00	18.00	19.49
95	19.00	14.20	160.00	0.00	18.02	19.40
96	19.20	8.40	107.00	0.00	18.63	19.65

:: Field input data :: (continued)						
Point ID	Depth (m)	q _c (MPa)	f _s (kPa)	u (kPa)	Fines content (%)	Unit weight (kN/m ³)
97	19.40	10.40	173.00	0.00	29.81	19.49
98	19.60	3.20	160.00	0.00	41.69	19.41
99	19.80	2.40	120.00	0.00	70.17	19.00
100	20.00	2.40	120.00	0.00	74.09	18.84

Abbreviations

Depth: Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
q_c: Measured cone resistance (MPa)
f_s: Sleeve friction resistance (kPa)
u: Pore pressure (kPa)
Fines content: Percentage of fines in soil (%)
Unit weight: Bulk soil unit weight (kN/m³)

:: Cyclic Stress Ratio fully adjusted (CSR*) calculation data ::											
Point ID	Depth (m)	σ _v (kPa)	u ₀ (kPa)	σ _v ' (kPa)	r _d	CSR	MSF	CSR _{eq}	K _σ	CSR*	Belongs to transition layer
1	0.20	3.81	0.00	3.81	1.00	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
2	0.40	7.58	0.00	7.58	1.00	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
3	0.60	11.46	0.00	11.46	1.00	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
4	0.80	15.35	0.00	15.35	1.00	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
5	1.00	19.29	0.00	19.29	0.99	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
6	1.20	23.05	0.00	23.05	0.99	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
7	1.40	26.67	0.00	26.67	0.99	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
8	1.60	30.12	0.00	30.12	0.99	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
9	1.80	33.61	0.00	33.61	0.99	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
10	2.00	37.07	0.00	37.07	0.99	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
11	2.20	40.51	0.00	40.51	0.99	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
12	2.40	44.00	0.00	44.00	0.98	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
13	2.60	47.51	0.00	47.51	0.98	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
14	2.80	51.06	0.00	51.06	0.98	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
15	3.00	54.58	0.00	54.58	0.98	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
16	3.20	58.15	0.00	58.15	0.98	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
17	3.40	61.70	0.00	61.70	0.98	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
18	3.60	65.17	0.00	65.17	0.98	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
19	3.80	68.57	0.00	68.57	0.97	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
20	4.00	71.86	0.00	71.86	0.97	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
21	4.20	75.28	0.00	75.28	0.97	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
22	4.40	78.69	0.00	78.69	0.97	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
23	4.60	82.16	0.00	82.16	0.97	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
24	4.80	85.65	0.00	85.65	0.97	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
25	5.00	89.36	0.00	89.36	0.97	0.13	2.21	0.06	1.00	2.00	No
26	5.20	93.10	1.96	91.14	0.96	0.13	2.21	0.06	1.00	0.06	No
27	5.40	96.85	3.92	92.93	0.96	0.13	2.21	0.06	1.00	0.06	No
28	5.60	100.49	5.89	94.61	0.96	0.13	2.21	0.06	1.00	0.06	No
29	5.80	104.15	7.85	96.30	0.96	0.13	2.21	0.06	1.00	0.06	No
30	6.00	107.87	9.81	98.06	0.96	0.14	2.21	0.06	1.00	0.06	No
31	6.20	111.51	11.77	99.73	0.96	0.14	2.21	0.06	1.00	0.06	No
32	6.40	115.12	13.73	101.38	0.95	0.14	2.21	0.06	1.00	0.06	No
33	6.60	118.68	15.70	102.98	0.95	0.14	2.21	0.06	1.00	0.06	No
34	6.80	122.29	17.66	104.63	0.95	0.14	2.21	0.07	1.00	0.07	No
35	7.00	125.98	19.62	106.36	0.95	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
36	7.20	129.73	21.58	108.15	0.95	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
37	7.40	133.55	23.54	110.01	0.94	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
38	7.60	137.40	25.51	111.89	0.94	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
39	7.80	141.28	27.47	113.81	0.94	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
40	8.00	145.15	29.43	115.72	0.94	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
41	8.20	149.01	31.39	117.62	0.93	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
42	8.40	152.86	33.35	119.51	0.93	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
43	8.60	156.74	35.32	121.43	0.93	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
44	8.80	160.63	37.28	123.35	0.93	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
45	9.00	164.50	39.24	125.26	0.92	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
46	9.20	168.36	41.20	127.16	0.92	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
47	9.40	172.24	43.16	129.07	0.92	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
48	9.60	176.15	45.13	131.02	0.91	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No

:: Cyclic Stress Ratio fully adjusted (CSR*) calculation data :: (continued)											
Point ID	Depth (m)	σ_v (kPa)	u_0 (kPa)	σ_v' (kPa)	r_d	CSR	MSF	CSR _{eq}	K_σ	CSR*	Belongs to transition layer
49	9.80	180.14	47.09	133.05	0.91	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
50	10.00	184.14	49.05	135.09	0.90	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
51	10.20	188.19	51.01	137.17	0.90	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
52	10.40	192.21	52.97	139.24	0.90	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
53	10.60	196.26	54.94	141.32	0.89	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
54	10.80	200.29	56.90	143.39	0.89	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
55	11.00	204.29	58.86	145.43	0.88	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
56	11.20	208.25	60.82	147.43	0.88	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
57	11.40	212.21	62.78	149.43	0.87	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
58	11.60	216.16	64.75	151.41	0.87	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
59	11.80	220.16	66.71	153.45	0.86	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
60	12.00	224.13	68.67	155.46	0.86	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
61	12.20	228.15	70.63	157.52	0.85	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
62	12.40	232.15	72.59	159.56	0.84	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
63	12.60	236.11	74.56	161.55	0.84	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
64	12.80	240.06	76.52	163.54	0.83	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
65	13.00	243.97	78.48	165.49	0.83	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
66	13.20	247.94	80.44	167.50	0.82	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
67	13.40	251.84	82.40	169.43	0.81	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
68	13.60	255.68	84.37	171.31	0.81	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
69	13.80	259.40	86.33	173.07	0.80	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
70	14.00	263.02	88.29	174.73	0.79	0.16	2.21	0.07	1.00	0.07	No
71	14.20	266.61	90.25	176.36	0.79	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
72	14.40	270.26	92.21	178.04	0.78	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
73	14.60	273.88	94.18	179.70	0.77	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
74	14.80	277.51	96.14	181.37	0.77	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
75	15.00	281.05	98.10	182.95	0.76	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
76	15.20	284.61	100.06	184.55	0.75	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
77	15.40	288.23	102.02	186.21	0.75	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
78	15.60	291.94	103.99	187.95	0.74	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
79	15.80	295.70	105.95	189.75	0.73	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
80	16.00	299.48	107.91	191.57	0.73	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
81	16.20	303.26	109.87	193.38	0.72	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
82	16.40	307.02	111.83	195.18	0.71	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
83	16.60	310.75	113.80	196.95	0.71	0.15	2.21	0.07	1.00	0.07	No
84	16.80	314.44	115.76	198.69	0.70	0.14	2.21	0.07	1.00	0.07	No
85	17.00	318.08	117.72	200.36	0.70	0.14	2.21	0.06	1.00	0.06	No
86	17.20	321.72	119.68	202.04	0.69	0.14	2.21	0.06	1.00	0.06	No
87	17.40	325.38	121.64	203.74	0.68	0.14	2.21	0.06	1.00	0.06	No
88	17.60	329.13	123.61	205.53	0.68	0.14	2.21	0.06	1.00	0.06	No
89	17.80	332.86	125.57	207.30	0.67	0.14	2.21	0.06	1.00	0.06	No
90	18.00	336.70	127.53	209.17	0.67	0.14	2.21	0.06	1.00	0.06	No
91	18.20	340.47	129.49	210.98	0.66	0.14	2.21	0.06	1.00	0.06	No
92	18.40	344.31	131.45	212.86	0.66	0.14	2.21	0.06	1.00	0.06	No
93	18.60	348.09	133.42	214.68	0.65	0.14	2.21	0.06	1.00	0.06	No
94	18.80	351.99	135.38	216.61	0.65	0.14	2.21	0.06	1.00	0.06	No
95	19.00	355.87	137.34	218.53	0.64	0.14	2.21	0.06	1.00	0.06	No
96	19.20	359.80	139.30	220.50	0.64	0.13	2.21	0.06	1.00	0.06	No

:: Cyclic Stress Ratio fully adjusted (CSR*) calculation data :: (continued)											
Point ID	Depth (m)	σ_v (kPa)	u_0 (kPa)	σ_v' (kPa)	r_d	CSR	MSF	CSR _{eq}	K_σ	CSR*	Belongs to transition layer
97	19.40	363.70	141.26	222.44	0.63	0.13	2.21	0.06	1.00	0.06	No
98	19.60	367.58	143.23	224.35	0.63	0.13	2.21	0.06	1.00	0.06	No
99	19.80	371.38	145.19	226.19	0.62	0.13	2.21	0.06	1.00	0.06	No
100	20.00	375.15	147.15	228.00	0.62	0.13	2.21	0.06	1.00	0.06	No

Abbreviations

Depth: Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
 σ_v : Total overburden pressure at test point (kPa)
 u_0 : Water pressure at test point (kPa)
 σ_v' : Effective overburden pressure based on GWT during earthquake (kPa)
 r_d : Nonlinear shear mass factor
CSR: Cyclic Stress Ratio
MSF: Magnitude Scaling Factor
CSR_{eq}: CSR adjusted for M=7.5
 K_σ : Effective overburden stress factor
CSR*: CSR fully adjusted

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) calculation data ::												
Point ID	Depth (m)	q _t (MPa)	I _c	Fr (%)	n	Q _m	K _c	Q _{m,cs}	CRR _{7.5}	Belongs to trans. layer	Clay-like behaviour	FS
1	0.20	5.60	1.79	1.91	0.53	317.66	1.10	348.20	4.00	No	No	2.00
2	0.40	2.80	2.22	4.14	0.70	169.74	1.71	290.00	4.00	No	No	2.00
3	0.60	2.80	2.42	6.69	0.78	149.90	2.40	359.59	4.00	No	No	2.00
4	0.80	3.07	2.43	6.26	0.78	131.87	2.42	319.70	4.00	No	No	2.00
5	1.00	3.73	2.41	5.98	0.78	133.18	2.34	312.14	4.00	No	No	2.00
6	1.20	3.20	2.30	3.36	0.74	93.68	1.95	182.80	4.00	No	No	2.00
7	1.40	2.40	2.34	2.63	0.75	64.12	2.07	132.52	4.00	No	No	2.00
8	1.60	1.40	2.51	2.60	0.82	36.70	2.83	103.67	4.00	No	No	2.00
9	1.80	1.13	2.72	4.24	0.90	29.47	4.17	122.87	4.00	No	Yes	2.00
10	2.00	0.87	2.89	5.34	0.97	21.72	5.59	121.37	4.00	No	Yes	2.00
11	2.20	0.87	2.89	4.84	0.97	19.87	5.59	111.09	4.00	No	Yes	2.00
12	2.40	1.53	2.60	2.84	0.86	30.23	3.33	100.56	4.00	No	No	2.00
13	2.60	1.60	2.61	2.88	0.87	29.62	3.39	100.39	4.00	No	Yes	2.00
14	2.80	1.60	2.68	3.44	0.90	28.29	3.82	108.19	4.00	No	Yes	2.00
15	3.00	1.60	2.67	3.15	0.90	26.58	3.79	100.80	4.00	No	Yes	2.00
16	3.20	1.73	2.68	3.30	0.90	27.28	3.83	104.36	4.00	No	Yes	2.00
17	3.40	1.70	2.70	3.26	0.91	25.40	3.96	100.71	4.00	No	Yes	2.00
18	3.60	1.27	2.82	3.33	0.96	18.09	4.92	89.07	4.00	No	Yes	2.00
19	3.80	1.20	2.80	2.74	0.95	16.21	4.81	77.96	4.00	No	Yes	2.00
20	4.00	1.13	2.75	1.85	0.93	14.45	4.36	62.96	4.00	No	Yes	2.00
21	4.20	1.43	2.73	2.28	0.93	17.67	4.19	74.05	4.00	No	Yes	2.00
22	4.40	1.33	2.79	2.47	0.95	15.76	4.67	73.62	4.00	No	Yes	2.00
23	4.60	1.33	2.87	3.20	0.98	15.18	5.37	81.53	4.00	No	Yes	2.00
24	4.80	1.53	2.81	2.90	0.96	16.80	4.83	81.14	4.00	No	Yes	2.00
25	5.00	2.30	2.78	4.22	0.95	24.61	4.62	113.60	4.00	No	Yes	2.00
26	5.20	3.73	2.48	2.56	0.84	39.36	2.69	105.77	0.19	No	No	2.00
27	5.40	4.60	2.35	1.98	0.79	47.72	2.11	100.57	0.17	No	No	2.00
28	5.60	5.40	2.12	1.01	0.70	55.11	1.49	81.96	0.13	No	No	2.00
29	5.80	5.27	2.16	1.12	0.72	53.04	1.57	83.20	0.13	No	No	2.00
30	6.00	5.40	2.22	1.42	0.74	53.70	1.71	91.75	0.15	No	No	2.00
31	6.20	4.80	2.20	1.13	0.74	46.98	1.67	78.68	0.13	No	No	1.99
32	6.40	4.87	2.18	1.02	0.73	47.04	1.62	75.98	0.12	No	No	1.90
33	6.60	4.20	2.23	0.98	0.75	39.92	1.74	69.29	0.11	No	No	1.72
34	6.80	3.80	2.37	1.45	0.80	35.46	2.18	77.20	0.12	No	No	1.88
35	7.00	4.20	2.38	1.74	0.81	38.75	2.24	86.89	0.14	No	No	2.00
36	7.20	4.67	2.38	1.95	0.81	42.58	2.24	95.31	0.16	No	No	2.00
37	7.40	6.20	2.27	1.83	0.77	56.37	1.86	104.60	0.19	No	No	2.00
38	7.60	7.67	2.15	1.54	0.73	69.39	1.56	108.04	0.20	No	No	2.00
39	7.80	9.33	2.05	1.36	0.69	84.08	1.38	115.73	0.22	No	No	2.00
40	8.00	8.67	2.09	1.41	0.71	76.87	1.44	111.05	0.21	No	No	2.00
41	8.20	6.80	2.27	1.94	0.78	58.65	1.87	109.48	0.20	No	No	2.00
42	8.40	5.73	2.39	2.31	0.82	48.22	2.26	109.13	0.20	No	No	2.00
43	8.60	7.20	2.27	1.95	0.77	60.61	1.84	111.62	0.21	No	No	2.00
44	8.80	8.60	2.15	1.58	0.73	72.41	1.54	111.83	0.21	No	No	2.00
45	9.00	9.53	2.04	1.23	0.69	80.19	1.36	108.94	0.20	No	No	2.00
46	9.20	8.67	2.12	1.41	0.72	71.47	1.49	106.42	0.19	No	No	2.00
47	9.40	8.00	2.20	1.65	0.75	64.62	1.66	106.96	0.19	No	No	2.00
48	9.60	8.13	2.23	1.85	0.76	64.72	1.74	112.42	0.21	No	No	2.00

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) calculation data :: (continued)												
Point ID	Depth (m)	q _t (MPa)	I _c	Fr (%)	n	Q _m	K _c	Q _{m,cs}	CRR _{7.5}	Belongs to trans. layer	Clay-like behaviour	FS
49	9.80	8.87	2.28	2.36	0.78	69.43	1.88	130.43	0.29	No	No	2.00
50	10.00	10.00	2.22	2.17	0.76	78.04	1.71	133.35	0.30	No	No	2.00
51	10.20	9.27	2.33	2.79	0.80	70.39	2.03	143.07	0.35	No	No	2.00
52	10.40	9.27	2.31	2.60	0.80	69.67	1.97	137.16	0.32	No	No	2.00
53	10.60	9.00	2.36	2.93	0.82	66.31	2.15	142.65	0.35	No	No	2.00
54	10.80	9.73	2.28	2.47	0.79	71.67	1.89	135.70	0.31	No	No	2.00
55	11.00	9.00	2.31	2.47	0.80	65.08	1.99	129.48	0.28	No	No	2.00
56	11.20	7.80	2.36	2.46	0.82	55.13	2.17	119.44	0.24	No	No	2.00
57	11.40	7.53	2.40	2.61	0.84	52.28	2.30	120.28	0.24	No	No	2.00
58	11.60	8.13	2.32	2.19	0.81	56.57	2.02	114.03	0.22	No	No	2.00
59	11.80	9.67	2.26	2.16	0.79	67.41	1.83	123.33	0.25	No	No	2.00
60	12.00	9.80	2.23	1.95	0.78	67.98	1.74	118.06	0.23	No	No	2.00
61	12.20	11.87	2.15	1.83	0.75	82.90	1.55	128.09	0.28	No	No	2.00
62	12.40	12.33	2.09	1.58	0.73	86.20	1.44	123.79	0.26	No	No	2.00
63	12.60	11.87	2.06	1.38	0.72	82.45	1.39	114.86	0.22	No	No	2.00
64	12.80	10.20	2.18	1.65	0.76	68.50	1.61	110.36	0.21	No	No	2.00
65	13.00	8.93	2.23	1.69	0.78	58.54	1.76	102.78	0.18	No	No	2.00
66	13.20	9.67	2.24	1.89	0.79	62.71	1.78	111.68	0.21	No	No	2.00
67	13.40	7.33	2.38	2.07	0.84	45.46	2.22	100.76	0.18	No	No	2.00
68	13.60	5.20	2.58	2.61	0.92	30.17	3.19	96.17	0.16	No	No	2.00
69	13.80	2.00	3.17	5.88	1.00	10.06	8.83	88.82	4.00	No	Yes	2.00
70	14.00	1.67	3.21	5.08	1.00	8.03	9.36	75.17	4.00	No	Yes	2.00
71	14.20	1.53	3.26	5.26	1.00	7.18	10.05	72.18	4.00	No	Yes	2.00
72	14.40	2.07	3.07	4.08	1.00	10.09	7.57	76.43	4.00	No	Yes	2.00
73	14.60	1.97	3.09	4.06	1.00	9.42	7.85	73.94	4.00	No	Yes	2.00
74	14.80	2.03	3.07	3.91	1.00	9.68	7.62	73.73	4.00	No	Yes	2.00
75	15.00	1.50	3.23	4.35	1.00	6.66	9.73	64.81	4.00	No	Yes	2.00
76	15.20	1.33	3.36	5.69	1.00	5.68	11.63	66.09	4.00	No	Yes	2.00
77	15.40	1.37	3.41	7.20	1.00	5.79	12.54	72.62	4.00	No	Yes	2.00
78	15.60	1.57	3.39	8.18	1.00	6.78	12.21	82.81	4.00	No	Yes	2.00
79	15.80	2.03	3.26	7.16	1.00	9.16	10.04	91.93	4.00	No	Yes	2.00
80	16.00	2.33	3.17	6.33	1.00	10.62	8.86	94.04	4.00	No	Yes	2.00
81	16.20	2.47	3.13	5.75	1.00	11.19	8.28	92.57	4.00	No	Yes	2.00
82	16.40	2.20	3.20	6.34	1.00	9.70	9.28	90.03	4.00	No	Yes	2.00
83	16.60	1.93	3.28	6.84	1.00	8.24	10.39	85.56	4.00	No	Yes	2.00
84	16.80	1.73	3.33	6.88	1.00	7.14	11.16	79.71	4.00	No	Yes	2.00
85	17.00	1.53	3.37	6.39	1.00	6.07	11.75	71.26	4.00	No	Yes	2.00
86	17.20	1.23	3.57	9.51	1.00	4.51	15.45	69.69	4.00	No	Yes	2.00
87	17.40	2.23	3.10	4.07	1.00	9.36	7.89	73.85	4.00	No	Yes	2.00
88	17.60	3.63	2.83	2.96	1.00	16.08	5.00	80.46	4.00	No	Yes	2.00
89	17.80	5.20	2.52	1.64	0.91	24.98	2.88	71.89	0.11	No	No	1.80
90	18.00	5.47	2.60	2.34	0.95	25.50	3.35	85.52	4.00	No	Yes	2.00
91	18.20	6.53	2.40	1.44	0.87	32.39	2.29	74.28	0.12	No	No	1.88
92	18.40	7.73	2.34	1.50	0.85	38.91	2.09	81.36	0.13	No	No	2.00
93	18.60	8.73	2.18	1.01	0.79	45.88	1.63	74.59	0.12	No	No	1.91
94	18.80	10.60	2.17	1.26	0.79	55.86	1.60	89.13	0.15	No	No	2.00
95	19.00	10.33	2.17	1.20	0.79	53.95	1.60	86.19	0.14	No	No	2.00
96	19.20	11.00	2.19	1.38	0.79	56.77	1.64	93.13	0.16	No	No	2.00

:: Cyclic Resistance Ratio (CRR) calculation data :: (continued)												
Point ID	Depth (m)	q _t (MPa)	I _c	Fr (%)	n	Q _m	K _c	Q _{m,cs}	CRR _{7.5}	Belongs to trans. layer	Clay-like behaviour	FS
97	19.40	7.33	2.48	2.10	0.91	33.75	2.67	90.13	0.15	No	No	2.00
98	19.60	5.33	2.72	3.04	1.00	22.14	4.17	92.26	4.00	No	Yes	2.00
99	19.80	2.67	3.16	5.81	1.00	10.15	8.75	88.76	4.00	No	Yes	2.00
100	20.00	2.40	3.21	5.93	1.00	8.88	9.45	83.88	4.00	No	Yes	2.00

Abbreviations
Depth: Depth from free surface, at which CPT was performed (m)
q_t: Total cone resistance
I_c: Soil behavior type index
Fr: Normalized friction ratio (%)
n: Stress exponent
Q_m: Normalized cone resistance
K_c: Cone resistance correction factor due to fines
Q_{m,cs}: Normalized and adjusted cone resistance
CRR_{7.5}: Cyclic resistance ratio for M_w=7.5
FS: Factor of safety against soil liquefaction

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::												
Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	
0.20	2.00	0.00	9.90	0.20	0.00	0.40	2.00	0.00	9.80	0.20	0.00	
0.60	2.00	0.00	9.70	0.20	0.00	0.80	2.00	0.00	9.60	0.20	0.00	
1.00	2.00	0.00	9.50	0.20	0.00	1.20	2.00	0.00	9.40	0.20	0.00	
1.40	2.00	0.00	9.30	0.20	0.00	1.60	2.00	0.00	9.20	0.20	0.00	
1.80	2.00	0.00	9.10	0.20	0.00	2.00	2.00	0.00	9.00	0.20	0.00	
2.20	2.00	0.00	8.90	0.20	0.00	2.40	2.00	0.00	8.80	0.20	0.00	
2.60	2.00	0.00	8.70	0.20	0.00	2.80	2.00	0.00	8.60	0.20	0.00	
3.00	2.00	0.00	8.50	0.20	0.00	3.20	2.00	0.00	8.40	0.20	0.00	
3.40	2.00	0.00	8.30	0.20	0.00	3.60	2.00	0.00	8.20	0.20	0.00	
3.80	2.00	0.00	8.10	0.20	0.00	4.00	2.00	0.00	8.00	0.20	0.00	
4.20	2.00	0.00	7.90	0.20	0.00	4.40	2.00	0.00	7.80	0.20	0.00	
4.60	2.00	0.00	7.70	0.20	0.00	4.80	2.00	0.00	7.60	0.20	0.00	
5.00	2.00	0.00	7.50	0.20	0.00	5.20	2.00	0.00	7.40	0.20	0.00	
5.40	2.00	0.00	7.30	0.20	0.00	5.60	2.00	0.00	7.20	0.20	0.00	
5.80	2.00	0.00	7.10	0.20	0.00	6.00	2.00	0.00	7.00	0.20	0.00	
6.20	1.99	0.00	6.90	0.20	0.00	6.40	1.90	0.00	6.80	0.20	0.00	
6.60	1.72	0.00	6.70	0.20	0.00	6.80	1.88	0.00	6.60	0.20	0.00	
7.00	2.00	0.00	6.50	0.20	0.00	7.20	2.00	0.00	6.40	0.20	0.00	
7.40	2.00	0.00	6.30	0.20	0.00	7.60	2.00	0.00	6.20	0.20	0.00	
7.80	2.00	0.00	6.10	0.20	0.00	8.00	2.00	0.00	6.00	0.20	0.00	
8.20	2.00	0.00	5.90	0.20	0.00	8.40	2.00	0.00	5.80	0.20	0.00	
8.60	2.00	0.00	5.70	0.20	0.00	8.80	2.00	0.00	5.60	0.20	0.00	
9.00	2.00	0.00	5.50	0.20	0.00	9.20	2.00	0.00	5.40	0.20	0.00	
9.40	2.00	0.00	5.30	0.20	0.00	9.60	2.00	0.00	5.20	0.20	0.00	
9.80	2.00	0.00	5.10	0.20	0.00	10.00	2.00	0.00	5.00	0.20	0.00	
10.20	2.00	0.00	4.90	0.20	0.00	10.40	2.00	0.00	4.80	0.20	0.00	
10.60	2.00	0.00	4.70	0.20	0.00	10.80	2.00	0.00	4.60	0.20	0.00	
11.00	2.00	0.00	4.50	0.20	0.00	11.20	2.00	0.00	4.40	0.20	0.00	
11.40	2.00	0.00	4.30	0.20	0.00	11.60	2.00	0.00	4.20	0.20	0.00	
11.80	2.00	0.00	4.10	0.20	0.00	12.00	2.00	0.00	4.00	0.20	0.00	
12.20	2.00	0.00	3.90	0.20	0.00	12.40	2.00	0.00	3.80	0.20	0.00	
12.60	2.00	0.00	3.70	0.20	0.00	12.80	2.00	0.00	3.60	0.20	0.00	
13.00	2.00	0.00	3.50	0.20	0.00	13.20	2.00	0.00	3.40	0.20	0.00	
13.40	2.00	0.00	3.30	0.20	0.00	13.60	2.00	0.00	3.20	0.20	0.00	
13.80	2.00	0.00	3.10	0.20	0.00	14.00	2.00	0.00	3.00	0.20	0.00	
14.20	2.00	0.00	2.90	0.20	0.00	14.40	2.00	0.00	2.80	0.20	0.00	
14.60	2.00	0.00	2.70	0.20	0.00	14.80	2.00	0.00	2.60	0.20	0.00	
15.00	2.00	0.00	2.50	0.20	0.00	15.20	2.00	0.00	2.40	0.20	0.00	
15.40	2.00	0.00	2.30	0.20	0.00	15.60	2.00	0.00	2.20	0.20	0.00	
15.80	2.00	0.00	2.10	0.20	0.00	16.00	2.00	0.00	2.00	0.20	0.00	
16.20	2.00	0.00	1.90	0.20	0.00	16.40	2.00	0.00	1.80	0.20	0.00	
16.60	2.00	0.00	1.70	0.20	0.00	16.80	2.00	0.00	1.60	0.20	0.00	
17.00	2.00	0.00	1.50	0.20	0.00	17.20	2.00	0.00	1.40	0.20	0.00	
17.40	2.00	0.00	1.30	0.20	0.00	17.60	2.00	0.00	1.20	0.20	0.00	
17.80	1.80	0.00	1.10	0.20	0.00	18.00	2.00	0.00	1.00	0.20	0.00	
18.20	1.88	0.00	0.90	0.20	0.00	18.40	2.00	0.00	0.80	0.20	0.00	
18.60	1.91	0.00	0.70	0.20	0.00	18.80	2.00	0.00	0.60	0.20	0.00	
19.00	2.00	0.00	0.50	0.20	0.00	19.20	2.00	0.00	0.40	0.20	0.00	

:: Liquefaction Potential Index calculation data :: (continued)

Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI	Depth (m)	FS	F _L	w _z	d _z	LPI
19.40	2.00	0.00	0.30	0.20	0.00	19.60	2.00	0.00	0.20	0.20	0.00
19.80	2.00	0.00	0.10	0.20	0.00	20.00	2.00	0.00	0.00	0.20	0.00

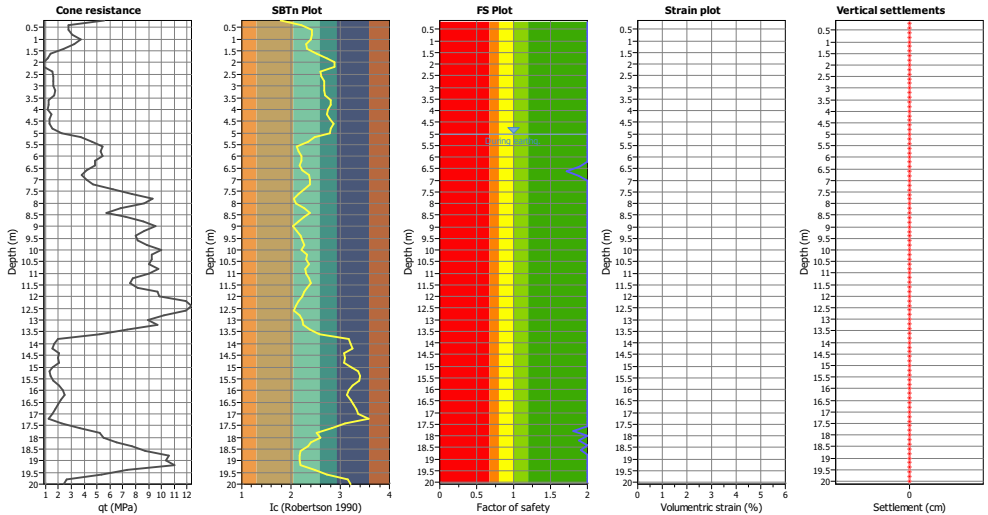
Overall liquefaction potential: 0.00

LPI = 0.00 - Liquefaction risk very low
LPI between 0.00 and 5.00 - Liquefaction risk low
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

Abbreviations

FS: Calculated factor of safety for test point
F_L: 1 - FS
w_z: Function value of the extend of soil liquefaction according to depth
d_z: Layer thickness (m)
LPI: Liquefaction potential index value for test point

Estimation of post-earthquake settlements



Abbreviations

q_c: Total cone resistance (cone resistance q_c corrected for pore water effects)
I_c: Soil Behaviour Type Index
FS: Calculated Factor of Safety against liquefaction
Volumetric strain: Post-liquefaction volumetric strain

:: Post-earthquake settlement due to soil liquefaction ::									
Depth (m)	Q _{tn,cs}	FS	e _v (%)	Settlement (cm)	Depth (m)	Q _{tn,cs}	FS	e _v (%)	Settlement (cm)
5.00	113.60	2.00	0.00	0.00	5.20	105.77	2.00	0.00	0.00
5.40	100.57	2.00	0.00	0.00	5.60	81.96	2.00	0.00	0.00
5.80	83.20	2.00	0.00	0.00	6.00	91.75	2.00	0.00	0.00
6.20	78.68	1.99	0.00	0.00	6.40	75.98	1.90	0.00	0.00
6.60	69.29	1.72	0.00	0.00	6.80	77.20	1.88	0.00	0.00
7.00	86.89	2.00	0.00	0.00	7.20	95.31	2.00	0.00	0.00
7.40	104.60	2.00	0.00	0.00	7.60	108.04	2.00	0.00	0.00
7.80	115.73	2.00	0.00	0.00	8.00	111.05	2.00	0.00	0.00
8.20	109.48	2.00	0.00	0.00	8.40	109.13	2.00	0.00	0.00
8.60	111.62	2.00	0.00	0.00	8.80	111.83	2.00	0.00	0.00
9.00	108.94	2.00	0.00	0.00	9.20	106.42	2.00	0.00	0.00
9.40	106.96	2.00	0.00	0.00	9.60	112.42	2.00	0.00	0.00
9.80	130.43	2.00	0.00	0.00	10.00	133.35	2.00	0.00	0.00
10.20	143.07	2.00	0.00	0.00	10.40	137.16	2.00	0.00	0.00
10.60	142.65	2.00	0.00	0.00	10.80	135.70	2.00	0.00	0.00
11.00	129.48	2.00	0.00	0.00	11.20	119.44	2.00	0.00	0.00
11.40	120.28	2.00	0.00	0.00	11.60	114.03	2.00	0.00	0.00
11.80	123.33	2.00	0.00	0.00	12.00	118.06	2.00	0.00	0.00
12.20	128.09	2.00	0.00	0.00	12.40	123.79	2.00	0.00	0.00
12.60	114.86	2.00	0.00	0.00	12.80	110.36	2.00	0.00	0.00
13.00	102.78	2.00	0.00	0.00	13.20	111.68	2.00	0.00	0.00
13.40	100.76	2.00	0.00	0.00	13.60	96.17	2.00	0.00	0.00
13.80	88.82	2.00	0.00	0.00	14.00	75.17	2.00	0.00	0.00
14.20	72.18	2.00	0.00	0.00	14.40	76.43	2.00	0.00	0.00
14.60	73.94	2.00	0.00	0.00	14.80	73.73	2.00	0.00	0.00
15.00	64.81	2.00	0.00	0.00	15.20	66.09	2.00	0.00	0.00
15.40	72.62	2.00	0.00	0.00	15.60	82.81	2.00	0.00	0.00
15.80	91.93	2.00	0.00	0.00	16.00	94.04	2.00	0.00	0.00
16.20	92.57	2.00	0.00	0.00	16.40	90.03	2.00	0.00	0.00
16.60	85.56	2.00	0.00	0.00	16.80	79.71	2.00	0.00	0.00
17.00	71.26	2.00	0.00	0.00	17.20	69.69	2.00	0.00	0.00
17.40	73.85	2.00	0.00	0.00	17.60	80.46	2.00	0.00	0.00
17.80	71.89	1.80	0.00	0.00	18.00	85.52	2.00	0.00	0.00
18.20	74.28	1.88	0.00	0.00	18.40	81.36	2.00	0.00	0.00
18.60	74.59	1.91	0.00	0.00	18.80	89.13	2.00	0.00	0.00
19.00	86.19	2.00	0.00	0.00	19.20	93.13	2.00	0.00	0.00
19.40	90.13	2.00	0.00	0.00	19.60	92.26	2.00	0.00	0.00
19.80	88.76	2.00	0.00	0.00	20.00	83.88	2.00	0.00	0.00
Total estimated settlement: 0.00									

Abbreviations

Q_{tn,cs}: Equivalent clean sand normalized cone resistance
FS: Factor of safety against liquefaction
e_v (%): Post-liquefaction volumetric strain
Settlement: Calculated settlement