

Comune di
ARGELATO



POC

2014 - 2019

PIANO OPERATIVO COMUNALE

*Relazione geologica e sismica
schede ambiti*

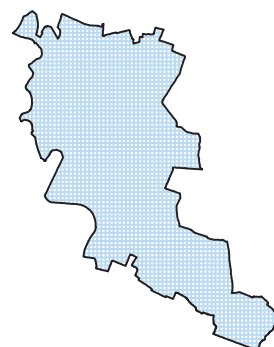
Sindaco
Andrea Tolomelli

Segretario comunale
Dott. Fausto Mazza

Responsabile Ufficio Pianificazione Territoriale
Arch. Piero Vignali

Per il Comune di Argelato
Responsabile III settore programmazione
e gestione del territorio
Arch. Giovanni Panzieri

adozione delib. C.C n. 34 del 09.04.2014
approvazione delib. C.C n. del



AMBITO 11.1

Studio Geotecnico Chili Giuliano

Via Bruno Bottau n° 4 – 40055 Castenaso (BO)

p.i. 01625471204 - c.f. CHL GLN 59R28 A944U

Provincia di Bologna

Comune di Argelato

RELAZIONE GEOLOGICA



Progetto: per l'inserimento dell'Ambito 11 nel POC del Comune di Argelato. (Bo)

Proprietà: Giacobazzi Costruzioni Spa

Data: 05/08/2013



Relazione n. 042/13

1.0 Premessa

1.1 Premessa

Nell'ambito della progettazione per l'inserimento nel POC del Comune di Argelato dell'area contraddistinta come Ambito 11 sita in Località Funo tra le vie Nuova e la SP3 – Trasversale di Pianura, il Committente Giacobazzi Costruzioni Spa mi ha affidato la redazione della presente Relazione Geologica nella quale verranno definiti:

- l'inquadramento geologico generale dell'area;
- i livelli litologici presenti nel sito e la loro variazione spaziale;
- le caratteristiche geomorfologiche dell'area evidenziando eventuali vincoli presenti nell'area in esame;
- le caratteristiche idrogeologiche dell'area;
- la microzonazione sismica, la valutazione del rischio sismico, la risposta dei terreni della successione al sisma atteso per l'area in esame ed il comportamento dei terreni nei riguardi del fenomeno della liquefazione.
- La valutazione sulla fattibilità dell'intervento.

Gli scopi precedentemente elencati sono stati perseguiti mediante la realizzazione di n°5 prove penetrometriche statiche, spinte a profondità comprese tra i 15,00 m ed i 20,00 m; la esecuzione di uno stendi mento geofisico tipo ReMI per la valutazione della velocità media delle onde sismiche di taglio (onde S) nei primi 30 m di spessore; l'esecuzione di n°1 tomografia per la determinazione della frequenza tipica del terreno nell'area in esame e la realizzazione di n° 3 prove di permeabilità nei terreni superficiali per definire la possibilità di realizzare parte del compenso idraulico mediante sub irrigazione delle acque meteoriche nel terreno.

Il presente elaborato verrà redatto secondo quanto prescritto dalla normativa vigente, di cui si riportano gli estremi:

- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 e successive modificazioni.**
- **Nuove Norme Tecniche per le costruzioni, D.M. n°30 del 14/01/ 2008.**
- **Circolare applicativa NTC08 n. 617 C.S.LL.PP. del 2 febbraio 2009.**
- **Decreto Giunta Regionale Emilia Romagna n. 567 del 7/04/2003.**
- **Atto d'Indirizzo Tecnico dell'Assemblea Legislativa RER, Progr. N. 112, oggetto n. 2131 del 2/05/2007.**
- **L.R. n. 19 del 30/10/2008.**
- **PTCP Provincia di Bologna adottato con delibera c.d. n. 3 del 11/02/2003.**
- **PSC Associazione Reno Galliera – Provincia di Bologna**
- **Norme AGI 1977 – Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.**
- **Norme AGI 2005 – Aspetti Geotecnici della progettazione in zona sismica.**

Il lavoro è stato completato dall'esame di dati pubblicati (sia su supporto cartaceo che informatico) quali:

Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 – Foglio 221 Bologna Est

Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna scala 1:250.000 – Boccaletti, Martelli e alii 2004

Carta Strutturale dell'Emilia Romagna scala 1:250.000 – Feroni et. alii 2002

Carta Geologica di Pianura dell'Emilia Romagna scala 1:250.000 – Preti et. alii 1999
Carta del Territorio di Pianura del Comune di Bologna scala 1:25.000 Bergonzoni e Elmi 2003
Risorse Idriche sotterranee della RER – Di Dio 1998
Carta Geomorfologica della Pianura Padana scala 1:250.000 – Castiglioni et. alii 1997

Prove e rilievi effettuati dallo Scrivente in zone limitrofe a quella oggetto di studio hanno completato lo studio del sito.

2.0 Modalità di prova

2.1. Prova penetrometrica statica (CPT) Norma ATSM (D.3441 – 79) aggiornata (D3441 – 86)

La prova Penetrometrica Statica (CPT) è conosciuta e usata in tutto il mondo essendo da tempo codificata in maniera univoca.

Essa consiste nell'infingere una punta conica di dimensioni standard (area del cono 10 cm^2 ed angolo al vertice di 60°) nel terreno per mezzo di un martinetto idraulico misurando lo sforzo necessario; di seguito si infinge un manicotto avente dimensioni pure standardizzate (area laterale 150 cm^2), anche in questo caso si misura lo sforzo necessario all'avanzamento.

I valori ottenuti opportunamente elaborati tramite programmi automatici di calcolo vengono poi diagrammati fornendo il grafico della resistenza alla punta (R_p) e il grafico del rapporto tra la resistenza alla punta (R_p) e la resistenza laterale (R_l); tale rapporto conosciuto in letteratura come rapporto di Begemann dà indicazioni sulla natura dei terreni offrendo la possibilità di riconoscere i coesivi dagli incoerenti e, tra i primi quelli a maggiore o minore contenuto in argilla.

Per l'acquisizione dei dati è stata utilizzata una macchina di marca Deepdrill tipo KN 20 con cella tipo Gouda a lettura analogica e costante di cella $K = 20$.

Di seguito si riporta la legenda relativa all'elaborazione di R_p ed R_l partendo dai dati di campagna

PENETROMETRO STATICO tipo:			
Caratteristiche:			
- punta conica meccanica	$\varnothing 35.7 \text{ mm}$	angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$	(area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann'	$\varnothing 35.7 \text{ mm}$	h 133 mm	- sup. lat. Am. = 150 cm^2
- velocità di avanzamento costante	$V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)		
- spinta max nominale dello strumento	S_{max} variabile a seconda del tipo		
- costante di trasformazione (lett. $\Rightarrow$ spinta)	$C_t = \text{spinta (Kg)} / \text{LETTURA al manometro}$		
fase 1 - resistenza alla punta	q_c (Kg / cm^2)	=	$L_1 \times C_t / 10$
fase 2 - resistenza laterale locale	f_s (Kg / cm^2)	=	$(L_2 - L_1) \times C_t / 150$
fase 3 - resistenza totale	R_t (Kg)	=	$(L_t) \times C_t$
	q_c / f_s	=	rapporto Begemann
- L1. punta	=	lettura di campagna durante l' infissione della sola punta	(fase 1)
- L2. totale	=	lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto	(fase 2)
- Lt. aste	=	lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne	(fase 3)
N.B. : la spinta S (Kg), corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione C_t .			
N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale f_s viene computata 20 cm sopra la punta .			

Tabella 2.1 caratteristiche dell'attrezzatura di prova e modalità di elaborazione per ricavare R_p ed R_l

2.2 Indagine geofisica: Sismica – Re.MI

Per la caratterizzazione sismica del sottosuolo, in ottemperanza al D.M. 14.01.2008 è stata eseguita una prospezione geofisica con onde superficiali nota in letteratura come Re.Mi. (Refraction Microtremor, Louie, 2001). La caratterizzazione sismica del sottosuolo in termini di velocità delle onde di taglio “S” è stata effettuata fino alla profondità di 35 m dal piano campagna (p.c.), e ne ha determinato la categoria di sottosuolo corrispondente ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 (NTC 2008) mediante il calcolo del parametro VS30.

La tecnica geofisica adottata per questa indagine prevede acquisizioni passive del rumore sismico ambientale (microtremore). Attraverso l’analisi del contenuto di onde superficiali (in questo caso Onde di Rayleigh dette Onde R), che costituiscono un particolare tipo di onde dal comportamento dispersivo in un mezzo stratificato come il sottosuolo, è possibile ricavare indirettamente la velocità delle onde di taglio (VS) secondo l’equazione:

$$V_R = \left(\frac{0.862 + 1.14\nu}{1 + \nu} \right) \times V_S \quad \nu: \text{rapporto di Poisson}$$

Ovvero semplificando:

$$V_R \cong 0.92 V_S$$

La fase di elaborazione analizza il contenuto in frequenza delle onde registrate per la discriminazione dei diversi modi di vibrazione delle onde di Rayleigh (onde R) nella banda d’interesse, tipicamente compresa fra 4 e 40 Hz. Il riconoscimento del modo fondamentale delle onde R permette di definire la curva di dispersione (Velocità di fase-Frequenza) caratteristica del sottosuolo investigato.

Per l’indagine Re.Mi. sono state acquisite ripetute registrazioni del microtremore sismico come sorgente di onde superficiali. I dati sono stati campionati per mezzo di un sismografo a 24 canali “Seistronix Abem Ras-24” (con convertitore A/D a 24 bit), attraverso l’impiego di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati in linea mediante cavi sismici, ad interdistanza (Δx) pari a 3,0 metri.

2.3 Prove geofisiche: Sismica – Tromografo digitale

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) rappresenta uno dei metodi utilizzati per estrarre informazioni relative al sottosuolo a partire dagli spettri del rumore sismico registrati in un sito. Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto piccole (10-15 [m/s²]² in termini di accelerazione), molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo vicino.

La tecnica prevede il rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale ed è ormai consolidata come strumento di stima affidabile delle principali frequenze di risonanza del sottosuolo, informazione di notevole importanza per l'ingegneria sismica. Riconosciuta questa capacità, ove sia nota una stima della stratigrafia locale, dalle frequenze di risonanza è possibile ricavare un modello di sottosuolo monodimensionale discreto caratterizzato da strati a diversa impedenza sismica (V_s , ρ), mediante un approccio numerico di modellazione della curva HVSR (fitting della curva H/V sintetica).

Se consideriamo un sistema stratificato semplice a due strati 1D in cui gli strati si distinguono per diverse densità e velocità delle onde sismiche, si ha condizione di risonanza quando la lunghezza dell'onda incidente che viaggia nel mezzo con V_{s1} e ρ_1 , è pari a 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h dello strato (o insieme di strati omogenei).

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) relativa alle onde "S" è descritta dall'equazione:

$$f_r = V_s / (4 h)$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Nonostante il microtremore sia costituito in gran parte da onde superficiali (in particolare da onde di Rayleigh), ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime.

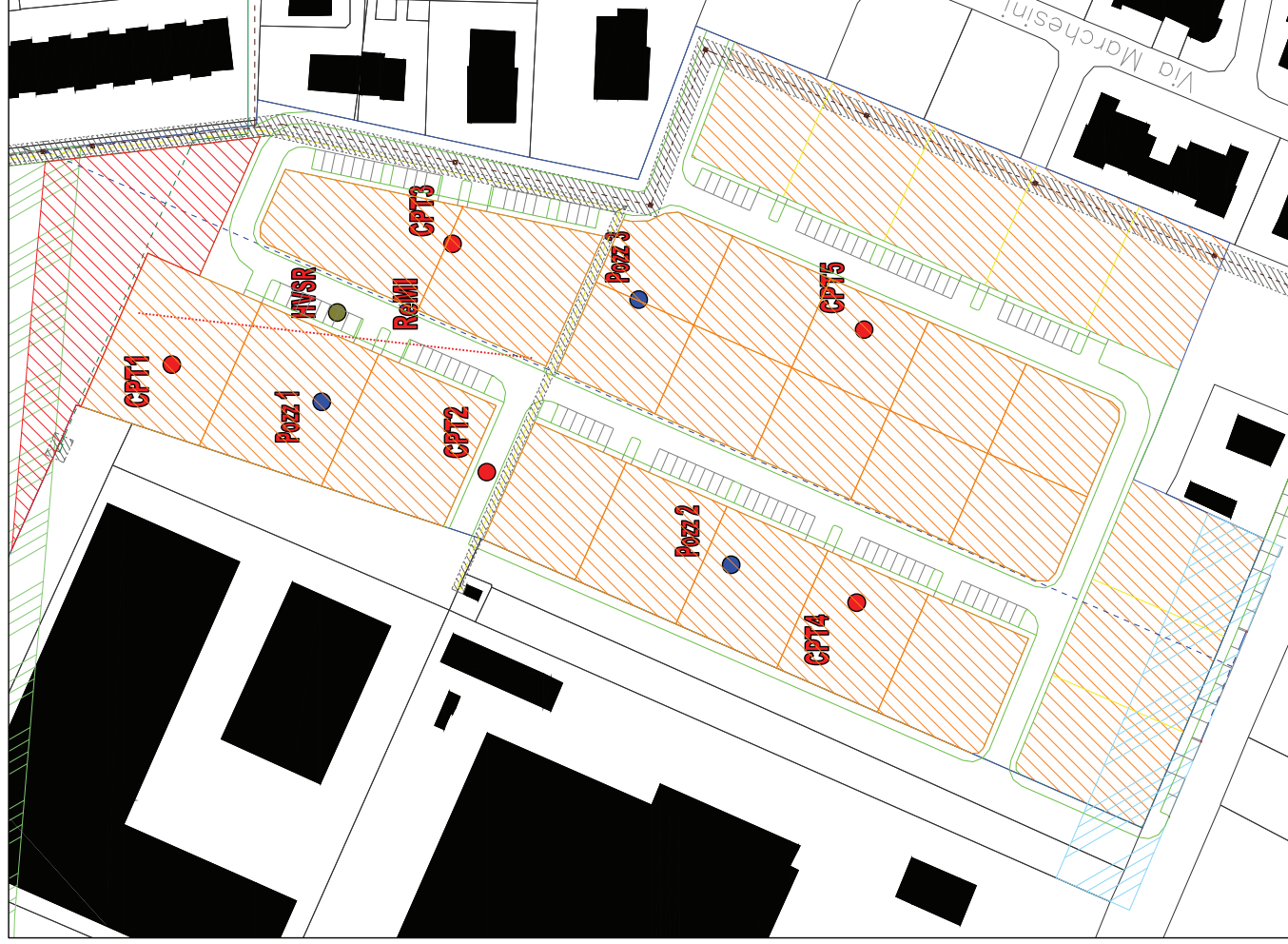
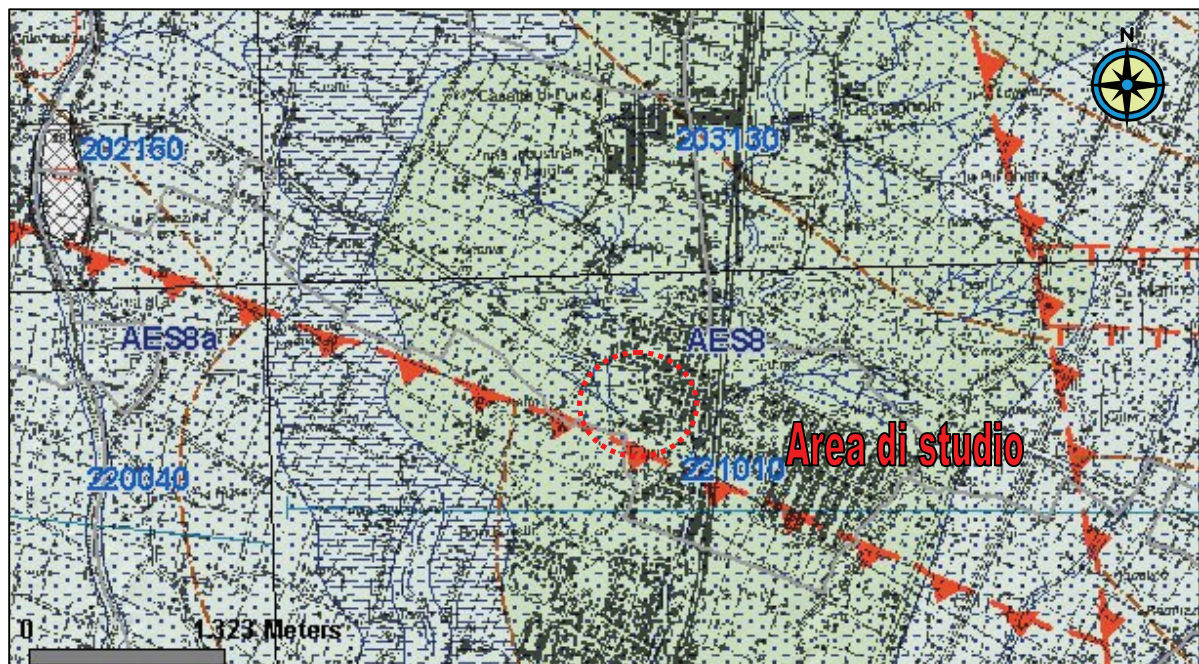


Fig. 3.2 – Ubicazione delle Prove statiche
delle Indagini geofisiche e dei pozzetti per
prove di permeabilità (K)
Estratto
della planimetria catastale scala 1:1.000

4.0 Inquadramento stratigrafico e litologico

I terreni presenti nell'area oggetto di studio sono di origine sedimentaria “recente” di genesi legata con ogni probabilità alla dinamica deposizionale del fiume Reno.

Analizzando la Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000 (di cui un estratto ingrandito alla scala 1:10.000 si riporta in Fig. 4.1) si deduce che i terreni più superficiali appartengono al Supersistema Emiliano Romagnolo Superiore (AES 0,45 Ma – attuale); esso comprende tutti i sedimenti Quaternari (Olocenici) depositatisi in ambiente continentale; questi terreni rappresentano il termine finale della successione che costituisce il riempimento dell'avanfossa formatasi in seguito all'ultima fase parossistica (Pliocene Superiore) nell'orogenesi della Catena Appenninica.



Legenda

AES8 *Subsistema di Ravenna*

Elemento sommatiale di AES. Ghiaie, sabbie limi ed argille di terrazzo alluvionale, conoide alluvionale e piana alluvionale. Limite superiore coincidente con il piano topografico.

PLEISTOCENE SUPERIORE – OLOCENE

AES8a *Unità di Modena*

Porzione sommitale di AES8 è costituita da una unità a limiti non conformi di rango gerarchico inferiore:

Essa affiora con continuità dalla piana intravalliva fino alla pianura alluvionale

ATTUALE

Figura 4.1 – Estratto dalla “Carta Geologica d'Italia” – Foglio 221 Bologna a cura della Regione Emilia Romagna- in scala 1:50.000 ingrandita alla scala 1:2000 (Fonte sito RER)

In particolare i terreni affioranti nell'area oggetto d'intervento, appartengono al Subsistema di Ravenna che è sviluppato dall'ambito intramontano fino ad alcune porzioni della bassa Pianura. Tale sub sistema si sviluppa a partire da circa 16.000 anni fa in corrispondenza con la fase di alluvionamento seguente un periodo glaciale (nel nostro caso la glaciazione Wurmiana). Le litologie che formano AES 8 sono costituite, nella parte di Pianura in cui ci troviamo, essenzialmente da

argilla di intercanale fino a sabbia da media a grossolana tipica di quelle porzioni interessate da corrente trattiva ed energia significativa; tra gli elementi granulometrici estremi si trova tutta la serie di terreni misti a partire da argille limose fino a limi sabbiosi. In alcuni tratti si possono sviluppare anche terreni in cui prevale la componente organica sono questi paleo suoli oppure zone in ambiente fluviale s.s in cui si aveva no difficoltà nel fluire delle acque (morte).

I sedimenti si AES 8 nel nostro caso appartengono ad un antico alveo del fiume Reno (Reno 2) e sono giustapposti ed eteropici con quelli dell'Unità di Modena (AES8a) che è il termine più recente, sviluppatosi tra il IV^o ed il VI^o sec d.C, del Subsistema di Ravenna e che trae origine dal corso di Reno 3 (quello attuale). La migrazione di Reno verso occidente è stato dimostrato che segue quella di Panaro (del quale Reno occupa un tratto dell'alveo 1) e quella di Secchia verso occidente in seguito ad un'area interessata da subsidenza molto più elevata situata subito a Nord dell'attuale abitato di Modena.

Nel sottosuolo della pianura AES8 uno spessore massimo di 28,00 m, del settore bolognese; la base di questo Membro del SERS è localizzata all'interno di depositi alluvionali per questo si ritiene convenzionalmente che il letto del Subsistema sia posto subito al di sopra del primo strato ghiaioso profondo; di più facile riconoscimento è il passaggio da AES8 ad AES7 (Unità di Vignola) nelle zone costiere.

Per quanto riguarda la situazione geologica locale, i dati bibliografici evidenziano (Figura 4.2) come l'area di studio, in prossimità dell'abitato di Fano sia caratterizzata da depositi di argine distale con limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalati in strati di spessore decimetrico. Tali formazioni sono delimitate e interdigitate da depositi di canale e di argine prossimale, formati prevalentemente da sabbie medie e fini organizzate in lenti dallo spessore decimetrico passanti lateralmente e intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi. I depositi delle unità pedostratigrafiche si trovano ai primi stadi di alterazione con un fronte di alterazione < 1 mt (50-100 cm).

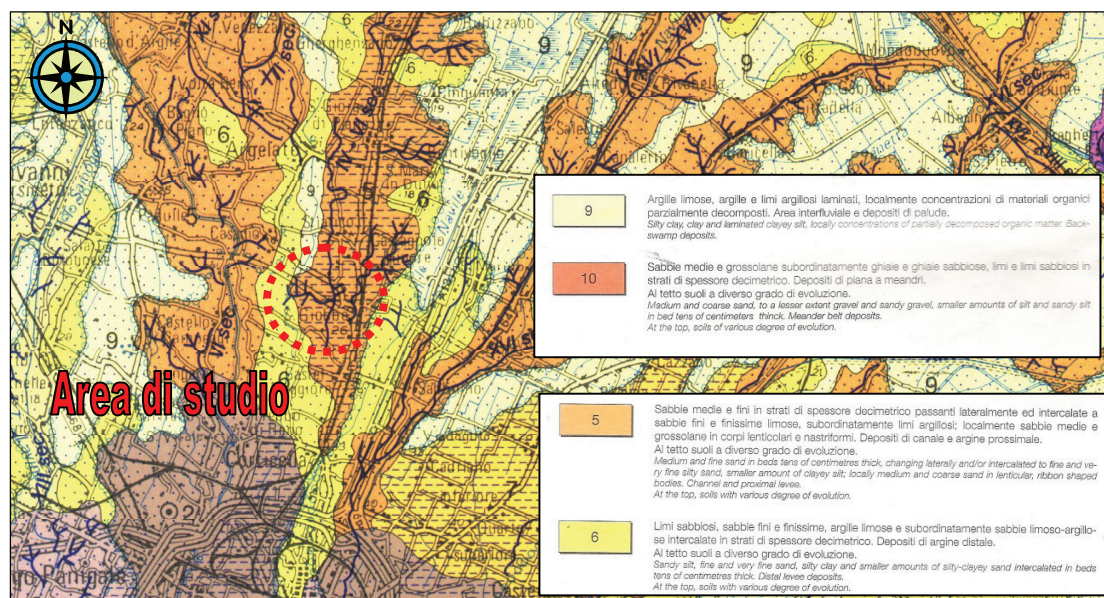


Figura 4.2. Stralcio carta geologica di pianura dell'Emilia Romagna - scala 1:250.000 (Preti et alii 1999)

I dati relativi alla successione indagata sono stati restituiti ed elaborati mediante un programma di

elaborazione elettronica (Win – CPT) che, utilizzando il rapporto di Begemann, ha consentito di interpretare le litologie incontrate lungo la verticale della prova CPT.

Le verticali di indagine sono state così suddivise secondo un criterio litologico; all'interno della stessa litologia, mediante il confronto dei parametri meccanici più significativi, sono poi stati suddivisi altri livelli (vedi tabelle 4.1 – 4.5). Al termine del lavoro di elaborazione si è tentata la correlazione tra le verticali di indagine al fine di verificare la continuità o meno dei livelli individuati in ogni prova; i risultati, costituiti da due sezioni stratigrafiche con interpretazione della distribuzione dei livelli nel sottosuolo è oggetto dell'allegato 2.

Dall'esame di questi elaborati si possono formulare le seguenti osservazioni:

- Dalla ricostruzione delle successioni con il metodo dei log stratigrafici si è potuto interpretare anche l'evoluzione dell'ambiente di sedimentazione all'interno di ogni verticale di indagine. La correlazione dei diversi strati di ambiente omologo (anche se leggermente differenti per composizione litologica, permette di individuare almeno tre cicli di sedimentazione fluviale s.s (considerando in tale ambiente le facies di canale franco e di argine prossimale). I primi 2 si sviluppano nei primi 3 metri di successione con la frapposizione tra loro di uno strato argilloso continuo con spessori variabili da 0,40 m a 1,5 m. Un terzo ciclo francamente fluviale si presenta a partire dai -5,0 m circa dal p.c. con una potenza di 2,0 m. Al di sotto dei 7,0 m si rinviene altro sedimento di facies fluviale disposto in maniera abbastanza continua attorno alla quota di -15,0 m; questo ciclo è presente solamente nelle prove 1, 2 e 4 (vedi Allegato 2 – Sez. 1).
- La Sezione 1 differisce dalla Sezione 2 anche per quello che riguarda la percentuale di limo rispetto all'argilla nei terreni a comportamento coerente (da argilla a limo argilloso); si riscontra infatti che nella Sezione 2 soprattutto per quello che concerne la prova n°5 si ha una grande prevalenza di limo argilloso rispetto ai sedimenti argillosi franchi, fatto che non trova conferma nelle altre prove; questa pare essere un'area in cui nel tempo è prevalso l'ambiente di argine distale (con qualche episodio di rotta d'argine).
- Nella successione sono presenti livelli di sedimenti argillosi teneri ma mai con una percentuale di materiale organico prevalente su quello terrigeno. Lo strato più continuo pare essere quello posto all'interno del ciclo fluviale n° 2 (partendo dall'alto) sviluppato soprattutto nella CPT 4 e nella CPT 5, esso si ritrova anche nella prova n°3 ma con spessori decisamente più elevati. Lo strato tenero pare essere sempre posto alla base di un ciclo di terreni fluviali s.s. A questo punto si possono giustificare le differenze di spessore con la maggiore o minore azione erosiva da parte dell'elemento canalizzato.
- Livelli teneri si ritrovano anche nei sedimenti limoso argillosi ma in questo caso la distribuzione areale, pur essendo di notevole costanza per quello che riguarda la composizione litologica degli strati in cui sono presenti, non corrisponde a questa come sviluppo delle caratteristiche meccaniche.
- La CPT 3 è stata eseguita in un'area nella quale si ritiene potesse essere presente un antico vaso utilizzato per la lavorazione della canapa (macero). Che questo vaso esistesse è provato da riscontri cartografici (vedi CTR di fig. 3.1 e successive figure del par 5.0) ma evidentemente occupava un areale diverso da quello indicato allo Scrivente in quanto le

evidenze e le interpretazioni delle litologie trovano un buon riscontro con le prove adiacenti (CPT 5 e CPT 2).



Di seguito si fornisce la stratigrafia di dettaglio; le letture di campagna, il grafico della prova e valutazioni litologiche sono oggetto dell'allegato 1.

Prova CPT 1		Committente: Impresa Giacobazzi Costruzioni spa				
data 16/07/2013		Località: Ambito 11 - Via Nuova - Funo di Argelato				
da	a	Interpretazione litologica	Rp	Rp/Rl	Dr	
m	m		kg/cm ²	kg/cm ²	%	
0,00	0,60	Riporto sabbioso	57,5	41,0	100	
0,60	1,00	Argilla deb. limosa dura	33,5	22,0		
1,00	2,00	Argilla mediamente consistente	13,4	18,4		
2,00	2,80	Sabbia fine limosa poco densa	16,0	44,5	31	
2,80	3,40	Sabbia fine e media sciolta	7,3	54,0	1	
3,40	4,80	Argilla deb. limosa mediamente consistente	11,1	21,9		
4,80	5,80	Sabbia fine limosa poco densa	17,6	48,4	19,2	
5,80	6,60	Argilla deb. limosa mediamente consistente	14,0	22,5		
6,60	7,20	Limo sabbioso sciolto	14,0	35,3	7,3	
7,20	8,80	Argilla mediamente consistente	12,8	20,1		
8,80	9,80	Argilla deb. limosa consistente	21,8	21,2		
9,80	11,00	Limo argilloso mediamente consistente	15,0	25,3		
11,00	12,80	Argilla mediamente consistente	11,1	20,4		
12,80	13,60	Argilla mediamente consistente	14,0	18,8		
13,60	14,60	Argilla tenera	8,2	16,6		
14,60	15,40	Limo argilloso mediamente consistente	15,3	27,3		
15,40	16,20	Argilla limosa mediamente consistente	11,5	24,5		
16,20	17,20	Argilla deb. limosa mediamente consistente	11,0	20,2		
17,20	18,40	Argilla mediamente consistente	15,0	17,2		
18,40	19,40	Sabbia media sciolta	19,8	69,0	4	
19,40	20,00	Argilla mediamente consistente	11,3	20,5		
Falda	2,80	metri				

Tabella 4.1 – Stratigrafia di dettaglio prova n°1.

Prova CPT 2		Committente: Impresa Giacobazzi Costruzioni spa				
data 16/07/2013		Località: Ambito 11 - Via Nuova - Funo di Argelato				
da	a	Interpretazione litologica	Rp	Rp/Rl	Dr	
m	m		kg/cm ²	kg/cm ²	%	
0,00	0,80	Limo sabbioso molto denso	37,7	35,0	90,7	
0,80	1,40	Argilla mediamente consistente	13,3	12,3		
1,40	2,20	Limo sabbioso mediamente denso	14,0	37,3	38	
2,20	2,80	Sabbia media e fine mediamente densa	23,7	69,7	50,7	
2,80	3,20	Sabbia limosa poco densa	7,0	42,5	5,5	
3,20	4,80	Argilla mediamente consistente	10,4	20,8		
4,80	6,20	Limo argilloso mediamente consistente	12,1	25,6		
6,20	7,40	Limo sabbioso poco denso	14,0	34,2	13	
7,40	8,60	Argilla mediamente consistente	12,5	18,7		
8,60	9,20	Limo argilloso mediamente consistente	12,0	25,7		
9,20	9,60	Limo sabbioso poco denso	19,5	33,5	19	
9,60	10,40	Argilla mediamente consistente	15,3	20,8		
10,40	11,40	Limo argilloso tenero	8,2	27,4		
11,40	14,20	Argilla mediamente consistente	11,2	17,7		
14,20	14,80	Sabbia fine limosa	32,0	42,7	24,3	
14,80	15,00	Argilla consistente	24,0	27,3		
Falda	0,90	metri				

Tabella 4.2 – Stratigrafia di dettaglio prova n°2.

Prova CPT 3		Committente: Impresa Giacobazzi Costruzioni spa				
data 16/07/2013		Località: Ambito 11 - Via Nuova - Funo di Argelato				
da	a	Interpretazione litologica	Rp	Rp/Rl	Dr	
m	m		kg/cm ²	kg/cm ²	%	
0,00	0,20	Sabbia fine limosa molto densa	100,0	44,0	100	
0,20	1,00	Argilla dura	35,0	18,5		
1,00	1,80	Argilla mediamente consistente	13,8	17,8		
1,80	2,20	Sabbia grossolana e media mediam. densa	26,0	92,5	56	
2,20	3,60	Argilla deb. limosa tenera	9,9	22,0		
3,60	4,00	Argilla deb. limosa consistente	17,0	22,5		
4,00	4,40	Argilla e limo mediamente consistente	13,5	24,0		
4,40	4,80	Limo argilloso consistente	17,5	29,5		
4,80	6,40	Limo sabbioso poco denso	15,4	36,5	18,7	
6,40	7,00	Sabbia media e fine poco densa	22,3	58,3	28,7	
7,00	8,40	Argilla e limo mediamente consistente	14,6	24,4		
8,40	9,00	Argilla deb. limosa mediam. consistente	11,7	21,7		
9,00	10,00	Argilla e limo mediamente consistente	15,2	25,4		
10,00	11,40	Sabbia fine limosa sciolta	17,0	45,9	10,1	
11,40	12,60	Argilla deb. limosa mediam. consistente	10,7	20,0		
12,60	13,20	Limo argilloso mediamente consistente	11,3	27,3		
13,20	14,20	Argilla mediamente consistente	12,2	19,6		
14,20	15,40	Argilla deb. limosa tenera	9,0	23,0		
15,40	17,20	Argilla deb. limosa mediamente consistente	11,7	22,8		
17,20	18,40	Argilla consistente	16,2	18,2		
18,40	19,00	Limo sabbioso sciolto	11,0	37,7		
19,00	19,40	Limo argilloso consistente	23,0	29,0		
19,40	20,00	Argilla deb. limosa mediamente consistente	14,0	21,0		
Falda	1,10	metri				

Tabella 4.3 – Stratigrafia di dettaglio prova n°3

Prova CPT 4		Committente: Impresa Giacobazzi Costruzioni spa				
data 17/07/2013		Località: Ambito 11 - Via Nuova - Funo di Argelato				
da	a	Interpretazione litologica	Rp	Rp/Rl	Dr	
m	m		kg/cm ²	kg/cm ²	%	
0,00	0,20	Limo sabbioso molto denso	18,0	39,0	93	
0,20	1,00	Argilla consistente	18,5	19,0		
1,00	2,40	Sabbia fine e media mediamente densa	14,7	50,4	34,6	
2,40	2,80	Argilla tenera	9,0	17,0		
2,80	3,20	Argilla e limo mediamente consistente	11,0	25,5		
3,20	3,80	Limo sabbioso sciolto	7,3	30,5	1,5	
3,80	5,40	Argilla deb. limosa consistente	19,0	22,5		
5,40	7,60	Argilla e limo mediamente consistente	14,9	24,5		
7,60	8,40	Argilla consistente	17,8	19,3		
8,40	9,20	Argilla mediamente consistente	11,5	20,0		
9,20	10,20	Argilla consistente	17,2	21,0		
10,20	11,00	Argilla e limo tenera	9,8	24,8		
11,00	11,40	Sabbia fine e limosa poco densa	12,0	40,0	28	
11,40	13,20	Argilla mediamente consistente	11,6	18,0		
13,20	14,00	Argilla mediamente consistente	14,5	16,3		
14,00	15,20	Sabbia media poco densa	31,8	68,8	20,3	
15,20	15,60	Argilla deb. limosa consistente	18,5	23,0		
15,60	16,20	Argilla tenera	9,3	15,3		
16,20	18,20	Argilla consistente	16,1	19,2		
18,20	18,60	Argilla tenera	6,5	16,0		
18,60	19,00	Argilla e limo mediamente consistente	10,0	25,0		
19,00	19,40	Sabbia grossolana sciolta	25,0	132,0	10,5	
19,40	20,00	Argilla mediamente consistente	107,0	18,5		
Falda	1,70	metri				

Tabella 4.4 – Stratigrafia di dettaglio prova n°4.

Prova CPT 5		Committente: Impresa Giacobazzi Costruzioni spa				
data 17/07/2013		Località: Ambito 11 - Via Nuova - Funo di Argelato				
da	a	Interpretazione litologica	Rp	Rp/Rl	Dr	
m	m		kg/cm ²	kg/cm ²	%	
0,00	0,20	Sabbia media e fine molto densa	18,0	135,0	91	
0,20	1,00	Limo sabbioso molto denso	41,3	34,8	91	
1,00	1,60	Argilla consistente	17,0	18,0		
1,60	2,00	Sabbia fine e media mediamente densa	21,0	62,5	44	
2,00	2,60	Sabbia fine e media sciolta	7,7	57,5	8	
2,60	3,00	Limo e argilla mediamente consistente	12,0	25,5		
3,00	3,60	Argilla deb. limosa tenera	7,0	20,3		
3,60	4,40	Argilla deb. limosa consistente	16,5	22,3		
4,40	5,20	Limo argilloso mediamente consistente	17,5	32,3		
5,20	5,60	Limo argilloso tenero	9,5	29,5		
5,60	6,60	Limo a argilla mediamente consistente	14,8	25,2		
6,60	7,00	Sabbia fine limosa sciolta	13,5	45,5	0	
7,00	7,60	Argilla mediamente consistente	15,3	18,3		
7,60	8,40	Argilla mediamente consistente	12,0	20,3		
8,40	9,00	Limo e argilla consistente	17,3	26,3		
9,00	9,80	Limo argilloso consistente	21,5	31,3		
9,80	10,40	Argilla e limo consistente	17,7	23,3		
10,40	14,20	Limo e argilla mediamente consistente	12,4	25,4		
14,20	15,00	Limo e argilla consistente	9,3	29,7		
Falda	2,40	metri				

Tabella 4.5 – Stratigrafia di dettaglio prova n°5.

5.0 Inquadramento Geomorfológico ed Idrogeológico

L'area oggetto di indagine è posta ad una quota media di 25,0 m slm; in base alla sua posizione rispetto al margine sollevato della Catena appenninica, al tracciato dei corsi d'acqua principali, al rapporto del loro letto con il livello della pianura ed alla presenza o meno di arginature si può inserire l'area in un paesaggio di bassa pianura.

Prendendo in considerazione le quote inserite entro la CTR ricordata in fig 3.1 si è tentato di ricostruire il microrilievo in un intorno significativo dell'area oggetto di studio; il risultato è presentato in fig 5.1 sulla quale possono essere formulate le seguenti osservazioni:

- La superficie morfologica, non ostante la forte antropizzazione conserva in qualche modo la sua forma originaria, si nota che in questo tratto la pianura ha la pendenza orientata verso NO con le isoipse 26 e 27 sub parallele tra loro
- Le isoipse 24,5 e 25 formano una depressione allungata verso NO che si diparte circa perpendicolarmente rispetto alla direzione delle 26 e 27.
- Nella CTR si nota un macero posizionato nella parte NE dell'Ambito 11 che allo stato attuale (vedi foto aerea di fig. 5.2) risulta tombato.

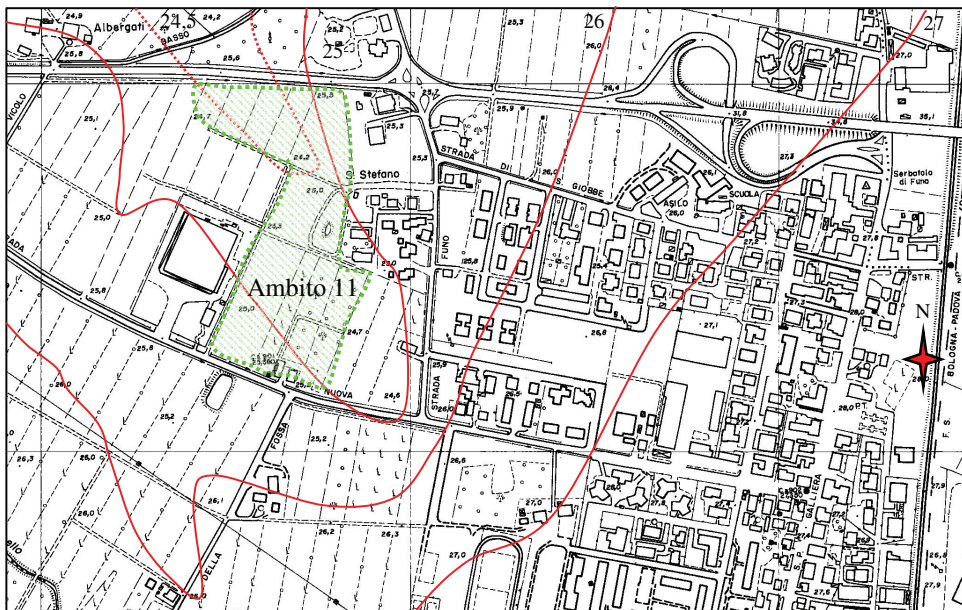


Figura 5.1. Estratto dalla CTR Elemento 221014 – Castel Maggiore scala 1:5.000

rimpicciolito alla scala 1:10.000

Una siffatta morfologia può essere interpretata come derivante dall'azione di un corso d'acqua importante che aveva sede sull'asse dell'odierna SP Galliera e che si sviluppava in direzione NE; la depressione definita dalle isoipse 25 e 24,5 può essere interpretata come un relitto di canale di rotta d'argine. Nella Fotoaerea di fig. 4.2 si può verificare quanto affermato in precedenza anche se nell'area in esame non compaiono in maniera esplicita strutture relitte.



Figura 5.2. Fotoaerea del novembre 2003 estratta dal sito Google earth (non in scala) con ricostruzione delle paleo strutture riconoscibili.

Dall'interpretazione della carta geomorfologica della Pianura Padana di cui si riporta un estratto in fig. 5.3) può notare come il sito in esame insista su un ambiente caratterizzato da dinamiche esclusivamente fluviali-alluvionali, delimitato da ventagli di rotta e da paleo alvei a sostanziale conferma dei dati oggettivi esaminati in precedenza.

Le strutture più significative presenti nei dintorni dell'area sono rappresentate a E dal paleoalveo principale del vecchio Fiume Reno avente in questo tratto direzione SSO – NNE che, impostato sull'asse dell'attuale SP Galliera rappresenta un antico asse di drenaggio dal quale, in maniera circa radiale si sviluppano strutture di canale di rotta (e relative ramificazioni). L'area in esame si può interpretare come argine tra il prossimale ed il distale in sinistra rispetto all'asse principale.

Come si è visto dalla foto aerea il canale principale si sviluppava e progrediva secondo un tracciato meandri forme per cui le rotte d'argine (aventi tracciato rettilineo derivato dall'alta energia che si liberava al momento della rotta ma che in breve spazio seguivano poi corsi meandri forme e/o si

dividevano in canali più piccoli) erano un evento non raro.

Come descritto anche nel PSC dell'Associazione di Comuni Reno Galliera, si nota come l'area di studio sia parte del corpo poroso definito come Reno 1 e stia dalla parte dell'intercanale con Reno 2. Il primo è presente a ovest rispetto l'area di studio, si rileva nei primi 10 m di profondità rispetto al p.c. e presenta uno sviluppo N-S, con andamento parallelo all'alveo attuale del Fiume Reno. Il secondo, si rileva a est dall'area di studio ed è rilevato tra 10 m e 20 m di profondità rispetto al p.c. attuale, questi sono depositi granulari di alveo a barre meandri formi; nella parte meridionale del Comune di Castel Maggiore (confinata con quello di Argelato e rispetto a questo molto più prossimo all'area in esame) questo tracciato di Reno presenta depositi granulari con diametri molto maggiori disposti in barre braided in cui si possono rinvenire anche lenti ghiaiose.



Figura 5.3. Stralcio Carta geomorfologica Pianura Padana scala 1: 50.000

Dagli studi effettuati per la redazione del PSC relativo al Comune di Argelato si evince come, in questa porzione di territorio, la geometria piezometrica ricavata individui la presenza di un acquifero formato dall'insieme di paleoalvei sabbiosi del Reno, corrispondente all'allineamento della via Galliera (due corpi porosi sono pressoché sovrapposti e spesso comunicanti tra loro).

La falda freatica è stata misurata in corrispondenza dei fori di indagine ha dato risultati discordanti tra loro in quanto in alcuni punti di misura si avuto l'effetto di suzione per il trascinamento derivato dall'estrazione delle aste ma, in generale, la falda si è attestata profondità compresa tra 1,70 m (CPT 4 e 2,40 m (CPT 1 e CPT 5) dal p.c.; le prove n°2 e n°3 hanno fornito valori del tutto fuori dal trend delle altre prove (valori compresi tra 0,9 m e 1,1 m da p.c.) questi valori potrebbero essere una anomalia nella falda freatica dovuta all'alimentazione derivata dall'invaso presente nell'area che, pur essendo stato riempito con terreno e altri materiali di risulta continua ad esercitare la sua opera di ritegno di acque meteoriche distribuendole poi durante la stagione siccitosa. Le quote rilevate nelle prove CPT 1, CPT 4 e CPT 5, sono in buon accordo con la soggiacenza indicata dalla Carta Idrogeologica allegata al PSC Unione Terre di Pianura (di cui si riporta un estratto in fig. 5.4) essendo stati fatti i rilievi e della Carte Idrogeologica e delle prove relative a questo lavoro entrambi

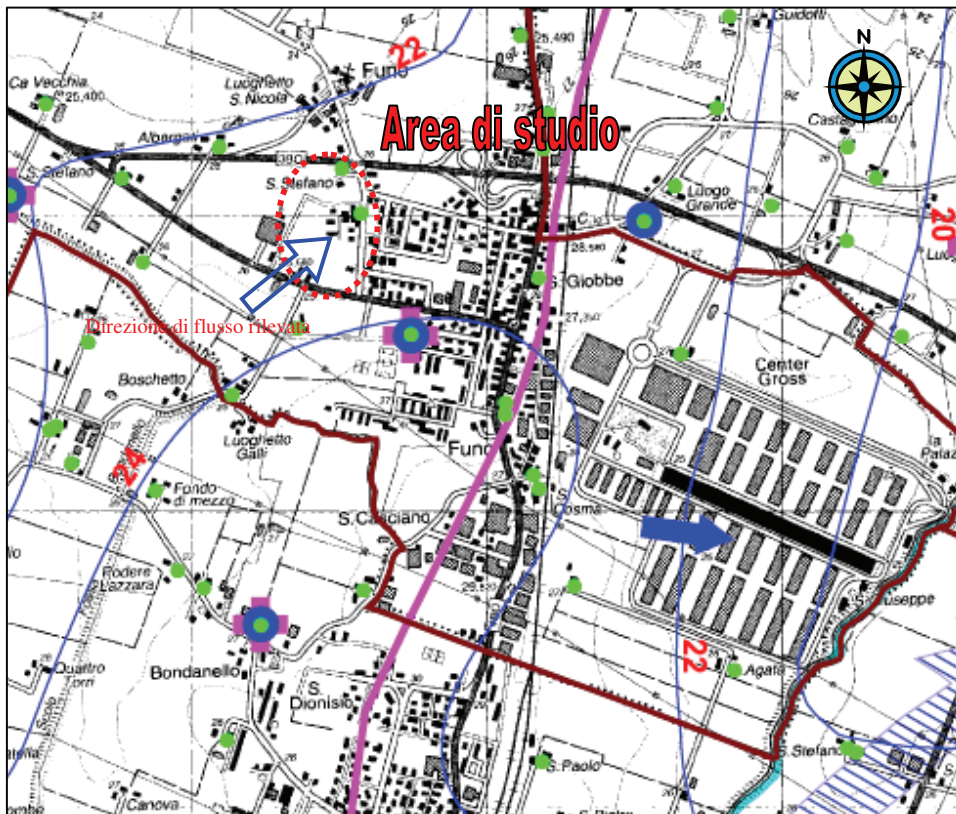


Fig. 5.3 – estratto dalla carta Idrogeologica allegata al PSC dell'Unione Reno Galliera scala 1:25.000 a cura dello Studio Viel – Sangiorgi

La permeabilità dei terreni superficiali (primo metro) è stata valutata mediante la realizzazione di n° 3 pozzetti in cui sono state eseguite prove di permeabilità a carico variabile (vedi allegato 3).

I risultati ottenuti sono stati in linea con le aspettative che si avevano esaminando la stratigrafia dei pozzetti (vedi allegato 3); in quanto con terreni insaturi (prima parte della prova) la permeabilità è risultata di un ordine di grandezza di 10^{-4} m/s mentre con il procedere della prova, saturandosi i terreni, la permeabilità si abbassava ad un ordine di grandezza di 10^{-6} m/s. Questa permeabilità è essenzialmente quella orizzontale in quanto i pozzetti (di profondità 1,0 m) si fermavano tutti su di uno strato argilloso praticamente impermeabile (vedi allegato 3).

Dal punto di vista idraulico il sito vede come elemento predominante l'attuale corso del fiume Reno che scorre a circa 1,5 km ad ovest dall'area di studio. Il rimanente della rete scolante è composto da fossi e canali di bonifica. In parte della porzione di territorio interessata è già funzionante lo smaltimento delle acque nelle pubbliche fognature essendo l'Ambito 11 completamente circondato da aree urbanizzate (industriali e non).

Dall'esame del PSAI Reno redatto a cura dell'Autorità di Bacino Reno l'area in esame non rientra tra quelle indicate come aree passibili di inondazione, privi di rischio idraulico.

6.0 Definizione della Zonizzazione Geotecnica

Per definire la zonizzazione geotecnica si utilizza lo stesso principi contenuto nella Relazione geologica allegata al PSC dell'Unione di Comuni Reno Galliera a firma del Dott. Geol. Giovanni Viel ed a cui si rimanda per la descrizione più approfondita del metodo.

In questa sede si vogliono solamente ricordare i principi fondamentali per questa classificazione; essa si basa sulla definizione della resistenza media alla punta di un penetrometro statico compresa negli intervalli tra $0,0 \text{ m} \div 5,00 \text{ m}$ e $5,00 \text{ m} \div 10,00 \text{ m}$.

Questi intervalli sono significativi in quanto nel primo sono impostate la maggioranza delle strutture di fondazione degli edifici che utilizzano fondazioni superficiali e nel secondo si ha, per la stessa tipologia di edifici, viene a trovarsi il volume significativo del terreno reagente con il carico degli edifici nel quale si esauriscono la maggior parte dei cedimenti.

Le prove eseguite hanno fornito i seguenti risultati:

Definizione della Classe geotecnica del terreno			
	Rp	Rp	Classe
	0,0 m - 5,0 m	5,01 m - 10,0 m	
	kg/cm ²	kg/cm ²	
CPT 1	17,7	16,0	D3
CPT 2	16,3	13,4	D3
CPT 3	17,6	15,7	D3
CPT 4	14,7	15,6	D3
CPT 5	18,5	15,6	D3

Tabella 6.1 – definizione della Classe di geotecnica del terreno

Come evidenziato nella tabella 6.1 i valori della resistenza alla punta elaborati dalle prove penetrometriche eseguite sono molto vicini tra loro nella media dei due intervalli considerati questo in tutta l'area considerata e vicini o superiori a 15 kg/cm^2 per entrambi gli intervalli considerati.

Con queste caratteristiche si classificano i terreni dal punto di vista geotecnico nella classe "D3" su tutta l'area interessata dal POC.

Si riporta, per completezza la descrizione completa della classe D come proposta nella Relazione citata in precedenza:

D = Zone dotate di terreni di qualità meccaniche da normali ($1.000 < r_p < 1.500 \text{ kPa}$) a discrete ($> 1.500 \text{ kPa}$) per entrambi gli strati considerati. In questa zona di edificabilità, le possibili variazioni di caratteristiche tra il primo ed il secondo intervallo possono essere molto grandi, tali da richiedere ulteriori suddivisioni in sottoclassi. Le due sottoclassi "D1", "D2", rappresentano rispettivamente un andamento del parametro meccanico (r_p) vicino, rispettivamente, alle situazioni della classe "B", oppure della classe "C". L'edificabilità con normali tecniche costruttive è in genere assicurata, per questa classe. Nei casi in cui sono verificate caratteristiche meccaniche classificabili come classe "D1" o classe "D2", vi possono essere limitazioni anche per edifici di normale impegno o a causa dei cedimenti assoluti o differenziali, oppure alle pressioni di esercizio. La sottoclasse "D3", rappresenta le situazioni di distribuzione omogeneamente più che discreta ($> 1.500 \text{ kPa}$) dei valori meccanici.

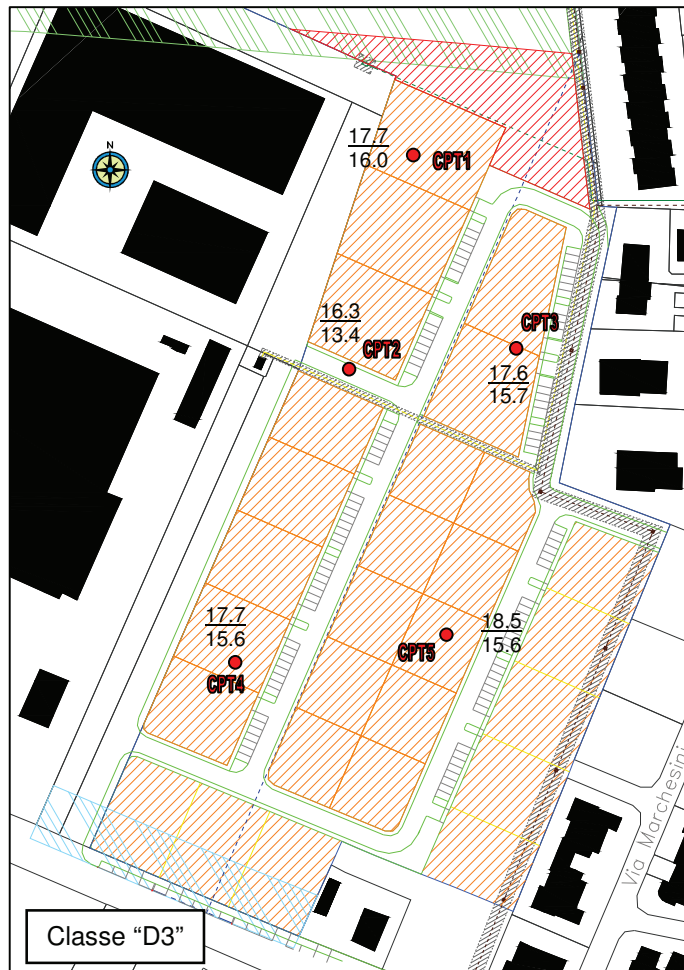


Figura 6.1. Classificazione geotecnica dell'area su planimetria di progetto scala 1:2000

7.0 Inquadramento Strutturale e Sismico

La convergenza tra la placca Europea e quella Africana produce nell'Appennino Settentrionale un pattern deformativo ed un'attività sismica molto complessi.

Il campo di stress attivo rivela la presenza di un settore tirrenico della catena in cui predomina un campo deformativo estensionale, mentre nel settore Adriatico prevale una compressione attiva.

Alcune teorie spiegano questa disposizione dei campi tensionali con la presenza di una zona di subduzione che si svilupperebbe in direzione SO portando il basamento dell'Appennino al di sotto del Tirreno creando un inarcamento al di sotto della Toscana (finestra tettonica delle Alpi Apuane) e la creazione di un cuneo di subduzione a tergo (catena Appenninica sollevata e sepolta).

In quest'ultimo settore, in cui si colloca l'Emilia – Romagna, evidenze geologiche, sezioni sismiche e studi morfotettonici, indicano infatti che la tettonica attiva sia generalmente caratterizzata dalla presenza di strutture compressive attive, come sovrascorrimenti e piegamenti (vedi sezione geologica riportata in fig. 6.1 – Estratto dalla Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna – Boccaletti e alii 2004 ed. SELCA).

L'analisi sismotettonica dell'Emilia – Romagna ha messo in evidenza come parte delle strutture individuate da profili sismici che interessano il riempimento sedimentario Plio-Pleistocenico siano caratterizzate da attività molto recente ad attuale. In particolare, risultano attivi i sovrascorrimenti sepolti che danno luogo agli archi di Piacenza-Parma, Reggio Emilia e di Ferrara.

A tali strutture (in particolare alla dorsale Ferrarese) possono essere associati i fenomeni di fagliazione superficiale osservati in alcune aree di Pianura Padana, nelle province di Reggio Emilia e Modena (Pellegrini & Mezzani, 1978).

Dall'analisi della Carta Strutturale edita dalla Regione Emilia Romagna si può verificare come l'abitato di Funo sia delimitato a E e S da strutture sepolte classificate come fronti dei principali sovrascorrimenti di età Pliocene – Pleistocene inferiore (4,5 Ma – 1 Ma); la struttura a S costituisce un elemento strutturale classificato sovrascorrimento con riattivazioni a vergenza verso Nord e andamento generale SE NO (direzioni appenniniche).

A Est dell'area in oggetto si evidenzia un secondo lineamento costituito da un sovrascorrimento generatosi con la fase pliocenica inferiore successivamente riattivato nel Quaternario. La direzione di tale linea è circa N – S; questa linea tettonica è una tra quelle che delimitano una anticlinale in cui è rimasto intrappolato gas naturale proveniente da rocce madri Mesozoiche più profonde; il fatto che il giacimento sia rimasto in essere va testimoniare che questa linea, dal Pleistocene inferiore non ha subito movimenti (altrimenti il gas sarebbe sfuggito cfr. con le stesse strutture presenti a Finale Emilia ma sterili e sede del sisma del maggio – giugno 2012).

La carta sismotettonica, inoltre evidenzia isobate della base del Sintema Emiliano Romagnolo superiore che coincide con i depositi della pianura padana di età 0,45 Ma corrisponde ad una quota riferita al livello del mare di circa -300 m

Nell'estratto della Carta Sismotettonica inoltre si può notare come la successione stratigrafica costituita da depositi del Pliocene medio superiore, Messiniano superiore e Miocene siano attraversati da faglie Plio-quaternarie con vergenza N; risalta inoltre come la successione carbonatica mesozoica sia interessata da un sovrascorrimento post Pliocene medio.



Legenda



Fig. n°7.1– Estratto dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna alla scala 1:250.000 ingrandita alla scala 1:100.000

Nell'estratto della Carta Sismotettonica (vedi fig. 6.2 non in scala) inoltre si può notare come la successione stratigrafica sia costituita oltre che dai depositi recenti e Olocenici anche da depositi del Pliocene medio superiore, Messiniano superiore e Miocene siano attraversati da faglie Plio-quaternarie con vergenza N; risalta inoltre come la successione carbonatica mesozoica sia interessata da un sovrascorrimento post Pliocene medio.

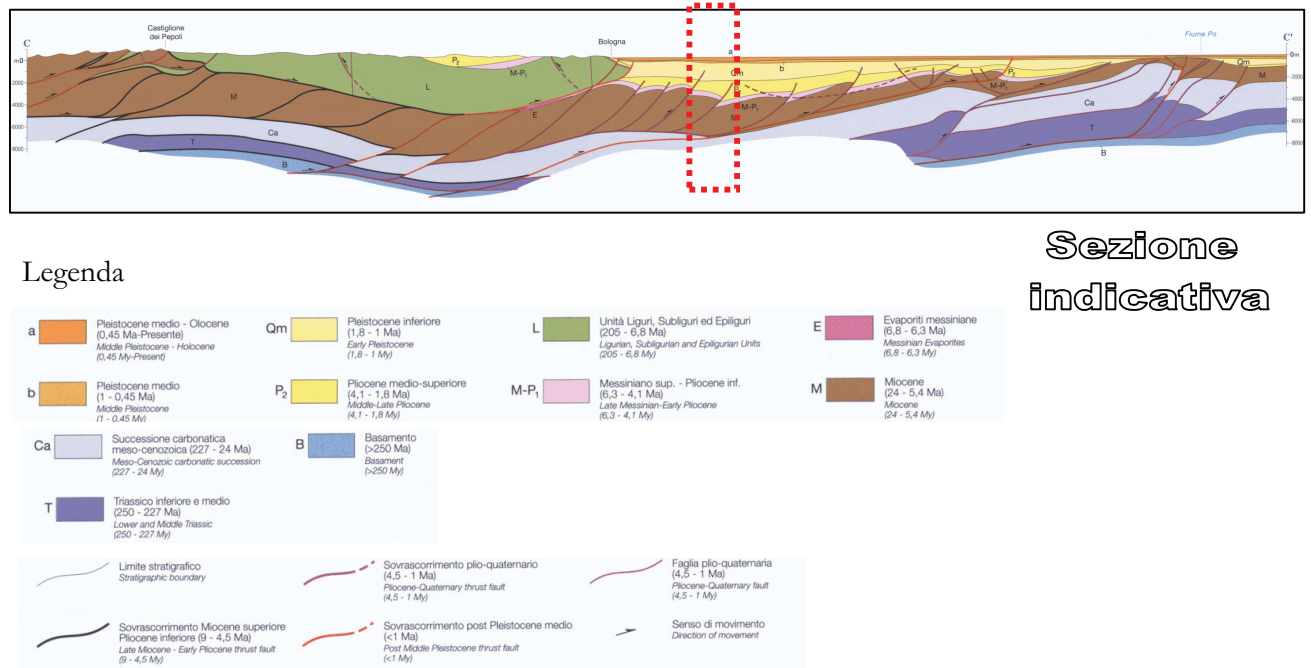


Fig. n° 7.2– Estratto dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna – sezioni geologiche – non in scala.

L'area emiliana è stata soggetta dal 20/05/2012 fino alla fine di giugno 2012 ad uno sciame sismico che ha coinvolto un'ampia zona compresa tra Poggio Renatico e Concordia sulla Secchia con oltre 2000 eventi di magnitudo superiore a 2 e 7 eventi di magnitudo superiore a 5; il più forte di questi con Mw 5.9; la struttura sismogenetica che ha dato origine ai fenomeni è quella con andamento SE – NO passante per Poggio Renatico riportata nella Carta interattiva D.I.S.S. 3.1.1 pubblicata sulla Rete web a cura dell'INGV con la sigla ITCS 051 (Novi – Poggio Renatico).

7.2 Inquadramento Sismico e determinazione dell'azione sismica di progetto

La regione Emilia – Romagna è interessata da una sismicità media relativamente a quella nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5.5 e 6.0 della scala Richter, e intensità del IX- X grado della scala MCS; il Comune di Argelato è classificato entro la categoria III (bassa sismicità) entro la Classificazione dei Comuni Sismici d'Italia allegata all'OPCM 03/2003.

La struttura che potrebbe maggiormente interessare l'area oggetto di studio, sempre consultando la Carta edita dall'INGV è quella Classificata come ITCS 047 – Castelvetro di Modena – Castel San Pietro Terme che da evidenze storiche ha dato sismi di magnitudo Mw = 5.6.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla ‘pericolosità sismica di base del sito che costituisce l’elemento primario per la determinazione delle azioni sismiche

Secondo quanto prescritto da NTUC per l’area analizzata deve essere stabilita dalla “*pericolosità sismica di base*” del sito che costituisce l’elemento primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Per la definizione dell’azione sismica di progetto è necessario valutare l’effetto della risposta sismica locale, mediante specifiche analisi che fornissero la quantificazione della Velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di spessore (V_{s30}) e la frequenza di risonanza tipica del terreno. Tali scopi, come indicato nel paragrafo 1.0 e 2.0 sono stati ottenuti mediante rilievi geofisici con tecnica ReMI per quello che riguarda il calcolo di V_{s30} e HVSR (indagine tomografica) per quello che riguarda la ricerca della frequenza tipica del terreno.; i risultati sono riportati in allegato 4 e 5.

Dalle elaborazioni effettuate si è riscontrato che i terreni di fondazione ricadono entro la categoria C essendo caratterizzati da un valore V_s pari a 202 ± 16 m/s.

Tale categoria è così definita nelle NTUC2008: “*depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 mt, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180mt/sec e 360 mt/sec (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 \text{ kPa} < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina)*”.

I fattori di amplificazione da utilizzare per la costruzione degli spettrogrammi di accelerazione, desunti dall’atto di indirizzo tecnico della RER (vedi par. 1.0) saranno quelli previsti per il tipo morfologico PIANURA 2 e si riportano di seguito:

F.A. P.G.A.										
V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$										
V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$										
V_{s30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Tabella n.7.1 – Valori di amplificazione, relativi all’ambito Pianura 2.

La frequenza tipica del terreno rientra nella banda tra 0,6 e 0,9 Hz che potrebbe dare problemi di risonanza ad edifici con un numero di piani maggiore di 8 – 10.

Inserendo nei dati di progetto i parametri che tengano conto del tipo di costruzione (costruzione di tipo 1 vedi tabella 2.4.1 del NTUC), della classe d'uso dell'opera (considerata di classe II – vedi tabella 2.4.II del NTUC) e dell'amplificazione derivata dalla topografica (categoria T1 – vedi tabella 3.2.IV del NTUC) si ottengono gli accelerogrammi associati ai diversi stati limite; nel nostro caso si considerano gli SLO, SLV, SLD e SLC di cui si riporta in allegato 4 i grafici e le relative tabelle di calcolo.

Classe d'uso II. Rientrano in questa classe le costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Si riportano in allegato gli spettri di risposta per lo Stato Limite di Operatività, di Danno per lo Stato Limite di Vita e per lo Stato Limite di Collasso; di seguito si riportano le tabelle con i parametri sismici e i coefficienti sismici relativi ai due stati

Applicando tali fattori alle formule per la costruzione dei grafici sismici (componente orizzontale e componente verticale del moto) si ottengono, per il sito in esame i seguenti parametri:

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	16286	44,614960	11,313840	4242,7
Sito 2	16287	44,616220	11,384040	2755,1
Sito 3	16509	44,566230	11,385810	3967,3
Sito 4	16508	44,564970	11,315690	5110,0

Tabella 7.2 – Siti di Riferimento.

	Prob. superament o [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,050	2,475	0,258
Danno (SLD)	63	50	0,061	2,507	0,273
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,165	2,504	0,282
Prevenzione e dal collasso (SLC)	5	975	0,216	2,484	0,286

Tabella 7.3 – Parametri Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,640	1,000	0,015	0,007	0,729	0,200
SLD	1,500	1,610	1,000	0,018	0,009	0,899	0,200
SLV	1,450	1,590	1,000	0,057	0,029	2,344	0,240
SLC	1,380	1,590	1,000	0,084	0,042	2,929	0,280

Tabella 7.4 – Coefficienti Sismici.

8.0 Verifica del potenziale di liquefazione

Poiché dall'analisi della stratigrafia emerge che nel sito sono presenti livelli assimilabili a orizzonti sabbiosi saturi e continui, in ottemperanza a quanto richiesto dall'atto di indirizzo della Giunta Regionale dell'E.R. progr.112, si rende necessario effettuare le verifiche relativamente alla probabilità che avvenga il fenomeno della liquefazione delle sabbie i corrispondenza di un evento sismico. Visti gli sviluppi degli ultimi eventi sismici avvenuti si considererà nei calcoli un evento di $M = 6,0$.

I calcoli eseguiti con i valori provenienti dalle prove CPT1 ÷ CPT 5 tengono conto della massima profondità di indagine raggiunta.

Ai fini della verifica alla liquefazione verranno considerati i valori classificati da Begemann 1965 – A.G.I. 1977 come limi sabbiosi e sabbie limose.

Nelle tabelle 8.1 – 8.10 si riportano i risultati dell'analisi.

CPT 1

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE																
DATI DI CALCOLO																
VERIFICA N°	1	MAGNITUDO	6	CARICO (kg/cmq)												
AREA	1	ACCELERAZIONE MAX.	0,239	PROFONDITA' DEL CARICO (m)												
PROFONDITA' FALDA (m)	2,8															

DATI SULLE PROVE															
PROVA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROF.(m)	2	2,8	3,4	4,8	5,8	6,6	7,2	18,4	19,4						
qc (kg/cmq)	27,7	16	7,3	11,1	17,6	14	14	13,4	19,8						
fs (kg/cmq)	1,14	0,36	0,135	0,516	0,363	0,622	0,42	0,641	0,286						

DATI SULLA STRATIGRAFIA										
STRATO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROFONDITA' (m)	2	2,8	3,4	4,8	5,8	6,6	7,2	18,4	19,4	
DENSITA' (g/cmc)	1,85	1,85	1,84	1,9	1,89	1,92	1,89	1,91	1,9	
CLASSIFICAZIONE	CL	SM	SP	CL	SM	CL	ML	CL	SP	

Tabella n°8.1 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie Prova CPT 1 - Dati di input.

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

METODO MODIFICATO ROBERTSON - WRIDE

MAGNITUDO = 6 $a_g(\text{max.}) = 0,239$

Prova N°	Prof. (m)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	Pt (kg/cmq)	Pe (kg/cmq)	n	Q	F	Ic	Cq	FC (%)	Kc	(qc1N)cs	(N1)60cs
1	2	27,7	1,14	0,37	0,37	0,5	44,2	4,17	2,59	1,67	34,94	3,27	146,7	39,52
2	2,8	16	0,36	0,51	0,51	0,7	25,14	2,32	2,6	1,62	35,72	3,37	84,7	23
3	3,4	7,3	0,135	0,62	0,56	1	11,73	2,02	2,84	1,81	48,6	5,17	66,46	20,48
4	4,8	11,1	0,516	0,89	0,69	1	14,69	5,05	3	1,48	58,52	6,75	107,91	36,51
5	5,8	17,6	0,363	1,08	0,78	1	21,08	2,19	2,65	1,31	38,07	3,67	82,58	22,97
6	6,6	14	0,622	1,23	0,85	1	14,89	4,87	2,98	1,2	57,54	6,58	107,64	36,09
7	7,2	14	0,42	1,35	0,91	1	13,89	3,32	2,9	1,13	52,39	5,76	88,59	28,31
8	18,4	13,4	0,641	3,48	1,92	1	5,13	6,46	3,42	0,53	92,04	12,77	88,7	40,89
9	19,4	19,8	0,286	3,67	2,01	1	7,98	1,77	2,95	0,51	55,72	6,29	61,69	20,33

Prova N°	Prof. (m)	rd	CSR	CRR7.5	Ksigma	CRRv	MSF	CRRm	CSRfsl	FSL	PL/IPL %	De	Rischio di liquefazione	CL
1	2	0,984	0,152	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	2,8	0,978	0,151	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	3,4	0,973	0,167	0,107	1	0,107	2,083	0,223	0,167	1,338	3	NL	MOLTO BASSO	1-2
4	4,8	0,963	0,192	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	5,8	0,955	0,205	0,132	1	0,132	2,083	0,275	0,205	1,345	3	NL	MOLTO BASSO	1-2
6	6,6	0,949	0,212	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	7,2	0,944	0,217	0,144	1	0,144	2,083	0,301	0,217	1,389	3	NL	MOLTO BASSO	1-2
8	18,4	0,682	0,191	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	19,4	0,656	0,185	0,101	0,845	0,086	2,083	0,179	0,185	0,969	18	NP	MODERATO	2-3

Tabella n°8.2 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie CPT 1 - Risultati di calcolo.

CPT 2

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE										
DATI DI CALCOLO										
VERIFICA N°	1	MAGNITUDO	6	CARICO (kg/cmq)						
AREA	1	ACCELERAZIONE MAX.	0,239	PROFONDITA' DEL CARICO (m)						
PROFONDITA' FALDA (m)	0,9									

DATI SULLE PROVE															
PROVA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROF.(m)	0,9	1,4	3,2	4,8	7,4	8,6	9,6	14,2	14,8						
qc (kg/cmq)	37,7	13,3	15,7	10,4	13	12,5	15	11,3	32						
fs (kg/cmq)	1,08	1,08	0,32	0,5	0,44	0,67	0,52	0,556	0,762						

DATI SULLA STRATIGRAFIA										
STRATO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROFONDITA' (m)	0,9	1,4	3,2	4,8	7,4	8,6	9,6	14,2	14,8	
DENSITA' (g/cm ³)	1,85	1,93	1,87	1,9	1,9	1,93	1,94	1,9	1,88	
CLASSIFICAZIONE	CL	CL	SM	CL	ML	CL	ML	CL	SM	

Tabella n°8.3 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie Prova CPT 2 - Dati di input.

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

METODO MODIFICATO ROBERTSON - WRIE

MAGNITUDO = 6 $a_g(\max.) = 0,239$

Prova N°	Prof. (m)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	Pt (kg/cmq)	Pe (kg/cmq)	n	Q	F	Ic	Cq	FC (%)	Kc	(qc1N)cs	(N1)60cs
1	0,9	37,7	1,08	0,16	0,16	0,5	90,49	2,87	2,26	2,49	21,08	1,82	166,14	38,43
2	1,4	13,3	1,08	0,26	0,21	1	61,2	8,28	2,72	4,85	41,59	4,15	259,34	74,7
3	3,2	15,7	0,32	0,59	0,36	0,5	24,43	2,11	2,59	1,67	35,03	3,28	83,48	22,51
4	4,8	10,4	0,5	0,9	0,51	1	18,48	5,26	2,93	2,01	54,3	6,06	122,78	39,94
5	7,4	13	0,44	1,39	0,74	1	15,51	3,79	2,9	1,38	52,21	5,73	99,68	31,8
6	8,6	12,5	0,67	1,62	0,85	1	12,65	6,16	3,1	1,2	65,89	7,99	116,37	42,14
7	9,6	15	0,52	1,82	0,95	1	13,82	3,94	2,95	1,08	55,42	6,24	98,25	32,29
8	14,2	11,3	0,556	2,69	1,36	1	6,29	6,46	3,35	0,75	85,76	11,58	95,78	41,64
9	14,8	32	0,762	2,81	1,42	1	20,55	2,61	2,7	0,72	40,86	4,05	91,32	26,11

Prova N°	Prof. (m)	rd	CSR	CRR7.5	Ks σ_{vm}	CRRv	MSF	CRRm	CSRfs1	FSL	PL/IPL %	De	Rischio di liquefazione	CL
1	0,9	0,993	0,154	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	1,4	0,989	0,189	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	3,2	0,975	0,245	0,134	1	0,134	2,083	0,279	0,245	1,14	8	NL	BASSO	1-2
4	4,8	0,963	0,263	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	7,4	0,943	0,273	0,172	1	0,172	2,083	0,358	0,273	1,313	4	NL	MOLTO BASSO	1-2
6	8,6	0,934	0,275	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	9,6	0,917	0,272	0,168	1	0,168	2,083	0,35	0,272	1,288	4	NL	MOLTO BASSO	1-2
8	14,2	0,794	0,243	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	14,8	0,778	0,239	0,15	0,923	0,139	2,083	0,29	0,239	1,214	6	NL	BASSO	1-2

Tabella n°8.4 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie CPT 2 - Risultati di calcolo.

CPT 3

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE <i>DATI DI CALCOLO</i>														
VERIFICA N°	1	MAGNITUDO	6	CARICO (kg/cmq)										
AREA	1	ACCELERAZIONE MAX.	0,239	PROFONDITA' DEL CARICO (m)										
PROFONDITA' FALDA (m)	1,1													

DATI SULLE PROVE															
PROVA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROF.(m)	1	1,8	2,2	4,4	7	10	11,4	18,4	19,4						
qc (kg/cmq)	35	13	26	11,8	17,3	14,2	17	11,8	15,8						
fs (kg/cmq)	1,94	0,73	0,28	0,524	0,427	0,588	0,37	0,554	0,462						

DATI SULLA STRATIGRAFIA										
STRATO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROFONDITA' (m)	1	1,8	2,2	4,4	7	10	11,4	18,4	19,4	
DENSITA' (g/cm ³)	1,85	1,94	1,87	1,91	1,91	1,94	1,88	1,9	1,89	
CLASSIFICAZIONE	CL	CL	SP	CL	ML	CL	SM	CL	ML	

Tabella n°8.5 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie Prova CPT 3 - Dati di input.

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

METODO MODIFICATO ROBERTSON - WRIDE

MAGNITUDO = 6 $a_g(\max.) = 0,239$

Prova N°	Prof. (m)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	Pt (kg/cmq)	Pe (kg/cmq)	n	Q	F	Ic	Cq	FC (%)	Kc	(qc1N) _{cs}	(N1) _{60cs}
1	1	35	1,94	0,18	0,18	0,5	79,63	5,57	2,51	2,36	31,37	2,84	227,91	59,16
2	1,8	13	0,73	0,34	0,27	1	46,85	5,76	2,67	3,82	39,19	3,82	184,04	51,76
3	2,2	26	0,28	0,41	0,3	0,5	45,57	1,09	2,2	1,84	19,19	1,68	77,87	17,6
4	4,4	11,8	0,524	0,83	0,5	1	21,7	4,77	2,85	2,04	49,32	5,28	123,42	38,3
5	7	17,3	0,427	1,33	0,74	1	21,52	2,67	2,69	1,39	40,35	3,98	92,88	26,43
6	10	14,2	0,588	1,91	1,02	1	12	4,78	3,05	1	62,18	7,36	102,12	35,74
7	11,4	17	0,37	2,17	1,14	1	12,92	2,49	2,85	0,9	49,52	5,31	78,78	24,5
8	18,4	11,8	0,554	3,5	1,77	1	4,66	6,68	3,46	0,58	95,9	13,5	89,69	42,87
9	19,4	15,8	0,462	3,69	1,86	1	6,48	3,81	3,21	0,55	73,86	9,4	79,63	31,02

Prova N°	Prof. (m)	rd	CSR	CRR7.5	Ksigma	CRRv	MSF	CRRm	CSRfsI	FSL	PL/IPL %	De	Rischio di liquefazione	CL
1	1	0,992	0,154	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	1,8	0,986	0,192	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	2,2	0,983	0,207	0,123	1	0,123	2,083	0,258	0,207	1,247	5	NL	MOLTO BASSO	1-2
4	4,4	0,966	0,248	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	7	0,946	0,263	0,154	1	0,154	2,083	0,321	0,263	1,224	6	NL	BASSO	1-2
6	10	0,906	0,263	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	11,4	0,869	0,256	0,125	0,974	0,122	2,083	0,254	0,256	0,994	16	NP	MODERATO	2-3
8	18,4	0,682	0,209	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	19,4	0,656	0,201	0,126	0,862	0,109	2,083	0,228	0,201	1,135	8	NL	BASSO	1-2

Tabella n°8.6 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie CPT 3 - Risultati di calcolo.

CPT 4

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE <i>DATI DI CALCOLO</i>														
VERIFICA N°	1	MAGNITUDO	6	CARICO (kg/cmq)										
AREA	1	ACCELERAZIONE MAX.	0,239	PROFONDITA' DEL CARICO (m)										
PROFONDITA' FALDA (m)	1,7													

DATI SULLE PROVE															
PROVA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROF.(m)	1	1,7	2,4	3,2	3,8	11,4	14	15,2	19	19,4					
qc (kg/cmq)	18,5	13	16	10	7,3	15,3	12,5	18,8	13,8	25					
fs (kg/cmq)	0,974	0,478	0,239	0,469	0,241	0,241	0,714	0,495	0,715	0,189					

DATI SULLA STRATIGRAFIA										
STRATO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROFONDITA' (m)	1	1,7	2,4	3,2	3,8	11,4	14	15,2	19	19,4
DENSITA' (g/cm ³)	1,85	1,85	1,92	1,88	1,84	1,92	1,92	1,9	1,91	1,89
CLASSIFICAZIONE	CL	SM	SM	CL	ML	CL	CL	SP	CL	SP

Tabella n°8.7 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie Prova CPT 4 - Dati di input.

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

METODO MODIFICATO ROBERTSON - WRIDE

MAGNITUDO = 6 $a_g(\max.) = 0,239$

Prova N°	Prof. (m)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	Pt (kg/cmq)	Pc (kg/cmq)	n	Q	F	Ic	Cq	FC (%)	Kc	(qc1N)cs	(N1)60cs
1	1	18,5	0,974	0,18	0,18	0,7	64,39	5,31	2,55	3,33	33,36	3,08	183,92	48,75
2	1,7	13	0,478	0,31	0,31	0,7	29,96	3,76	2,68	2,29	39,57	3,87	112,13	31,65
3	2,4	16	0,239	0,44	0,37	0,5	24,85	1,53	2,5	1,65	30,97	2,8	71,64	18,51
4	3,2	10	0,469	0,59	0,44	1	20,92	4,98	2,88	2,29	50,8	5,51	122,68	38,61
5	3,8	7,3	0,241	0,7	0,49	1	13,18	3,65	2,94	2,06	55,16	6,2	90,6	29,71
6	11,4	15,3	0,241	2,16	1,19	1	10,95	1,83	2,84	0,86	48,79	5,2	66,39	20,5
7	14	12,5	0,714	2,66	1,43	1	6,83	7,26	3,35	0,71	85,98	11,63	101,09	44,04
8	15,2	18,8	0,495	2,89	1,54	1	10,28	3,11	2,99	0,66	58,2	6,69	81,44	27,47
9	19	13,8	0,715	3,62	1,89	1	5,37	7,02	3,43	0,54	92,53	12,86	93,83	43,45
10	19,4	25	0,189	3,69	1,92	1	11,05	0,88	2,69	0,53	40,08	3,94	51,17	14,52

Prova N°	Prof. (m)	rd	CSR	CRR7.5	Ksigma	CRRv	MSF	CRRm	CSRfs1	FSL	PL/IPL %	De	Rischio di liquefazione	CL
1	1	0,992	0,154	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	1,7	0,986	0,153	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	2,4	0,981	0,18	0,114	1	0,114	2,083	0,237	0,18	1,321	4	NL	MOLTO BASSO	1-2
4	3,2	0,975	0,202	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	3,8	0,97	0,214	0,149	1	0,149	2,083	0,31	0,214	1,452	2	NL	MOLTO BASSO	1-2
6	11,4	0,869	0,244	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	14	0,8	0,23	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	15,2	0,768	0,223	0,13	0,904	0,117	2,083	0,245	0,223	1,1	10	NL	BASSO	1-2
9	19	0,666	0,198	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	19,4	0,656	0,195	0,092	0,855	0,079	2,083	0,164	0,195	0,845	32	NP	MODERATO	2-3

Tabella n°8.8 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie CPT 4 - Risultati di calcolo.

CPT 5

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE <i>DATI DI CALCOLO</i>														
VERIFICA N°	1	MAGNITUDO	6	CARICO (kg/cmq)										
AREA	1	ACCELERAZIONE MAX.	0,239	PROFONDITA' DEL CARICO (m)										
PROFONDITA' FALDA (m)	2,4													

DATI SULLE PROVE															
PROVA N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
PROF.(m)	1	1,6	2,4	4,4	7	8,4	9,8								
qc (kg/cmq)	41,3	17	14	11,5	14,6	13,4	19,7								
fs (kg/cmq)	1,19	0,944	0,171	0,5	0,468	0,69	0,677								

DATI SULLA STRATIGRAFIA										
STRATO N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PROFONDITA' (m)	1	1,6	2,4	4,4	7	8,4	9,8			
DENSITA' (g/cm ³)	1,85	1,85	1,85	1,87	1,92	1,93	1,94			
CLASSIFICAZIONE	ML	CL	SP	CL	ML	CL	ML			

Tabella n°8.9 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie Prova CPT 5 - Dati di input.

VERIFICA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

METODO MODIFICATO ROBERTSON - WRIDE

MAGNITUDO = 6 $a_g(\max.) = 0,239$

Prova N°	Prof. (m)	qc (kg/cmq)	fs (kg/cmq)	Pt (kg/cmq)	Pe (kg/cmq)	n	Q	F	Ic	Cq	FC (%)	Kc	(qc1N)cs	(N1)60cs
1	1	41,3	1,19	0,18	0,18	0,5	94,04	2,89	2,25	2,36	20,75	1,8	170,17	39,2
2	1,6	17	0,944	0,29	0,29	1	56,43	5,65	2,61	3,49	36,13	3,42	196,7	53,65
3	2,4	14	0,171	0,44	0,44	0,5	20,01	1,26	2,53	1,52	32,46	2,97	61,48	16,14
4	4,4	11,5	0,5	0,81	0,61	1	17,28	4,68	2,92	1,67	53,58	5,94	110,69	35,76
5	7	14,6	0,468	1,31	0,85	1	15,49	3,52	2,88	1,2	51,02	5,54	94,47	29,8
6	8,4	13,4	0,69	1,58	0,98	1	11,96	5,84	3,1	1,04	66,16	8,04	109,17	39,63
7	9,8	19,7	0,677	1,85	1,11	1	15,94	3,79	2,89	0,92	51,65	5,64	99,37	31,53

Prova N°	Prof. (m)	rd	CSR	CRR7.5	Ksigma	CRRv	MSF	CRRm	CSRfsl	FSL	PL/IPL %	De	Rischio di liquefazione	CL
1	1	0,992	0,154	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	1,6	0,987	0,153	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	2,4	0,981	0,152	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	4,4	0,966	0,198	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	7	0,946	0,225	0,158	1	0,158	2,083	0,33	0,225	1,466	2	NL	MOLTO BASSO	1-2
6	8,4	0,935	0,233	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	9,8	0,912	0,235	0,171	0,98	0,167	2,083	0,349	0,235	1,488	2	NL	MOLTO BASSO	1-2

Tabella n°8.10 – Verifica della suscettibilità alla liquefazione delle sabbie CPT 5 - Risultati di calcolo.

LEGENDA

qc	Resistenza alla punta misurata	CSR	Sforzo di taglio indotto dal sisma
fs	Attrito laterale specifico misurato	fsl	Fattore di sicurezza applicato a CSR
Pt	Tensione verticale litostatica	CRR7.5	Resistenza al taglio mobilitata per un terremoto di magnitudo 7.5
Pe	Tensione verticale litostatica efficace	Ksigma	Fattore di correzione della pressione di sovraccarico per CRR7.5
n	Esponente pressione (Ic)	CRRv	Resistenza al taglio mobilitata corretta con Ksigma
Q	Resistenza alla punta normalizzata	MSF	Fattore di scala della magnitudo per CRR7.5
F	Attrito laterale normalizzato	CRRm	Resistenza al taglio mobilitata dopo la correzione con MSF
Ic	Indice del tipo di terreno	CSRfsl	CSR corretto con un fattore di sicurezza fsl
Cq	Fattore di correzione pressione di sovraccarico	FSL	Fattore di sicurezza
FC	Contenuto in fini	PL	Probabilità/Indice del potenziale di liquefazione
Kc	Fattore di correzione fini	De*	Descrizione (probabilità di liquefazione)
rd	Coefficiente di riduzione delle tensioni	CL	Classe di fattibilità
(N1)60cs	Resistenza penetrometrica (N1)60 corretta	N/A	Non applicabile in terreni coesivi o asciutti
(qc1N)cs	Resistenza alla punta corretta per la presenza di fini		

Secondo quanto riportato nell'Atto di indirizzo Tecnico dell'Assemblea Legislativa RER (Progr. N. 112, oggetto n. 2131 del 2/05/2007) per verificare la possibilità di occorrenza dei fenomeni di liquefazione vanno impiegate le procedure che nell'Ingegneria Geotecnica Sismica vengono denominati 'metodi semplificati'

Tali metodi sono basati su prove geognostiche di tipo corrente e sulla valutazione, ad ogni quota del deposito compresa nei primi 20,00 m, del coefficiente di sicurezza FL.

Tale valore è pari a:

$$FL = (CRR/CSR) MSF$$

Dove MSF è un fattore di scala che può essere valutato in funzione della Magnitudo dei terremoti attesi mediante la Tab.1 riportata nell'Allegato 3 dell'Atto di indirizzo.

Il coefficiente di sicurezza è il dato indispensabile per determinare l'Indice del potenziale di liquefazione I_L , il cui valore è definito dalla seguente relazione:

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

in cui z è la profondità dal piano campagna in metri e $w(z) = 10 - 0,5z$

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

$$F = 1 - FL \text{ se } FL \leq 1$$

$$F = 0 \text{ se } FL > 1$$

Di seguito si riporta il grado del rischio di liquefazione in relazione al valore di I_L :

$0 < I_L \leq 5$ il rischio di liquefazione è basso

$5 < I_L \leq 15$ il rischio di liquefazione è elevato

$I_L > 15$ il rischio di liquefazione è estremamente elevato

Dai calcoli effettuati risulta che FSL è sempre maggiore di 1,0 nelle prove n°2 e n°5; nelle rimanenti si hanno strati con il coefficiente $FSL < 1,0$; applicando il procedimento richiesto dall'atto di indirizzo della RER si ottengono per I_L i seguenti risultati:

$$CPT 1 I_L = 0,017$$

$$CPT 2 I_L = 0,028$$

$$CPT 3 I_L = 0,062$$

Tali risultati fanno rientrare l'area tra quelle a bassa attitudine a dare fenomeni di liquefazione da parte degli strati a comportamento granulare.

9.0 Conclusioni

Dalle prove eseguite e dalla consultazione dei dati bibliografici acquisiti si possono trarre le seguenti conclusioni:

I terreni presenti sono di genesi sedimentaria derivati dalla dinamica deposizionale del fiume Reno nel periodo Recente (0,0 – 0,016 Ma) per questo motivo sono classificati entro la Carte Geologica d'Italia scala 1:50.000 come appartenenti al Supersintema Emiliano Romagnolo Superiore (AES) di cui formano il Subsintema di Ravenna (AES8). Questo Subsintema è composta da terreni di tutte le frazioni granulometriche con quelle superiori limitate alle parti intravallive e di alta pianura. Nell'area in esame infatti sono state rinvenute granulometrie massime di sabbia grossolana ma disposte in strati di spessore al massimo deca metrico. Le sezioni eseguite dai dati elaborati dalle prove mostrano che nell'area è stato attivo un corso d'acqua che ha dato origine a 3 paleoalvei, due compresi nei primi 5,0 m di spessore ed uno posizionato a circa 10,0 m dal p.c. attuale. La potenza dei sedimenti di canale franco è sempre comunque molto bassa (al massimo 2 m). Nell'area sono stati rinvenuti anche strati di argilla tenera non o poco organici il cui elemento più continuo è quello posto a circa 3,0 m (ma non in tutte le prove) il cui spessore è variabile in quanto probabilmente oggetto di erosione da parte del ciclo di canale n°1.

Le misure effettuate ad estrazione delle aste nei fori di prova hanno mostrato una grande variabilità della soggiacenza della falda. Ciò può essere imputato alla presenza di una piccola falda sospesa tenuta alimentata da un antico vaso ora riempito ma che evidentemente svolge ancora la sua azione di ritenzione e successiva alimentazione di acque nei terreni circostanti. La falda misurata nelle prove più distanti dall'vaso è risultata essere posta a profondità variabili tra i – 1,70 m ed i – 2,40 m in accordo con quanto riportato nella Carta Idrogeologica allegata al Quadro Conoscitivo del PSC Unione dei Comuni Reno Galliera. In disaccordo con quanto riportato nella Carta citata si ha la direzione della falda che dalle misure effettuate risulta ruotata di 90° rispetto a quella dell'elaborato citato (Da SO verso NE anziché da SE verso NO).

Nell'area sono state eseguite misure di permeabilità dei terreni superficiali (1,0 m) mediante pozzetti quadrati con il metodo del carico variabile. I risultati ottenuti sono in linea con quanto ricavato in via preliminare analizzando i dati stimati dall'elaborazione delle prove statiche e relativi alla granulometria dei terreni stimati. Si ha infatti che la permeabilità del terreno insaturo (prima mezz'ora) si aggira su di un ordine di grandezza di 10^{-4} m/s mentre la permeabilità del terreno saturo (termine della prova) è di 10^{-6} m/s. Questo significa che all'inizio prevale la porosità delle granulometrie più elevate (sabbie fini) e successivamente prevale invece quella delle frazioni più fini del terreno (limo con una bassa percentuale di argilla) che va a contrastare la penetrazione dell'acqua nel terreno. C'è da rilevare che la permeabilità misurata è essenzialmente quella orizzontale in quanto in tutti i pozzetti il fondo era dato da argilla franca. In base a questi dati si può affermare anche che la vulnerabilità della falda (-2,40 m) è bassa in quanto protetta da uno strato argilloso di circa 1,0 m di spessore ma il rischio di espansione laterale di sostanze inquinanti è relativamente alto in ragione dello strato sabbioso limoso superficiale. Per questo motivo nella progettazione dei fabbricati deve essere tenuta in particolare considerazione la modalità esecutiva di tutti gli apparati destinati allo smaltimento delle acque (sia reflue che meteoriche).

La geomorfologia dell'area, come evidenziato nella fig. 5.2, pur essendo stata parzialmente obliterata dall'azione antropica porta i segni evidenti dell'azione fluviale che ha generato questa parte di pianura con tracciati dei corsi d'acqua di tipo meandriforme e rotte d'argine (le cui tracce sono tuttora presenti nell'avvallamento con direzione SE – NO che interessa l'area (vedi fig. 5.1). Nell'area era presente un invasore per la lavorazione della canapa ora riempito con terreno e altro materiale di risulta; le prove eseguite nell'area in cui si riteneva potesse essere collocato non hanno evidentemente raggiunto l'obiettivo in quanto la prova è perfettamente correlabile con le altre limitrofe. Sarà necessario in fase esecutiva determinare l'esatta posizione dell'invasore sia utilizzando sovrapposizioni di CTR con foto aeree (opportunamente scalate) e raffittendo nei lotti interessati le campagne geognostiche prescritte dalla Legge in fase esecutiva.

Dall'esame delle resistenze alla punta del penetrometro statico (q_c) è stato possibile dare un giudizio per quello che riguarda l'omogeneità dell'area dal punto di vista geotecnico; essa ricade nella categoria "D3"; in questa categoria si possono edificare fabbricati di normale impegno con fondazioni superficiali. Quanto affermato in precedenza non toglie l'obbligo di eseguire le campagne geognostiche previste dalla Legge per ogni lotto di terreno edificabile da dimensionare in funzione della dimensione dei fabbricati sia in altezza che in larghezza e lunghezza nonché in funzione del tipo di fondazione che si ritiene di utilizzare.

In base a quanto richiesto dal NTUC 2008 l'area si può classificare dal punto di vista dell'amplificazione sismica derivata dalla morfologia dei terreni nella categoria T1

Sulla base di quanto prescritto dal NTC08 è stata determinata la velocità media delle onde sismiche di taglio è di circa 202 ± 16 m/sec; pertanto, per quanto riguarda l'amplificazione delle onde sismiche derivata dalla stratigrafia dei terreni, l'area ricade entro la categoria C *depositi a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*. Indagini specifiche su ogni lotto dovranno essere eseguite in fase esecutiva per la determinazione della frequenza tipica del terreno e della VS30 in ambito locale.

I fattori di amplificazione che permettono di calcolare la velocità al suolo delle onde sismiche devono fare riferimento al tipo Pianura 2 riportato entro l'Atto di indirizzo tecnico deliberato dall'Assemblea Legislativa dell'Emilia Romagna prog.112 del 02/05/2007.

Di calcoli eseguiti risulta che i terreni a componente granulare prevalente posti sotto falda sono da ritenersi o non liquefacibili e ad attitudine alla liquefazione bassa per sismi di $M = 6.0$; si prescrive tuttavia che in fase esecutiva si proceda su ogni lotto, al di sotto del sedime dei fabbricati, con indagini specifiche (prelievo di campioni per analisi granulometriche e prove dinamiche tipo SCPT o prove SCPTU) soprattutto negli strati granulari fino a -5,0 m dal p.c.

Nella presente relazione i dati geotecnici presenti (c_u e j') nelle sezioni stratigrafiche non costituiscono modellazione geotecnica dei terreni; esse sono state utilizzate per cercare eventuali correlazioni tra strati litologici anche attraverso questo sistema. La Modellazione geotecnica dovrà fare parte della Relazione geotecnica che il NTUC 2008 prescrive sia allegata alla denuncia sismica di ogni fabbricato e deve trarre origine da prove dedicate al fabbricato di progetto.

Castenaso li 05/08/2013



Chili Giuliano
OGGER n°565 Sez A)

Allegati

Allegato 1

Prova Penetrometrica
e
Diagrammi

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.0105-016

- committente : Giacobazzi Costruzioni spa
- lavoro : Inserimento POC Ambito 11
- località : Funo di Argelato
- resp. cantiere : Chili Giuliano
- assist. cantiere :

- data : 16/07/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 2,80 da quota inizio

- data di emissione :
06/08/2013

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	50,0	----	100,0	0,80	125,0	10,20	7,0	12,0	14,0	0,47	30,0
0,40	31,5	37,5	63,0	1,60	39,0	10,40	7,5	11,0	15,0	0,53	28,0
0,60	26,0	38,0	52,0	1,20	43,0	10,60	8,0	12,0	16,0	0,67	24,0
0,80	23,0	32,0	46,0	2,27	20,0	10,80	8,0	13,0	16,0	0,67	24,0
1,00	10,5	27,5	21,0	0,87	24,0	11,00	6,5	11,5	13,0	0,60	22,0
1,20	6,5	13,0	13,0	0,93	14,0	11,20	5,5	10,0	11,0	0,47	24,0
1,40	7,5	14,5	15,0	1,07	14,0	11,40	6,5	10,0	13,0	0,47	28,0
1,60	7,0	15,0	14,0	0,60	23,0	11,60	6,5	10,0	13,0	0,60	22,0
1,80	7,5	12,0	15,0	0,67	22,0	11,80	5,0	9,5	10,0	0,60	17,0
2,00	5,0	10,0	10,0	0,53	19,0	12,00	5,0	9,5	10,0	0,60	17,0
2,20	10,0	14,0	20,0	0,33	60,0	12,20	5,5	10,0	11,0	0,60	18,0
2,40	9,5	12,0	19,0	0,40	47,0	12,40	5,5	10,0	11,0	0,60	18,0
2,60	6,0	9,0	12,0	0,53	22,0	12,60	5,0	9,5	10,0	0,53	19,0
2,80	6,5	10,5	13,0	0,27	49,0	12,80	5,5	9,5	11,0	0,53	21,0
3,00	4,0	6,0	8,0	0,40	20,0	13,00	6,5	10,5	13,0	0,60	22,0
3,20	4,0	7,0	8,0	0,07	120,0	13,20	7,5	12,0	15,0	0,93	16,0
3,40	3,0	3,5	6,0	0,27	22,0	13,40	6,5	13,5	13,0	0,73	18,0
3,60	5,0	7,0	10,0	0,53	19,0	13,60	7,5	13,0	15,0	0,80	19,0
3,80	6,0	10,0	12,0	0,60	20,0	13,80	5,0	11,0	10,0	0,47	21,0
4,00	6,0	10,5	12,0	0,53	22,0	14,00	4,0	7,5	8,0	0,53	15,0
4,20	6,5	10,5	13,0	0,60	22,0	14,20	3,0	7,0	6,0	0,47	13,0
4,40	6,5	11,0	13,0	0,40	32,0	14,40	3,5	7,0	7,0	0,47	15,0
4,60	4,5	7,5	9,0	0,33	27,0	14,60	5,0	8,5	10,0	0,53	19,0
4,80	4,5	7,0	9,0	0,80	11,0	14,80	7,5	11,5	15,0	0,67	22,0
5,00	6,0	12,0	12,0	0,13	90,0	15,00	8,0	13,0	16,0	0,47	34,0
5,20	10,5	11,5	21,0	0,80	26,0	15,20	6,5	10,0	13,0	0,47	28,0
5,40	12,0	18,0	24,0	0,53	45,0	15,40	8,5	12,0	17,0	0,67	25,0
5,60	7,0	11,0	14,0	0,47	30,0	15,60	4,5	9,5	9,0	0,60	15,0
5,80	8,5	12,0	17,0	0,33	51,0	15,80	6,5	11,0	13,0	0,47	28,0
6,00	10,0	12,5	20,0	0,93	21,0	16,00	6,5	10,0	13,0	0,60	22,0
6,20	8,0	15,0	16,0	0,60	27,0	16,20	5,5	10,0	11,0	0,33	33,0
6,40	6,0	10,5	12,0	0,53	22,0	16,40	5,5	8,0	11,0	0,60	18,0
6,60	4,0	8,0	8,0	0,40	20,0	16,60	4,5	9,0	9,0	0,33	27,0
6,80	8,0	11,0	16,0	0,47	34,0	16,80	6,0	8,5	12,0	0,53	22,0
7,00	6,0	9,5	12,0	0,40	30,0	17,00	6,0	10,0	12,0	0,73	16,0
7,20	7,0	10,0	14,0	0,33	42,0	17,20	5,5	11,0	11,0	0,60	18,0
7,40	7,0	9,5	14,0	0,53	26,0	17,40	8,0	12,5	16,0	1,07	15,0
7,60	5,0	9,0	10,0	0,60	17,0	17,60	9,0	17,0	18,0	0,93	19,0
7,80	7,0	11,5	14,0	0,67	21,0	17,80	8,5	15,5	17,0	1,00	17,0
8,00	6,0	11,0	12,0	0,67	18,0	18,00	8,5	16,0	17,0	0,80	21,0
8,20	6,5	11,5	13,0	0,53	24,0	18,20	7,0	13,0	14,0	0,73	19,0
8,40	7,5	11,5	15,0	0,73	20,0	18,40	4,0	9,5	8,0	0,67	12,0
8,60	5,0	10,5	10,0	0,80	12,0	18,60	5,0	10,0	10,0	0,13	75,0
8,80	7,0	13,0	14,0	0,60	23,0	18,80	9,5	10,5	19,0	0,73	26,0
9,00	9,5	14,0	19,0	0,80	24,0	19,00	9,5	15,0	19,0	0,13	142,0
9,20	10,0	16,0	20,0	0,93	21,0	19,20	12,0	13,0	24,0	0,47	51,0
9,40	12,0	19,0	24,0	1,00	24,0	19,40	13,5	17,0	27,0	0,53	51,0
9,60	13,0	20,5	26,0	1,47	18,0	19,60	6,0	10,0	12,0	0,53	22,0
9,80	10,0	21,0	20,0	1,07	19,0	19,80	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0
10,00	8,0	16,0	16,0	0,67	24,0	20,00	6,0	10,0	12,0	----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo DEEP DRILL SP 200 KN da 20 t - (con 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 DIAGRAMMA DI RESISTENZA

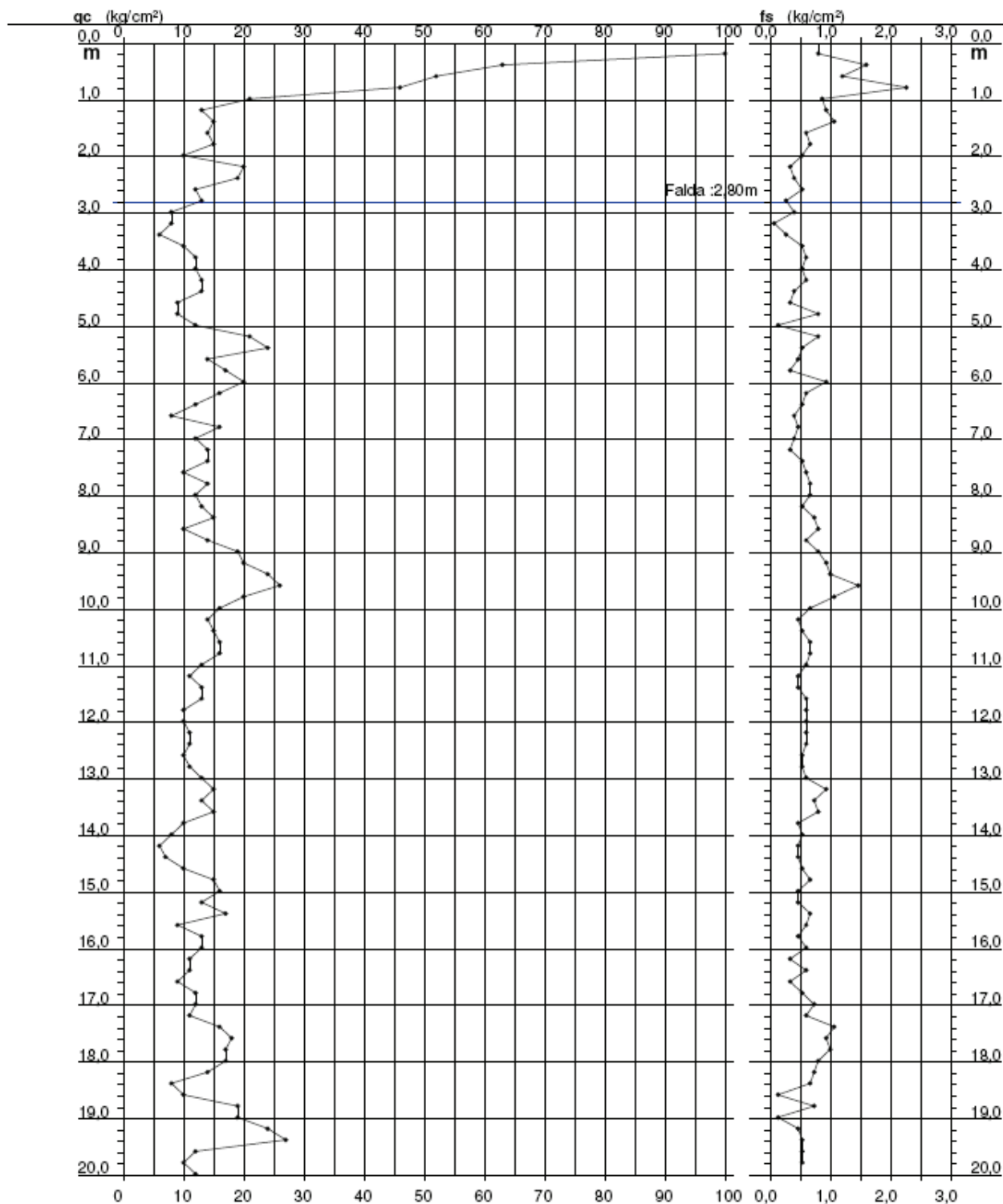
CPT 1

2.0105-016

- committente : Giacobazzi Costruzioni spa
- lavoro : Inserimento POC Ambito 11
- località : Funo di Argelato
- resp. cantiere : Chili Giuliano
- assist. cantiere :

- data : 16/07/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 2,80 da quota inizio

- data di emissione :
06/08/2013



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

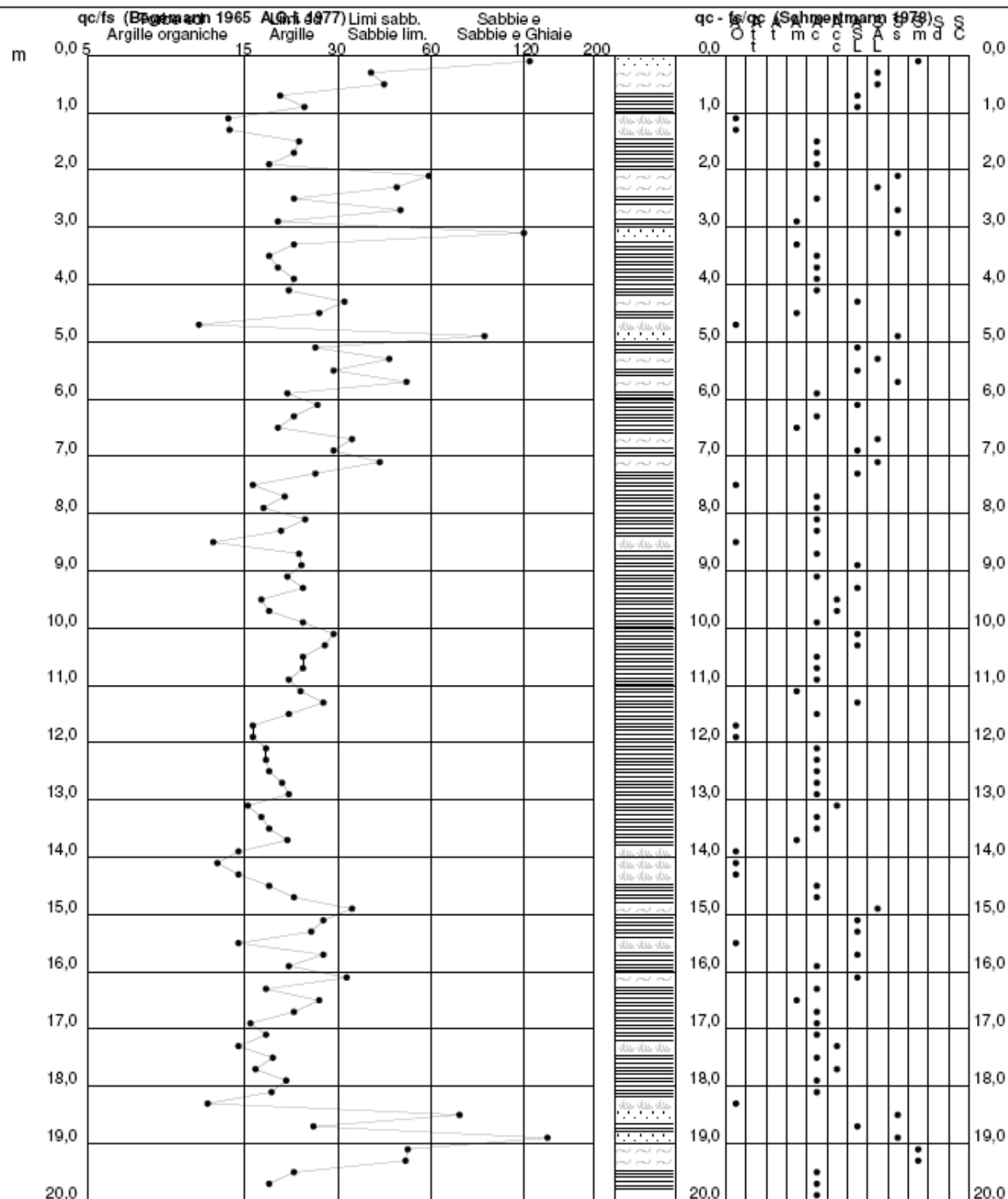
CPT 1

2.0105-016

- committente : Giacobazzi Costruzioni spa
- lavoro : Inserimento POC Ambito 11
- località : Funo di Argelato
- resp. cantiere : Chili Giuliano
- assist. cantiere :

- data : 16/07/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 2,80 da quota inizio

- data di emissione :
06/08/2013



PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.0105-016

- committente : Giacobazzi Costruzioni spa
- lavoro : Inserimento POC Ambito 11
- località : Funo di Argelato
- resp. cantiere : Chili Giuliano
- assist. cantiere :

- data : 16/07/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 0,90 da quota inizio

- data di emissione : 06/08/2013

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	18,0	---	36,0	1,07	34,0	7,80	5,0	10,0	10,0	0,60	17,0
0,40	22,0	30,0	44,0	2,40	18,0	8,00	7,0	11,5	14,0	0,67	21,0
0,60	17,0	35,0	34,0	0,53	64,0	8,20	7,0	12,0	14,0	0,73	19,0
0,80	17,5	21,5	35,0	1,53	23,0	8,40	5,5	11,0	11,0	0,67	16,0
1,00	9,0	20,5	18,0	1,47	12,0	8,60	6,0	11,0	12,0	0,67	18,0
1,20	6,0	17,0	12,0	1,07	11,0	8,80	7,0	12,0	14,0	0,53	26,0
1,40	5,0	13,0	10,0	0,73	14,0	9,00	5,0	9,0	10,0	0,40	25,0
1,60	6,0	11,5	12,0	0,33	36,0	9,20	6,0	9,0	12,0	0,47	26,0
1,80	7,0	9,5	14,0	0,33	42,0	9,40	10,0	13,5	20,0	0,47	43,0
2,00	8,5	11,0	17,0	0,53	32,0	9,60	9,5	13,0	19,0	0,80	24,0
2,20	6,5	10,5	13,0	0,33	39,0	9,80	7,5	13,5	15,0	1,00	15,0
2,40	12,5	15,0	25,0	0,40	62,0	10,00	7,5	15,0	15,0	0,80	19,0
2,60	10,0	13,0	20,0	0,40	50,0	10,20	8,0	14,0	16,0	0,60	27,0
2,80	13,0	16,0	26,0	0,27	97,0	10,40	7,5	12,0	15,0	0,67	22,0
3,00	3,0	5,0	6,0	0,13	45,0	10,60	5,0	10,0	10,0	0,40	25,0
3,20	4,0	5,0	8,0	0,20	40,0	10,80	4,0	7,0	8,0	0,27	30,0
3,40	4,5	6,0	9,0	0,40	22,0	11,00	3,0	5,0	6,0	0,33	18,0
3,60	5,0	8,0	10,0	0,40	25,0	11,20	4,5	7,0	9,0	0,27	34,0
3,80	5,0	8,0	10,0	0,53	19,0	11,40	4,0	6,0	8,0	0,27	30,0
4,00	6,0	10,0	12,0	0,67	18,0	11,60	5,0	7,0	10,0	0,73	14,0
4,20	6,0	11,0	12,0	0,67	18,0	11,80	6,0	11,5	12,0	0,67	18,0
4,40	5,5	10,5	11,0	0,53	21,0	12,00	5,0	10,0	10,0	0,67	15,0
4,60	5,0	9,0	10,0	0,47	21,0	12,20	6,0	11,0	12,0	0,53	22,0
4,80	4,5	8,0	9,0	0,40	22,0	12,40	6,0	10,0	12,0	0,60	20,0
5,00	7,0	10,0	14,0	0,53	26,0	12,60	5,5	10,0	11,0	0,67	16,0
5,20	5,0	9,0	10,0	0,40	25,0	12,80	5,0	10,0	10,0	0,60	17,0
5,40	7,5	10,5	15,0	0,60	25,0	13,00	5,5	10,0	11,0	0,60	18,0
5,60	5,5	10,0	11,0	0,40	27,0	13,20	6,5	11,0	13,0	0,67	19,0
5,80	7,0	10,0	14,0	0,47	30,0	13,40	8,0	13,0	16,0	0,87	18,0
6,00	5,5	9,0	11,0	0,53	21,0	13,60	6,0	12,5	12,0	0,67	18,0
6,20	5,0	9,0	10,0	0,40	25,0	13,80	5,0	10,0	10,0	0,47	21,0
6,40	6,0	9,0	12,0	0,40	30,0	14,00	4,5	8,0	9,0	0,47	19,0
6,60	7,0	10,0	14,0	0,47	30,0	14,20	4,5	8,0	9,0	0,67	13,0
6,80	7,5	11,0	15,0	0,47	32,0	14,40	18,0	23,0	36,0	0,87	42,0
7,00	6,5	10,0	13,0	0,27	49,0	14,60	15,0	21,5	30,0	0,67	45,0
7,20	7,0	9,0	14,0	0,47	30,0	14,80	15,0	20,0	30,0	0,73	41,0
7,40	8,0	11,5	16,0	0,47	34,0	15,00	12,0	17,5	24,0	----	---
7,60	7,0	10,5	14,0	0,67	21,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo DEEP DRILL SP 200 KN da 20 t - (con 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 DIAGRAMMA DI RESISTENZA

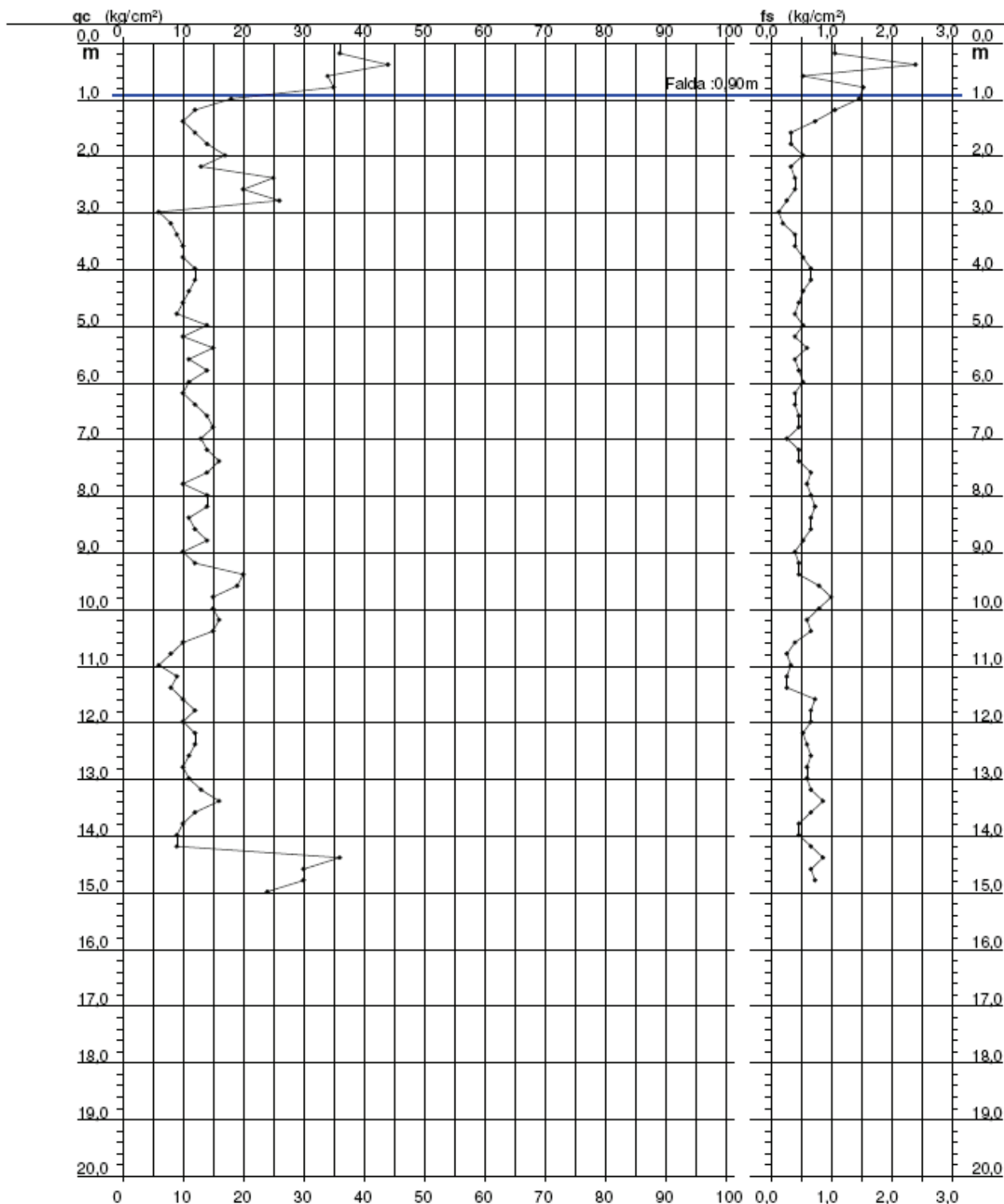
CPT 2

2.0105-016

- committente : Giacobazzi Costruzioni spa
- lavoro : Inserimento POC Ambito 11
- località : Funo di Argelato
- resp. cantiere : Chili Giuliano
- assist. cantiere :

- data : 16/07/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 0,90 da quota inizio

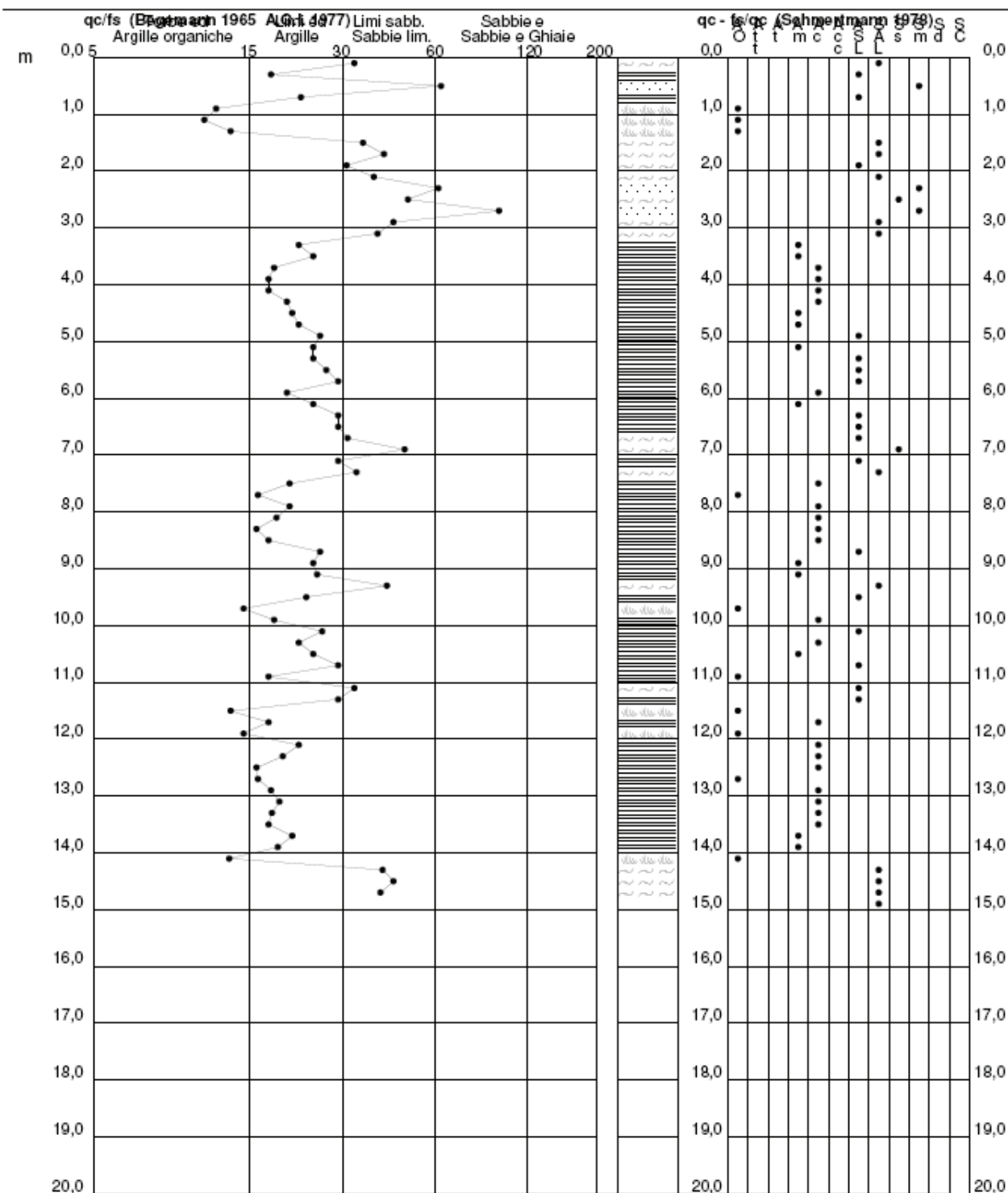
- data di emissione :
06/08/2013



CPT 2

2.0105-016

- data di emissione : 06/08/2013



PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.0105-016

- committente : Giacobazzi Costruzioni spa
- lavoro : Inserimento POC Ambito 11
- località : Funo di Argelato
- resp. cantiere : Chili Giuliano
- assist. cantiere :

- data : 16/07/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 1,10 da quota inizio

- data di emissione :
06/08/2013

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	50,0	----	100,0	2,27	44,0	10,20	7,5	12,0	15,0	0,47	32,0
0,40	17,0	34,0	34,0	1,73	20,0	10,40	7,5	11,0	15,0	0,40	37,0
0,60	25,0	38,0	50,0	2,13	23,0	10,60	10,5	13,5	21,0	0,60	35,0
0,80	18,0	34,0	36,0	1,87	19,0	10,80	9,5	14,0	19,0	0,60	32,0
1,00	10,0	24,0	20,0	1,60	12,0	11,00	9,5	14,0	19,0	0,20	95,0
1,20	7,5	19,5	15,0	1,47	10,0	11,20	10,5	12,0	21,0	0,47	45,0
1,40	7,0	18,0	14,0	0,67	21,0	11,40	4,5	8,0	9,0	0,20	45,0
1,60	5,5	10,5	11,0	0,60	18,0	11,60	4,5	6,0	9,0	0,47	19,0
1,80	7,5	12,0	15,0	0,67	22,0	11,80	5,0	8,5	10,0	0,47	21,0
2,00	12,0	17,0	24,0	0,53	45,0	12,00	5,5	9,0	11,0	0,53	21,0
2,20	14,0	18,0	28,0	0,20	140,0	12,20	6,0	10,0	12,0	0,73	16,0
2,40	7,0	8,5	14,0	0,60	23,0	12,40	6,0	11,5	12,0	0,47	26,0
2,60	4,5	9,0	9,0	0,40	22,0	12,60	5,0	8,5	10,0	0,60	17,0
2,80	6,5	9,5	13,0	0,47	28,0	12,80	6,0	10,5	12,0	0,47	26,0
3,00	4,0	7,5	8,0	0,33	24,0	13,00	5,0	8,5	10,0	0,33	30,0
3,20	4,0	6,5	8,0	0,40	20,0	13,20	6,0	8,5	12,0	0,47	26,0
3,40	4,5	7,5	9,0	0,40	22,0	13,40	6,0	9,5	12,0	0,67	18,0
3,60	4,0	7,0	8,0	0,53	15,0	13,60	6,0	11,0	12,0	0,60	20,0
3,80	8,0	12,0	16,0	0,80	20,0	13,80	7,0	11,5	14,0	0,73	19,0
4,00	9,0	15,0	18,0	0,73	25,0	14,00	6,5	12,0	13,0	0,80	16,0
4,20	6,5	12,0	13,0	0,60	22,0	14,20	5,0	11,0	10,0	0,40	25,0
4,40	7,0	11,5	14,0	0,53	26,0	14,40	3,5	6,5	7,0	0,47	15,0
4,60	9,0	13,0	18,0	0,53	34,0	14,60	3,0	6,5	6,0	0,27	22,0
4,80	8,5	12,5	17,0	0,67	25,0	14,80	4,5	6,5	9,0	0,47	19,0
5,00	5,0	10,0	10,0	0,20	50,0	15,00	4,0	7,5	8,0	0,33	24,0
5,20	7,0	8,5	14,0	0,27	52,0	15,20	6,5	9,0	13,0	0,47	28,0
5,40	8,5	10,5	17,0	0,53	32,0	15,40	4,5	8,0	9,0	0,40	22,0
5,60	7,5	11,5	15,0	0,53	28,0	15,60	6,5	9,5	13,0	0,40	32,0
5,80	8,0	12,0	16,0	0,47	34,0	15,80	5,5	8,5	11,0	0,53	21,0
6,00	9,5	13,0	19,0	0,47	41,0	16,00	5,0	9,0	10,0	0,40	25,0
6,20	8,5	12,0	17,0	0,73	23,0	16,20	6,0	9,0	12,0	0,47	26,0
6,40	7,5	13,0	15,0	0,47	32,0	16,40	6,0	9,5	12,0	0,53	22,0
6,60	12,5	16,0	25,0	0,27	94,0	16,60	7,0	11,0	14,0	0,47	30,0
6,80	11,5	13,5	23,0	0,47	49,0	16,80	6,5	10,0	13,0	0,80	16,0
7,00	9,5	13,0	19,0	0,60	32,0	17,00	4,5	10,5	9,0	0,53	17,0
7,20	7,0	11,5	14,0	0,60	23,0	17,20	5,5	9,5	11,0	0,67	16,0
7,40	6,5	11,0	13,0	0,53	24,0	17,40	7,5	12,5	15,0	0,80	19,0
7,60	7,5	11,5	15,0	0,67	22,0	17,60	9,0	15,0	18,0	0,93	19,0
7,80	8,0	13,0	16,0	0,67	24,0	17,80	8,0	15,0	16,0	0,93	17,0
8,00	7,0	12,0	14,0	0,40	35,0	18,00	8,0	15,0	16,0	1,00	16,0
8,20	7,0	10,0	14,0	0,60	23,0	18,20	9,0	16,5	18,0	0,87	21,0
8,40	8,0	12,5	16,0	0,80	20,0	18,40	7,0	13,5	14,0	0,80	17,0
8,60	6,5	12,5	13,0	0,53	24,0	18,60	6,5	12,5	13,0	0,27	49,0
8,80	6,0	10,0	12,0	0,53	22,0	18,80	5,0	7,0	10,0	0,73	14,0
9,00	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0	19,00	5,0	10,5	10,0	0,20	50,0
9,20	8,0	12,0	16,0	0,73	22,0	19,20	11,5	13,0	23,0	0,60	38,0
9,40	8,5	14,0	17,0	0,73	23,0	19,40	11,5	16,0	23,0	1,13	20,0
9,60	6,5	12,0	13,0	0,40	32,0	19,60	7,0	15,5	14,0	0,73	19,0
9,80	8,5	11,5	17,0	0,60	28,0	19,80	8,5	14,0	17,0	0,73	23,0
10,00	6,5	11,0	13,0	0,60	22,0	20,00	5,5	11,0	11,0	----	---

- PENETROMETRO STATICO tipo DEEP DRILL SP 200 KN da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct= 20 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35,7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

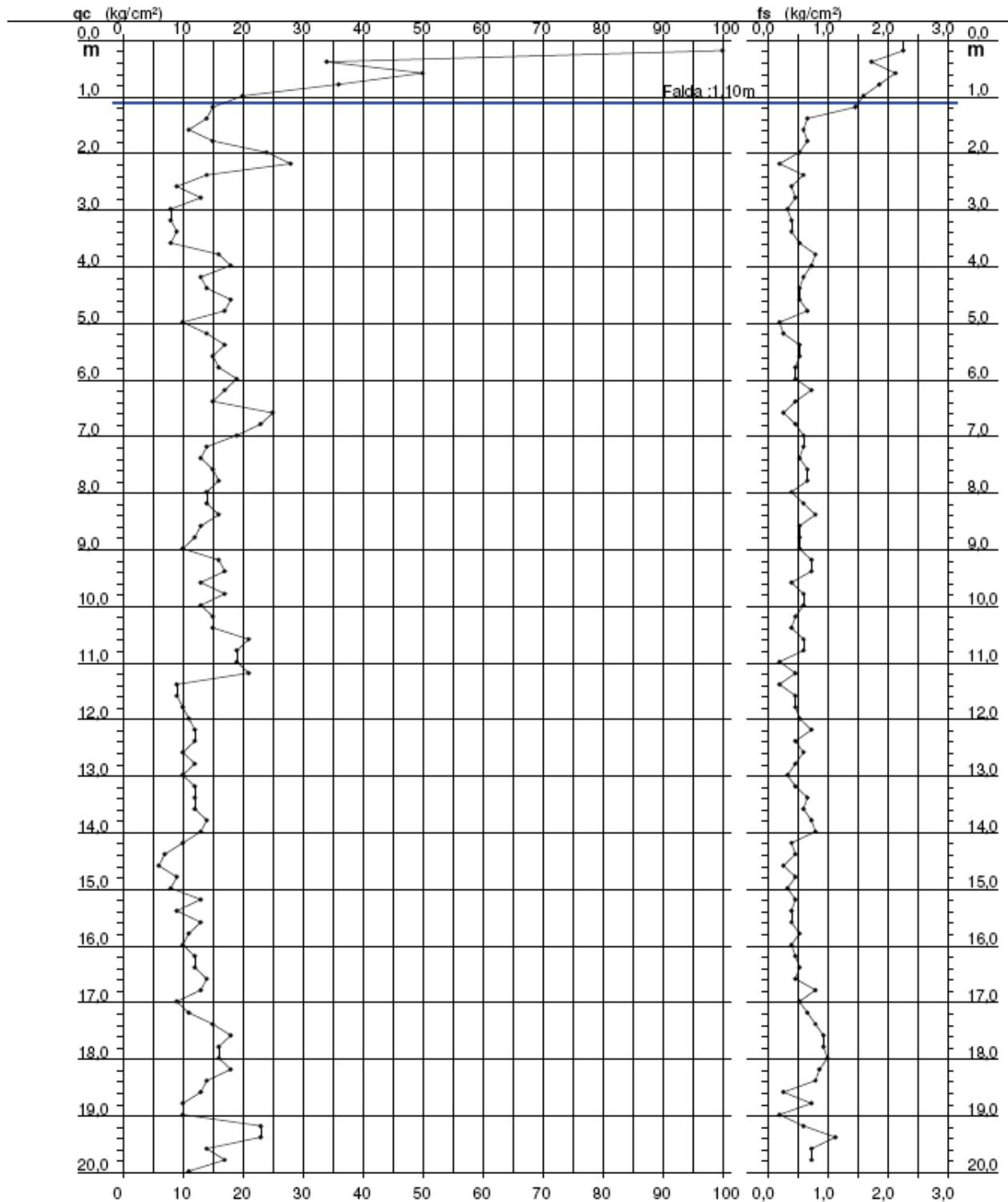
CPT 3

2.0105-016

- committente : Giacobazzi Costruzioni spa
- lavoro : Inserimento POC Ambito 11
- località : Funo di Argelato
- resp. cantiere : Chili Giuliano
- assist. cantiere :

- data : 16/07/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 1,10 da quota inizio

- data di emissione :
06/08/2013



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

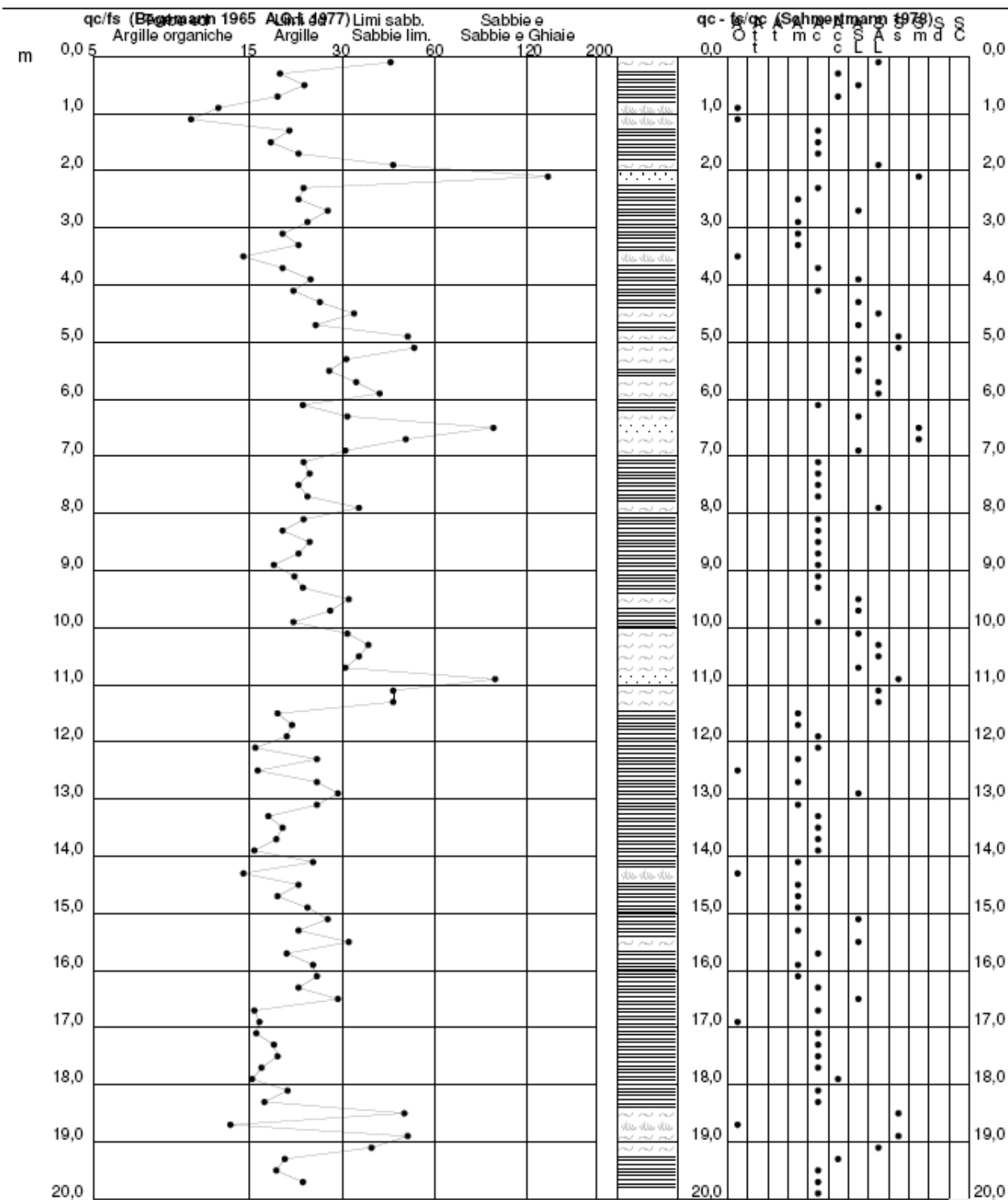
CPT 3

2.0105-016

- committente : Giacobazzi Costruzioni spa
- lavoro : Inserimento POC Ambito 11
- località : Funo di Argelato
- resp. cantiere : Chili Giuliano
- assist. cantiere :

- data : 16/07/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 1,10 da quota inizio

- data di emissione :
06/08/2013



PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 4

2.0105-016

- committente : Giacobazzi Costruzioni spa
- lavoro : Inserimento POC Ambito 11
- località : Funo di Argelato
- resp. cantiere : Chili Giuliano
- assist. cantiere :

- data : 17/07/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 1,70 da quota inizio

- data di emissione :
06/08/2013

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	9,0	----	18,0	0,47	39,0	10,20	8,0	15,0	16,0	0,87	18,0
0,40	14,5	18,0	29,0	1,33	22,0	10,40	6,0	12,5	12,0	0,53	22,0
0,60	7,0	17,0	14,0	1,00	14,0	10,60	4,5	8,5	9,0	0,40	22,0
0,80	9,5	17,0	19,0	1,07	18,0	10,80	4,0	7,0	8,0	0,27	30,0
1,00	6,0	14,0	12,0	0,53	22,0	11,00	5,0	7,0	10,0	0,40	25,0
1,20	7,0	11,0	14,0	0,47	30,0	11,20	5,0	8,0	10,0	0,20	50,0
1,40	6,5	10,0	13,0	0,40	32,0	11,40	7,0	8,5	14,0	0,47	30,0
1,60	6,0	9,0	12,0	0,60	20,0	11,60	4,5	8,0	9,0	0,60	15,0
1,80	6,5	11,0	13,0	0,13	97,0	11,80	6,5	11,0	13,0	0,67	19,0
2,00	9,5	10,5	19,0	0,73	26,0	12,00	5,5	10,5	11,0	0,53	21,0
2,20	7,5	13,0	15,0	0,13	112,0	12,20	5,5	9,5	11,0	0,47	24,0
2,40	8,5	9,5	17,0	0,47	36,0	12,40	6,5	10,0	13,0	0,60	22,0
2,60	4,5	8,0	9,0	0,53	17,0	12,60	6,0	10,5	12,0	0,73	16,0
2,80	4,5	8,5	9,0	0,53	17,0	12,80	6,5	12,0	13,0	0,73	18,0
3,00	6,0	10,0	12,0	0,40	30,0	13,00	6,0	11,5	12,0	0,80	15,0
3,20	5,0	8,0	10,0	0,47	21,0	13,20	5,0	11,0	10,0	0,80	12,0
3,40	3,5	7,0	7,0	0,27	26,0	13,40	8,0	14,0	16,0	0,93	17,0
3,60	3,5	5,5	7,0	0,20	35,0	13,60	8,0	15,0	16,0	0,93	17,0
3,80	4,0	5,5	8,0	0,27	30,0	13,80	9,0	16,0	18,0	1,00	18,0
4,00	7,0	9,0	14,0	0,67	21,0	14,00	4,0	11,5	8,0	0,60	13,0
4,20	10,0	15,0	20,0	1,07	19,0	14,20	8,0	12,5	16,0	0,47	34,0
4,40	10,0	18,0	20,0	0,87	23,0	14,40	17,5	21,0	35,0	0,47	75,0
4,60	10,0	16,5	20,0	0,87	23,0	14,60	24,0	27,5	48,0	0,40	120,0
4,80	10,0	16,5	20,0	1,00	20,0	14,80	22,0	25,0	44,0	0,47	94,0
5,00	9,5	17,0	19,0	0,93	20,0	15,00	12,0	15,5	24,0	0,53	45,0
5,20	10,0	17,0	20,0	1,13	18,0	15,20	12,0	16,0	24,0	0,53	45,0
5,40	9,5	18,0	19,0	0,53	36,0	15,40	9,5	13,5	19,0	0,80	24,0
5,60	8,0	12,0	16,0	0,73	22,0	15,60	9,0	15,0	18,0	0,80	22,0
5,80	6,5	12,0	13,0	0,53	24,0	15,80	5,5	11,5	11,0	0,67	16,0
6,00	11,0	15,0	22,0	1,07	21,0	16,00	4,5	9,5	9,0	0,60	15,0
6,20	7,0	15,0	14,0	0,53	26,0	16,20	4,0	8,5	8,0	0,53	15,0
6,40	7,0	11,0	14,0	0,53	26,0	16,40	7,5	11,5	15,0	0,73	20,0
6,60	6,5	10,5	13,0	0,60	22,0	16,60	8,0	13,5	16,0	0,80	20,0
6,80	8,5	13,0	17,0	0,73	23,0	16,80	7,5	13,5	15,0	0,73	20,0
7,00	5,5	11,0	11,0	0,33	33,0	17,00	7,0	12,5	14,0	0,80	17,0
7,20	8,0	10,5	16,0	0,73	22,0	17,20	8,5	14,5	17,0	0,93	18,0
7,40	7,5	13,0	15,0	0,53	28,0	17,40	8,0	15,0	16,0	0,80	20,0
7,60	6,5	10,5	13,0	0,60	22,0	17,60	8,0	14,0	16,0	0,93	17,0
7,80	10,0	14,5	20,0	1,00	20,0	17,80	9,0	16,0	18,0	0,87	21,0
8,00	8,0	15,5	16,0	0,67	24,0	18,00	10,5	17,0	21,0	1,07	20,0
8,20	10,0	15,0	20,0	1,13	18,0	18,20	6,5	14,5	13,0	0,67	19,0
8,40	7,5	16,0	15,0	1,00	15,0	18,40	3,0	8,0	6,0	0,40	15,0
8,60	6,0	13,5	12,0	0,60	20,0	18,60	3,5	6,5	7,0	0,40	17,0
8,80	6,5	11,0	13,0	0,67	19,0	18,80	5,0	8,0	10,0	0,40	25,0
9,00	4,5	9,5	9,0	0,47	19,0	19,00	5,0	8,0	10,0	0,40	25,0
9,20	6,0	9,5	12,0	0,53	22,0	19,20	7,0	10,0	14,0	0,07	210,0
9,40	8,0	12,0	16,0	0,73	22,0	19,40	18,0	18,5	36,0	0,67	54,0
9,60	9,0	14,5	18,0	0,80	22,0	19,60	5,0	10,0	10,0	0,53	19,0
9,80	8,5	14,5	17,0	0,73	23,0	19,80	6,0	10,0	12,0	0,67	18,0
10,00	9,5	15,0	19,0	0,93	20,0	20,00	5,0	10,0	10,0	----	---

- PENETROMETRO STATICO tipo DEEP DRILL SP 200 KN da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct= 20 - Velocità avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35,7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

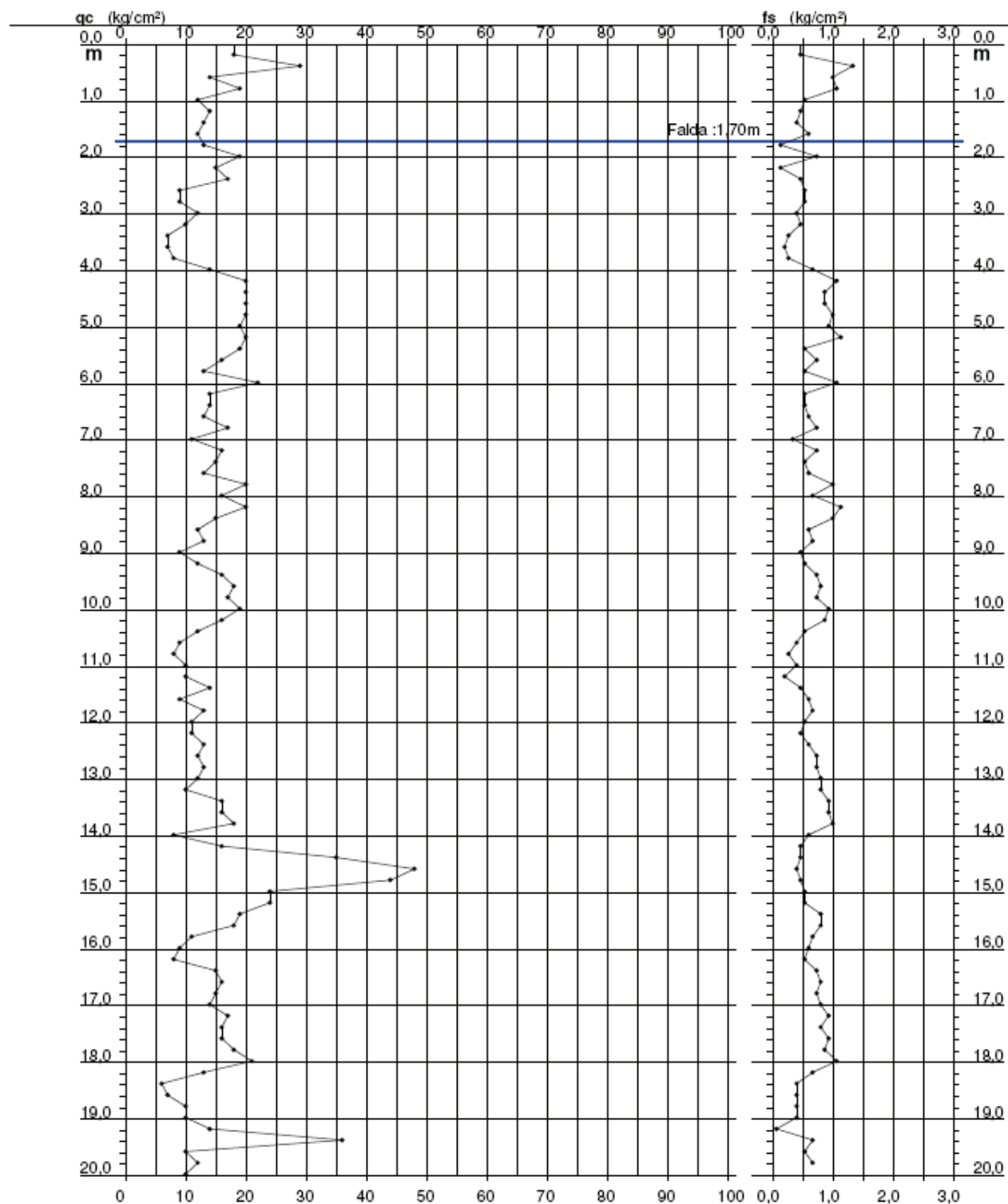
CPT 4

2.0105-016

- committente : Giacobazzi Costruzioni spa
- lavoro : Inserimento POC Ambito 11
- località : Funo di Argelato
- resp. cantiere : Chili Giuliano
- assist. cantiere :

- data : 17/07/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 1,70 da quota inizio

- data di emissione :
06/08/2013



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

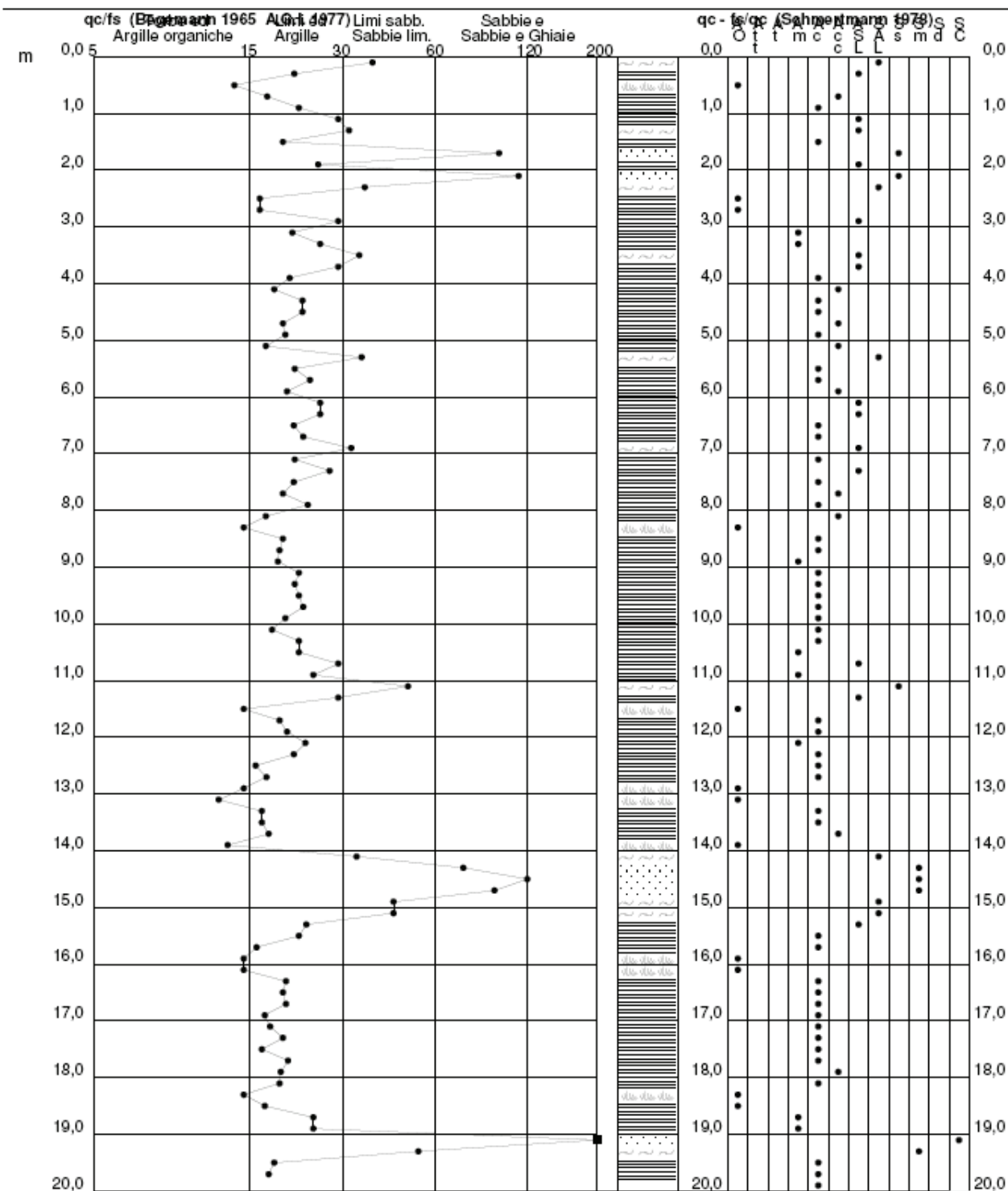
CPT 4

2.0105-016

- committente : Giacobazzi Costruzioni spa
- lavoro : Inserimento POC Ambito 11
- località : Funo di Argelato
- resp. cantiere : Chili Giuliano
- assist. cantiere :

- data : 17/07/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 1,70 da quota inizio

- data di emissione :
06/08/2013



PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 5

2.0105-016

- committente : Giacobazzi Costruzioni spa
- lavoro : Inserimento POC Ambito 11
- località : Funo di Argelato
- resp. cantiere : Chili Giuliano
- assist. cantiere :

- data : 17/07/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 2,40 da quota inizio

- data di emissione : 06/08/2013

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	9,0	----	18,0	0,13	135,0	7,80	6,5	13,5	13,0	0,87	15,0
0,40	21,0	22,0	42,0	1,33	31,0	8,00	6,0	12,5	12,0	0,53	22,0
0,60	23,5	33,5	47,0	2,20	21,0	8,20	6,0	10,0	12,0	0,60	20,0
0,80	22,0	38,5	44,0	0,73	60,0	8,40	5,5	10,0	11,0	0,47	24,0
1,00	16,0	21,5	32,0	1,20	27,0	8,60	9,5	13,0	19,0	0,60	32,0
1,20	10,0	19,0	20,0	1,07	19,0	8,80	8,5	13,0	17,0	0,67	25,0
1,40	8,0	16,0	16,0	0,87	18,0	9,00	8,0	13,0	16,0	0,73	22,0
1,60	7,5	14,0	15,0	0,87	17,0	9,20	10,5	16,0	21,0	0,40	52,0
1,80	11,0	17,5	22,0	0,27	82,0	9,40	9,0	12,0	18,0	0,80	22,0
2,00	10,0	12,0	20,0	0,47	43,0	9,60	12,5	18,5	25,0	0,87	29,0
2,20	4,0	7,5	8,0	0,07	120,0	9,80	11,0	17,5	22,0	1,00	22,0
2,40	3,0	3,5	6,0	0,33	18,0	10,00	9,5	17,0	19,0	0,80	24,0
2,60	4,5	7,0	9,0	0,27	34,0	10,20	10,0	16,0	20,0	0,67	30,0
2,80	7,0	9,0	14,0	0,53	26,0	10,40	7,0	12,0	14,0	0,87	16,0
3,00	5,0	9,0	10,0	0,40	25,0	10,60	5,5	12,0	11,0	0,33	33,0
3,20	4,0	7,0	8,0	0,40	20,0	10,80	6,0	8,5	12,0	0,60	20,0
3,40	3,0	6,0	6,0	0,40	15,0	11,00	5,5	10,0	11,0	0,60	18,0
3,60	3,5	6,5	7,0	0,27	26,0	11,20	4,5	9,0	9,0	0,07	135,0
3,80	7,0	9,0	14,0	0,53	26,0	11,40	6,5	7,0	13,0	0,80	16,0
4,00	8,5	12,5	17,0	0,73	23,0	11,60	6,5	12,5	13,0	0,67	19,0
4,20	8,5	14,0	17,0	0,80	21,0	11,80	7,5	12,5	15,0	0,80	19,0
4,40	9,0	15,0	18,0	0,93	19,0	12,00	6,5	12,5	13,0	0,67	19,0
4,60	9,0	16,0	18,0	0,73	25,0	12,20	6,0	11,0	12,0	0,67	18,0
4,80	7,5	13,0	15,0	0,40	37,0	12,40	5,0	10,0	10,0	0,53	19,0
5,00	9,5	12,5	19,0	0,67	28,0	12,60	6,0	10,0	12,0	1,00	12,0
5,20	9,0	14,0	18,0	0,47	39,0	12,80	7,5	15,0	15,0	0,73	20,0
5,40	5,0	8,5	10,0	0,40	25,0	13,00	7,0	12,5	14,0	0,40	35,0
5,60	4,5	7,5	9,0	0,27	34,0	13,20	8,0	11,0	16,0	1,13	14,0
5,80	10,0	12,0	20,0	0,67	30,0	13,40	7,0	15,5	14,0	0,93	15,0
6,00	7,0	12,0	14,0	0,73	19,0	13,60	8,0	15,0	16,0	1,07	15,0
6,20	6,5	12,0	13,0	0,47	28,0	13,80	6,5	14,5	13,0	1,00	13,0
6,40	8,5	12,0	17,0	0,60	28,0	14,00	4,5	12,0	9,0	0,27	34,0
6,60	5,0	9,5	10,0	0,47	21,0	14,20	4,0	6,0	8,0	0,93	9,0
6,80	6,5	10,0	13,0	0,33	39,0	14,40	10,0	17,0	20,0	0,67	30,0
7,00	7,0	9,5	14,0	0,27	52,0	14,60	6,0	11,0	12,0	0,60	20,0
7,20	8,0	10,0	16,0	1,07	15,0	14,80	10,5	15,0	21,0	0,53	39,0
7,40	7,0	15,0	14,0	0,60	23,0	15,00	14,0	18,0	28,0	----	---
7,60	8,0	12,5	16,0	0,93	17,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo DEEP DRILL SP 200 KN da 20 t - (con 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 DIAGRAMMA DI RESISTENZA

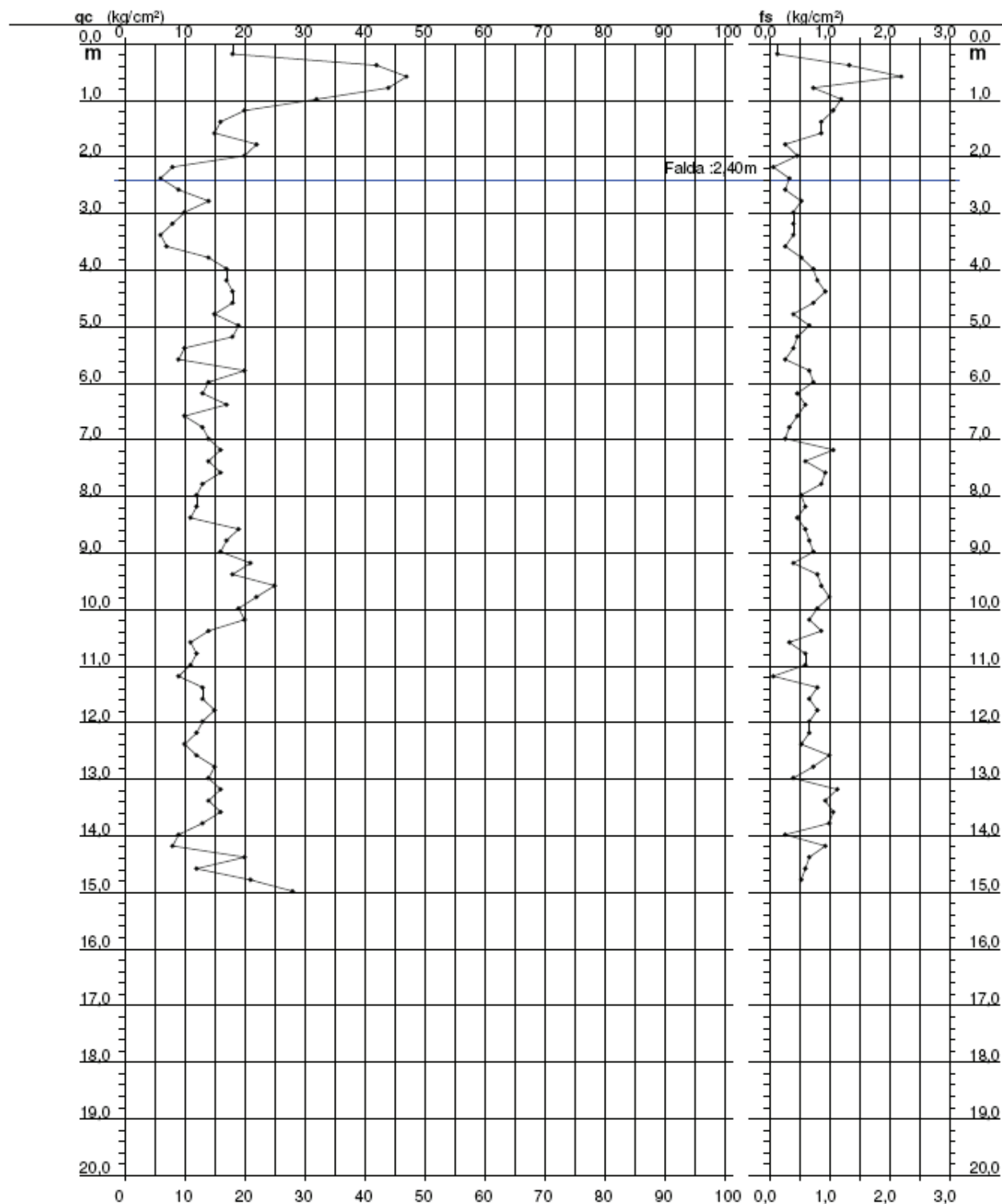
CPT 5

2.0105-016

- committente : Giacobazzi Costruzioni spa
- lavoro : Inserimento POC Ambito 11
- località : Funo di Argelato
- resp. cantiere : Chili Giuliano
- assist. cantiere :

- data : 17/07/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 2,40 da quota inizio

- data di emissione :
06/08/2013



PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

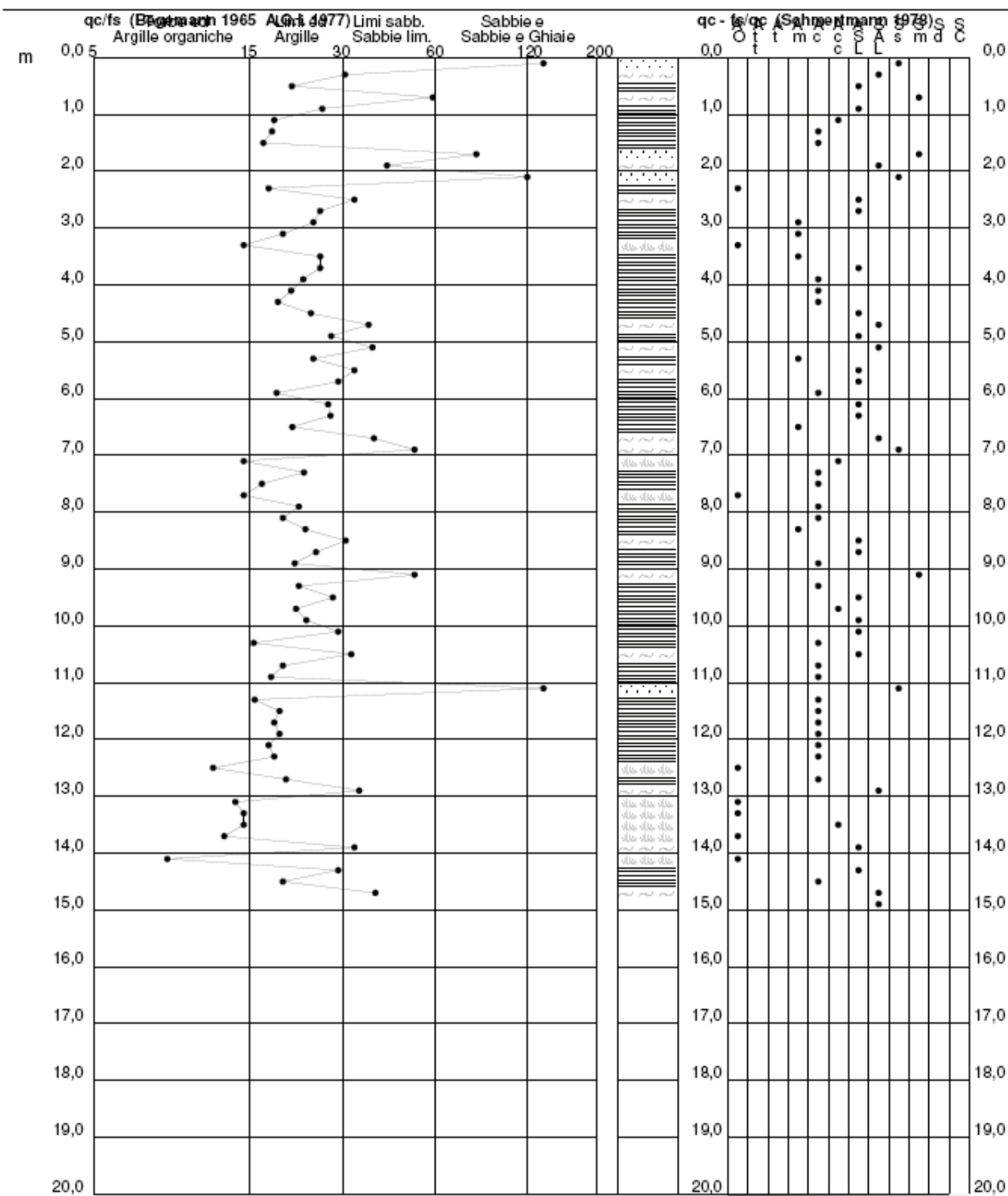
CPT 5

2.0105-016

- committente : Giacobazzi Costruzioni spa
- lavoro : Inserimento POC Ambito 11
- località : Funo di Argelato
- resp. cantiere : Chili Giuliano
- assist. cantiere :

- data : 17/07/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- falda : 2,40 da quota inizio

- data di emissione :
06/08/2013



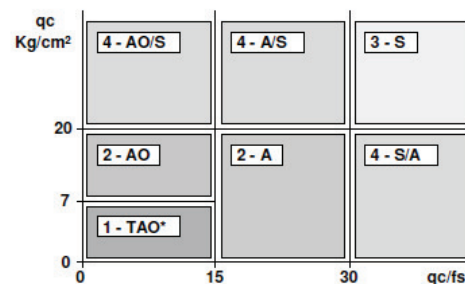
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto qc / fs
(Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$qc \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(qc / fs) > 30$

$qc \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(qc / fs) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori $d\gamma'$)
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - qc]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p I_p = indice plastico]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - qc]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico corrisp. al 50-25% (coefficiente di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - qc - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : D_r - qc - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - qc - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media uniforme/ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa uniforme/ media ben gradata
 ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco limosa/ ghiaietto uniforme
- A_{max} = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]

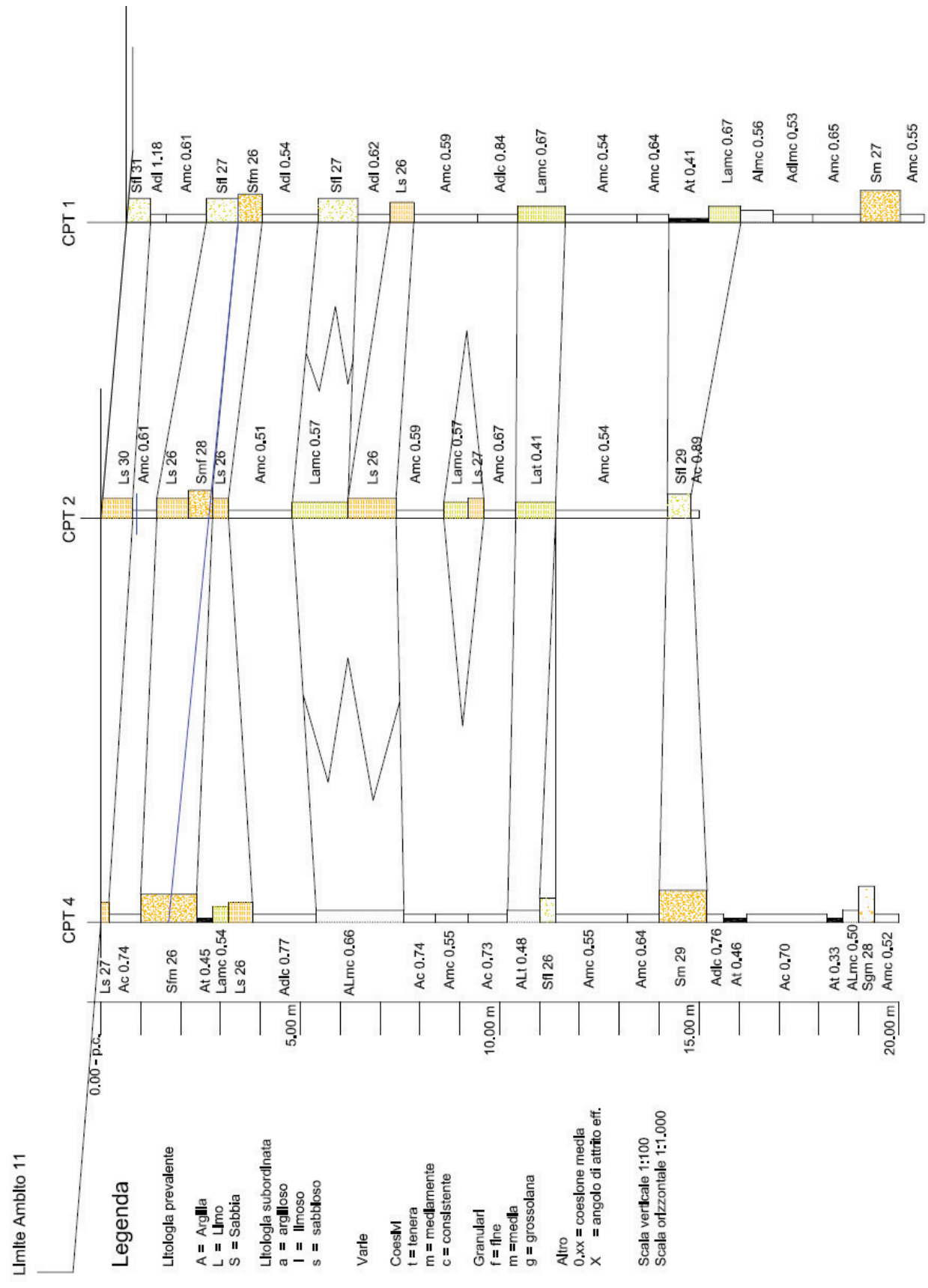
Allegato 2

Sezioni Stratigrafiche Interpretative

Sezione Stratigrafica Interpretativa n°1

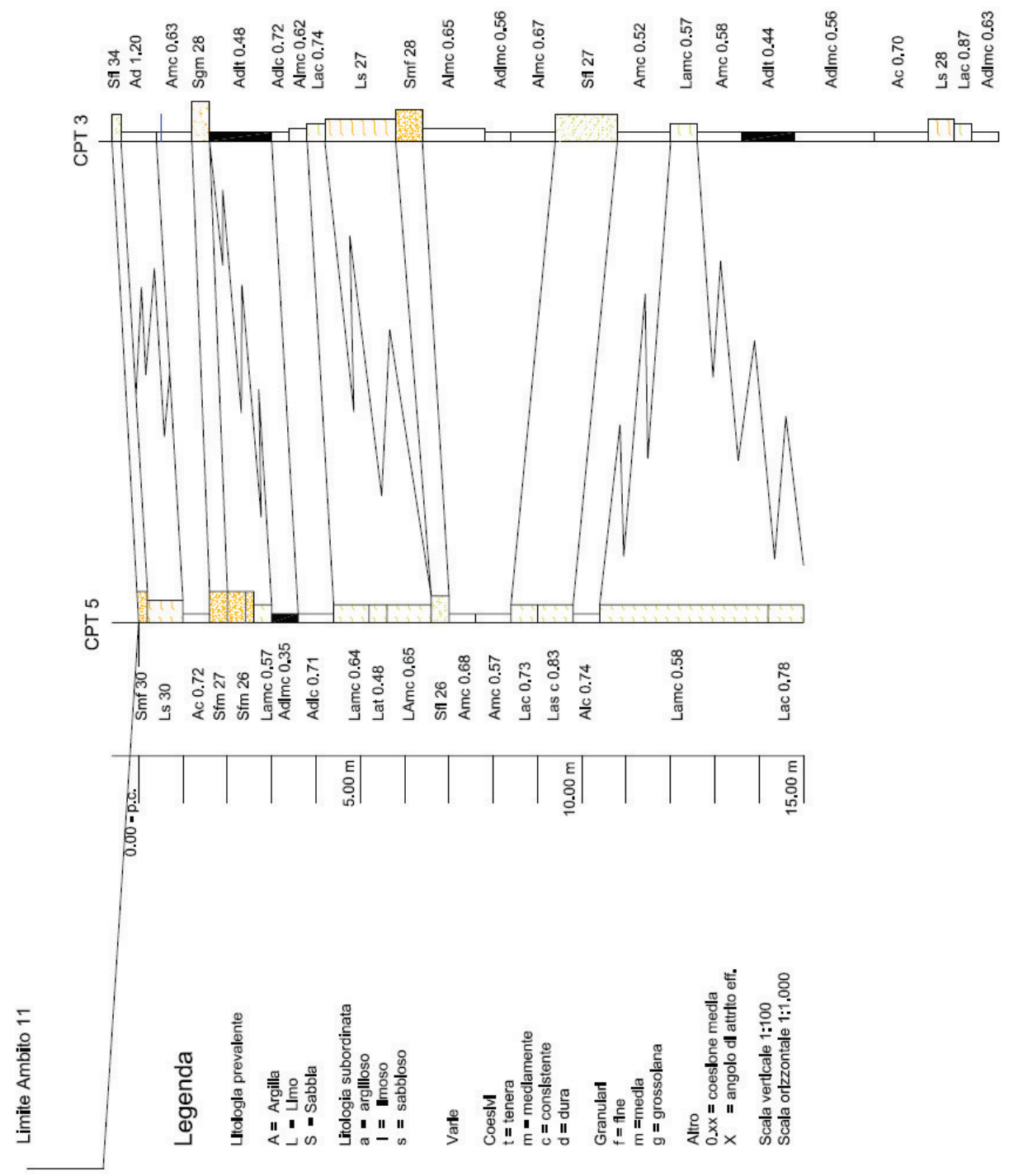
S

N



S Sezione Stratigrafica Interpretativa n°2

N



Allegato 3

Elaborazioni prove di permeabilità

Prova di permeabilità in pozzetto quadrato a carico variabile

Committente Impresa Giacobazzi Costruzioni Spa Prova n°1

Località Funo - Ambito 11 data
23/07/2013

tempo sec	altezza m	b m	Formula
0	0,770	0,85	
600	0,720		$Q = [(h_2 - h_1) / (t_2 - t_1)] \times [1 + (2h_m/b) / (27h_m/b) + 3]$
1200	0,680		
1800	0,655		
2400	0,625		$h_2 - h_1 = \text{dislivello (m)}$
3000	0,600		$t_2 - t_1 = \text{intervallo di tempo (s)}$
3600	0,580		$h_m = \text{altezza media dell'acqua (m)}$
			$b = \text{lato del pozzetto (m)}$
$Q_{\text{tot}} =$	6,43587E-06	m/s	
$Q_{\text{ins}} =$	6,67113E-06	m/s	
$Q_{\text{sat}} =$	4,51944E-06	m/s	

Prova di permeabilità in pozzetto quadrato a carico variabile

Committente Impresa Giacobazzi Costruzioni Spa Prova n°2

Località Funo - Ambito 11 data 23/07/2013

tempo sec	altezza m	b m	Formula
0	0,500	0,81	
60	0,495		$Q = [(h_2 - h_1) / (t_2 - t_1)] \times [1 + (2h_m/b) / (27h_m/b) + 3]$
300	0,48		
600	0,465		$h_2 - h_1 = \text{dislivello (m)}$
900	0,457		$t_2 - t_1 = \text{intervallo di tempo (s)}$
1200	0,447		$h_m = \text{altezza media dell'acqua (m)}$
1500	0,423		$b = \text{lato del pozzetto (m)}$
1800	0,423		
2100	0,413		
2400	0,403		
2700	0,39		
3000	0,384		
3300	0,382		
3600	0,375		
$Q_{\text{tot}} =$	4,8763E-06	m/s	
$Q_{\text{ins}} =$	3,68E-04	m/s	
$Q_{\text{sat}} =$	3,6315E-06	m/s	

Prova di permeabilità in pozzetto quadrato a carico variabile

Committente Impresa Giacobazzi Costruzioni Spa

Prova n°3

Località Funo - Ambito 11

data 23/07/2013

tempo sec	altezza m	b m	Formula
0	0,570	0,955	
60	0,560		$Q = [(h_2 - h_1) / (t_2 - t_1)] \times [1 + (2h_m/b) / (27h_m/b) + 3]$
300	0,548		
600	0,536		
900	0,533		$h_2 - h_1 = \text{dislivello (m)}$
1200	0,523		$t_2 - t_1 = \text{intervallo di tempo (s)}$
1500	0,517		$h_m = \text{altezza media dell'acqua (m)}$
1800	0,512		$b = \text{lato del pozzetto (m)}$
2100	0,505		
2400	0,505		
2700	0,500		
3000	0,498		
3300	0,497		
3600	0,496		
$Q_{\text{tot}} =$	2,50131E-06	m/s	
$Q_{\text{ins}} =$	1,11E-04	m/s	
$Q_{\text{sat}} =$	1,05924E-06	m/s	

Allegato 4

Indagine Geofisica ReMI

REMI - Ambito 11 - Funo – Comune di Argelato-BO]

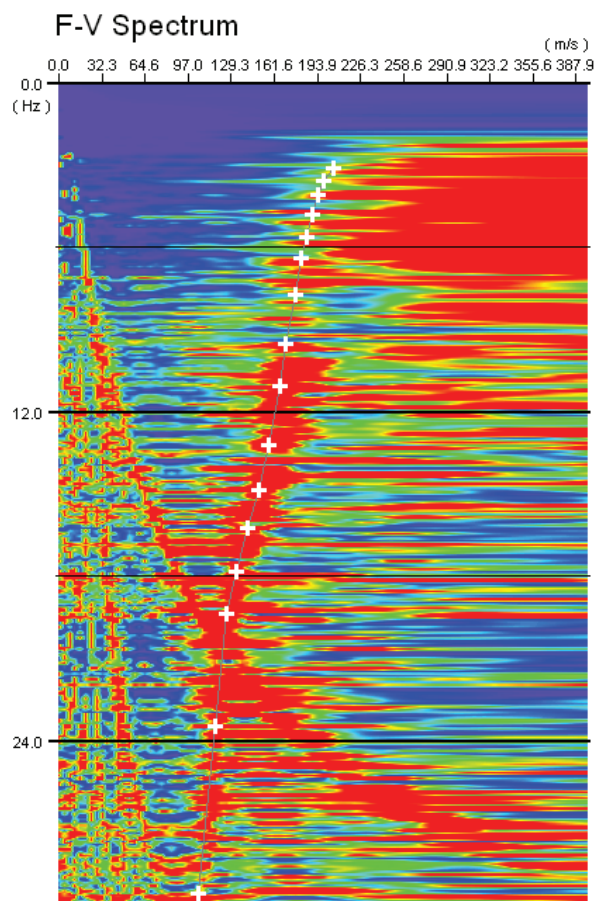
Tabella riassuntiva dei parametri relativi al modello di sottosuolo ottenuto

n. strato	Profondità letto (m dal p.c.)	Spessore strato (m)	Velocità onde S (m/s)
1	2.2	2.2	109.0
2	4.7	2.5	186.0
3	8.1	3.4	205.0
4	12.2	4.2	237.0
5	17.5	5.3	222.0
6	28.3	10.8	215.0
7	35.0	6.7	241.0

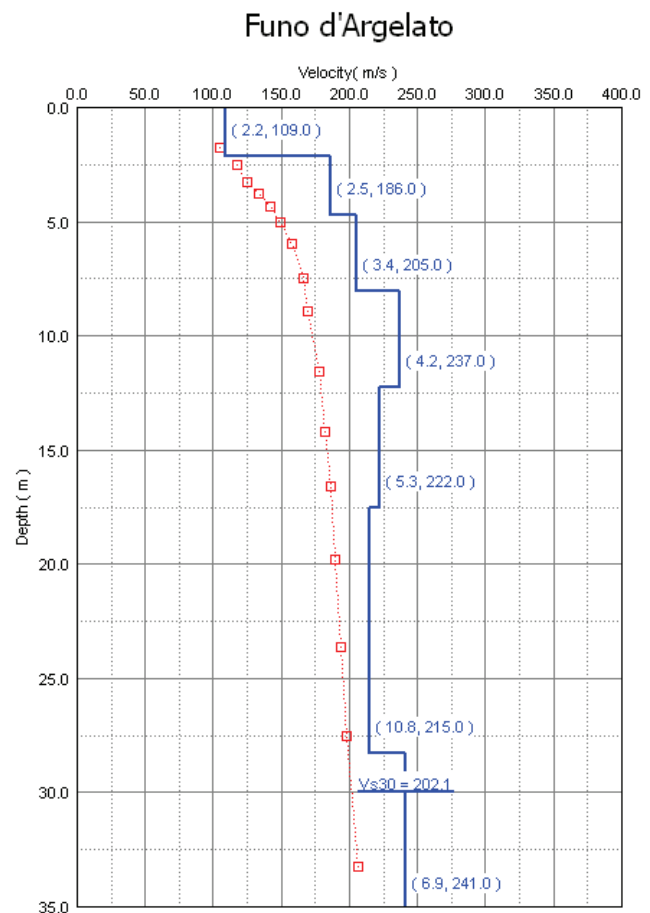
$V_{s30} = 202 \text{ m/s}$ da piano campagna

$V_{s30} = 204 \text{ m/s}$ da -2m dal p.c. → CATEGORIA DI SOTTOSUOLO C

blu) e curva di dispersione sperimentale delle



Picking della curva sperimentale delle onde R (croci bianche).



onde R (curva rossa).

Modello discreto di sottosuolo (1D) descritto in termini di Vs e spessore dei sismostrati (spezzata

DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (D.M. 14-01-2008, NTC 2008)

A partire dal modello sismico monodimensionale sopra riportato, è possibile calcolare il valore del parametro V_{s30} , che rappresenta la "velocità equivalente" di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio (V_s). Per il calcolo del V_{s30} si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.01.2008 ("Norme tecniche per le costruzioni"):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i} \quad [\text{m/s}]$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (in m/s) dello strato i -esimo, per un totale di n strati presenti nei 30 m soprastanti. Utilizzando la formula sopra riportata ed eseguendo il calcolo per diverse quote fondali, si ottengono i seguenti valori:

V_{s30} :

$$V_{s30} (0.0\text{-}30.0\text{m}) = 202 \pm 16 \text{ m/s}$$

$$V_{s30} (2.0\text{-}32.0\text{m}) = 204 \pm 16 \text{ m/s}$$

Si tenga in considerazione che, per sua natura, dall'indagine ReMi si ricostruisce un modello di sottosuolo monodimensionale "medio" (affetto da errore relativo) dell'intero volume investigato. Sulla base di tale considerazione ed alla luce del valore del V_{s30} calcolato, si associa al sito in esame la categoria di sottosuolo di fondazione "**C**" ai sensi del D.M. 14-01-2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni): "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < \text{NSPT}_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)*".

Allegato 5

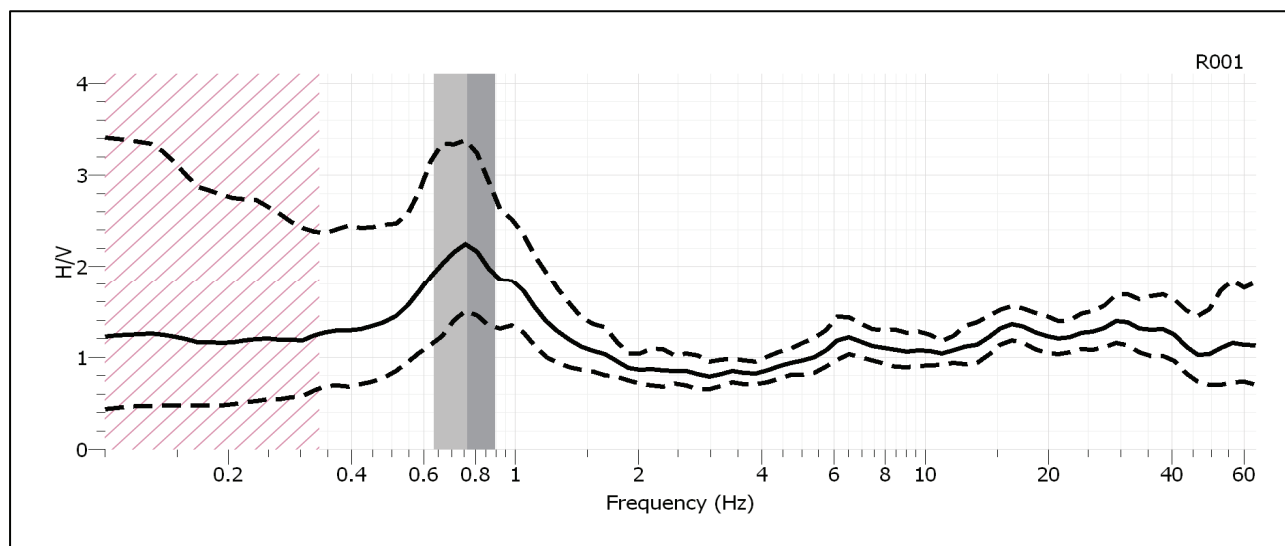
Indagine Geofisica HVSR

RAPPORTO DI PROVA – HVSR [Ambito 11 – Funo – Comune di Argelato]

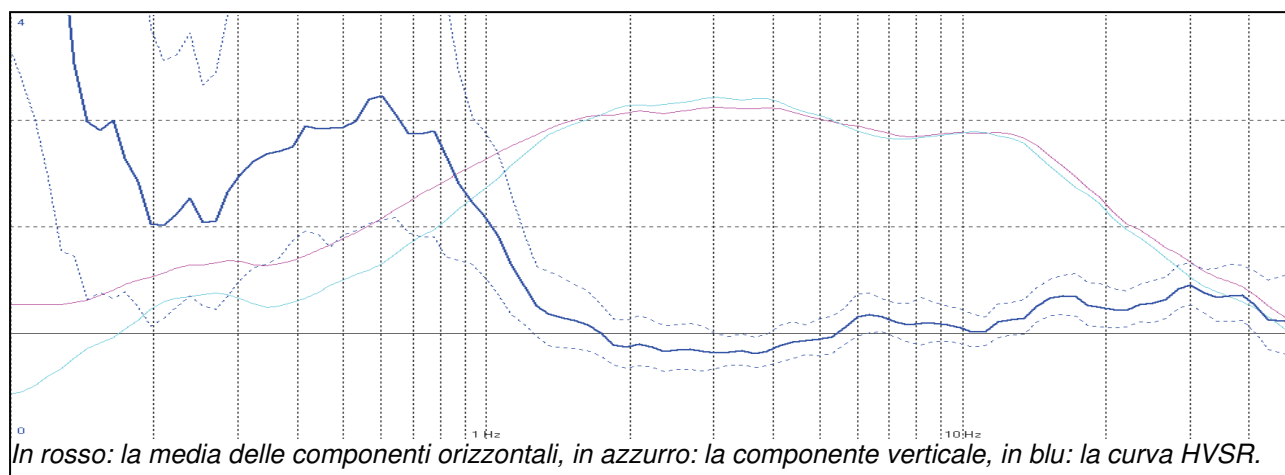
Inizio registrazione: 15/07/13 15:40
Fine registrazione: 15/07/13 16:00
Nomi canali: VERTICAL; NORTH; EAST
Durata registrazione: 0h31'00".

Freq. campionamento: 300 Hz
Lunghezza finestre: 30 s
Tipo di lisciamento: Proporzionale
Lisciamento: 12%

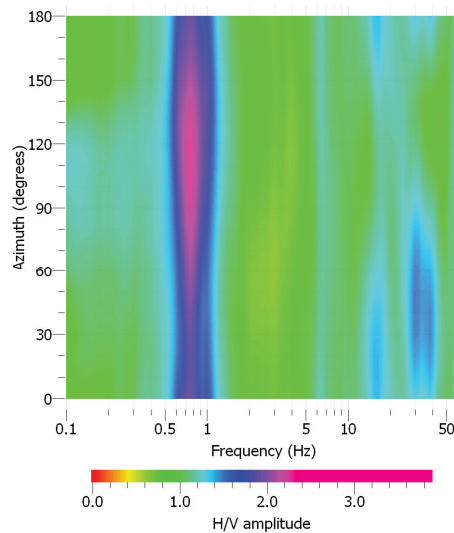
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE [0.33 ÷ 64.00] Hz
PICCOmax A FREQUENZA: 0.75 ± 0.13 Hz



COMPONENTI SPETTRALI SINGOLE (power spectra)



← ANALISI DELLA DIREZIONALITA' H/V



[According to the Sesame, 2005 guidelines.]

Max. HVSR at $0,75 \pm 0,13$ Hz. (in the range 0,33 - 64,0 Hz).			
Criteria for a reliable HVSR curve			
[All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	$0,75 > 0,33$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1127,75 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 23 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak			
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0 Hz		NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.20112 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.23 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$6.41\% > 5\%$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0,02083 < 0,09095$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1,5692 < 2,0$	OK	

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

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

Si individua un picco di risonanza del terreno per frequenze comprese nella banda $0,6 \div 0,9$ Hz circa, di possibile interazione con edifici in elevazione (indicativamente $> 8-10$ piani).

Allegato 6

Spettri di risposta sismica

Livello 2

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

☐ Ricerca per comune

REGIONE
 Piemonte

PROVINCIA
 Torino

COMUNE
 Agliè

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo
☒ Sito esterno al reticolo
☐ Interpolazione su 3 nodi
☐ Interpolazione corretta

Interpolazione
 media ponderata

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_R info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - T_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

SLO - $P_{VR} = 81\%$

SLD - $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$

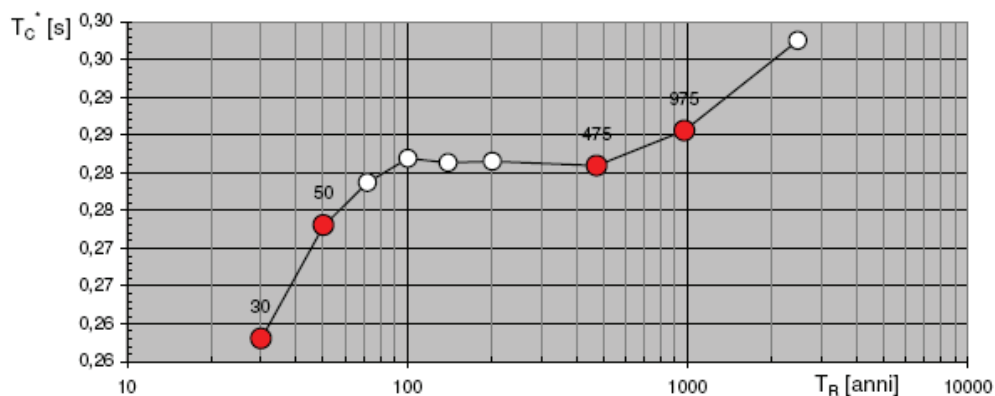
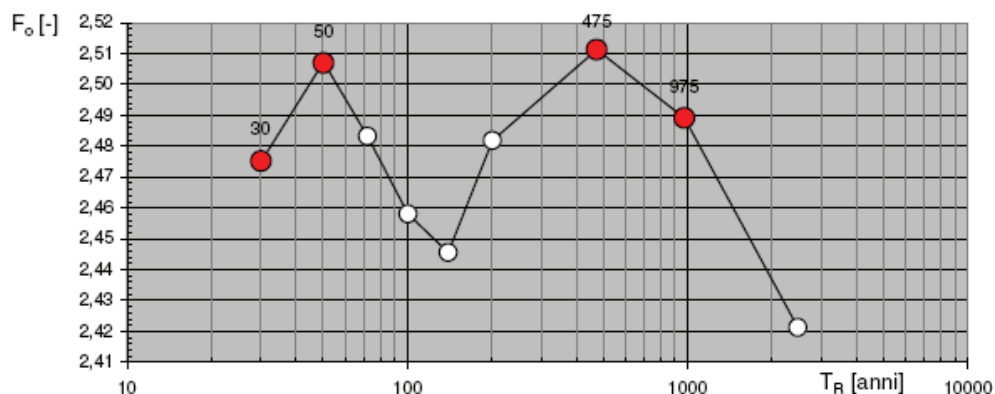
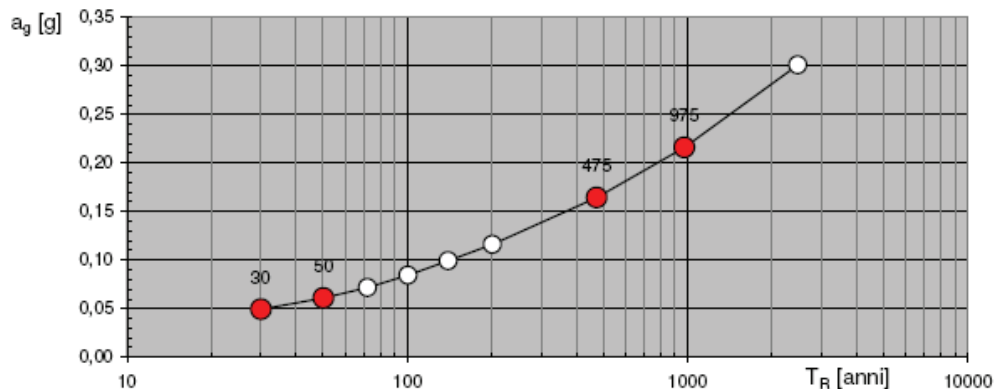
SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni
 Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO
 ---□--- Strategia per costruzioni ordinarie
 ---■--- Strategia scelta

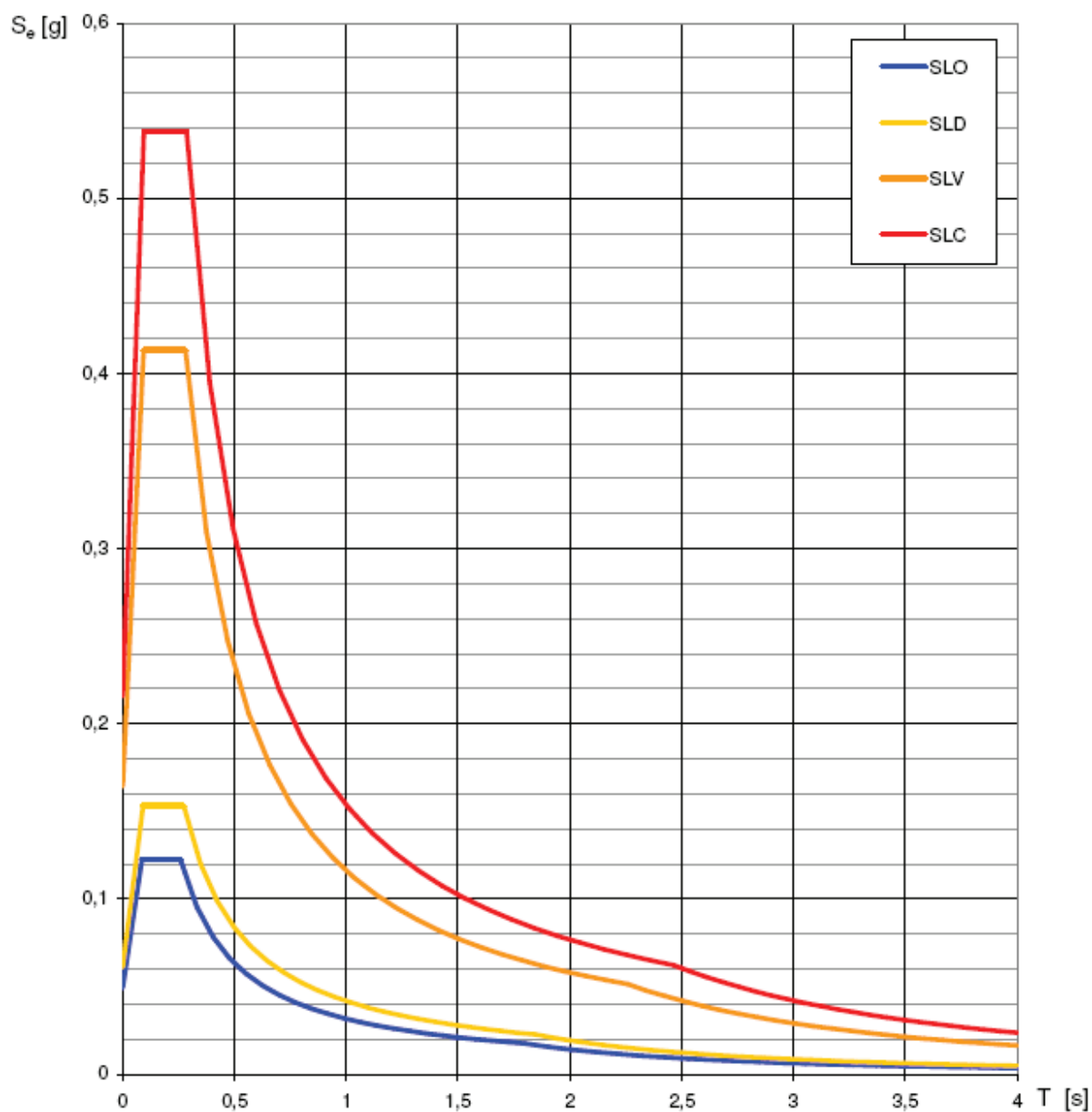
Strategia di progettazione

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,050	2,475	0,258
SLD	50	0,061	2,507	0,273
SLV	475	0,165	2,511	0,281
SLC	975	0,216	2,489	0,286

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.