



COMUNE DI CENTO
PROVINCIA DI FERRARA

PIANO DELLA RICOSTRUZIONE
(L.R. n. 16 del 21.12.2012)
PRIMO STRALCIO
IN VARIANTE AL VIGENTE PRG

ADOZIONE: Del C.C. n. 22 del 24.03.2014

APPROVAZIONE: Del C.C. n. del

Il Sindaco e Assessore all'Urbanistica

PIERO LODI

OIKOS RICERCHE SRL
Roberto Farina (progettista)

COMUNE DI CENTO
Carlo Mario Piacquadio (progettista)

Alessandra Carini, Antonio Conticello

Daniele Gelli (Ufficio MUDE)
Leonardo Busi, Vincenzo Miracapillo (CED)

 **Oikos**
progetti & ricerche
Urbanistica Architettura Ambiente

E2

**ALLEGATO: RELAZIONI GEOLOGICO-
GEOTECNICHE E SISMICHE RELATIVE ALLE
ZONE DI INTERVENTO PRIVATO**
(D.A.,L. n. 112/2007)

DOTT. GEOL. GIUSTI ARRIGO
42019 SCANDIANO (R.E.) - VIA CESARI, 18
TEL. (0522) 984819 - (348) 9109596
www.geogiusti.it arrigogiusti@alice.it



COMUNE DI CENTO
(Provincia di Ferrara)

LOCALITÀ : VIA V. GOVONI, 22 - DODICI MORELLI

**RECUPERO DEGLI IMMOBILI PRODUTTIVI DANNEGGIATI DAGLI EVENTI
SISMICI DEL MAGGIO 2012, CON RIPRISTINO E MIGLIORAMENTO SISMICO,
OLTRE ALLA DELOCALIZZAZIONE SUL PIAZZALE ANTISTANTE
VIA REGA CON LA COSTRUZIONE DI UN NUOVO FABBRICATO**



COMMITTENTE : O.P.O.E. Cons. Coop. Agric. P.A.

RELAZIONE GEOLOGICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

CONSULENZE NEL CAMPO GEOLOGICO GEOTECNICO ED ESTRATTIVO

INDICE

- MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE.....pag. 1
- INQUADRAMENTO TETTONICO – CENNI DI GEOLITOLOGIA ED IDROGEOLOGIA.....pag.2
- SISMICITÀ DELL'AREA.....pag.7
- RISPOSTA SISMICA LOCALE.....pag.14
- VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....pag.18
- METODOLOGIA D'INDAGINE.....pag.19
- CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI.....pag.21
- RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....pag.27

- **ALLEGATI:**
 - UBICAZIONE DELLE INDAGINI
 - PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
 - SISMICA A RIFRAZIONE PER LA DETERMINAZIONE DEL VS₃₀
 - PROVA PENETROMETRICA STATICA
 - STRATIGRAFIE DI POZZI PER ACQUA
 - VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Con riferimento agli accordi intercorsi con il Dott. Arch. Enrica Morini di Castelfranco Emilia (MO), trasmetto la presente relazione geologica e sulla pericolosità sismica di base atta a definire le caratteristiche geomeccaniche e sismiche di un terreno, sito in Dodici Morelli, in comune di Cento (FE), su cui è in studio il recupero degli immobili produttivi danneggiati dagli eventi sismici del maggio 2012, con ripristino e miglioramento sismico, oltre alla delocalizzazione sul piazzale antistante via Rega con la costruzione di un nuovo fabbricato.

MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE

Oggetto del presente studio è la Zona Industriale Area 1 di Dodici Morelli, situata nella periferia NO dell'abitato.

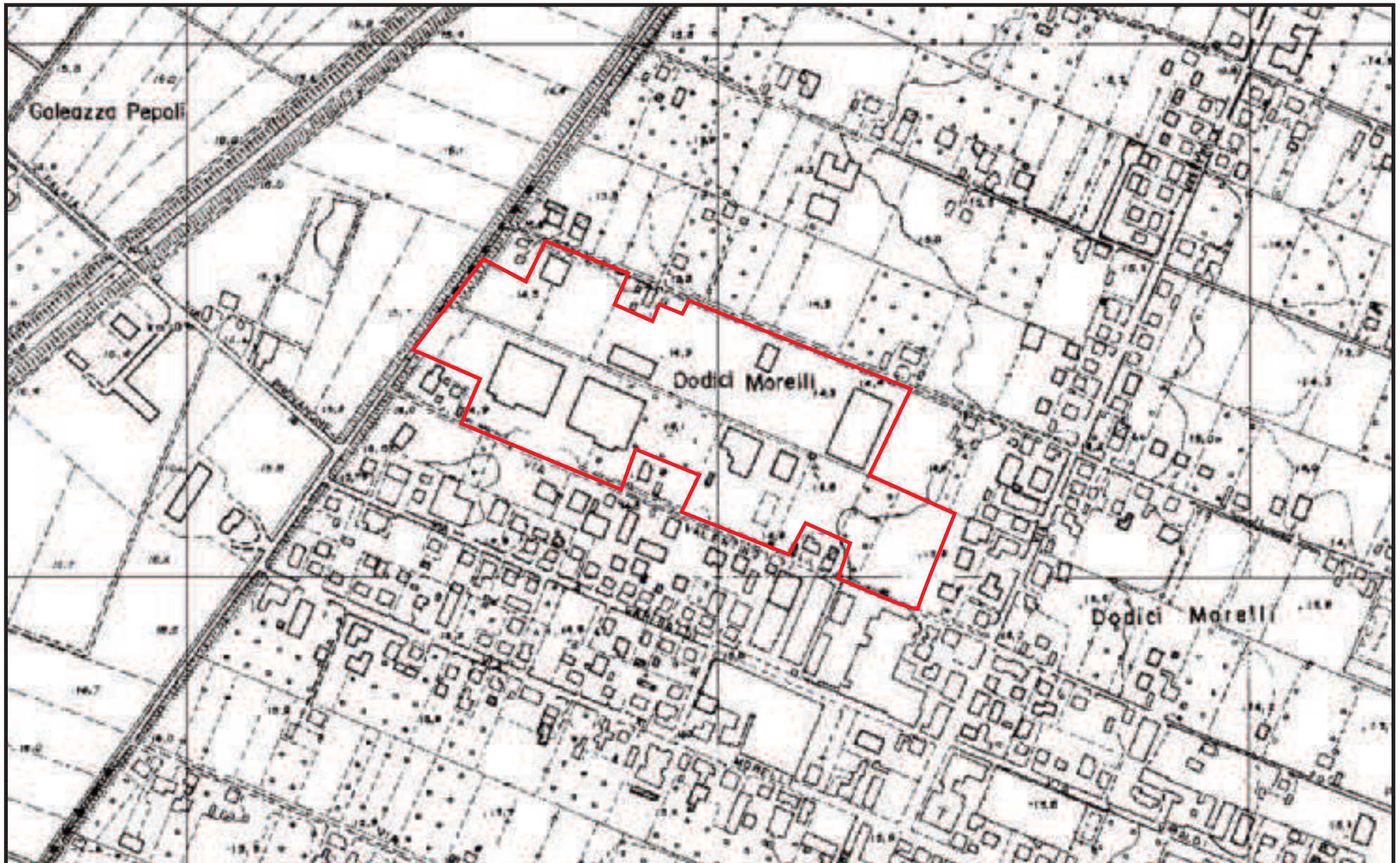
Si tratta di un'area sostanzialmente pianeggiante, posta alla quota media di 14.5 m s.l.m., che da occidente ad oriente, per una lunghezza di circa 500 m, dal Canale Emissario delle Acque Basse e dalla strada provinciale SP n° 41, che qui prende il nome di Via Riga, si estende in direzione dell'abitato e di Via Maestrola, tra via Valentino Govoni, a sud e via Zigalotto, a nord; l'ampiezza è di 180÷190 m (cf. stralcio dalla C.T.R. in scala 1:5.000 – elemento n° 184164 – Finale Emilia Ovest, estratto di planimetria catastale in scala 1:2000 nonché ortofoto proposta sul frontespizio).

In virtù delle caratteristiche fisico-chimiche, l'indirizzo naturale di questi terreni è quello agricolo.

I suoli qui presenti, parzialmente asportati nelle zone edificate e ricoperto da una modesta coltre di riporto in quelle adibite ad aree di servizio, viabilità e manovra, in prevalenza quindi sabbie e ghiaie, appartengono all'associazione dei suoli alluvionali. Mediamente evoluti, calcarei e moderatamente alcalini, hanno tessitura franco limosa o franco argilloso limosa. L'utilizzo è in prevalenza a seminativo, vigneto e frutteto. La loro potenzialità è quindi elevata.

STRALCIO DALLA C.T.R. IN SCALA 1: 5000

Elementi n° 202041 - Pilastrello e n° 202044 - Galeazza Pepoli





N=28900

E=-37100

Particella: 55

3-Ago-2012 11:56
Prot. n. T144529/2012

Scala originale: 1:2000
Dimensione cornice: 776.000 x 552.000 metri

Comune: CENTO
Foglio: 18

Il regime pluviometrico della zona è di tipo continentale. Il valore medio annuo delle precipitazioni è di 642.8 mm con punte massime di piovosità, nelle 24 ore, in agosto e settembre (78.7 mm), minime, sempre nell'arco di una giornata, in luglio (5.3 mm).

La temperatura media mensile giornaliera è di 13.4 °C, con valori medi massimi di 17.1 °C e minimi di 9.3 °C. Rispetto alle temperature assolute la massima è di 39 °C mentre la minima di -14 °C. I venti prevalenti provengono da Ovest.

INQUADRAMENTO TETTONICO - CENNI DI GEOLITOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

L'intero territorio del Comune risulta compreso nel bacino subsidente pliocenico-quadernario della Pianura Padana, costituito da un'ampia depressione a stile compressivo colmata da sedimenti mesozoici, terziari e quadernari.

I litotipi che compongono il primo sottosuolo, in relazione alle evoluzioni idrografiche di fiumi e torrenti, hanno un andamento lentiforme, discontinuo, con passaggi laterali e verticali da una componente granulometrica all'altra più o meno gradualmente.

Dal punto di vista stratigrafico quindi il territorio in esame si presenta di una complessità non trascurabile dovuta a migrazioni di fiumi e torrenti, al costipamento differenziato dei sedimenti fluviali, nonché al massiccio intervento antropico volto alla regimazione dei corsi d'acqua, con tutta una serie di deviazioni, canalizzazioni e bonifiche.

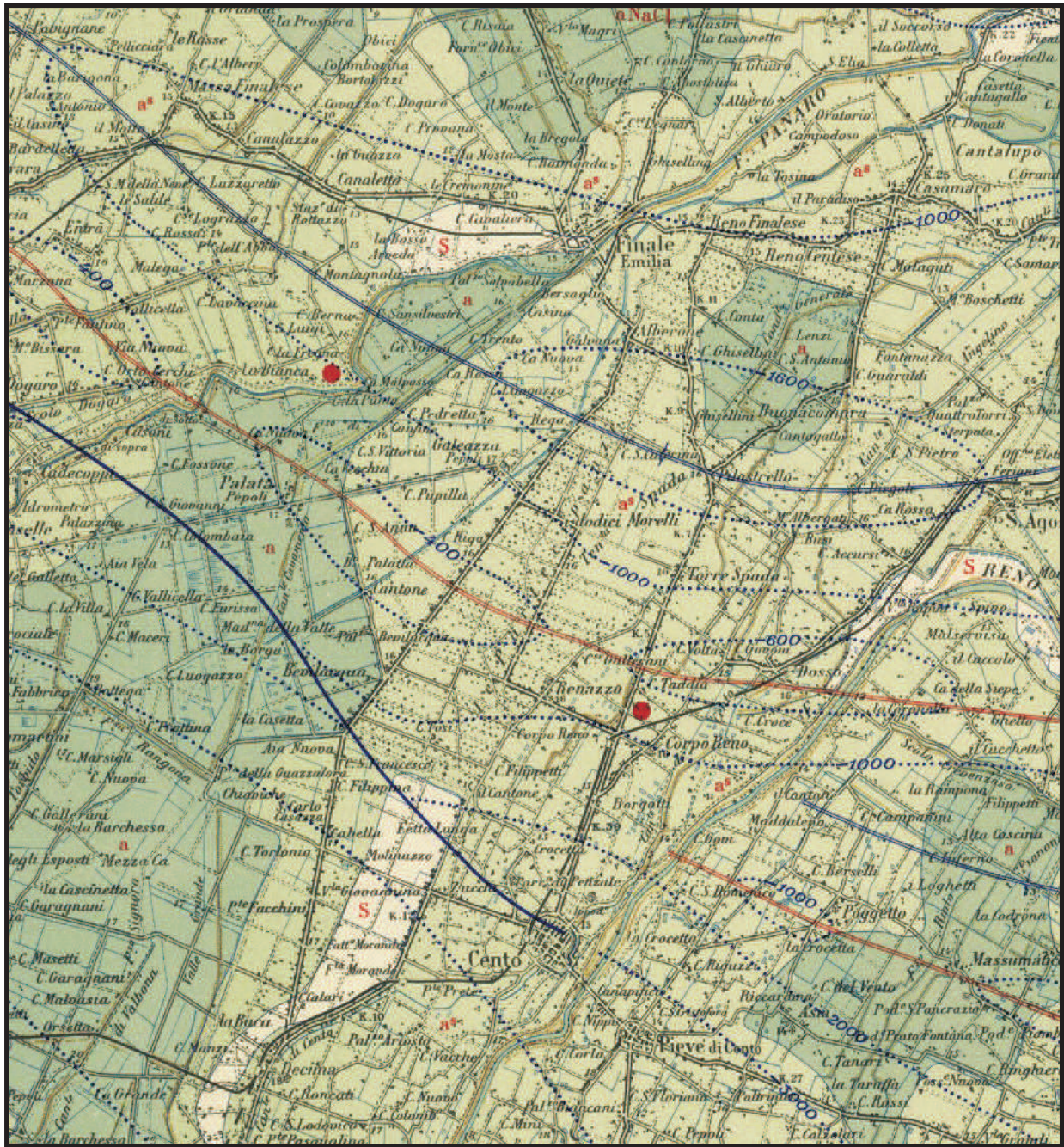
Il foglio 75 Mirandola della Carta Geologica d'Italia evidenzia che Dodici Morelli ricade a valle di una linea principale di dislocazione e di un'asse di un'anticlinale sepolta che, verso settentrione, evolve in una sinclinale, anch'essa sepolta. La base del Pliocene, riferita al livello del mare, è in questa zona situata alla profondità di circa 1.000 m (cf. stralcio del foglio 75).

La carta geologica del Servizio Geologico d'Italia evidenzia che il primo sottosuolo si caratterizza per la presenza di alluvioni oloceniche in cui, in genere, nel territorio in esame, vi è una preponderanza di argille sabbiose e sabbie argillose (a^s). In carta, senza tuttavia apporre limiti ben

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

FOGLIO N° 75 - MIRANDOLA

Base geologica 1:100000 - rilievi 1955



LEGENDA

Litologia di Superficie

Alluvionale



- S Sabbie e terreni prevalentemente sabbiosi.
- a Argille sabbiose e sabbie argillose.
- a Argille e terreni prevalentemente argillosi (a).
- aNaCl Argille ipercollidali e solate della Burana (aNaCl).

Tettonica profonda

secondo la prospezione sismica

- Isobate della base del pliocene.
- +— Assi di anticlinali.
- +— Assi di sinclinali.
- +— Linee principali di dislocazione.

definiti, viene però graficamente evidenziato che ad occidente di Cento e di Renazzo, in un territorio, denominato “Le Partecipanze”, che verso settentrione, passando per Dodici Morelli, si estende sino a sud di Finale Emilia e da qui, deviando verso oriente, in direzione di Reno Centese e Casumaro, sono presenti in superficie “sabbie e terreni prevalentemente sabbiosi”.

La presenza di sabbie viene ancor più evidenziata dalla Carta Geologica di Pianura dell’Emilia Romagna. Nel territorio che da Cento si estende verso settentrione sino a Finale Emilia, annettendo nella fattispecie l’area in esame e l’abitato di Dodici Morelli, la carta segnala la presenza di “depositi di canale ed argine prossimale” della piana alluvionale e li descrive come “sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico intercalate a sabbie fini e finissime limose con in subordine limi argillosi”. Ad oriente di Dodici Morelli e di via Maestra Grande la Carta Geologica di Pianura riporta poi “depositi di argine distale”, a loro volta costituiti da “limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalate in strati di spessore decimetrico”.

Lo studio di PSC, effettuato per l’Associazione Intercomunale dell’Alto Ferrarese nella Carta della Litologia di Superficie, riporta in Dodici Morelli l’esistenza di argille sabbioso limose ed in una ristretta fascia, ad oriente dell’abitato e di via Maestra che lo attraversa, sabbie argillose.

Tutte queste indicazioni di tipo litologico giustificano l’esistenza di un paleoalveo ascrivibile all’XI.-XV. sec. che, secondo la Carta Geologica di Pianura, attraversa l’area in esame nel settore orientale e quindi più vicino a via Maestra.

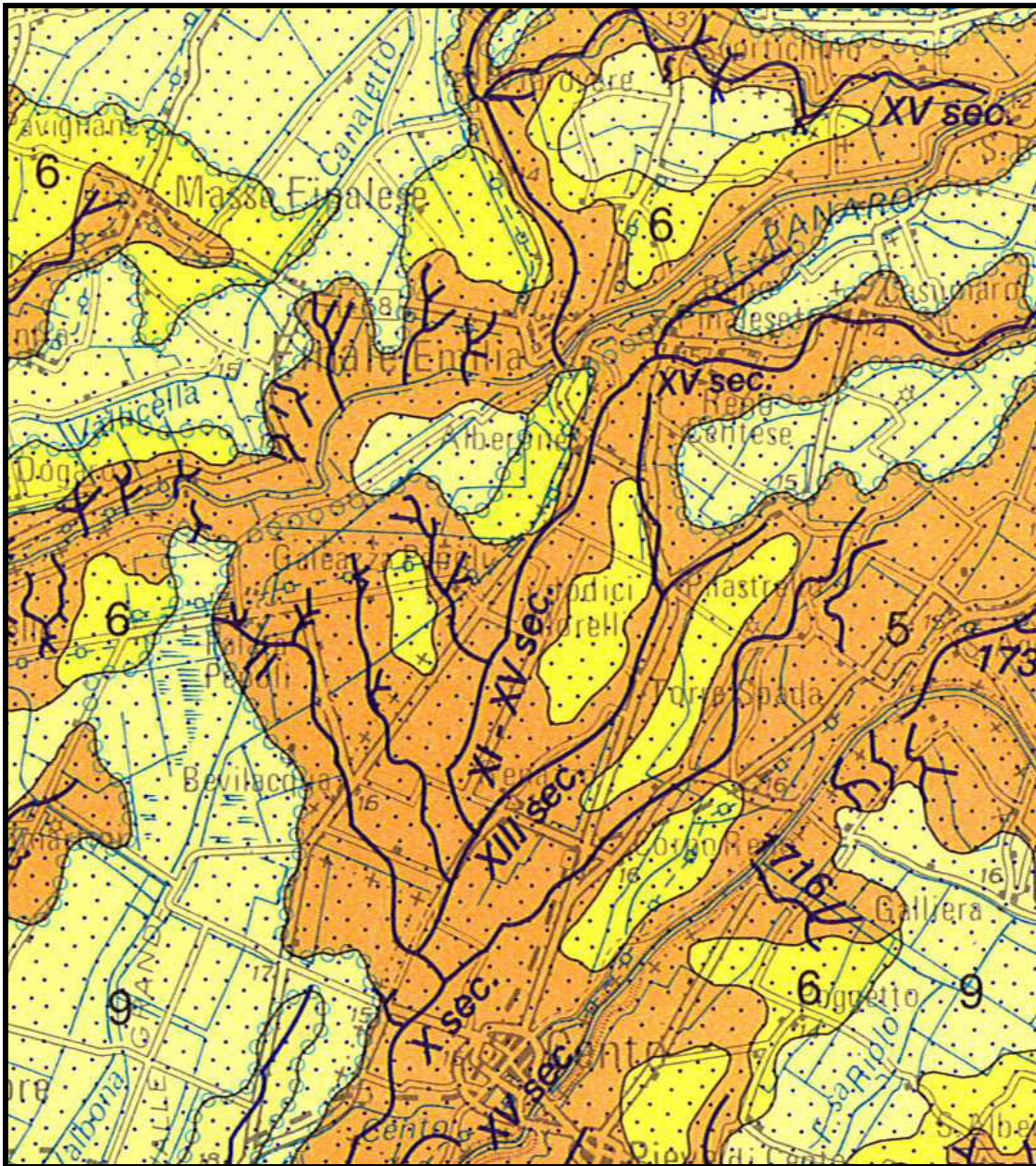
Il paleoalveo ripercorre un antico corso del F. Reno che in epoca storica, attraversando il territorio in esame, confluiva del F. Panaro all’altezza di Finale Emilia. Le acque dei due fiumi confluivano quindi nel Po di Spina, ramo meridionale del F. Po, all’altezza di Bondeno; da qui si dipartivano i rami del Po di Volano ed il Po di Primaro.

Come in precedenza accennato, la zona di Dodici Morelli ricade in un territorio intensamente tettonizzato che non a caso ha risentito degli effetti dei sismi del maggio 2012 contraddistinti in più punti da fenomeni di liquefazione.

**CARTA GEOLOGICA DI PIANURA
 DELL'EMILIA-ROMAGNA**

**GEOLOGICAL MAP
 OF THE EMILIA-ROMAGNA PLAIN**

a cura di Domenico PRETI

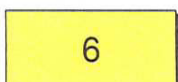


DEPOSITI ALLUVIONALI

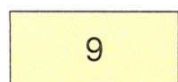
PIANA ALLUVIONALE



Sabbie medie e fini in strati di spessore decimetrico passanti lateralmente ed intercalate a sabbie fini e finissime limose, subordinatamente limi argillosi; localmente sabbie medie e grossolane in corpi lenticolari e nastriformi. Depositi di canale e argine prossimale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.



Limi sabbiosi, sabbie fini e finissime, argille limose e subordinatamente sabbie limoso-argillose intercalate in strati di spessore decimetrico. Depositi di argine distale. Al tetto suoli a diverso grado di evoluzione.



Argille limose, argille e limi argillosi laminati, localmente concentrazioni di materiali organici parzialmente decomposti. Area interfluviale e depositi di palude.

PROVINCIA DI FERRARA



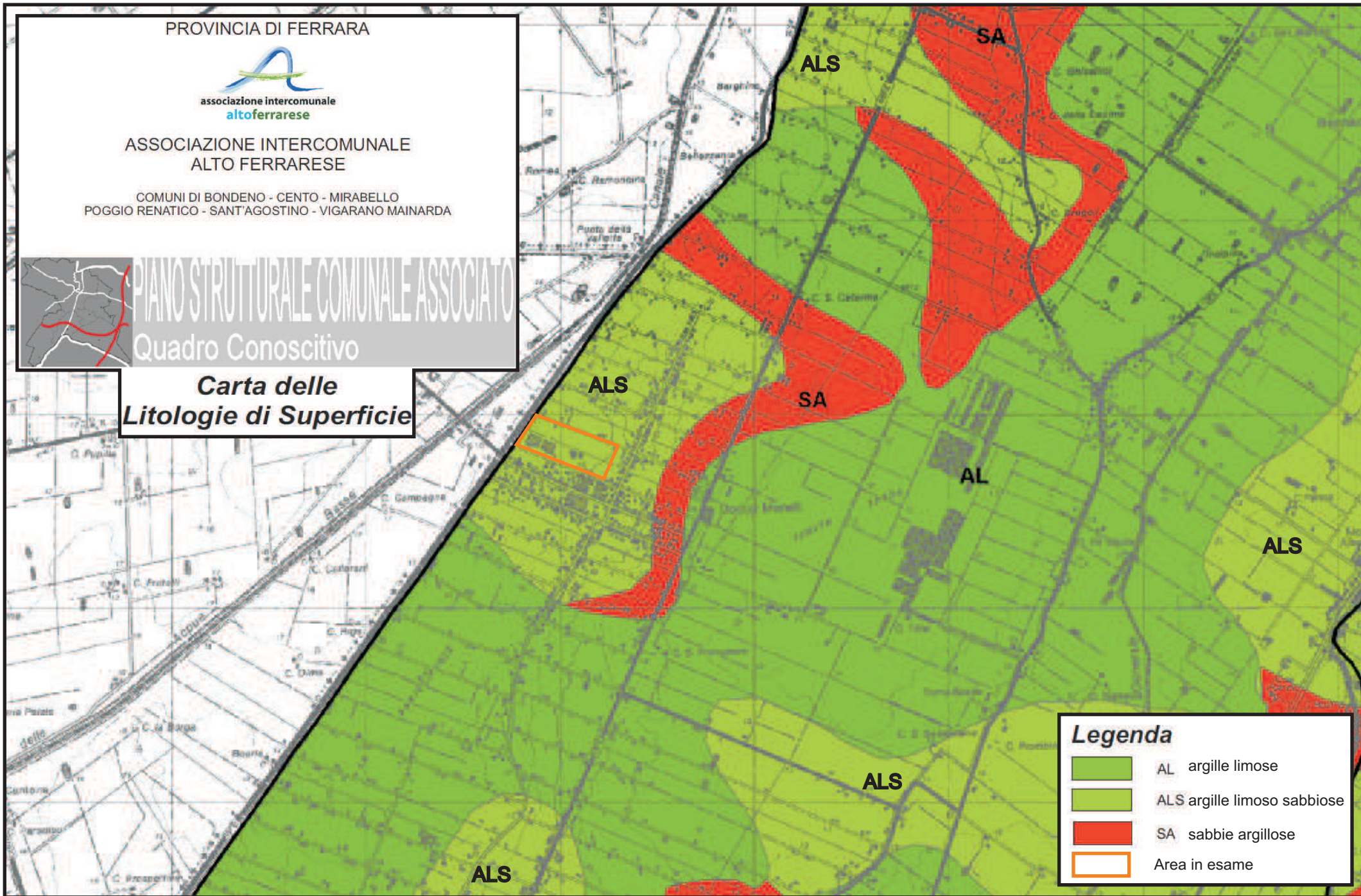
ASSOCIAZIONE INTERCOMUNALE
ALTO FERRARESE

COMUNI DI BONDENO - CENTO - MIRABELLO
POGGIO RENATICO - SANT'AGOSTINO - VIGARANO MAINARDA



PIANO STRUTTURALE COMUNALE ASSOCIATO
Quadro Conoscitivo

**Carta delle
Litologie di Superficie**



Legenda

	AL argille limose
	ALS argille limoso sabbiose
	SA sabbie argillose
	Area in esame

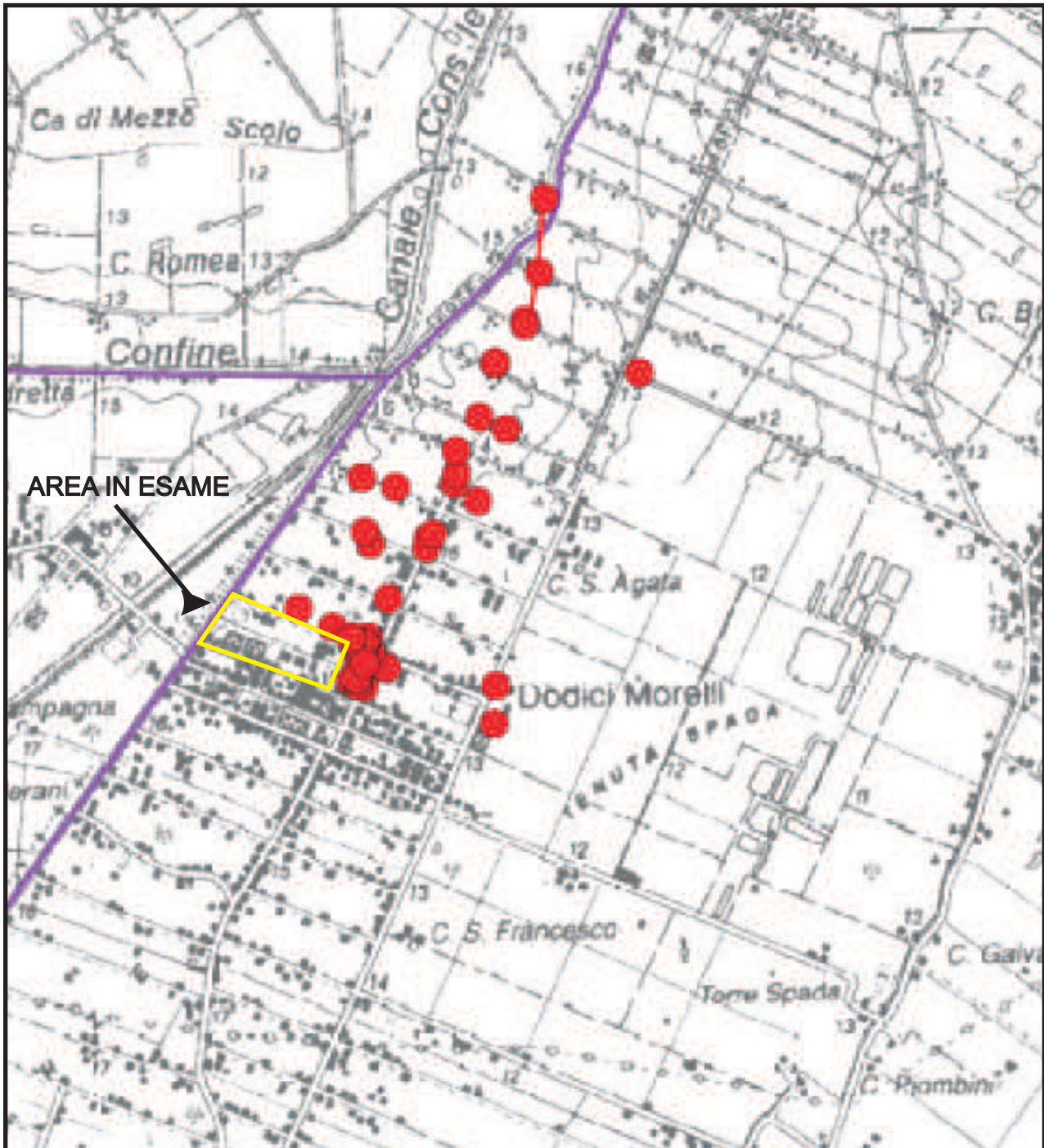
In tal senso, la “Carta degli effetti di liquefazione osservati dopo i terremoti del 20 e 29 maggio 2012”, realizzata a cura del Servizio Geologico e Simico della Regione, segnala che, in particolare a ridosso di Via Maestrola, si sono verificati fenomeni di questo tipo e cioè fratture nel terreno e contemporanea fuoriuscita di limi, limi sabbiosi sabbia limosa e sabbia (cf. stralcio fuori scala in allegato).

È noto infatti che, a prescindere dall’elevata magnitudo del sisma, in questo caso Mw 5.9 del 20 maggio, dalla sua accelerazione (0.309 g), dalla contenuta profondità ipocentrale (6.3 Km), per consentire l’insorgere della liquefazione occorre che in concomitanza esista una falda superficiale e che nei primi otto metri siano presenti livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie in grado di alimentarla. Alla luce di queste considerazioni, supportati dalle indagini che nell’area in esame hanno accertato l’esistenza di una falda superficiale e nei primi 8 m limi ed argille, con livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie, caratterizzati da modeste caratteristiche geomeccaniche, nell’ambito del presente studio, in un capitolo a parte, si ritiene necessario procedere a specifiche valutazioni del potenziale di liquefazione.

Al fine di acquisire una specifica conoscenza del primo sottosuolo, si è detto che si è proceduto all’esecuzione di apposite indagini, nella fattispecie tre penetrometrie statiche e, a supporto della caratterizzazione sismica, un sondaggio sismico a rifrazione tipo MASW. Le risultanze di queste prove, unitamente ad altri dati a cui si è potuto attingere dal sito del progetto CARG della Regione, consentono di restituire una caratterizzazione litostratigrafica, geomeccanica e sismica, a parte nello specifico più diffusamente trattata.

In sintonia con quanto segnalato dalla Carta Geologica d’Italia e da quella di PSC, nei primi 8÷9 m, le indagini hanno riscontrato l’esistenza di una coltre argilloso limoso sabbiosa, nello specifico in prevalenza limi ed argille, anche ad elevata componente organica e torbosa, a cui si alternano i citati livelli di limi sabbiosi e sabbie limose e sabbie, possibile causa di eventuali locali fenomeni di liquefazione. Oltre, sino a circa 17 m, vi sono argille, talora organiche, con la profondità caratterizzate da un sostanziale miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche.

INGRANDIMENTO DELLA CARTA DEGLI EFFETTI DI LIQUEFAZIONE OSSERVATI DOPO I TERREMOTI DEL 20 E 29 MAGGIO 2012 DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA



In profondità, il rilevante grado di addensamento del deposito è giustificato, non solo dal rilevante carico litostatico, ma anche dalla natura intrinseca dei materiali, in prevalenza sabbie limose e sabbie qui trasportate nell'antico alveo del F. Reno.

Al termine delle indagini, nel foro di sonda delle penetrometrie, è stato accertato che il livello statico della falda si è in breve tempo posizionato alla profondità di 2.3 m dalla quota del piano cortilivo nella posizione in cui è stata eseguita la prova CPT3, 1.5 m in CPT2 e 1.35 m in CPT1. Come specificato nell'inquadramento dell'area si tratta di una superficie molto estesa, da ovest ad est circa 500 m, in cui è giustificata una differenza di quota fra i vari punti; in CTR, ad ovest, a lato della SP n° 41 - via Riga, vengono infatti riportate quote di 14.9÷15 m mentre ad est e a settentrione 14.3 m, tali da rendere plausibile la differenza di profondità di circa un metro nelle due posizioni estreme indagate rispettivamente da CPT3 e CPT1. Altrettanto significativo è quanto visualizzato sulla Carta della Superficie Freatica di PSC in cui l'acquifero tende ad approfondirsi da ovest verso est in direzione di un asse di drenaggio principale con direzione preferenziale da SO verso NE, ad oriente quindi degli abitati di Cento e, più a settentrione, di Finale Emilia. Più precisamente l'area, così come visualizzato nello stralcio in allegato, ricade tra le isofreatiche 12.5 e 11.5 m s.l.m. con quote quindi, riferite al piano campagna, prendendo i due punti estremi, di 2.5 m in CPT3 e 2.8 m in CPT1. Se in CPT3 i 2.3 m misurati rispecchiano i teorici 2.5 m previsti in carta in CPT1 il livello di 1.35 m rilevato al termine della prova, molto più vicino quindi al piano campagna rispetto ai 2.8 m teorici indicati in carta, ha tuttavia una sua giustificazione purtroppo confortata dagli eventi (fenomeni di liquefazione) rilevati in zona all'epoca dei sismi della fine maggio 2012. Si è detto dell'esistenza di livelli di sabbia limosa e sabbia, altresì evidenziati nel territorio dalle carte tematiche; la presenza di materiali di natura granulare, permeabili, giustifica un maggior arricchimento dell'acquifero freatico in concomitanza di stagioni particolarmente piovose. Le prove sono state realizzate il 21 di giugno, all'inizio dell'estate dopo quindi una stagione invernale e primaverile che gli annali ci dicono essere stata la più piovosa degli ultimi cinquanta anni.

Magari anche lo scorso anno, all'epoca del sisma, nelle aree in cui è avvenuta la liquefazione la falda era analogamente ricca, tale da giustificare gli avvenuti fenomeni, altrettanto vero che nel periodo estivo la falda freatica normalmente tende ad abbassarsi, per cui può anche essere credibile quanto visualizzato dalla carta idrogeologica di PSC. La carta è da prendere tuttavia con il dovuto beneficio di inventario, visto il probabile non eccessivo numero di dati (il testo di PSC parla di 139 punti di misura monitorati nel decennio 1998-2007 ed equamente distribuiti su tutto il territorio dell'alto ferrarese), in realtà non sufficienti per visualizzare condizioni locali che in Dodici Morelli possono giustificare la risalita dell'acquifero a quote localmente molto vicine al piano campagna, 1.35 m come qui misurato in CPT1 nella zona orientale dell'area.

Accertata quindi l'esistenza di una falda superficiale, sensibile come detto di probabili variazioni stagionali correlabili ad un maggior o minor arricchimento delle stesse entro i citati livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie presenti nei primi 8 m, occorre sottolineare che la freatica, alla luce delle risultanze delle indagini e degli ulteriori dati disponibili reperibili dal sito del progetto CARG della Regione, non interferisce, per la presenza di potenti interstrati di argilla che la isolano, con i banchi e le lenti di sabbia limosa e sabbia che in profondità alimentano le falde a cui attingono i numerosi pozzi dello stabilimento.

Dal sito della Regione è stato possibile reperire la stratigrafia di un pozzo, profondo 181 m, realizzato nel 1955 nella zona orientale dell'area ed altre, tra l'altro tutte uguali, che visualizzano le caratteristiche di altri 8 pozzi, tutti profondi 80 m, realizzati nel 1983, 1985 e 1989 a supporto degli impianti situati nella zona occidentale dell'area.

Dalla stratigrafia del primo si evince che esso attinge ad un acquifero che si alimenta in un banco di sabbia tra i 171 ed i 181 m dalla quota del piano campagna mentre gli altri ad una falda più superficiale, sempre in sabbia, a partire da 60 m dalla quota del p.c.

PROVINCIA DI FERRARA



ASSOCIAZIONE INTERCOMUNALE
ALTO FERRARESE

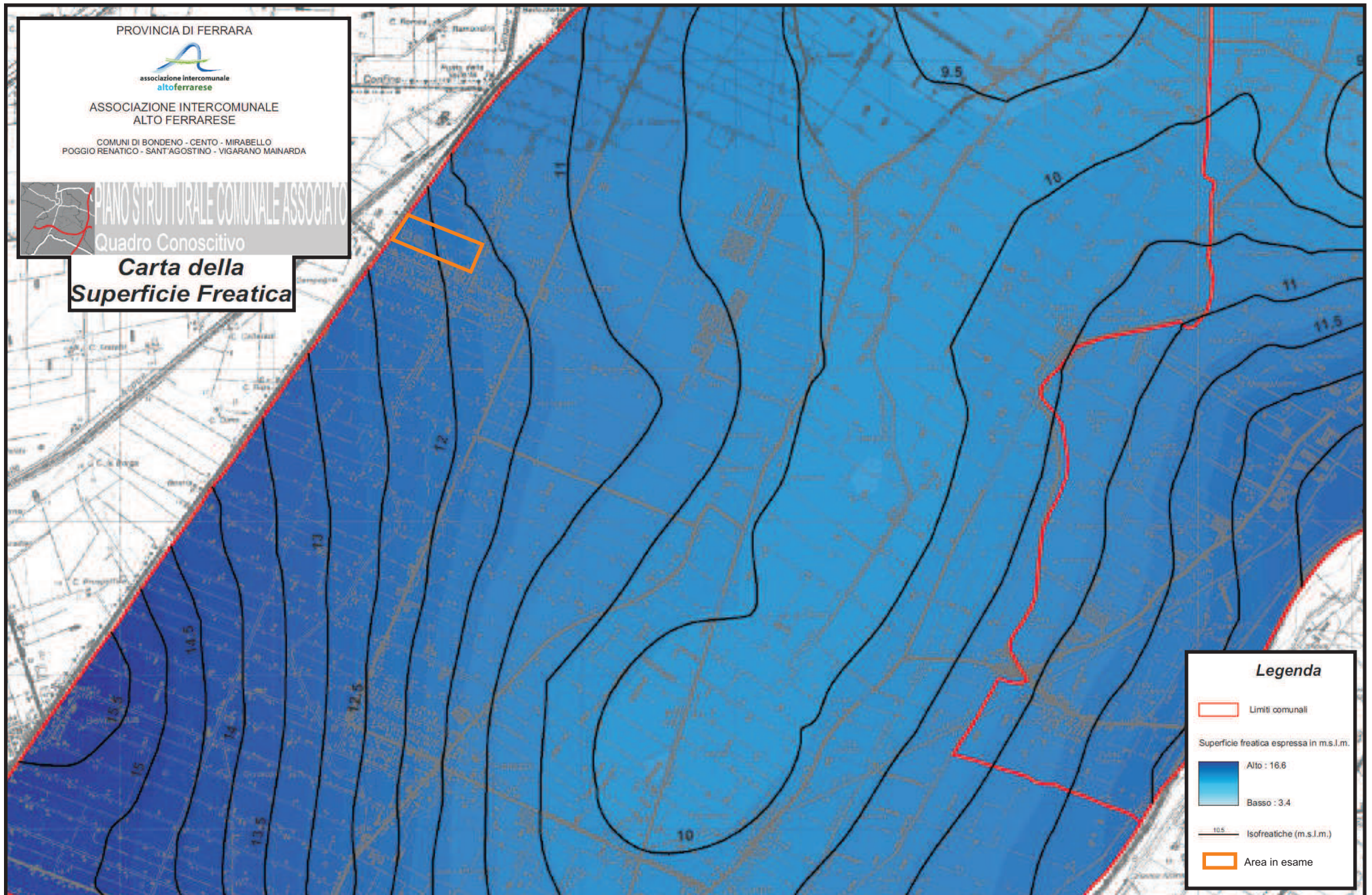
COMUNI DI BONDENO - CENTO - MIRABELLO
POGGIO RENATICO - SANT'AGOSTINO - VIGARANO MAINARDA



PIANO STRUTTURALE COMUNALE ASSOCIATO

Quadro Conoscitivo

Carta della Superficie Freatica



Legenda

Limiti comunali

Superficie freatica espressa in m.s.l.m.

Alto : 16.6

Basso : 3.4

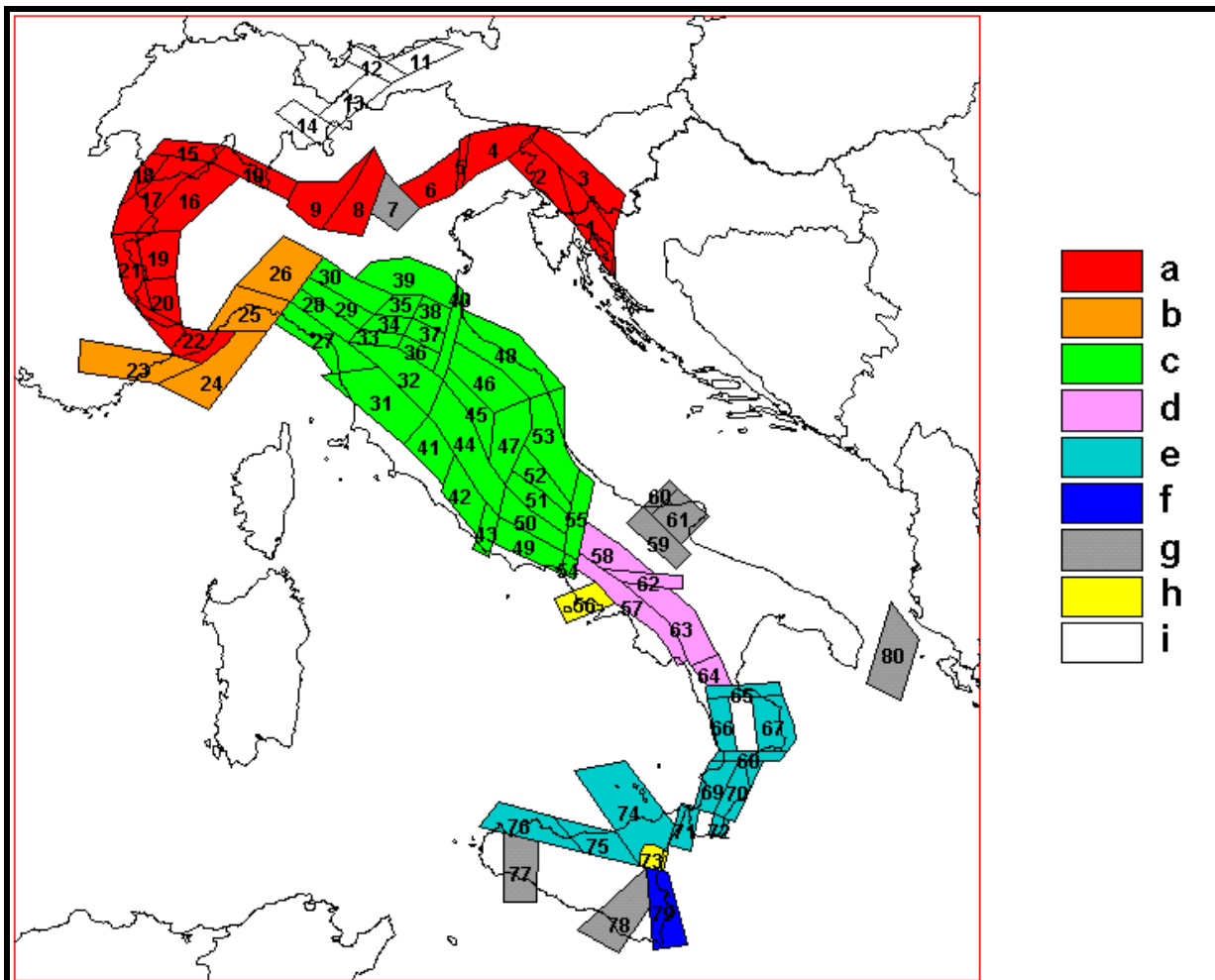
10.5 Isofreatiche (m.s.l.m.)

Area in esame

SISMICITÀ DELL'AREA

Per caratterizzare la sismicità dell'area si è fatto riferimento, oltre che alla normativa vigente, ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dal GNDT del CNR (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti).

Si è presa in considerazione la zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS4 (progetto di P. Scandone e M. Stucchi – marzo 1999 – cf. tav. seg.) che considera 80 sorgenti omogenee dal punto di vista strutturale e sismogenetico. Secondo questa suddivisione l'area oggetto di studio ricade nell'area 39, appartenente alla fascia padano-adriatica in compressione legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale secondo cui i meccanismi di rottura attesi sono di tipo thrust e strike-slip con assi di subduzione da SW a NE.



Attraverso elaborazioni probabilistiche il GNDT ha prodotto, per un tempo di ritorno di 475 anni (equivalente alla probabilità di superamento nell'arco temporale di 50 anni – vita media di un edificio), la zonazione del territorio italiano, come riportato in figura. Per la zona le accelerazioni orizzontali di picco attese sono state considerate, in accordo con quanto proposto dal GNDT, pari a $PGA = 0.15g$ (Peak Ground Acceleration).

L'intensità massima risentita nella zona, come risulta dai dati del catalogo del Servizio Sismico Nazionale, non ha superato in Centro (FE), in epoca storica, il valore del VII/VIII grado MCS. (cf. tabelle qui di seguito allegate).

Storia sismica di Cento

[44.727, 11.289]

Numero di eventi: 46

Effetti

I[MCS]	Data	Ax	Io	Mw
5	1505 01 03 02:00	Bolognese	8	5.57 ±0.25
5	1561 11 24 01:25	Ferrara	5-6	4.51 ±0.34
6	1570 11 17 19:10	Ferrara	7-8	5.46 ±0.25
NC	1624 03 19 19:45	Argenta	7-8	5.47 ±0.49
5	1672 04 14 15:45	Riminese	8	5.61 ±0.21
5	1695 02 25 05:30	Asolano	10	6.48 ±0.18
5	1768 10 19 23:00	Appennino romagnolo	9	5.87 ±0.21
3	1779 06 01 23:55	Bolognese		
5	1779 06 04 07:00	Bolognese	7	5.24 ±0.52
5	1779 06 10 08:35	Bolognese		
5	1779 07 14 19:30	Bolognese		
F	1779 11 23 18:30	Bolognese	5	4.99 ±0.31
5	1780 02 06 04:00	Bolognese	6	5.13 ±0.57
5	1832 03 13 03:30	Reggiano	7-8	5.53 ±0.18
5	1834 10 04 19:00	Bolognese	6	4.85 ±0.43
4-5	1869 06 25 13:58	Media valle del Reno	7-8	5.42 ±0.48
3	1870 10 30 18:34	Romagna	8	5.58 ±0.27
3	1873 03 12 20:04	Marche meridionali	8	5.95 ±0.10
F	1873 06 29 03:58	Bellunese	9-10	6.32 ±0.11
3	1878 03 12 21:36	Bolognese	6	5.06 ±0.30
F	1881 01 24 16:14	Bolognese	7	5.16 ±0.30
F	1881 01 25 07:06	Bolognese		
NF	1898 01 16 12:10	Romagna settentrionale	6-7	4.79 ±0.33
NF	1904 11 17 05:02	Pistoiese	7	5.15 ±0.14

Effetti

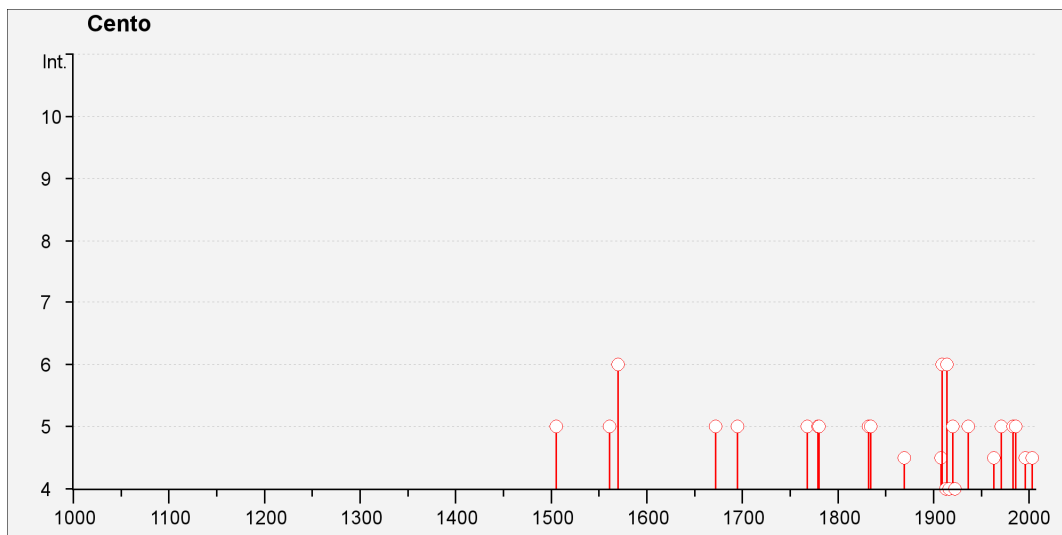
I[MCS]	Data	Ax	Io	Mw
4-5	1908 06 28 03:19	Finale Emilia	5	4.27 ±0.53
6	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	6-7	5.53 ±0.09
4	1913 11 25 20:55	Val di Taro	4-5	4.84 ±0.20
6	1914 10 27 09:22	Garfagnana	7	5.76 ±0.09
F	1916 05 17 12:49	Alto Adriatico		5.95 ±0.14
4	1916 08 16 07:06	Alto Adriatico		6.14 ±0.14
F	1919 06 29 15:06	Mugello	10	6.29 ±0.09
5	1920 09 07 05:55	Garfagnana	10	6.48 ±0.09
4	1922 05 24 21:17	Ferrarese	4	4.34 ±0.25
NF	1930 10 30 07:13	SENIGALLIA	8	5.81 ±0.09
5	1936 10 18 03:10	BOSCO CANSIGLIO	9	6.12 ±0.09
3-4	1939 10 15 14:05	Garfagnana	6-7	5.08 ±0.16
4-5	1963 04 05 13:49	Finale Emilia	4-5	4.09 ±0.34
5	1971 07 15 01:33	Parmense	8	5.64 ±0.09
3-4	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	10	6.89 ±0.09
5	1983 11 09 16:29	Parmense	6-7	5.06 ±0.09
5	1986 12 06 17:07	BONDENO	6	4.61 ±0.10
3	1989 09 13 21:54	PASUBIO	6-7	4.88 ±0.09
2-3	1992 04 17 11:59	Monteveglia	4-5	4.32 ±0.18
4-5	1996 10 15 09:56	Correggio	7	5.41 ±0.09
NF	2000 06 18 07:42	Parmense	5-6	4.43 ±0.09
4-5	2003 09 14 21:42	Appennino bolognese	6	5.29 ±0.09

Intendendo:

Is = Intensità al sito (MCS);

Io = Intensità epicentrale (MCS);

Mw = Magnitudo



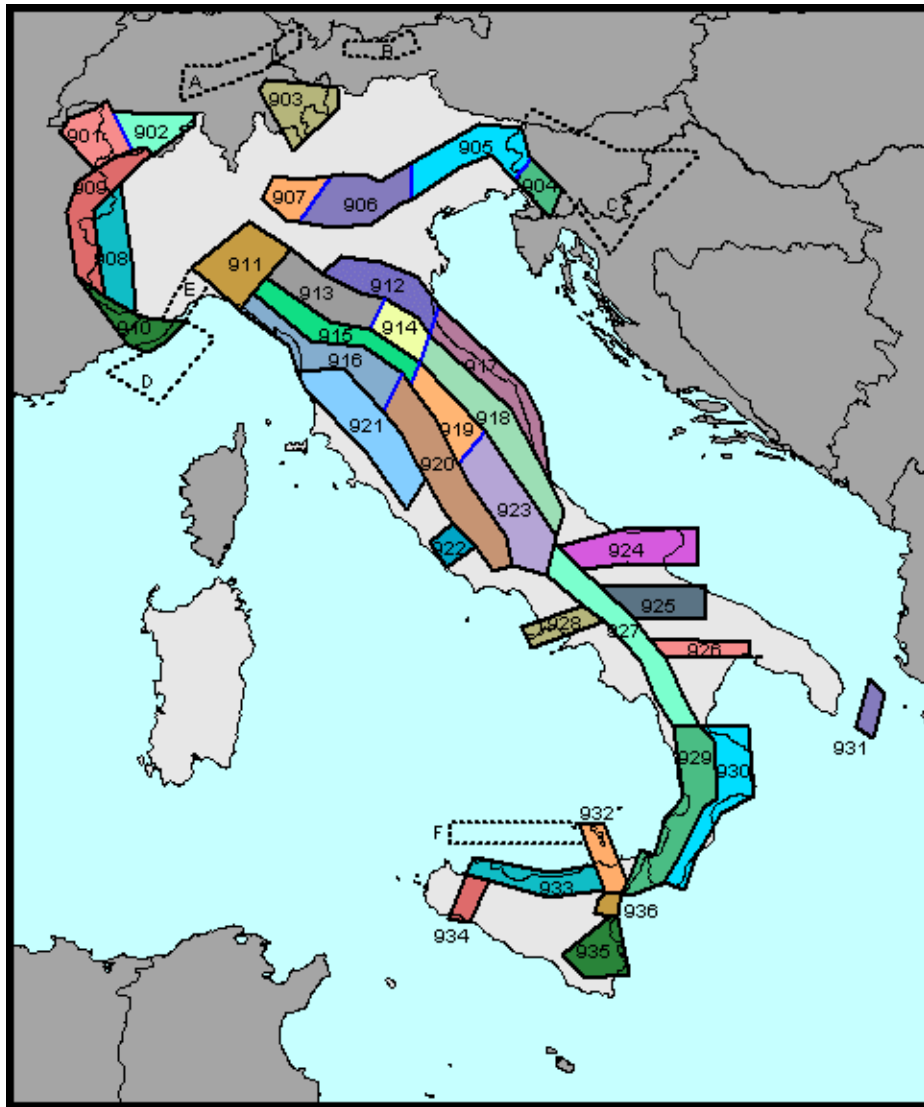
La sovrastante rappresentazione evidenzia, molto semplicemente, gli eventi della precedente tabella nel rapporto tra anni (in ascisse) ed intensità sismica (in ordinate).

L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 ha aggiornato la normativa sismica, con l'attribuzione, alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento di accelerazione al suolo.

Il territorio del comune di Cento (FE), secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (progetto a cura di C. Meletti e G. Valensise del marzo 2004) è incluso nella zona 913, al passaggio, verso settentrione, con la zona 912 (cf. tavola nella pagina seguente). In base a questa nuova zonazione, il territorio in esame (secondo la precedente classificazione *non classificato*), è stato inserito in zona Z3 a bassa sismicità.

Come espressamente specificato al punto 2.4 della circolare n° 1677/2005 (prot. GEO/05/87449) emanata in data 24/10/2005 dalla Giunta della Regione Emilia Romagna, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, può essere assegnato, a zone come questa di bassa sismicità, un valore (a_g/g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a 0.15.

Più precisamente, al comune di Cento (FE), l'allegato 4 dell'Assemblea Legislativa n° 2131 – prot. n° 8511 del 2 maggio 2007, assegna il valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), di 0.157.



Zonazione sismogenetica ZS9

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le modifiche ed integrazioni dell'Ordinanza propongono una caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo. In base alla velocità delle onde di taglio, mediate sui primi 30 metri di terreno (VS30), vengono individuate cinque categorie (A – B – C – D – E), più altre due speciali (S1 e S2).

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa è stato effettuato un sondaggio sismico. La prospezione geofisica è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali prodotto dalla Ditta PASI di Torino attrezzato con 24 geofoni orizzontali di ricezione, dotati di preamplificatori di segnale, disposti ad interasse di 2 m l'uno dall'altro.

L'indagine, effettuata mediante sismica a rifrazione applicando il metodo MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves, ha consentito di analizzare, nei primi 30 m, la velocità delle onde di taglio (S). Le onde S, analogamente a quelle di compressione (P), non sono dispersive e si propagano anche in mezzi perfettamente omogenei inducendo deformazioni puramente distorsionali. Gli elementi di volume investiti dall'onda vibrano in direzione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione.

Nella fattispecie, il sondaggio ha accertato la presenza di sei strati e ad ognuno di essi, mediante l'ausilio dell'apposito programma di calcolo winMASW 4.1.1 Pro, è stata attribuita la velocità delle onde di taglio S (V_S) ed il rispettivo spessore (d) (cf. tabelle e diagrammi proposti in allegato).

Per gli strati sono stati rispettivamente ottenuti i seguenti valori:

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
$V_S = 264$ m/sec	$V_S = 106$ m/sec	$V_S = 155$ m/sec
d = 8.6 m	d = 4.3 m	d = 4.6 m

4° STRATO	5° STRATO	6° STRATO
$V_S = 117$ m/sec	$V_S = 305$ m/sec	$V_S = 370$ m/sec
d = 3.6 m	d = 2.2 m	d = 6.7 m

La valutazione del valore V_{S30} viene quindi ottenuta mediante l'utilizzo della seguente relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo, m

v_i = velocità onde di taglio strato i -esimo, m/sec

ottenendo:

$$V_{S30} = 189 \text{ m/sec}$$

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, il suolo di fondazione può essere pertanto assimilato alla categoria C di azione sismica “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*” con spessori superiori a 30 m, 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 $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 recante le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, che recepisce quanto già riportato nell’Ordinanza 3274 del 20/03/2003 e successive modifiche, definisce i criteri antisismici generali, precisando le azioni che devono essere impiegate in fase progettuale per la sicurezza strutturale delle opere.

L’azione sismica sulle costruzioni è valutata partendo da una “pericolosità sismica di base”, derivata da studi eseguiti a livello nazionale e definita sulla base di condizioni ideali in superficie di suolo rigido e topografia orizzontale.

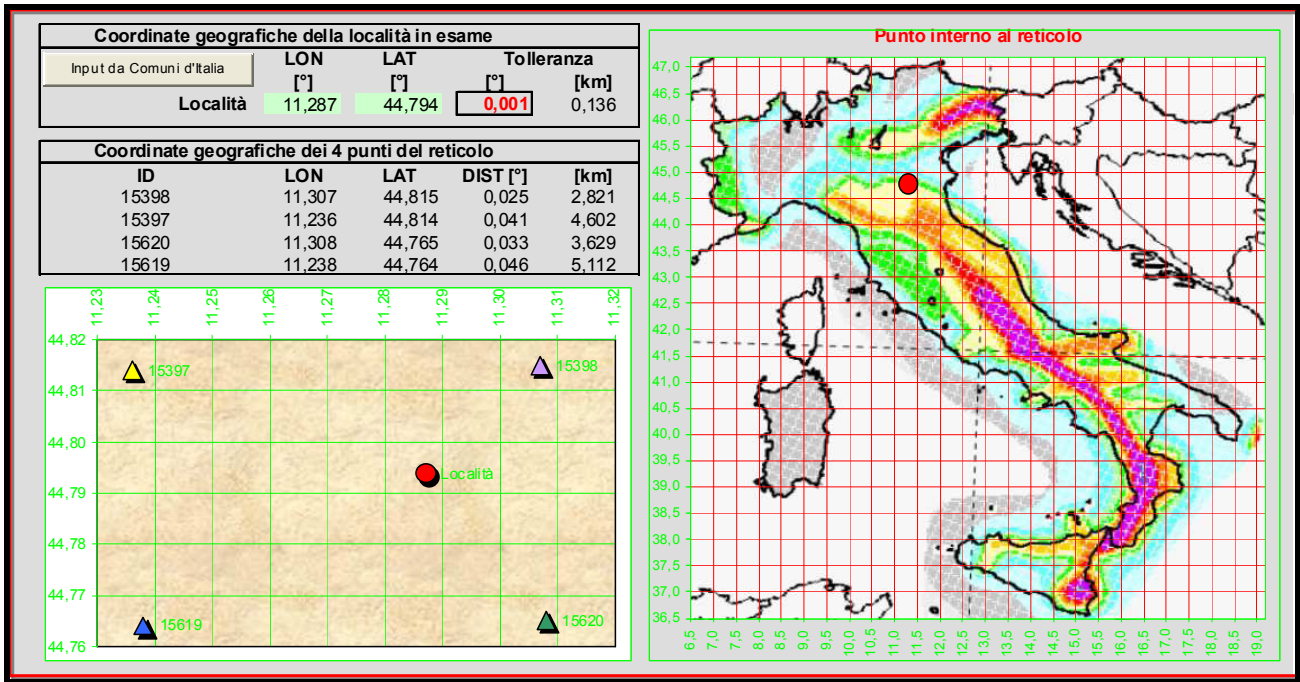
Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima
- F_o = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_c^* = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono inoltre definiti secondo termini probabilistici differenti, con periodi di ritorno TR di 30, 50, 475, 975 anni; per tale motivo, ai fini progettuali, occorre fissare la vita di riferimento VR della costruzione e la probabilità di superamento associata a ciascuno degli stati limite considerati.

I valori dei parametri a_g , F_o e T_c^* per la definizione dell’Azione Sismica possono essere calcolati mediante l’utilizzo del programma di calcolo “Calcolo Spettro Sismico”, ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

I primi dati ad essere stati introdotti nel programma sono le coordinate geografiche (latitudine e longitudine) del sito di riferimento (vedi figura in allegato).



Come si può visualizzare nella tabella sottostante, per ottenere gli spettri di risposta sismica locale, sono stati inoltre introdotti i valori della vita della struttura e le caratteristiche sismiche del terreno.

VITA DELLA STRUTTURA	
Vita nominale V_N	50 [anni]
Classe d'uso C_U	II
Vita di riferimento V_R	50 [anni]

CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO	
Topografia	T1
Coeff. topografico S_T	1,0
Categoria suolo	C

	SL	P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_C^*	S	T_b	T_C	T_D	F_v
sle	Operatività	81%	30	0,407	2,55	0,25	1,50	0,14	0,42	1,76	0,69
sle	Danno	63%	50	0,536	2,47	0,27	1,50	0,15	0,44	1,81	0,77
slu	Salv. Vita	10%	475	1,540	2,59	0,27	1,46	0,15	0,44	2,22	1,37
slu	Collasso	5%	975	2,065	2,54	0,28	1,39	0,15	0,45	2,43	1,56

I valori dei principali parametri sismici (a_g , F_0 , T_c^*) riferiti all'area in oggetto al TR = 475 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita esplicitati sono:

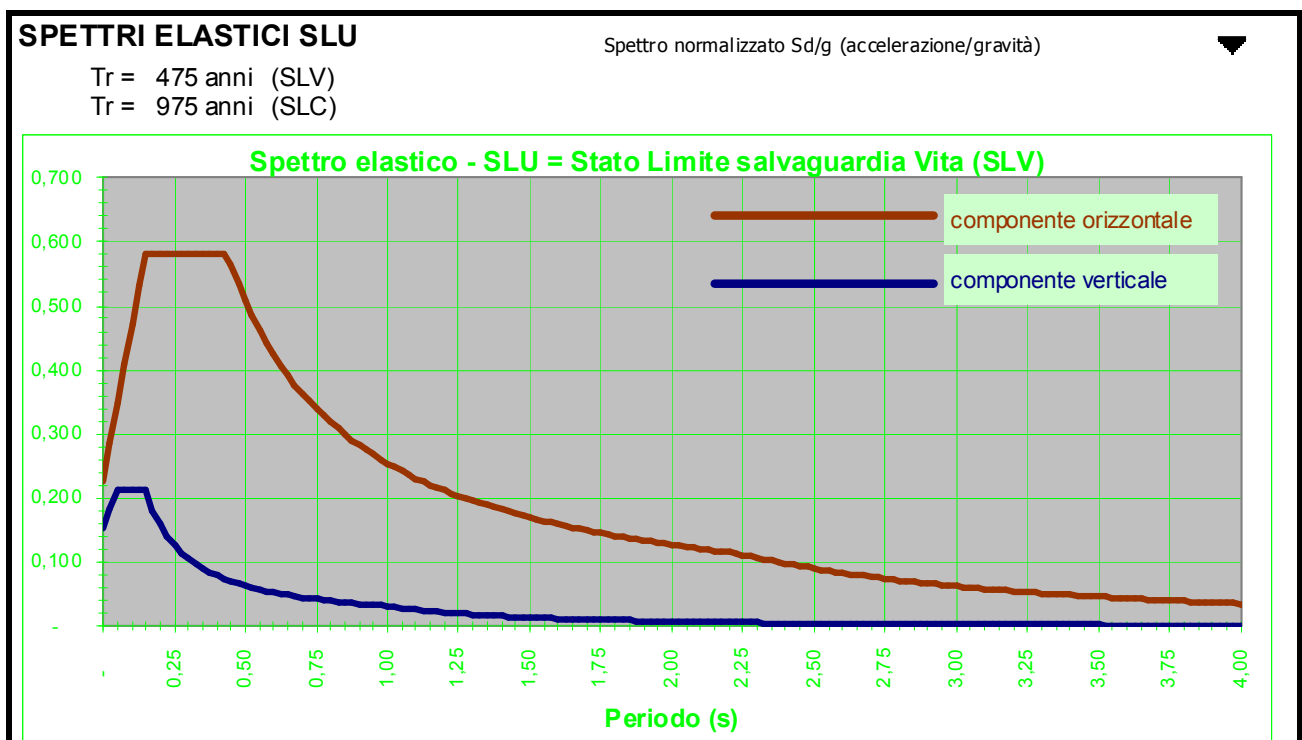
$$a_g = ag/g = 1.540 / 9.81 = 0.157$$

$$F_0 = 2.59$$

$$T_c^* = 0.27$$

Elaborando i dati forniti, il programma di calcolo ha prodotto gli spettri di risposta elastica necessari per definire gli stati limite ultimo.

Nella fattispecie è stato ottenuto il grafico degli spettri elastici SLU:



In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

in cui:

S_s = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica;

S_t = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica;

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s

Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Nel caso in esame potrà essere assunto:

VN 50 anni - Classe d'Uso II

Stato limite SLV e TR = 475 anni (*Paragrafo 7.1 D.M. 14.01.2008*):

$S_s = 1.46$ - Categoria sottosuolo C

$S_t = 1.0$ - Categoria topografica T1

$a_g = 0.157 \cdot g$

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.46 \cdot 1.0 \cdot 0.157 = 0.229 \cdot g$$

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Con il termine liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso.

Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DAL 112/2007 e dai punti 7.11.3.4.2. e C7.11.3.4.2. delle NTC 2008, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, tenendo altresì ben presente che nei terreni limitrofi all'area in esame, a settentrione e ad oriente, in concomitanza degli eventi sismici del maggio 2012, sono stati segnalati fenomeni di liquefazione, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno.

Le verifiche (cf. tabelle, diagrammi e profili proposti in allegato) sono state effettuate, in corrispondenza dei tre punti d'indagine, applicando la metodologia di Robertson e Wride (1997), che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo le indagini penetrometriche accertato, nei primi metri dal piano campagna, la presenza di sottili livelli di limi sabbiosi e sabbie limose che si alternano alle argille, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LAN prodotto dalla Ditta Aztec Informatica, che **il primo sottosuolo presenta un basso rischio di liquefazione.**

METODOLOGIA D'INDAGINE

Le caratteristiche geomeccaniche del terreno sono state determinate sulla base dei dati acquisiti con tre prove penetrometriche.

Le *penetrometrie* sono state eseguite utilizzando un penetrometro statico tipo GOUDA da 10 t.

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/sec} \pm 0.5 \text{ cm/sec}$).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico.

La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $\phi = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto $m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'approfondimento.

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- $R_p \text{ (Kg/cm}^2\text{)} =$ resistenza alla punta (conica)
- $R_L \text{ (Kg/cm}^2\text{)} =$ resistenza laterale (manicotto)

(la resistenza alla punta R_p e la resistenza laterale R_L sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto R_p/R_L fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di R_p e del rapporto $FR = (R_L/R_p) \%$ (esperienze di Schmertmann - 1978).

Sempre con riferimento alle prove penetrometriche statiche CPT, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace ϕ' , densità relativa D_r , modulo edometrico M_o , moduli di deformazione non drenato E_u e drenato E' , peso di volume Y , ecc.).

CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI

Le indagini consentono di ricostruire, per i vari strati, le caratteristiche litologiche ed i parametri geotecnici caratteristici:

INDAGINE PENETROMETRICA CPTI

Livello A

Strato che dal piano campagna, annettendo la coltre di terreno vegetale, si approfondisce sino a 6.5 m, in limi ed argille ad elevata componente organica e torbosa a cui si alternano livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie, con valori di:

$$\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3 = 17.65 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.35 \text{ kg/cm}^2 = 34.32 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.08 \text{ kg/cm}^2 = 7.84 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 18 [^\circ]$$

$$M_o = 35 \text{ kg/cm}^2 = 3432 \text{ kPa}$$

$$E = 30 \text{ kg/cm}^2 = 2942 \text{ kPa}$$

Livello B

Da 6.5 m sino a 8.5 m vi sono in prevalenza argille organiche e torbose, con valori di:

$$\gamma = 1.70 \text{ t/m}^3 = 16.67 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.80 \text{ t/m}^3 = 17.65 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.3 \text{ kg/cm}^2 = 29.42 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.05 \text{ kg/cm}^2 = 4.90 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 15 [^\circ]$$

$$M_o = 30 \text{ kg/cm}^2 = 2942 \text{ kPa}$$

$$E = 20 \text{ kg/cm}^2 = 1916 \text{ kPa}$$

Livello C

Da 8.5 m sino a 14.5 m vi sono argille, talora organiche, con sottili livelli di limi sabbiosi, con valori di:

$$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.6 \text{ kg/cm}^2 = 58.83 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.1 \text{ kg/cm}^2 = 9.81 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 20 [^\circ]$$

$$M_o = 60 \text{ kg/cm}^2 = 5883 \text{ kPa}$$

$$E = 50 \text{ kg/cm}^2 = 4903 \text{ kPa}$$

Livello D

Da 14.5 m sino a 17 m vi è una prevalenza di argille molto consistenti, con valori di:

$$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.9 \text{ kg/cm}^2 = 88.25 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.2 \text{ kg/cm}^2 = 19.61 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 22 [^\circ]$$

$$M_o = 80 \text{ kg/cm}^2 = 7845 \text{ kPa}$$

$$E = 70 \text{ kg/cm}^2 = 6864 \text{ kPa}$$

Livello E

Oltre i 17 m vi sono limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie in modesta matrice limo argillosa, con valori di:

$$\gamma = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2.00 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0 \text{ kg/cm}^2 = 0 \text{ kPa}$$

$$c' = 0 \text{ kg/cm}^2 = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 25 [^\circ]$$

$$M_o = 90 \text{ kg/cm}^2 = 8825 \text{ kPa}$$

$$E = 80 \text{ kg/cm}^2 = 7845 \text{ kPa}$$

INDAGINE PENETROMETRICA CPT2

Livello A

Strato che dal piano campagna, annettendo una sottile coltre di riporto ed il sottostante terreno vegetale, si approfondisce sino a 5.5 m, in limi ed argille ad elevata componente organica e torbosa a cui si alternano sottili livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie, con valori di:

$$\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3 = 17.65 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.4 \text{ kg/cm}^2 = 39.22 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.08 \text{ kg/cm}^2 = 7.84 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 18 [^\circ]$$

$$M_o = 40 \text{ kg/cm}^2 = 3922 \text{ kPa}$$

$$E = 30 \text{ kg/cm}^2 = 2942 \text{ kPa}$$

Livello B

Da 5.5 m sino a 7.5 m vi sono in prevalenza argille organiche e torbose, con valori di:

$$\gamma = 1.70 \text{ t/m}^3 = 16.67 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.80 \text{ t/m}^3 = 17.65 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.3 \text{ kg/cm}^2 = 29.42 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.05 \text{ kg/cm}^2 = 4.90 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 15 [^\circ]$$

$$M_o = 30 \text{ kg/cm}^2 = 2942 \text{ kPa}$$

$$E = 20 \text{ kg/cm}^2 = 1916 \text{ kPa}$$

Livello C

Da 7.5 m sino a 10 m vi sono argille, talora organiche, con sottili livelli di limi sabbiosi, con valori di:

$$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.5 \text{ kg/cm}^2 = 49 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.1 \text{ kg/cm}^2 = 9.81 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 18 [^\circ]$$

$$M_o = 50 \text{ kg/cm}^2 = 4903 \text{ kPa}$$

$$E = 40 \text{ kg/cm}^2 = 3922 \text{ kPa}$$

Livello D

Da 10 m sino a 13 m vi è una prevalenza di argille, talora organiche, con valori di:

$$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.7 \text{ kg/cm}^2 = 68.64 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.15 \text{ kg/cm}^2 = 14.71 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 20 [^\circ]$$

$$M_o = 60 \text{ kg/cm}^2 = 5883 \text{ kPa}$$

$$E = 50 \text{ kg/cm}^2 = 4903 \text{ kPa}$$

Livello E

Oltre i 13 m vi è una preponderanza di argille molto consistenti, con valori di:

$$\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2.0 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 1 \text{ kg/cm}^2 = 98 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.2 \text{ kg/cm}^2 = 19.61 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 22 [^\circ]$$

$$M_o = 90 \text{ kg/cm}^2 = 8825 \text{ kPa}$$

$$E = 80 \text{ kg/cm}^2 = 7845 \text{ kPa}$$

INDAGINE PENETROMETRICA CPT3

Livello A

Strato che dal piano campagna, annettendo la coltre di riporto ed il sottostante terreno vegetale, si approfondisce sino a 6 m, in limi ed argille, talora ad elevata componente organica e torbosa con sottili livelli di limi sabbiosi e sabbie limose, con valori di:

$$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.5 \text{ kg/cm}^2 = 49 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.1 \text{ kg/cm}^2 = 9.81 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 18 [^\circ]$$

$$M_o = 50 \text{ kg/cm}^2 = 4903 \text{ kPa}$$

$$E = 40 \text{ kg/cm}^2 = 3922 \text{ kPa}$$

Livello B

Da 6 m sino a 9 m vi sono in prevalenza argille organiche e torbose, con valori di:

$$\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3 = 17.65 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.4 \text{ kg/cm}^2 = 39.22 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.08 \text{ kg/cm}^2 = 7.84 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 15 [^\circ]$$

$$M_o = 40 \text{ kg/cm}^2 = 3922 \text{ kPa}$$

$$E = 30 \text{ kg/cm}^2 = 2942 \text{ kPa}$$

Livello C

Da 9 m sino a 13 m vi sono argille, talora organiche, con sottili livelli di limi sabbiosi, con valori di:

$$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.7 \text{ kg/cm}^2 = 68.64 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.15 \text{ kg/cm}^2 = 14.71 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 18 [^\circ]$$

$$M_o = 60 \text{ kg/cm}^2 = 5883 \text{ kPa}$$

$$E = 50 \text{ kg/cm}^2 = 4903 \text{ kPa}$$

Livello D

Oltre i 13 m vi è una preponderanza di argille molto consistenti, con valori di:

$$\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2.0 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 1 \text{ kg/cm}^2 = 98 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.2 \text{ kg/cm}^2 = 19.61 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 22 [^\circ]$$

$$M_o = 90 \text{ kg/cm}^2 = 8825 \text{ kPa}$$

$$E = 80 \text{ kg/cm}^2 = 7845 \text{ kPa}$$

dove:

γ = peso di volume; γ_{sat} = peso di volume saturo;

C_u = coesione non drenata; c' = coesione efficace;

ϕ' = angolo di attrito;

M_o = modulo edometrico; E = modulo elastico.

RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In sintonia con quanto riportato dalle carte tematiche, le indagini, appositamente effettuate per accertare la reale natura del primo sottosuolo, hanno riscontrato che nei primi 8÷9 m vi sono limi ed argille, anche ad elevata componente organica e torbosa, a cui si alternano livelli di limi sabbiosi e sabbie limose e sabbie.

Oltre, sino a circa 17 m, vi sono argille, talora organiche, caratterizzate da un sostanziale miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche. A maggiore profondità, supportati altresì dalle risultanze di una penetrometria statica effettuata nell'area a supporto di un precedente studio, vi sono sabbie limose e sabbie in modesta matrice limo argillosa, qui trasportate da un antico alveo del F. Reno che, seconda la Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna, defluiva nel territorio in esame nell'XI.-XV., in direzione dell'alveo del F. Panaro, in cui confluiva all'altezza di Finale Emilia.

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, con il conforto di un apposito sondaggio sismico a rifrazione, il suolo di fondazione può essere assimilato alla categoria C di azione sismica “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*” con spessori superiori a 30 m, 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 $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u$ $_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Mediante l'utilizzo di un apposito programma per il “Calcolo dello Spettro Sismico”, ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito, si è proceduto poi al calcolo del valore dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per la definizione dell'Azione Sismica locale. Riferiti all'area in oggetto, al $T_R = 475$ anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori: $a_g = a_g/g = 1.540 / 9.81 = 0.157$; $F_0 = 2.59$; $T_c^* = 0.27$.

Elaborando i dati, il programma ha prodotto gli spettri elastici SLU; è stata inoltre calcolata l'accelerazione massima attesa al sito di $a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.46 \cdot 1.0 \cdot 0.157 = 0.229 \cdot g$.

Come sottolineato in perizia, Dodici Morelli ricade in un territorio intensamente tettonizzato che non a caso ha risentito degli effetti dei sismi del maggio 2012 contraddistinti in più punti da fenomeni di liquefazione. In tal senso, la “Carta degli effetti di liquefazione osservati dopo i terremoti del 20 e 29 maggio 2012”, realizzata a cura del Servizio Geologico e Simico della Regione, segnala che, in particolare a ridosso di Via Maestraola, si sono verificati fenomeni di questo tipo e cioè fratture nel terreno e contemporanea fuoriuscita di limi, limi sabbiosi sabbia limosa e sabbia.

È per tale motivo che, in conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DAL 112/2007 e dai punti 7.11.3.4.2. e C7.11.3.4.2. delle NTC 2008, si è ritenuto opportuno procedere alla verifica della liquefazione del terreno.

Le verifiche sono state effettuate in corrispondenza dei tre punti d'indagine, applicando la metodologia di Robertson e Wride (1997), che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche. Tutte le verifiche, effettuate con l'ausilio del programma LAN prodotto dalla Ditta Aztec Informatica, hanno riscontrato che il primo sottosuolo presenta un basso rischio di liquefazione con valori dell'indice di liquefacibilità del deposito (I.L.) pari a 4.72 in CPT1, 4.58 in CPT2, 1.17 in CPT3. Le operazioni di calcolo, eseguite utilizzando il valore di magnitudo massima tipica della zonizzazione e di accelerazione massima al sito, hanno quindi confermato che il rischio alla liquefazione più alto lo si può avere nella zona orientale dell'area mentre questo eventuale rischio si riduce notevolmente in quella occidentale.

Del resto, che globalmente l'area abbia un rischio di liquefazione basso, in assenza di eventi riconducibili a quelli tipici della liquefazione, anche considerando che l'area stessa, all'epoca del sisma, possa essere stata soggetta ad accelerazioni di picco più alte rispetto a quelle attese al sito, è stato confermato dalla realtà dei fatti.

In particolare fattibile, alla luce di un indice di liquefacibilità del deposito (I.L.) di 1.17, da cui un basso rischio di liquefazione, è la costruzione di un fabbricato in corrispondenza del piazzale antistante via Rega. Tra l'altro, si tenga in tal senso presente che è in questa zona che, nei primi metri, sono stati dall'indagine CPT3 accertati i migliori valori geomeccanici del terreno, tipici di limi ed argille normalmente consolidate.

La carta idrogeologica di PSC evidenzia che nel territorio il flusso della falda freatica è da ovest verso est in direzione di un asse di drenaggio che ad oriente di Cento si estende verso settentrione in direzione di Finale Emilia. Le isofreatiche visualizzano tra l'altro che l'area è compresa tra le isofreatiche 12.5 e 11.5 m s.l.m., da cui, qualora l'area fosse perfettamente orizzontale, un approfondimento, sempre da ovest verso est, di circa un metro. In realtà, le penetrometrie hanno riscontrato, rispetto alla quota dell'attuale piano cortilivo, una maggiore profondità dell'acquifero ad occidente (2.3 m), a lato di via Rega, rispetto alla zona diametralmente opposta ad oriente, dove l'acqua è stata misurata a 1.35 m dal p.c.

Si è detto in perizia che quanto restituito in carta, vista la rilevante estensione del rilievo (si riferisce a tutti i comuni dell'alto ferrarese), deve essere preso con il dovuto beneficio d'inventario; intervengono infatti condizioni locali che devono essere interpretate in relazione alle quote del terreno, alla natura del primo sottosuolo e all'epoca in cui si riferiscono i rilievi che ne hanno consentito la restituzione. È normale che vi possa essere una variabilità stagionale che giustifichi una risalita dell'acquifero a quote più vicine al piano campagna al termine od in concomitanza di stagioni particolarmente piovose come l'ultima primaverile. Le penetrometrie sono state realizzate il 21 di giugno ed è quindi naturale che all'epoca il terreno, soprattutto dove nei primi metri vi sono interstrati di sabbia, fosse saturo d'acqua al punto da giustificare un livello di 1.35 m in CPT1 e 1.5 m in CPT2.

Del resto, anche al termine dell'indagine realizzata dalla Geoprogetti il 17 febbraio 2009, essa era stata misurata a 1.2 m dal p.c. (cf. grafico in allegato).

Ad oriente l'area, come detto nei primi metri caratterizzata da una maggior presenza di materiali di natura granulare, ricade in corrispondenza del più volte citato paleoalveo del F. Reno per cui è naturale, a prescindere ma nel contempo a conforto delle precedenti dissertazioni, che proprio in queste zone possa avvenire un flusso preferenziale dell'acqua di falda, non a caso principale responsabile, unitamente alla natura intrinseca del primo sottosuolo, dei fenomeni di liquefazione denunciati in Dodici Morelli, in particolare all'altezza di via Maestrola che la attraversa.

In funzione della realizzazione di un nuovo fabbricato a lato della SP 41 – via Rega, una profondità di falda superiore (2.3 m dal p.c.) che non interferisce quindi con la base d'appoggio delle future fondazioni, è quindi di ulteriore conforto per la sua stabilità futura.

Al fine di non incrementare l'ammollimento del terreno e per non innescare cedimenti di origine secondaria tali da inficiare nel tempo la staticità delle strutture, norma sarà inoltre (la medesima considerazione vale anche per tutti i preesistenti fabbricati) che sia verificato che tutte le acque di scarico vengano raccolte ed allontanate, utilizzando tubazioni e raccordi a perfetta tenuta, in direzione della rete drenante principale.

Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con le indagini si è infine proceduto alla valutazione del peso di volume (γ), dell'angolo di attrito interno (ϕ'), della coesione non drenata (C_u) ed efficace (c') nonché dei moduli edometrico (M_o) ed elastico (E), per gli strati che caratterizzano il primo sottosuolo. Suddetti valori potranno essere utilizzati a supporto della valutazione dell'idoneità delle strutture, secondo quanto riportato dal D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

Scandiano, settembre 2013

ALLEGATI



- A) UBICAZIONE INDAGINI**

- B) PROVE PENETROMETRICHE STATICHE**
(effettuate con penetrometro statico tipo GOUDA da 10 t)

- C) SISMICA A RIFRAZIONE PER
LA DETERMINAZIONE DEL V_{s30}**
(realizzata applicando il metodo MASW con sismografo
PASI 16SG24)

- D) PROVA PENETROMETRICA STATICA**
(tratta dal sito del Servizio Geologico, Sismico e
dei Suoli della Regione Emilia Romagna ed
eseguita nel febbraio 2009 dalla Ditta
GEOPROGETTI del Dott. Geol. Paolo Cestari)

- E) STRATIGRAFIE DI POZZI PER ACQUA**
(tratte dal sito del Servizio Geologico, Sismico e
dei Suoli della Regione Emilia Romagna)

- F) VERIFICA A LIQUEFAZIONE**
(eseguita con il programma LAN dell'Aztec Informatica)

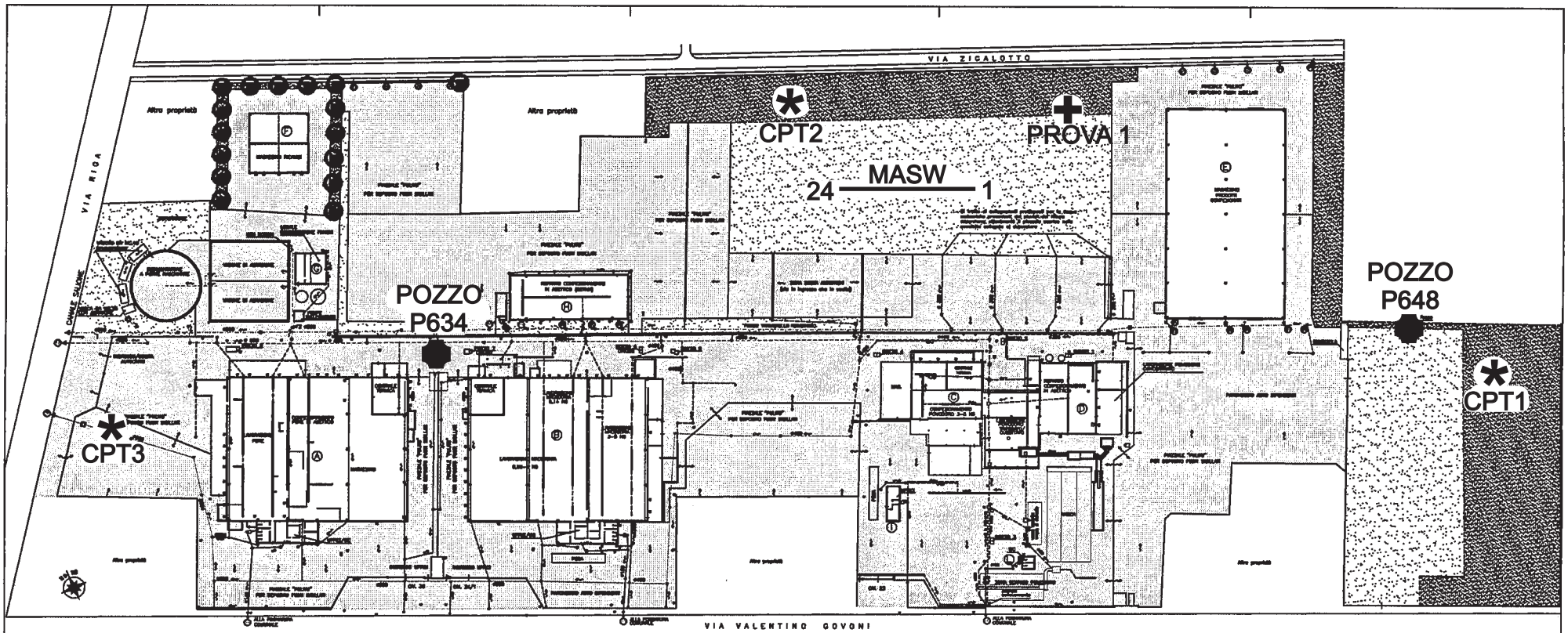
UBICAZIONE INDAGINI

SCALA 1:2000

* Penetrometrie statiche — Sismica a rifrazione tipo MASW per la determinazione del Vs30

+ Penetrometria statica realizzata nel febbraio 2009 dalla Ditta Geoprogetti del Dott. Geol. Paolo Cestari

● Pozzi per acqua



- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE -



DIAGRAMMI DI RESISTENZA

-

TABELLE E VALORI DI RESISTENZA

-

VALUTAZIONI LITOLOGICHE

-

PARAMETRI GEOTECNICI

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. $A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta $R_p \text{ (Kg / cm}^2 \text{)} = (\text{L. punta}) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale $R_L \text{ (Kg / cm}^2 \text{)} = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale $R_t \text{ (Kg)} = (\text{L. totale}) C_t$

$R_p / R_L = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione 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 R_L viene computata 20 cm sopra la punta.

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t - 1MN (megaNewton) = 1000 kN = 1000000 N \approx 100 t

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

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

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

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (R_p / R_L)$

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = R_p / R_L$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

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

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

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

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

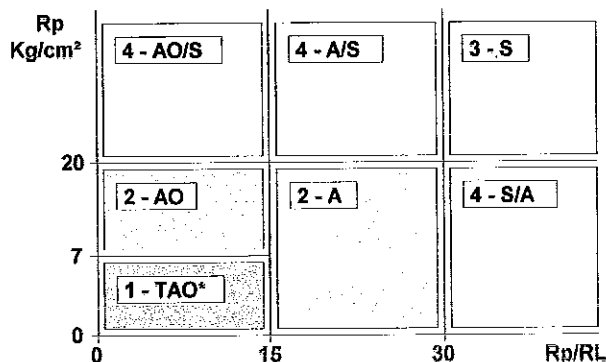
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

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

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

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



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' - R_p - natura] (Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - R_p]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}] (Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p $I_p = \text{ind.plast.}$]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - R_p]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente)
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - R_p - natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati) [correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - Dr - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari) (g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g) - Dr]

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-059

- committente : O.P.O.E. Cons. Coop. Agric. P.A.
- lavoro : Recupero immobili produttivi
- località : Via V. Govoni, 22 - Dodici Morelli di Cento (FE)
- note :

- data : 21/06/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,35 m da quota inizio
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	22,0	----	44,0	0,13	330,0	10,20	9,0	16,0	18,0	1,07	17,0
0,40	27,0	28,0	54,0	1,67	32,0	10,40	8,0	16,0	16,0	1,13	14,0
0,60	12,5	25,0	25,0	1,67	15,0	10,60	5,5	14,0	11,0	0,53	21,0
0,80	6,5	19,0	13,0	1,07	12,0	10,80	5,0	9,0	10,0	0,60	17,0
1,00	2,0	10,0	4,0	0,27	15,0	11,00	5,0	9,5	10,0	0,93	11,0
1,20	3,0	5,0	6,0	0,40	15,0	11,20	6,0	13,0	12,0	0,80	15,0
1,40	2,5	5,5	5,0	0,20	25,0	11,40	6,0	12,0	12,0	0,80	15,0
1,60	5,5	7,0	11,0	0,40	27,0	11,60	6,5	12,5	13,0	0,87	15,0
1,80	5,5	8,5	11,0	0,27	41,0	11,80	6,5	13,0	13,0	0,87	15,0
2,00	4,0	6,0	8,0	0,47	17,0	12,00	7,5	14,0	15,0	1,27	12,0
2,20	3,5	7,0	7,0	0,40	17,0	12,20	9,5	19,0	19,0	1,13	17,0
2,40	2,0	5,0	4,0	0,40	10,0	12,40	10,0	18,5	20,0	1,20	17,0
2,60	2,0	5,0	4,0	0,27	15,0	12,60	8,0	17,0	16,0	1,13	14,0
2,80	3,0	5,0	6,0	0,40	15,0	12,80	6,0	14,5	12,0	0,87	14,0
3,00	2,5	5,5	5,0	0,53	9,0	13,00	4,5	11,0	9,0	0,87	10,0
3,20	4,0	8,0	8,0	0,53	15,0	13,20	11,0	17,5	22,0	0,87	25,0
3,40	9,0	13,0	18,0	0,13	135,0	13,40	12,5	19,0	25,0	1,33	19,0
3,60	6,5	7,5	13,0	0,73	18,0	13,60	9,5	19,5	19,0	1,13	17,0
3,80	2,0	7,5	4,0	0,27	15,0	13,80	7,0	15,5	14,0	0,87	16,0
4,00	2,0	4,0	4,0	0,67	6,0	14,00	6,5	13,0	13,0	0,93	14,0
4,20	3,5	8,5	7,0	0,40	17,0	14,20	4,5	11,5	9,0	0,60	15,0
4,40	5,0	8,0	10,0	0,53	19,0	14,40	3,5	8,0	7,0	0,73	10,0
4,60	3,0	7,0	6,0	0,47	13,0	14,60	13,5	19,0	27,0	1,20	22,0
4,80	6,5	10,0	13,0	0,53	24,0	14,80	12,0	21,0	24,0	1,47	16,0
5,00	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0	15,00	10,5	21,5	21,0	1,27	17,0
5,20	7,5	11,5	15,0	0,60	25,0	15,20	15,5	25,0	31,0	1,60	19,0
5,40	7,0	11,5	14,0	0,40	35,0	15,40	16,0	28,0	32,0	1,73	18,0
5,60	4,5	7,5	9,0	0,40	22,0	15,60	14,5	27,5	29,0	2,00	14,0
5,80	5,5	8,5	11,0	0,33	33,0	15,80	14,0	29,0	28,0	1,93	14,0
6,00	5,0	7,5	10,0	0,40	25,0	16,00	14,0	28,5	28,0	1,67	17,0
6,20	6,0	9,0	12,0	0,53	22,0	16,20	20,0	32,5	40,0	2,13	19,0
6,40	2,0	6,0	4,0	0,13	30,0	16,40	19,0	35,0	38,0	1,87	20,0
6,60	2,5	3,5	5,0	0,33	15,0	16,60	10,0	24,0	20,0	1,13	18,0
6,80	2,5	5,0	5,0	0,40	12,0	16,80	8,5	17,0	17,0	1,33	13,0
7,00	2,5	5,5	5,0	0,73	7,0	17,00	15,0	25,0	30,0	0,40	75,0
7,20	3,5	9,0	7,0	0,47	15,0	17,20	18,5	21,5	37,0	0,93	40,0
7,40	2,5	6,0	5,0	0,40	12,0	17,40	16,0	23,0	32,0	1,33	24,0
7,60	2,5	5,5	5,0	0,33	15,0	17,60	10,0	20,0	20,0	0,27	75,0
7,80	2,5	5,0	5,0	0,33	15,0	17,80	15,0	17,0	30,0	1,20	25,0
8,00	2,5	5,0	5,0	0,73	7,0	18,00	13,0	22,0	26,0	2,00	13,0
8,20	4,0	9,5	8,0	0,40	20,0	18,20	18,0	33,0	36,0	3,47	10,0
8,40	3,0	6,0	6,0	0,33	18,0	18,40	24,0	50,0	48,0	1,53	31,0
8,60	3,5	6,0	7,0	0,47	15,0	18,60	15,5	27,0	31,0	0,67	46,0
8,80	4,5	8,0	9,0	0,47	19,0	18,80	12,0	17,0	24,0	1,80	13,0
9,00	6,5	10,0	13,0	1,07	12,0	19,00	15,0	28,5	30,0	1,40	21,0
9,20	9,0	17,0	18,0	0,87	21,0	19,20	15,0	25,5	30,0	2,53	12,0
9,40	11,5	18,0	23,0	1,27	18,0	19,40	29,0	48,0	58,0	1,53	38,0
9,60	5,5	15,0	11,0	0,80	14,0	19,60	17,0	28,5	34,0	2,00	17,0
9,80	6,5	12,5	13,0	0,80	16,0	19,80	20,0	35,0	40,0	1,73	23,0
10,00	7,0	13,0	14,0	0,93	15,0	20,00	15,0	28,0	30,0	----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 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)

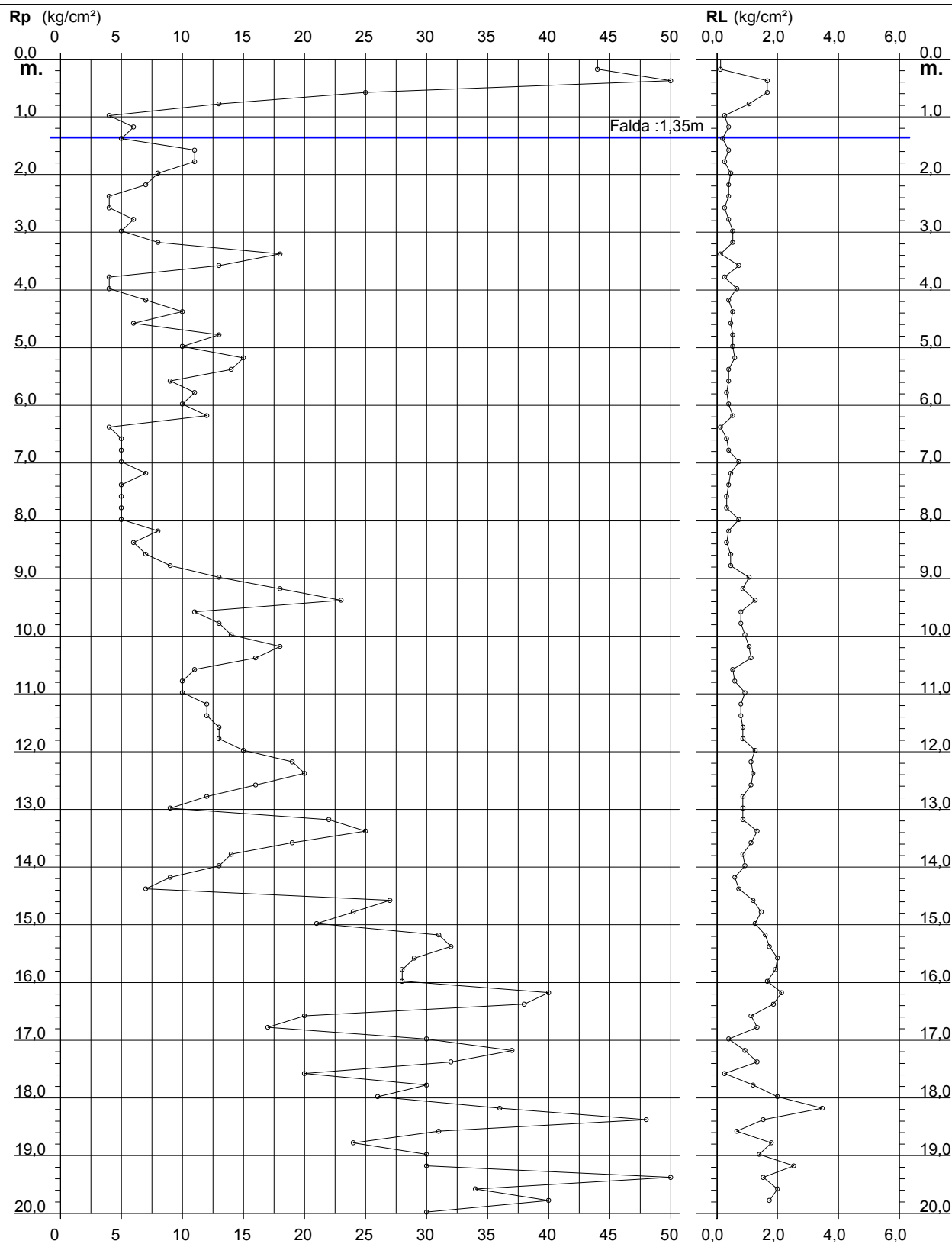
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-059

- committente : O.P.O.E. Cons. Coop. Agric. P.A.
- lavoro : Recupero immobili produttivi
- località : Via V. Govoni, 22 - Dodici Morelli di Cento (FE)

- data : 21/06/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,35 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



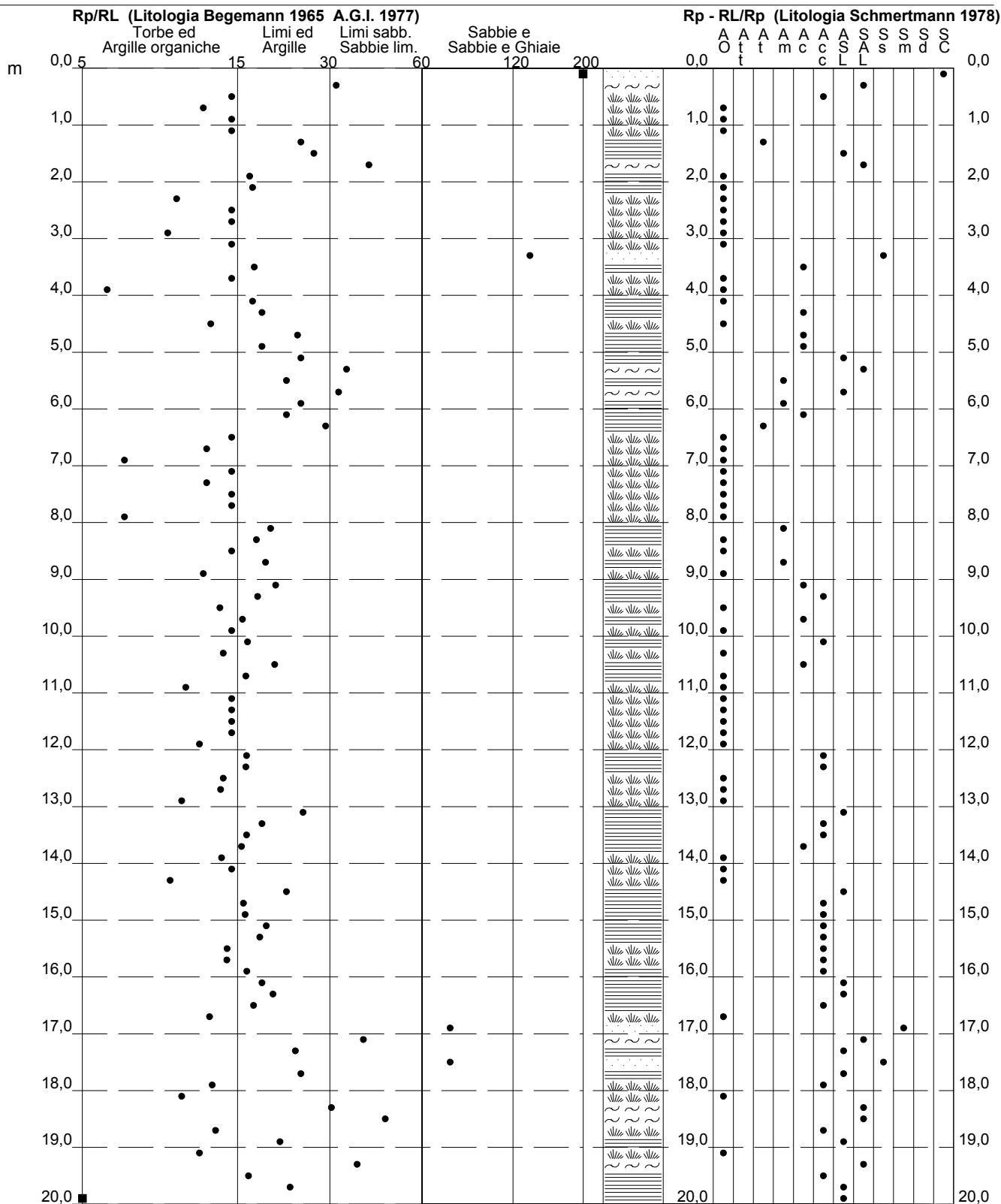
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.010496-059

- committente : O.P.O.E. Cons. Coop. Agric. P.A.
 - lavoro : Recupero immobili produttivi
 - località : Via V. Govoni, 22 - Dodici Morelli di Cento (FE)
 - note :

- data : 21/06/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,35 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.010496-059

- committente : O.P.O.E. Cons. Coop. Agric. P.A.
- lavoro : Recupero immobili produttivi
- località : Via V. Govoni, 22 - Dodici Morelli di Cento (FE)
- note :

- data : 21/06/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,35 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm ²	Rp/RI (-)	Natura Litol.	Y' t/m ²	p'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²
0,20	44	330	3:~:~:	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	31	0,258	73	110	132
0,40	54	32	3:~:~:	1,85	0,07	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	31	0,258	90	135	162
0,60	25	15	4:~:~:	1,85	0,11	0,91	87,0	155	232	75	78	39	41	42	44	41	28	0,184	42	63	75
0,80	13	12	2:~:~:~	1,85	0,15	0,60	36,5	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	4	15	1:~:~:~	1,85	0,19	0,20	6,9	10	15	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	6	15	1:~:~:~	1,85	0,22	0,30	9,1	13	19	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	5	25	2:~:~:~	0,80	0,24	0,25	6,7	61	91	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	11	27	2:~:~:~	0,91	0,26	0,54	15,8	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	11	41	4:~:~:	0,87	0,27	0,54	14,6	91	137	42	28	32	35	37	40	32	26	0,053	18	28	33
2,00	8	17	2:~:~:~	0,86	0,29	0,40	9,4	69	104	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	7	17	2:~:~:~	0,84	0,31	0,35	7,4	76	114	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	4	10	1:~:~:~	0,46	0,32	0,20	3,5	17	26	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	4	15	1:~:~:~	0,46	0,33	0,20	3,4	18	27	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	6	15	1:~:~:~	0,46	0,34	0,30	5,5	18	27	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	5	9	1:~:~:~	0,46	0,34	0,25	4,2	17	26	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	8	15	2:~:~:~	0,86	0,36	0,40	7,1	90	135	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	18	135	4:~:~:	0,91	0,38	0,75	14,7	128	191	56	37	33	36	38	41	33	27	0,072	30	45	54
3,60	13	18	2:~:~:~	0,93	0,40	0,60	10,6	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	4	15	1:~:~:~	0,46	0,41	0,20	2,6	22	33	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	4	6	1:~:~:~	0,46	0,42	0,20	2,5	22	33	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	7	17	2:~:~:~	0,84	0,43	0,35	4,8	120	180	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	10	19	2:~:~:~	0,90	0,45	0,50	7,1	113	169	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	6	13	1:~:~:~	0,46	0,46	0,30	3,7	24	36	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	13	24	2:~:~:~	0,93	0,48	0,60	8,4	114	171	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	10	19	2:~:~:~	0,90	0,50	0,50	6,3	129	194	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	15	25	2:~:~:~	0,95	0,52	0,67	8,6	122	184	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	14	35	4:~:~:	0,89	0,53	0,64	7,8	129	194	48	20	31	34	36	40	29	26	0,037	23	35	42
5,60	9	22	2:~:~:~	0,88	0,55	0,45	4,9	153	229	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	11	33	4:~:~:	0,87	0,57	0,54	5,8	152	228	42	10	29	32	35	39	28	26	0,020	18	28	33
6,00	10	25	2:~:~:~	0,90	0,59	0,50	5,1	161	242	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	12	22	2:~:~:~	0,92	0,61	0,57	5,8	162	242	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	4	30	4:~:~:	0,80	0,62	0,20	1,5	116	175	20	--	28	31	35	38	25	25	--	7	10	12
6,60	5	15	1:~:~:~	0,46	0,63	0,25	2,0	30	45	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	5	12	1:~:~:~	0,46	0,64	0,25	1,9	30	45	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	7	7	1:~:~:~	0,46	0,65	0,25	1,9	30	46	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	7	15	1:~:~:~	0,46	0,66	0,35	2,9	36	54	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	5	12	1:~:~:~	0,46	0,67	0,25	1,8	31	46	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	5	15	1:~:~:~	0,46	0,68	0,25	1,8	31	46	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	5	15	1:~:~:~	0,46	0,69	0,25	1,8	31	46	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	5	7	1:~:~:~	0,46	0,70	0,25	1,7	31	46	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	8	20	2:~:~:~	0,86	0,71	0,40	3,1	196	293	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	6	18	2:~:~:~	0,82	0,73	0,30	2,1	167	250	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	7	15	1:~:~:~	0,46	0,74	0,35	2,5	39	59	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	9	19	2:~:~:~	0,88	0,76	0,45	3,3	211	317	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	13	22	2:~:~:~	0,93	0,77	0,60	4,6	216	323	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	18	21	2:~:~:~	0,98	0,79	0,75	5,8	212	317	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	23	18	4:~:~:	0,94	0,81	0,87	6,8	206	309	69	27	32	34	37	40	30	28	0,051	38	58	69
9,60	11	14	2:~:~:~	0,91	0,83	0,54	3,6	235	352	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	13	16	2:~:~:~	0,93	0,85	0,60	4,1	237	356	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	14	15	2:~:~:~	0,94	0,87	0,64	4,3	242	364	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	18	17	2:~:~:~	0,98	0,89	0,75	5,1	244	366	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	16	14	2:~:~:~	0,96	0,91	0,70	4,5	253	379	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	11	21	2:~:~:~	0,91	0,92	0,54	3,2	257	385	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	10	17	2:~:~:~	0,90	0,94	0,50	2,8	253	379	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	10	11	2:~:~:~	0,90	0,96	0,50	2,8	255	383	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	12	15	2:~:~:~	0,92	0,98	0,57	3,2	272	409	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	12	15	2:~:~:~	0,92	1,00	0,57	3,1	276	414	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,60	13	15	2:~:~:~	0,93	1,02	0,60	3,3	284	426	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	13	15	2:~:~:~	0,93	1,03	0,60	3,2	288	432	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,00	15	12	2:~:~:~	0,95	1,05	0,67	3,5	297	446	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,20	18	17	2:~:~:~	0,99	1,07	0,78	4,2	300	450	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,40	20	17	4:~:~:	0,93	1,09	0,80	4,3	305	458	62	15	30	33	36	39	27	27	0,028	33	50	60
12,60	16	14	2:~:~:~	0,96	1,11	0,70	3,5	313	470	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,80	12	14	2:~:~:~	0,92	1,13	0,57	2,7	296	444	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,00	9	10	2:~:~:~	0,88	1,15	0,45	1,9	253	380	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,20	22	25	4:~:~:	0,93	1,17	0,85	4,2	326	489	66	16	30	33	36	39	28	28	0,031	37	55	66
13,40	25	19	4:~:~:	0,94	1,19	0,91	4,5	330	496	75	20	31	34	37	40	28	28	0,038	42	63	75
13,60	19	17	2:~:~:~	0,99	1,20	0,78	3,6	340	510	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,80	14	16	2:~:~:~	0,94	1,22	0,60	2,8	325	488	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,00	13	14	2:~:~:~	0,93	1,24	0,60	2,6	318	477	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,20	9	15	2:~:~:~	0,88	1,26	0,45	1,7	258	387	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,40	7	10	1:~:~:~	0,46	1,27	0,35	1,3	45	67	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14,60	27	22	4:~:~:	0,95	1,29	0,95	4,3	360	540	81	21	31	34	37	40	28	28	0,040	45	68	81
14,80	24	16	4:~:~:	0,94	1,31	0,89	3,9	367	550	72	16	30	33	36	39	28	28	0,031	40	60	

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-059

- committente : O.P.O.E. Cons. Coop. Agric. P.A.
- lavoro : Recupero immobili produttivi
- località : Via V. Govoni, 22 - Dodici Morelli di Cento (FE)
- note : Per posizionarsi sbancato sino a 0.5 m

- data : 21/06/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	---	---	--	----	----	8,80	6,5	11,5	13,0	0,80	16,0
0,40	---	---	--	----	----	9,00	5,0	11,0	10,0	0,93	11,0
0,60	5,5	---	11,0	0,07	165,0	9,20	4,5	11,5	9,0	0,60	15,0
0,80	5,5	6,0	11,0	0,67	16,0	9,40	3,0	7,5	6,0	0,47	13,0
1,00	4,0	9,0	8,0	0,67	12,0	9,60	4,0	7,5	8,0	0,33	24,0
1,20	4,0	9,0	8,0	0,33	24,0	9,80	4,5	7,0	9,0	0,67	13,0
1,40	4,5	7,0	9,0	0,33	27,0	10,00	5,0	10,0	10,0	0,93	11,0
1,60	3,0	5,5	6,0	0,40	15,0	10,20	7,5	14,5	15,0	1,00	15,0
1,80	5,0	8,0	10,0	0,53	19,0	10,40	6,0	13,5	12,0	0,87	14,0
2,00	4,5	8,5	9,0	0,40	22,0	10,60	6,5	13,0	13,0	0,87	15,0
2,20	7,0	10,0	14,0	0,53	26,0	10,80	6,0	12,5	12,0	0,87	14,0
2,40	4,0	8,0	8,0	0,40	20,0	11,00	6,5	13,0	13,0	1,13	11,0
2,60	3,0	6,0	6,0	0,40	15,0	11,20	8,5	17,0	17,0	1,07	16,0
2,80	3,0	6,0	6,0	0,40	15,0	11,40	8,0	16,0	16,0	0,80	20,0
3,00	4,0	7,0	8,0	0,47	17,0	11,60	7,5	13,5	15,0	0,87	17,0
3,20	4,5	8,0	9,0	0,47	19,0	11,80	6,5	13,0	13,0	0,87	15,0
3,40	3,5	7,0	7,0	0,33	21,0	12,00	7,5	14,0	15,0	1,07	14,0
3,60	8,5	11,0	17,0	0,33	51,0	12,20	8,5	16,5	17,0	1,00	17,0
3,80	2,0	4,5	4,0	0,33	12,0	12,40	8,0	15,5	16,0	1,13	14,0
4,00	2,5	5,0	5,0	0,40	12,0	12,60	8,5	17,0	17,0	1,07	16,0
4,20	4,0	7,0	8,0	0,33	24,0	12,80	9,5	17,5	19,0	1,47	13,0
4,40	3,0	5,5	6,0	0,33	18,0	13,00	10,0	21,0	20,0	1,40	14,0
4,60	4,0	6,5	8,0	0,53	15,0	13,20	16,5	27,0	33,0	1,53	22,0
4,80	2,5	6,5	5,0	0,40	12,0	13,40	19,5	31,0	39,0	2,20	18,0
5,00	3,0	6,0	6,0	0,40	15,0	13,60	20,5	37,0	41,0	2,40	17,0
5,20	4,0	7,0	8,0	0,40	20,0	13,80	20,0	38,0	40,0	2,67	15,0
5,40	4,0	7,0	8,0	0,40	20,0	14,00	15,0	35,0	30,0	2,07	15,0
5,60	3,5	6,5	7,0	0,47	15,0	14,20	18,5	34,0	37,0	2,07	18,0
5,80	3,0	6,5	6,0	0,47	13,0	14,40	17,5	33,0	35,0	2,33	15,0
6,00	2,0	5,5	4,0	0,40	10,0	14,60	18,5	36,0	37,0	2,13	17,0
6,20	3,0	6,0	6,0	0,47	13,0	14,80	19,0	35,0	38,0	2,47	15,0
6,40	2,5	6,0	5,0	0,40	12,0	15,00	17,5	36,0	35,0	2,33	15,0
6,60	2,5	5,5	5,0	0,40	12,0	15,20	18,5	36,0	37,0	2,13	17,0
6,80	2,5	5,5	5,0	0,33	15,0	15,40	17,5	33,5	35,0	2,47	14,0
7,00	3,0	5,5	6,0	0,47	13,0	15,60	21,0	39,5	42,0	2,40	17,0
7,20	5,0	8,5	10,0	0,53	19,0	15,80	20,0	38,0	40,0	2,13	19,0
7,40	2,0	6,0	4,0	0,40	10,0	16,00	19,0	35,0	38,0	2,13	18,0
7,60	2,5	5,5	5,0	0,40	12,0	16,20	17,5	33,5	35,0	2,27	15,0
7,80	4,0	7,0	8,0	0,27	30,0	16,40	18,0	35,0	36,0	2,40	15,0
8,00	5,0	7,0	10,0	0,47	21,0	16,60	18,0	36,0	36,0	2,20	16,0
8,20	9,5	13,0	19,0	0,93	20,0	16,80	22,5	39,0	45,0	2,27	20,0
8,40	4,5	11,5	9,0	0,53	17,0	17,00	23,0	40,0	46,0	----	----
8,60	4,5	8,5	9,0	0,67	13,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 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)

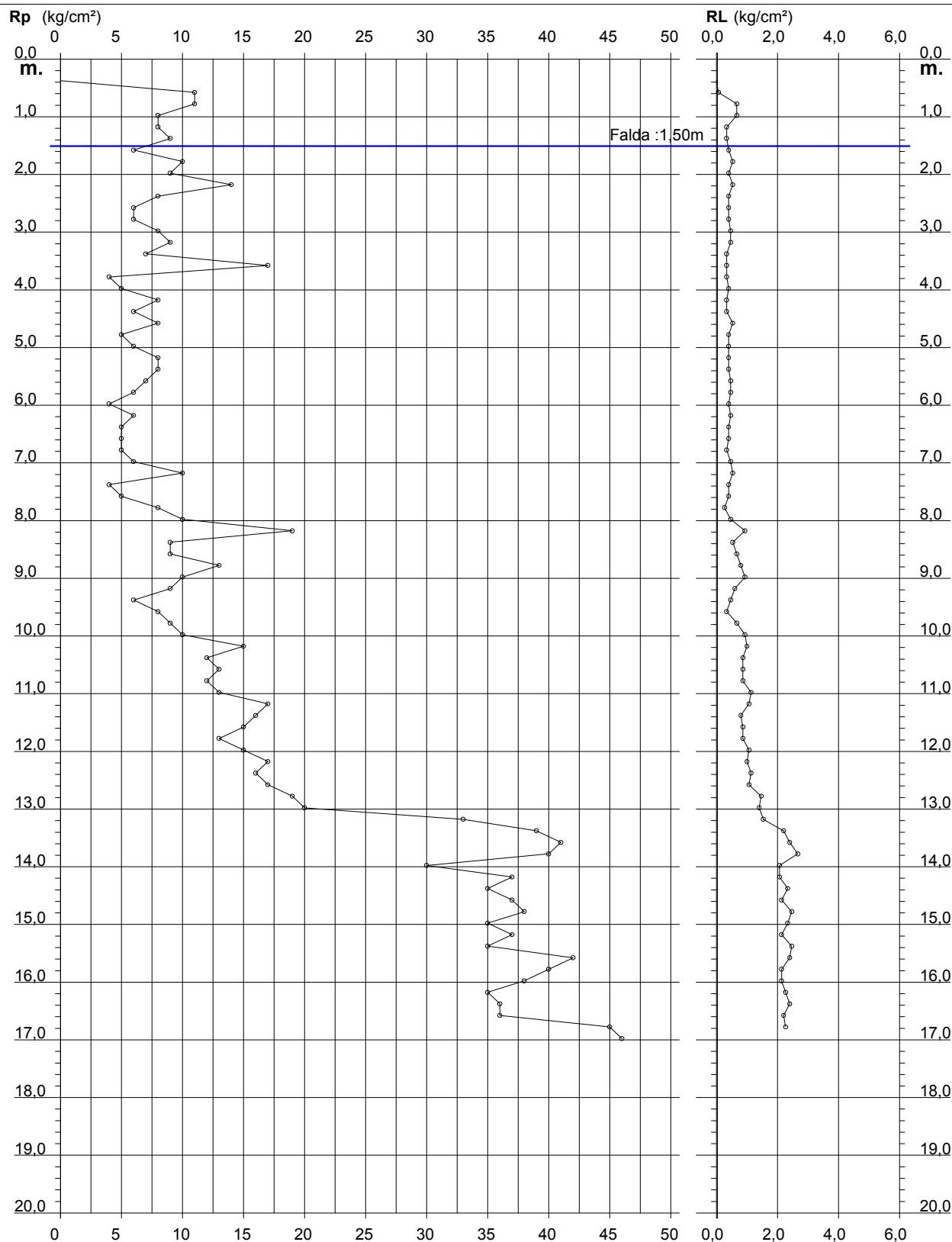
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-059

- committente : O.P.O.E. Cons. Coop. Agric. P.A.
- lavoro : Recupero immobili produttivi
- località : Via V. Govoni, 22 - Dodici Morelli di Cento (FE)
- note : Per posizionarsi sbancato sino a 0.5 m

- data : 21/06/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



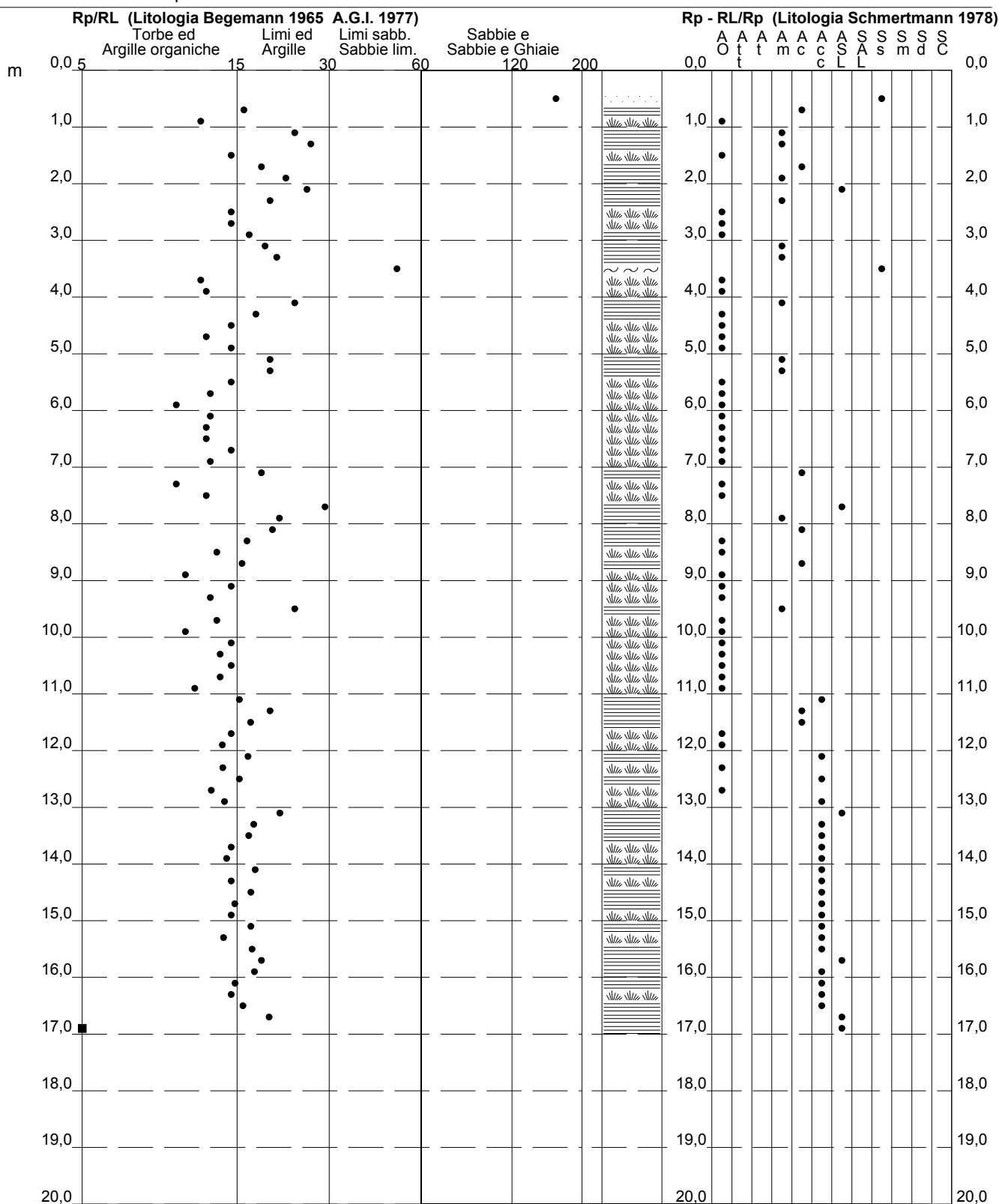
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.010496-059

- committente : O.P.O.E. Cons. Coop. Agric. P.A.
 - lavoro : Recupero immobili produttivi
 - località : Via V. Govoni, 22 - Dodici Morelli di Cento (FE)
 - note : Per posizionarsi sbancato sino a 0.5 m

- data : 21/06/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,50 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-059

- committente : O.P.O.E. Cons. Coop. Agric. P.A.
- lavoro : Recupero immobili produttivi
- località : Via V. Govoni, 22 - Dodici Morelli di Cento (FE)
- note : Per posizionarsi sbancato sino a 0.8 m

- data : 21/06/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,30 m da quota inizio
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	---	---	--	----	---	8,20	5,0	10,0	10,0	0,67	15,0
0,40	---	---	--	----	---	8,40	4,5	9,5	9,0	0,67	13,0
0,60	---	---	--	----	---	8,60	5,0	10,0	10,0	0,73	14,0
0,80	---	---	--	----	---	8,80	4,5	10,0	9,0	1,00	9,0
1,00	13,0	---	26,0	0,27	97,0	9,00	6,5	14,0	13,0	0,80	16,0
1,20	11,0	13,0	22,0	1,47	15,0	9,20	9,0	15,0	18,0	1,07	17,0
1,40	9,0	20,0	18,0	1,07	17,0	9,40	12,0	20,0	24,0	1,13	21,0
1,60	7,0	15,0	14,0	1,00	14,0	9,60	6,5	15,0	13,0	1,00	13,0
1,80	6,0	13,5	12,0	0,80	15,0	9,80	6,5	14,0	13,0	1,00	13,0
2,00	5,5	11,5	11,0	0,73	15,0	10,00	7,5	15,0	15,0	1,07	14,0
2,20	5,5	11,0	11,0	0,53	21,0	10,20	9,0	17,0	18,0	1,20	15,0
2,40	4,0	8,0	8,0	0,47	17,0	10,40	7,5	16,5	15,0	1,20	12,0
2,60	6,5	10,0	13,0	0,67	19,0	10,60	7,5	16,5	15,0	1,13	13,0
2,80	8,0	13,0	16,0	0,60	27,0	10,80	5,5	14,0	11,0	1,00	11,0
3,00	7,5	12,0	15,0	0,73	20,0	11,00	5,5	13,0	11,0	1,07	10,0
3,20	5,5	11,0	11,0	0,60	18,0	11,20	6,5	14,5	13,0	1,00	13,0
3,40	6,0	10,5	12,0	0,60	20,0	11,40	7,0	14,5	14,0	0,87	16,0
3,60	7,5	12,0	15,0	0,87	17,0	11,60	7,0	13,5	14,0	0,93	15,0
3,80	7,5	14,0	15,0	0,73	20,0	11,80	8,5	15,5	17,0	1,00	17,0
4,00	7,0	12,5	14,0	0,87	16,0	12,00	9,5	17,0	19,0	1,33	14,0
4,20	7,5	14,0	15,0	0,93	16,0	12,20	11,5	21,5	23,0	1,40	16,0
4,40	7,0	14,0	14,0	0,87	16,0	12,40	11,5	22,0	23,0	1,27	18,0
4,60	6,0	12,5	12,0	0,67	18,0	12,60	12,0	21,5	24,0	1,47	16,0
4,80	5,0	10,0	10,0	0,60	17,0	12,80	11,0	22,0	22,0	1,67	13,0
5,00	6,0	10,5	12,0	0,80	15,0	13,00	10,5	23,0	21,0	1,60	13,0
5,20	6,0	12,0	12,0	0,67	18,0	13,20	12,5	24,5	25,0	1,60	16,0
5,40	6,0	11,0	12,0	0,53	22,0	13,40	13,5	25,5	27,0	1,73	16,0
5,60	6,5	10,5	13,0	0,87	15,0	13,60	15,5	28,5	31,0	2,13	15,0
5,80	4,5	11,0	9,0	0,47	19,0	13,80	16,5	32,5	33,0	2,40	14,0
6,00	3,0	6,5	6,0	0,53	11,0	14,00	16,5	34,5	33,0	3,07	11,0
6,20	4,0	8,0	8,0	0,53	15,0	14,20	23,0	46,0	46,0	3,13	15,0
6,40	4,0	8,0	8,0	0,47	17,0	14,40	21,5	45,0	43,0	3,47	12,0
6,60	4,5	8,0	9,0	0,60	15,0	14,60	24,0	50,0	48,0	3,40	14,0
6,80	4,5	9,0	9,0	0,60	15,0	14,80	24,5	50,0	49,0	2,87	17,0
7,00	3,5	8,0	7,0	0,73	10,0	15,00	20,5	42,0	41,0	3,33	12,0
7,20	4,5	10,0	9,0	0,60	15,0	15,20	21,0	46,0	42,0	4,00	10,0
7,40	4,0	8,5	8,0	0,60	13,0	15,40	20,0	50,0	40,0	3,07	13,0
7,60	4,0	8,5	8,0	0,80	10,0	15,60	19,0	42,0	38,0	2,73	14,0
7,80	4,5	10,5	9,0	0,87	10,0	15,80	18,5	39,0	37,0	3,07	12,0
8,00	5,0	11,5	10,0	0,67	15,0	16,00	23,0	46,0	46,0	----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 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)

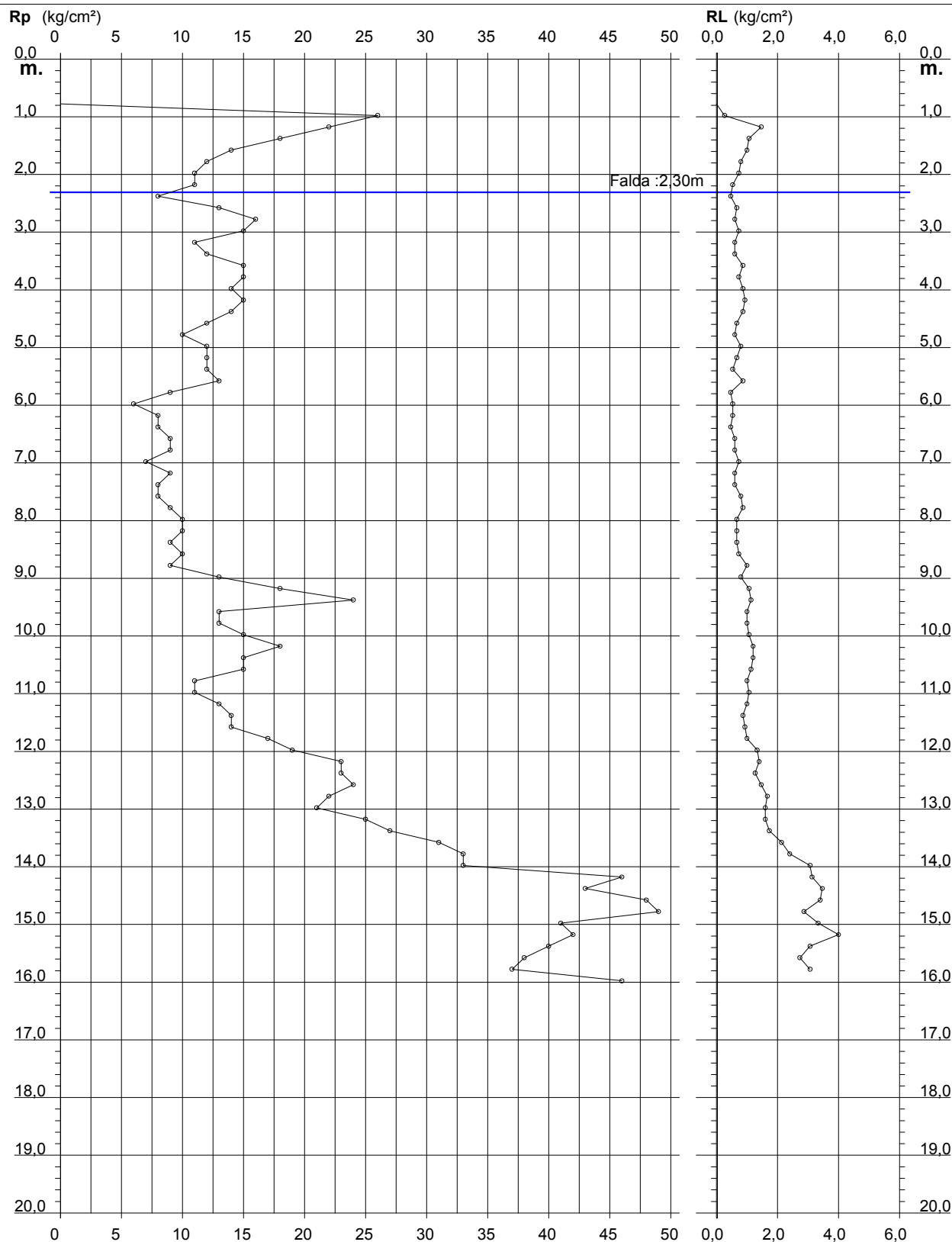
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-059

- committente : O.P.O.E. Cons. Coop. Agric. P.A.
- lavoro : Recupero immobili produttivi
- località : Via V. Govoni, 22 - Dodici Morelli di Cento (FE)
- note : Per posizionarsi sbancato sino a 0.8 m

- data : 21/06/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,30 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



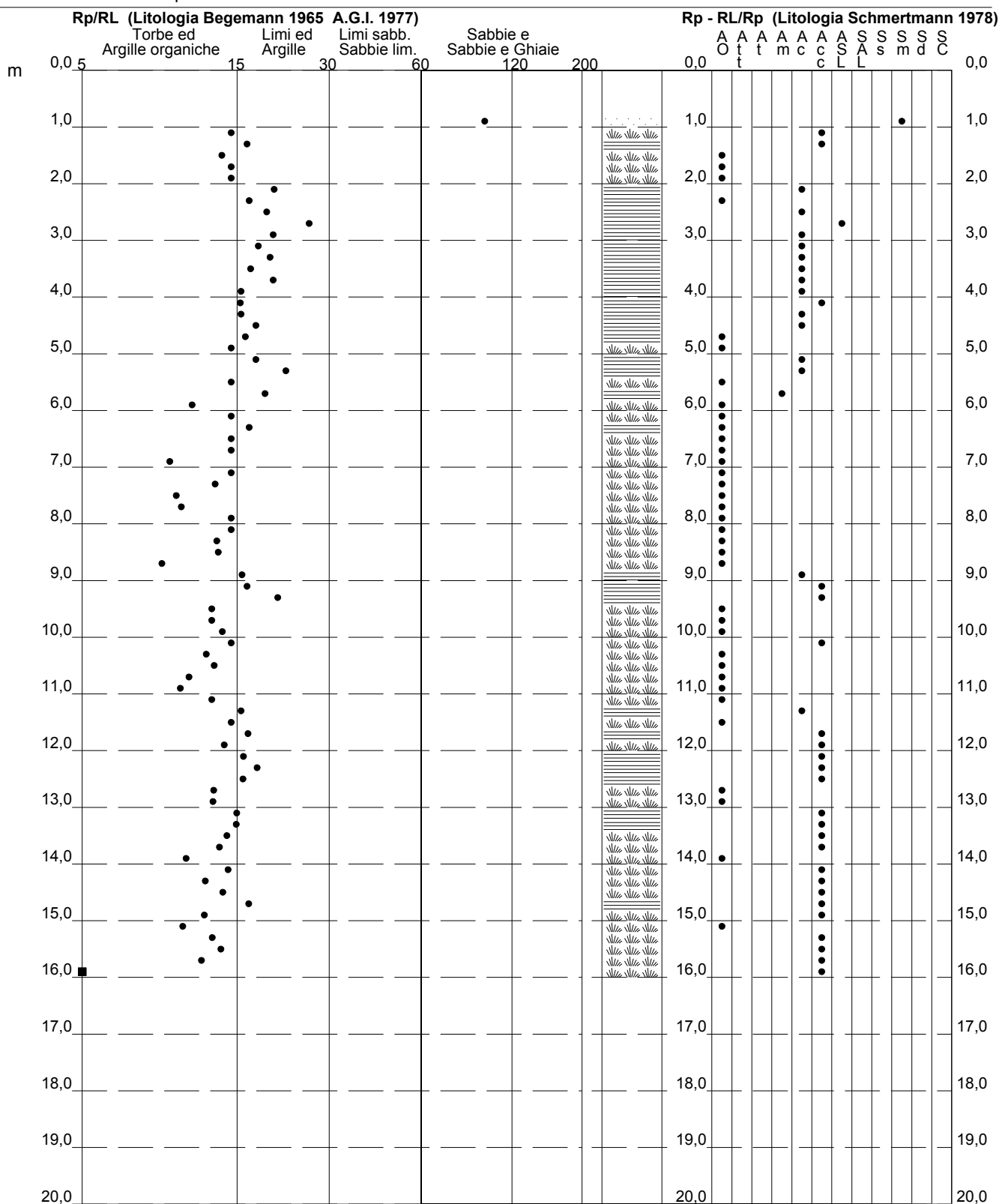
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 3

2.010496-059

- committente : O.P.O.E. Cons. Coop. Agric. P.A.
 - lavoro : Recupero immobili produttivi
 - località : Via V. Govoni, 22 - Dodici Morelli di Cento (FE)
 - note : Per posizionarsi sbancato sino a 0.8 m

- data : 21/06/2013
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 2,30 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 3

2.010496-059

- committente : O.P.O.E. Cons. Coop. Agric. P.A.
- lavoro : Recupero immobili produttivi
- località : Via V. Govoni, 22 - Dodici Morelli di Cento (FE)
- note : Per posizionarsi sbancato sino a 0.8 m

- data : 21/06/2013
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,30 m da quota inizio
- pagina : 1

Prof. m	Rp kg/cm ²	Rp/RI (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE															
					p'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²				
0.20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	--	--	???	1,85	0,11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	--	--	???	1,85	0,15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	26	97	3:...	1,85	0,19	--	--	--	--	--	--	67	37	39	41	43	39	28	0,150	43	65	78	--	--	
1.20	22	15	4/..	1,85	0,22	0,85	33,4	144	216	66	57	36	38	40	43	37	28	0,121	37	55	66	--	--	--	
1.40	18	17	2////	1,85	0,26	0,75	23,7	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.60	14	14	2////	1,85	0,30	0,64	16,3	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.80	12	15	2////	1,85	0,33	0,57	12,3	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.00	11	15	2////	1,85	0,37	0,54	10,0	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	11	21	2////	1,85	0,41	0,54	8,9	96	145	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.40	8	17	2////	0,86	0,42	0,40	5,8	113	170	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.60	13	19	2////	0,93	0,44	0,60	9,3	106	158	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.80	16	27	2////	0,96	0,46	0,70	10,5	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.00	15	20	2////	0,95	0,48	0,67	9,4	115	173	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.20	11	18	2////	0,91	0,50	0,54	6,9	126	189	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.40	12	20	2////	0,92	0,52	0,57	7,1	129	194	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	15	17	2////	0,95	0,54	0,67	8,2	128	192	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.80	15	20	2////	0,95	0,56	0,67	7,9	134	201	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.00	14	16	2////	0,94	0,57	0,64	7,1	143	215	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.20	15	16	2////	0,95	0,59	0,67	7,3	147	220	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.40	14	16	2////	0,94	0,61	0,64	6,6	157	236	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.60	12	18	2////	0,92	0,63	0,57	5,6	171	256	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.80	10	17	2////	0,90	0,65	0,50	4,5	181	271	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.00	12	15	2////	0,92	0,67	0,57	5,2	183	275	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.20	12	18	2////	0,92	0,69	0,57	5,0	189	284	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.40	12	22	2////	0,92	0,70	0,57	4,8	195	293	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	13	15	2////	0,93	0,72	0,60	5,0	199	299	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	9	19	2////	0,88	0,74	0,45	3,4	208	312	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.00	6	11	1***	0,46	0,75	0,30	2,0	36	54	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.20	8	15	2////	0,86	0,77	0,40	2,8	204	306	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.40	8	17	2////	0,86	0,78	0,40	2,7	206	309	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.60	9	15	2////	0,88	0,80	0,45	3,1	220	330	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.80	9	15	2////	0,88	0,82	0,45	3,0	223	335	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.00	7	10	1***	0,46	0,83	0,35	2,1	41	62	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.20	9	15	2////	0,88	0,85	0,45	2,9	227	341	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.40	8	13	2////	0,86	0,86	0,40	2,4	215	322	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.60	8	10	2////	0,86	0,88	0,40	2,3	216	324	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.80	9	10	2////	0,88	0,90	0,45	2,6	234	351	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.00	10	15	2////	0,90	0,92	0,50	2,9	249	373	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.20	10	15	2////	0,90	0,93	0,50	2,9	252	377	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.40	9	13	2////	0,88	0,95	0,45	2,5	240	359	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.60	10	14	2////	0,90	0,97	0,50	2,7	256	385	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.80	9	9	2////	0,88	0,99	0,45	2,4	243	364	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.00	13	16	2////	0,93	1,01	0,60	3,3	282	423	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.20	18	17	2////	0,98	1,03	0,75	4,2	286	429	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.40	24	21	4/..	0,94	1,04	0,89	5,1	287	430	72	22	31	34	37	40	29	28	0,042	40	60	72	--	--	--	
9.60	13	13	2////	0,93	1,06	0,60	3,1	293	440	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.80	13	13	2////	0,93	1,08	0,60	3,0	296	445	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.00	15	14	2////	0,95	1,10	0,67	3,4	309	463	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.20	18	15	2////	0,98	1,12	0,75	3,8	315	473	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.40	15	12	2////	0,95	1,14	0,67	3,2	317	475	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.60	15	13	2////	0,95	1,16	0,67	3,1	321	481	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.80	11	11	2////	0,91	1,18	0,54	2,4	289	434	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.00	11	10	2////	0,91	1,19	0,54	2,3	291	436	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.20	13	13	2////	0,93	1,21	0,60	2,6	315	473	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.40	14	16	2////	0,94	1,23	0,64	2,8	326	489	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.60	14	15	2////	0,94	1,25	0,64	2,7	328	493	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.80	17	17	2////	0,97	1,27	0,72	3,1	351	526	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.00	19	14	2////	0,99	1,29	0,78	3,3	361	542	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.20	23	16	4/..	0,94	1,31	0,87	3,8	369	553	69	15	30	33	36	39	27	28	0,029	38	58	69	--	--	--	
12.40	23	18	4/..	0,94	1,33	0,87	3,7	374	562	72	15	30	33	36	39	27	28	0,028	38	58	69	--	--	--	
12.60	24	16	4/..	0,94	1,35	0,89	3,7	380	569	72	16	30	33	36	39	27	28	0,030	40	60	72	--	--	--	
12.80	22	13	4/..	0,93	1,36	0,85	3,5	384	576	66	12	30	33	36	39	27	28	0,024	37	55	66	--	--	--	
13.00	21	13	4/..	0,93	1,38	0,82	3,3	387	580	65	10	29	33	36	39	26	27	0,021	35	53	63	--	--	--	
13.20	25	16	4/..	0,94	1,40	0,91	3,7	396	594	75	16	30	33	36	39	26	27	0,031	42	63	75	--	--	--	
13.40	27	16	4/..	0,95	1,42	0,95	3,8	400	600	81	18	31	33	36	39	28	28	0,035	45	68	81	--	--	--	
13.60	31	15	4/..	0,97	1,44	1,03	4,1	402	603	93	23	31													

SISMICA A RIFRAZIONE

MASW

Determinazione del Vs30



SISMOGRAFO: PASI 16SG24

==o== SECTION#1

dataset: 12 Morelli di Cento (FE).DAT

minimum offset (m): 10

geophone spacing (m): 2

sampling (ms): 1

Dispersion curve: OPOE Gruppo Cavicchi - 12 Morelli di Cento (FE).cdp

Number of individuals: 30

Number of generations: 31

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 60 7 70 4 80 4 90 1 100 1 110

Adopted search space (maximum Vs & thickness): 375 9 400 6 425 6 450 4 475 5 500

Adopted Poisson values: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.3

Output folder: C:\winMASW411pro\output\2013\Giusti\06\Dodici Morelli - OPOE Gruppo Cavicchi

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -30.8175 -10.8318
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -26.5767 -10.8318
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -23.6485 -10.8318
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -25.7855 -10.8318
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -26.3637 -10.8318
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -25.9024 -10.7348
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -21.5298 -10.6882
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -22.234 -10.2334
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -25.3604 -10.2334
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -23.2924 -8.7513
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -22.0427 -8.7513
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -22.9868 -8.7513
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -25.3319 -8.75128
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -24.8651 -8.75128
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -23.9986 -8.75128
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -32.5376 -8.75128
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -30.8019 -8.75128
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -24.0038 -8.23475
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -35.1051 -8.23475
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -30.5995 -8.23475
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -31.0795 -8.23475
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -35.7435 -8.23475
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -29.9594 -8.23475
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -32.7392 -8.23475
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -23.2369 -8.23475
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -24.8912 -8.23475
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -36.117 -8.1722
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -34.3943 -8.1722
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -31.3167 -8.1722
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -25.996 -8.1722
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -34.087 -8.1722

Checking the new search space (for the finer search)

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -25.4301 -8.1722
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -31.8266 -8.1722
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -32.1539 -8.1722
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -29.8276 -8.1722
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -28.0304 -8.1722
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -28.4979 -8.1722
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -29.2431 -8.1722
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -27.9677 -8.1722
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -31.1023 -8.1722

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 271 89 168 109 322 387

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.3

Thickness (m): 8.7 4 4.3 4 2

Number of models considered to calculate the average model: 9

RESULTS winMASW Pro
#####

Dataset: 12 Morelli di Cento (FE).DAT
Analyzed curve: OPOE Gruppo Cavicchi - 12 Morelli di Cento (FE).cdp

==o== SECTION#3

=====

MEAN MODEL

VS (m/s): 264 106 155 117 305 370
Standard deviations (m/s): 19 35 29 36 45 107

Thickness (m): 8.6 4.3 4.6 3.6 2.2
Standard deviations (m): 0.2 0.6 0.6 0.8 0.7

Approximate values for Vp, density & elastic moduli
Vp (m/s): 550 221 323 244 635 692
Density (gr/cm3): 1.91 1.69 1.78 1.71 1.94 1.96
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.09 2.08 1.87
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30
Young modulus (MPa): 359 51 116 63 488 699
Sjear modulus (MPa): 133 19 43 23 181 269
Lamé (MPa): 311 45 100 55 422 403
Bulk modulus (MPa): 400 57 129 71 543 582

Fundamental mode
Mean model
f(Hz) VR(m/s)
3.85251 169.3852
5.65789 173.501
7.89657 176.0365
10.1353 151.2837
14.1793 141.2329
17.6457 138.7923

First higher mode
Mean model
7.96879 207.598
10.2075 196.6877
18.8733 167.5042
22.7007 148.2038
27.0337 142.3072

==o== SECTION#4

=====

BEST MODEL

Vs (m/s): 271.0384 88.84123 167.9763 109.4057 321.7987 387.1593
thickness (m): 8.6945 4 4.3041 3.9734 1.9939

Approximate values for Vp, density & elastic moduli
Vp (m/s): 564 185 350 228 670 724
Density (gr/cm3): 1.92 1.65 1.80 1.70 1.96 1.98
Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 2.09 2.08 1.87
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30
Young modulus (MPa): 380 35 137 55 548 769
Shear modulus (MPa): 141 13 51 20 203 296
Lamé (MPa): 328 30 119 48 473 444
Bulk modulus (MPa): 422 39 153 61 608 641

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)
best model

F(Hz)	VR(m/s)
3.85251	166.8244
5.65789	172.9725
7.89657	158.2431
10.1353	140.7591
14.1793	136.861
17.6457	134.2037

First higher mode)

best model

7.96879	192.8512
10.2075	196.4513
18.8733	153.3033
22.7007	142.051
27.0337	135.291

VS5 (mean model): 264 m/s
VS5 (best model): 271 m/s

VS20 (mean model): 161 m/s
VS20 (best model): 154 m/s

VS30 (mean model): 189 m/s
VS30 (best model): 184 m/s

==o== SECTION#6

Possible Soil Type: C
(based on the mean model)

For the Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositii di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositii di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 - Depositii di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero 10 < cuS30 < 20 kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositii di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

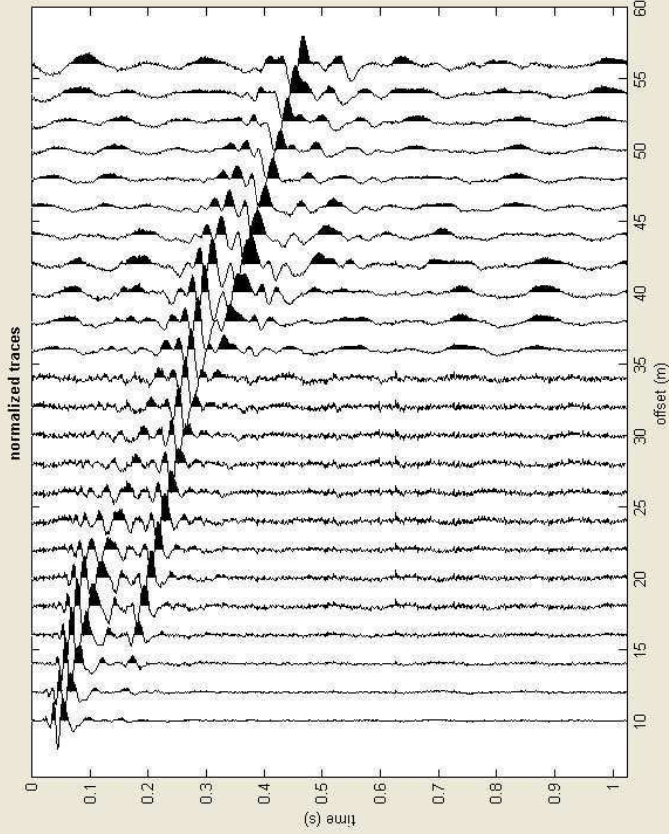
Results saved in the folder "C:\winMASW411pro\output\2013\Giusti\06\Dodici Morelli - OPOE Gruppo Cavicchi".

=====
winMASW 4.2 Pro
Surface Wave Analysis
via MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves

www.eliosoft.it

#1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: 12 Morelli di Cento (FE).DAT
 minimum offset: 10 m
 geophone spacing: 2 m
 sampling: 1 ms



utilities

flip traces

data selection

activate

refraction

quick refraction

Attenuation analysis

ver. 4.1 Pro



#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW

calculate spectrum

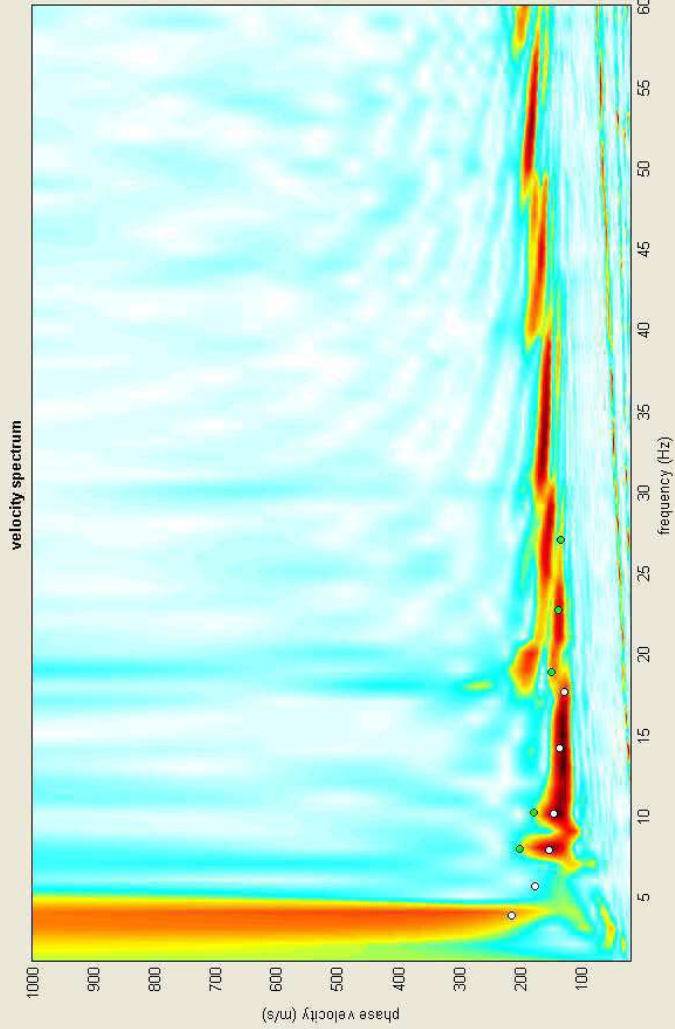
Tau - v

ReMi

upload ReMi spectrum

visualize curves

input curve



explore spectrum

modelling

parameters

upload model

OPOE Gruppo Caoticchi - 12 Morelli di Cento (FE).cdp

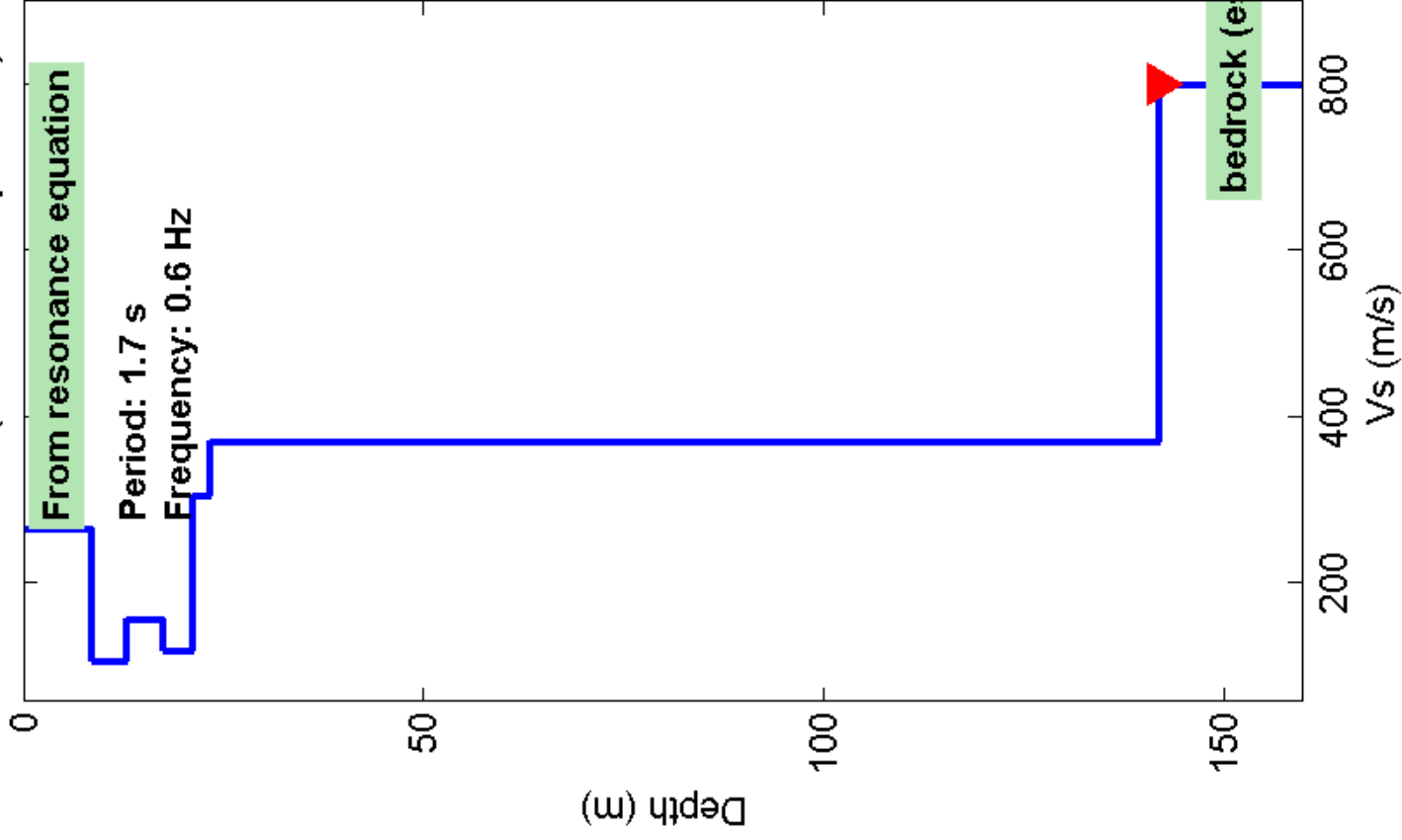
picking

first higher
 use the right button to select the last point of the considered mode

inversion

exit

Mean model (reference depth: 0m)



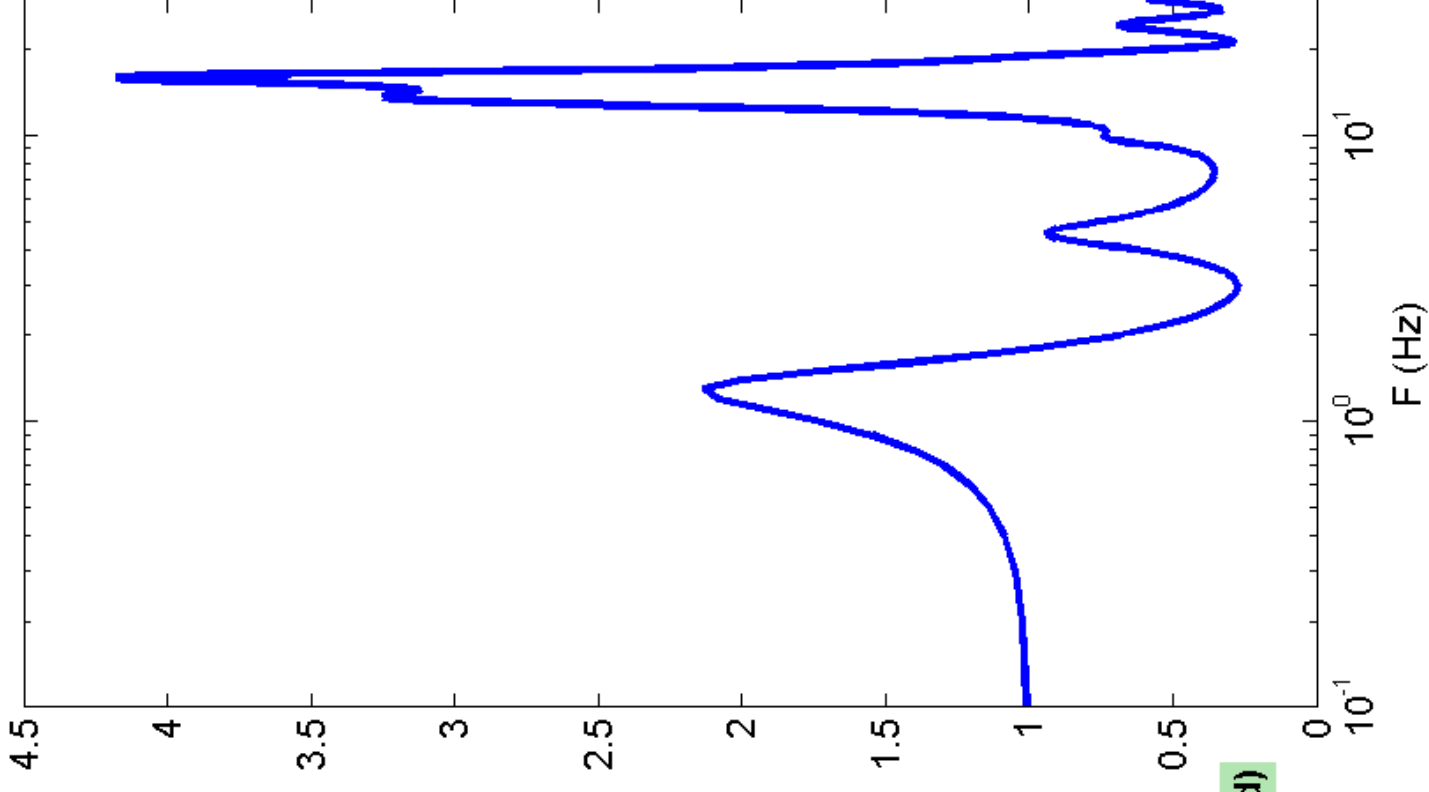
From resonance equation

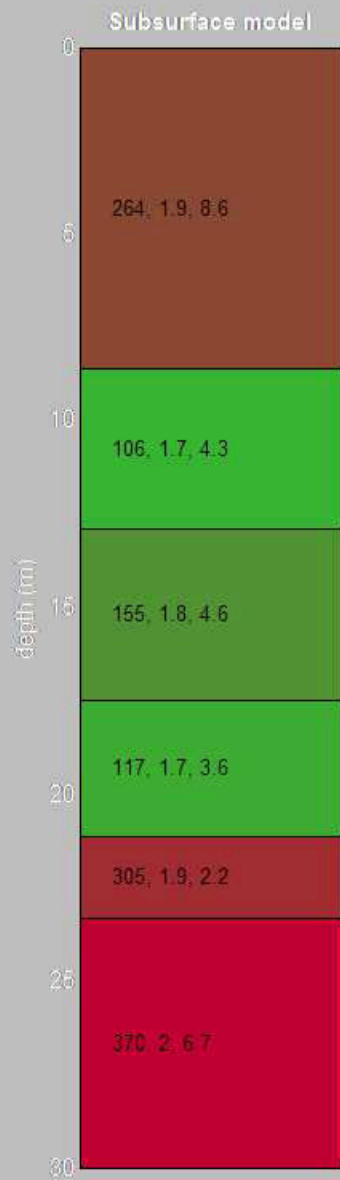
Period: 1.7 s

Frequency: 0.6 Hz

bedrock (estimated)

HVSR





Vs density thickness
(m/s) (gr/cm³) (m)

winMASW 4.1.1 Pro - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results

See "winMASW_report.txt" for further details.

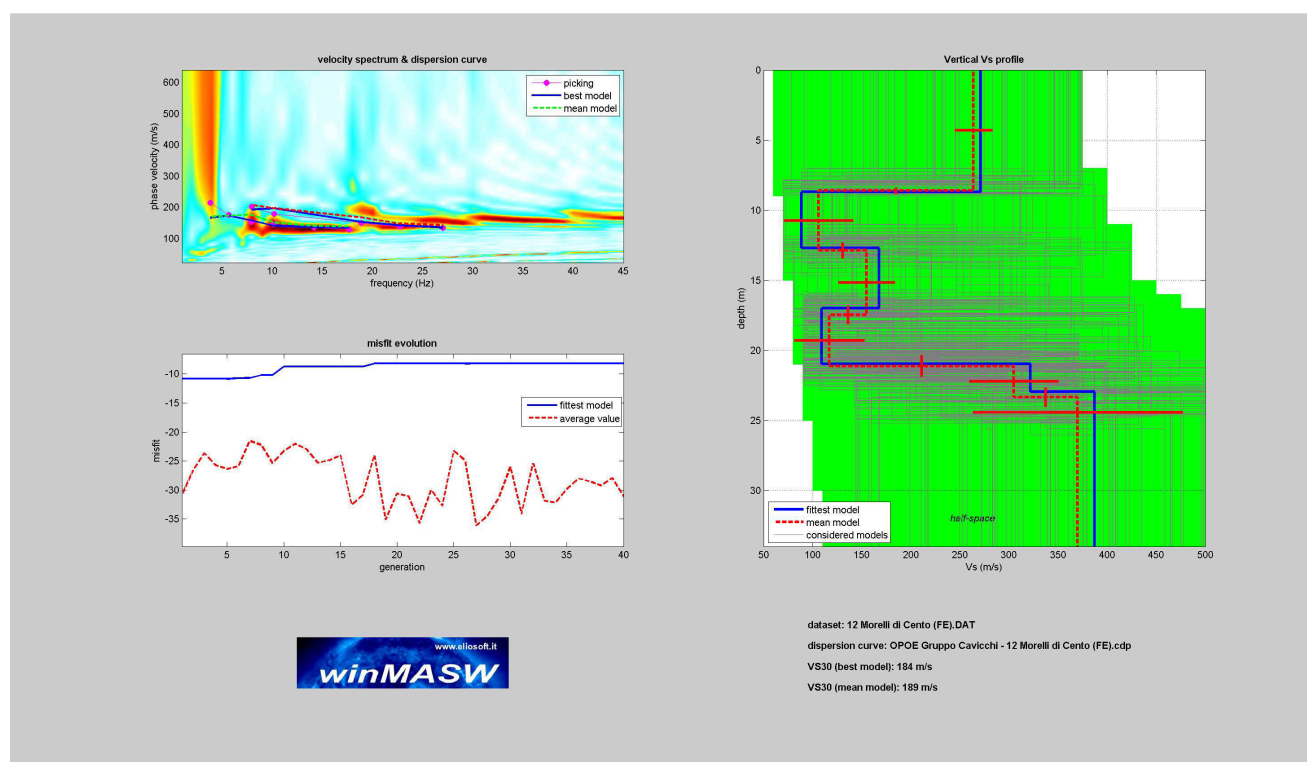
www.eliosoft.it

Date: 22/7/2013

Time: 13:41

Dataset: 12 Morelli di Cento (FE).DAT

Considered dispersion curve: OPOE Gruppo Cavicchi - 12 Morelli di Cento (FE).cdp



Mean model

Vs (m/s): 264, 106, 155, 117, 305, 370

Standard deviations (m/s): 19, 35, 29, 36, 45, 107

Thickness (m): 8.6, 4.3, 4.6, 3.6, 2.2

Standard deviations (m/s): 0.2, 0.6, 0.6, 0.8, 0.7

Density (gr/cm³): 1.91, 1.69, 1.78, 1.71, 1.94, 1.96

Shear modulus (MPa): 133, 19, 43, 23, 181, 269

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and elastic moduli

Vp (m/s): 550, 221, 323, 244, 635, 692

Poisson: 0.35, 0.35, 0.35, 0.35, 0.35, 0.30

Bulk modulus (MPa): 400, 57, 129, 71, 543, 582

Young's modulus (MPa): 359, 51, 116, 63, 488, 699

Lamé (MPa): 311, 45, 100, 55, 422, 403

VS30 (m/s): 189

Possible Soil Type: C

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For the Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

winMASW 4.1.1 Pro

Surface wave analysis modelling and inversion of Rayleigh and Love waves MASW, ReMi and attenuation analyses

www.eliosoft.it

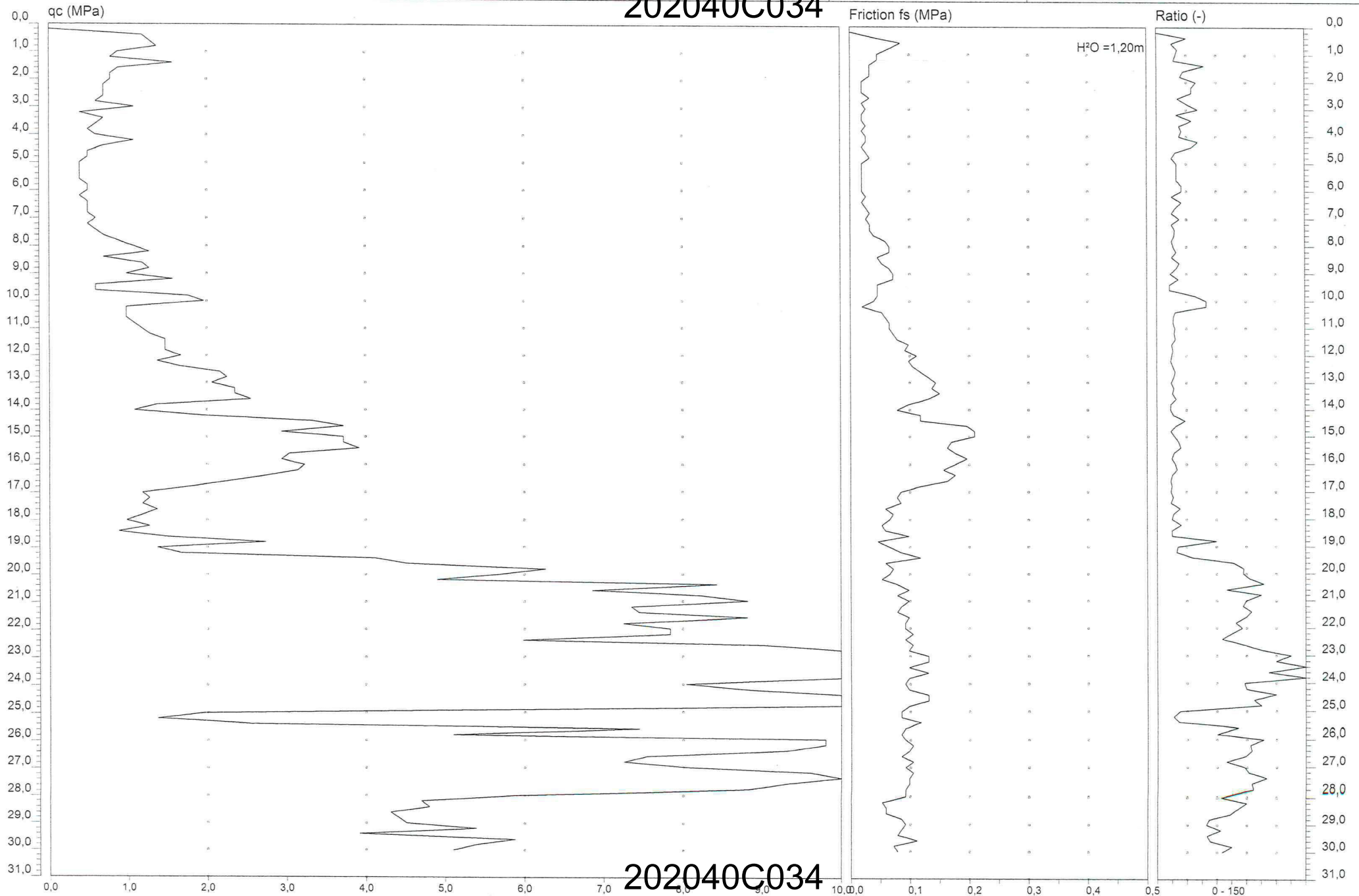
PROVA PENETROMETRICA STATICA



**tratta dal sito del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli
della Regione Emilia Romagna**

**Realizzata nel febbraio 2009 dalla Ditta GEOPROGETTI
del Dott. Geol. Paolo Cestari**

202040C034



202040C034

STRATIGRAFIE DI POZZI PER ACQUA



**tratte dal sito del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli
della Regione Emilia Romagna**

POZZI N° P634 – P648

→ Scheda da ritornare al Genio Civile

Pratica N° 2089

COMPRESORIO
 COMUNE-Istat
 Ub PS34

- Ditta ACRO ROSITA s.r.l. nella persona del legale rapp. Sig. CAVICCHI GIANCARLO
 residente a ROMA in Via DELLA CONSULTA N° 1
- Pozzo ad uso INDUSTRIALE DI TRASFORMAZIONE in Comune di CENTO (FE)
~~XXXXXX~~ Via V. COMINI Località XII MORELLI Mapp. N° 18 / Fg. 53
- Data di ultimazione della perforazione: 23/06/1985
- Ditta perforatrice: Ditta GEO-TECNICA di Storci O.

CARATTERISTICHE DEL POZZO

- *avanpozzo (si o no) SI
- *diametro interno tubi mm. _____
 camicia 6" - mm. 154x160
- *profondità mt. 80,00

EQUIPAGGIAMENTO

- *tipo della pompa elettropompa sommersa
- *potenza CV 15
kw
- *prevalenza mt. 70
- *portata lt/sec. 10 lt/sec a 45 ml.

- Livello statico mt. _____
- Portata pozzo: lt/sec. 16,67
- Superficie irrigata:
 ha. _____ are _____ ca. _____
- Consumo giornaliero (24 ore):
 metri cubi 637

riferito al reale periodo di utilizzo

La Ditta sottoscritta afferma, sotto la propria responsabilità, che la presente dichiarazione è completa e veritiera.

Data 12 LUG 1993 ROSITA s.r.l.
 Firma _____
 Via V. COMINI Località XII MORELLI (FE)
 Tel. 049 800000

STRATIGRAFIA DEL TERRENO		Falde captate
Indicare la natura dei terreni e le FALDE AQUIFERE attraversati		
-da mt. <u>0,00</u> a mt. <u>18,00</u>	<u>argilla espansa</u>	
-da mt. <u>18,00</u> a mt. <u>19,00</u>	<u>sabbia non acquifera</u>	
-da mt. <u>19,00</u> a mt. <u>60,00</u>	<u>argilla scura</u>	
-da mt. <u>60,00</u> a mt. <u>90,00</u>	<u>sabbia acquifera</u>	XXXXX
-da mt. _____ a mt. _____		
-da mt. _____ a mt. _____		
-da mt. _____ a mt. _____		
-da mt. _____ a mt. _____		

Localizzazione del pozzo

Long. <u>36°</u>	Lat. <u>75°</u>	Ha. <u>09</u>
Quota piano campagna: m.s.l.m.		

ANNOTAZIONI: _____

VERIFICA A LIQUEFAZIONE



PROGRAMMA DI CALCOLO: LAN (Aztec Informatica)

Trento

POZZO N° P 648

BACINO PRINCIPALE N.
 BACINO AFFLUENTE N.
 POZZO 1528/44 N. 548
 COMUNE CELTO - LOC. XII MORELLI

COORDINATE γ 44°41'25"

QUOTA + 16.0

PROVINCIA FERRARA

Committente EX GOVONI

Scopo od uso

Operatore CAVICCHI

Data esecuzione 1955

2 Caratteristiche tecniche

Sondaggio			Tubi e Filtri				Profondità finale m 181.0
Da m	A m	∅	Da m	A m	∅	Spessore e tipo	
			00.00	72.0	12"		Carotaggio o distruzione di nucleo
			72.00	159.0	7"½		Accessibilità
			159.00	181.0	5"1/4		Attrezzato con

3 Idrologia

Riferimento altimetrico

Piano campagna

Quota + 16 m.

Falda		Livello Statico		dinamico	Dislivello	Portata m³/h			T°	M. mhos a 15°
Profondità	Quota	Data	Profondità	Profondità		artesiana	pomp.	Durata		
14	+2.0									
34	-18.0									
60	-44.0									
109	-93									
146	-130									
171	-155									
Data		Trasmissività								
		storabilità								

Profondità		Colonna Stratigr.	Descrizione litologica	Interpretazioni	Quota letto
Da m	A m				
0.00	14.00		ARGILLA		
14.00	18.00		SABBIA		
18.00	34.00		ARGILLA		
34.00	38.00		SABBIA		
38.00	60.00		ARGILLA		
60.00	72.00		SABBIA		
72.00	109.0		ARGILLA		
109.0	114.0		SABBIA		
114.0	146.0		ARGILLA		
146.0	151.0		SABBIA		
151.0	171.0		ARGILLA		
171.0	181.0		SABBIA	ACQUIFERO	

Bibliografia e osservazioni geologiche

M

data:

1 00.

Progetto: Verifiche sismiche
 Ditta: OPOE
 Comune: Dodici Morelli di Cento (FE)

Normative di riferimento

- Normativa sismica del GRUPPO NAZIONALE di Difesa dei Terremoti.
- Raccomandazioni del National Center for Earthquake Reserch (NCEER)
- Eurocodice 8, Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture
- Ordinanza Ministeriale nr. 3274 del 20 Marzo 2003
- Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14 gennaio 2008

Metodo di calcolo della domanda di resistenza a liquefazione *CSR*

Il carico sismico, *CSR*, dipende dalla magnitudo *M* e dalla massima accelerazione in superficie, a_{max} .

Per una magnitudo $M=7.5$ *CSR* è espresso dalla seguente relazione

$$CSR=0.65*(a_{max}/g)(\sigma_{v0}/\sigma'_{v0})*r_d$$

essendo

a_{max} picco di accelerazione orizzontale in superficie prodotto dal terremoto

g accelerazione di gravità

σ_{v0} e σ'_{v0} tensione verticale geostatica totale ed efficace

r_d coefficiente riduttivo delle tensioni

Per il coefficiente r_d si assumono i seguenti valori

$$r_d = 1.0 - 0.00765z \quad \text{per } z \leq 9.15 \text{ m}$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267z \quad \text{per } 9.15 \leq z \leq 23 \text{ m}$$

$$r_d = 0.774 - 0.008z \quad \text{per } 23 < z < 30 \text{ m}$$

$$r_d = 0.5 \quad \text{per } z > 30 \text{ m}$$

Per terremoti con magnitudo diversa da 7.5 si applica un fattore correttivo, *MSF*, al valore di *CSR* precedentemente calcolato.

L'equazione utilizzata per per il calcolo di *MSF* viene di seguito riportata:

$$MSF = \left(\frac{M}{7.5} \right)^{-3.3} \quad \text{per } M \leq 7.5$$

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \quad \text{per } M > 7.5$$

L'Eurocodice 8 per tener conto di terremoti di magnitudo diversa da 7,5 utilizza la seguente correlazione :

M	MSF
5.5	2.86
6.0	2.20
6.5	1.69
7.0	1.30
8.0	0.67

Metodi di calcolo della resistenza a liquefazione *CRR*

Metodo di Robertson

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (*CRR*) da prove penetrometriche statiche viene stimata dagli autori con la seguente espressione:

$$CRR = \begin{cases} 0.883 \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000} \right] + 0.05 & \text{per } 0 < (q_{c1n})_{CS} < 50 \\ 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000} \right]^3 + 0.08 & \text{per } 50 < (q_{c1n})_{CS} < 160 \end{cases}$$

dove:

$(q_{c1n})_{CS}$: resistenza alla punta corretta e normalizzata.

Per il calcolo di $(q_{c1n})_{CS}$ si procede come di seguito :

Calcolo di q_{c1N}

$$F = \frac{f_s}{q_c - \sigma_v} \cdot 100 \quad : \text{ attrito laterale specifico normalizzato;}$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_v}{\sigma'_v} \quad : \text{ resistenza alla punta;}$$

q_c : resistenza alla punta misurata espressa in $[\text{kg}/\text{cm}^2]$;

f_s : attrito laterale specifico misurato espresso in $[\text{kg}/\text{cm}^2]$

σ_v : pressione verticale totale espressa in $[\text{kg}/\text{cm}^2]$.

σ'_v : pressione verticale efficace espressa in $[\text{kg}/\text{cm}^2]$.

$$I_c = \sqrt{(\text{Log}_{10} F + 1.22)^2 + (\text{Log}_{10} Q - 3.47)^2}$$

$$q_{c1N} = C_Q \cdot q_c$$

$$C_Q = \left(\frac{1}{\sigma'_v} \right)^n$$

$$n = \begin{cases} 1.00 & \text{se } I_c > 2.6; \\ 0.50 & \text{se } \begin{cases} I_c \leq 2.6 \\ \sqrt{(\text{Log}_{10} F + 1.22)^2 + (\text{Log}_{10} q_{c1N} - 3.47)^2} \leq 2.6 \end{cases} \\ 0.75 & \text{se } \begin{cases} I_c \leq 2.6 \\ \sqrt{(\text{Log}_{10} F + 1.22)^2 + (\text{Log}_{10} q_{c1N} - 3.47)^2} > 2.6 \end{cases} \end{cases}$$

deve comunque essere :

$$q_{c1N} \leq 2 \cdot q_c$$

Calcolo di $(q_{c1N})_{CS}$

$$(q_{c1N})_{CS} = K_C \cdot q_{c1N}$$

$$K_C = \begin{cases} 1 & I_c \leq 1.64 \\ -0.403 \cdot I_c^4 + 5.581 \cdot I_c^3 - 21.63 \cdot I_c^2 + 33.75 \cdot I_c - 17.88 & 1.64 < I_c < 2.6 \end{cases}$$

per $I_c \geq 2.6$ non esiste fenomeno di liquefazione.

Il metodo si basa sulla determinazione del fattore di sicurezza espresso da:

$$F_s = CRR / CSR$$

Quest'ultimo è indicativo della propensione o meno del terreno a liquefare. Il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta $F_s \leq 1.0$

INDAGINE PENETROMETRICA CPT1**Dati Situ***Simbologia adottata*

M	: Magnitudo dell'evento sismico;
a_{max} / g	: Rapporto tra accelerazione sismica massima ed accelerazione di gravità;
p_0	: Presenza di sovraccarico al piano campagna espresso in [kg/cmq];
CdS	: Classe di sottosuolo (per classe A e B si ha $CdS=1.0$ per classe C si ha $CdS=0.9$);
z_w	: Profondità della falda dal piano campagna espressa in [m].

M	a_{max} / g	p_0	CdS	z_w
6.14	0.157	5000,00	0,90	1,4

Dati Stratigrafia*Simbologia adottata*

$Nr.$: Indice dello strato;
<i>Descrizione</i>	: Descrizione strato;
h	: Spessore dello strato espresso in [m];
γ	: Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc];
γ_s	: Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc];
d_{50}	: Diametro della curva granulometrica del passante al 50 per cento espresso in [mm];
<i>fine</i>	: Contenuto di fine presente nello strato espressa in [%].

Nr.	Descrizione	h	γ	γ_s	d_{50}	fine
1	argille con limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie	6,5	1800	1900	0,20	50.00
2	argille organiche e torbose	2,0	1700	1800	0,001	90.00
3	argille organiche con sottili livelli di limi sabbiosi	6,0	1850	1950	0,002	80.00
4	argille molto consistenti	2,5	1850	1950	0,002	85.00
5	limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie in modesta matrice limo argillosa	2,5	1950	2000	0,20	30.00

Dati Prova Penetrometrica CPT1

Simbologia adottata

$Nr.$: Numero d'ordine dei valori delle misure della prova;
z_i	: Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m];
q_c	: Resistenza alla punta della prova CPT espressa in [kg/cmq].
f_s	: Resistenza laterale della prova CPT espressa in [kg/cmq].

Nr.	z_i	q_c	f_s
1	0,8	13,0	1,1
2	1,0	4,0	0,3
3	1,2	6,0	0,4
4	1,4	5,0	0,2
5	1,6	11,0	0,4
6	1,8	11,0	0,3
7	2,0	8,0	0,5
8	2,2	7,0	0,4
9	2,4	4,0	0,4
10	2,6	4,0	0,3
11	2,8	6,0	0,4
12	3,0	5,0	0,5
13	3,2	8,0	0,5
14	3,4	18,0	0,1
15	3,6	13,0	0,7
16	3,8	4,0	0,3
17	4,0	4,0	0,7
18	4,2	7,0	0,4
19	4,4	10,0	0,5
20	4,6	6,0	0,5
21	4,8	13,0	0,5
22	5,0	10,0	0,5
23	5,2	15,0	0,6
24	5,4	14,0	0,4
25	5,6	9,0	0,4
26	5,8	11,0	0,3
27	6,0	10,0	0,4
28	6,2	12,0	0,5
29	6,4	4,0	0,1
30	6,6	5,0	0,3
31	6,8	5,0	0,4
32	7,0	5,0	0,7
33	7,2	7,0	0,5
34	7,4	5,0	0,4
35	7,6	5,0	0,3
36	7,8	5,0	0,3
37	8,0	5,0	0,7
38	8,2	8,0	0,4
39	8,4	6,0	0,3
40	8,6	7,0	0,5
41	8,8	9,0	0,5
42	9,0	13,0	1,1
43	9,2	18,0	0,9
44	9,4	23,0	1,3
45	9,6	11,0	0,8
46	9,8	13,0	0,8
47	10,0	14,0	0,9
48	10,2	18,0	1,1
49	10,4	16,0	1,1
50	10,6	11,0	0,5
51	10,8	10,0	0,6

52	11,0	10,0	0,9
53	11,2	12,0	0,8
54	11,4	12,0	0,8
55	11,6	13,0	0,9
56	11,8	13,0	0,9
57	12,0	15,0	1,3
58	12,2	19,0	1,1
59	12,4	20,0	1,2
60	12,6	16,0	1,1
61	12,8	12,0	0,9
62	13,0	9,0	0,9
63	13,2	22,0	0,9
64	13,4	25,0	1,3
65	13,6	19,0	0,1
66	13,8	14,0	0,9
67	14,0	13,0	0,9
68	14,2	9,0	0,6
69	14,4	7,0	0,7
70	14,6	27,0	1,2
71	14,8	24,0	1,5
72	15,0	21,0	1,3
73	15,2	31,0	1,6
74	15,4	32,0	1,7
75	15,6	29,0	2,0
76	15,8	28,0	1,9
77	16,0	28,0	1,7
78	16,2	40,0	2,1
79	16,4	38,0	1,9
80	16,6	20,0	1,1
81	16,8	17,0	1,3
82	17,0	30,0	0,4
83	17,2	37,0	0,9
84	17,4	32,0	1,3
85	17,6	20,0	0,3
86	17,8	30,0	1,2
87	18,0	26,0	2,0
88	18,2	36,0	3,5
89	18,4	48,0	1,5
90	18,6	31,0	0,7
91	18,8	24,0	1,8
92	19,0	30,0	1,4
93	19,2	30,0	2,5
94	19,4	58,0	1,5
95	19,6	34,0	2,0
96	19,8	40,0	1,7
97	20,0	30,0	1,7

Risultati Analisi

Calcolo fattore di sicurezza

Simbologia adottata

$Nr.$: Numero d'ordine del risultato;
z_i	: Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza espressa in [m];
σ'_v	: tensione verticale efficace calcolata alla profondità z_i espressa in [kg/cmq];
σ_v	: tensione verticale totale calcolata alla profondità z_i espressa in [kg/cmq];
r_d	: coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità z_i ;
MSF	: coefficiente correttivo funzione dellamagnitudo del sisma;
CSR	: resistenza a taglio mobilitata espressa in termini di rapporto di tensione ciclica;
CRR	: sforzo di taglio indotto dal sisma espresso in termini di rapporto di resistenza ciclica;
F_s	: Fattore di sicurezza espresso come rapporto tra CRR e CSR;

Medoto ROBERTSON

Nr.	z_i	σ'_v	σ_v	r_d	MSF	CSR	CRR	F_s
1	0,80	0,64	0,64	0,99	1,94	0,10	0,05	1,99
2	1,00	0,68	0,68	0,99	1,94	0,06	0,05	1,23
3	1,20	0,72	0,72	0,99	1,94	0,07	0,05	1,37
4	1,40	0,75	0,75	0,99	1,94	0,07	0,05	1,27
5	1,60	0,77	0,79	0,99	1,94	0,09	0,05	1,66
6	1,80	0,78	0,83	0,99	1,94	0,09	0,05	1,60
7	2,00	0,80	0,87	0,98	1,94	0,08	0,06	1,36
8	2,20	0,82	0,90	0,98	1,94	0,07	0,06	1,26
9	2,40	0,84	0,94	0,98	1,94	0,06	0,06	1,04
10	2,60	0,86	0,98	0,98	1,94	0,06	0,06	1,02
11	2,80	0,87	1,02	0,98	1,94	0,07	0,06	1,11
12	3,00	0,89	1,06	0,98	1,94	0,06	0,06	1,03
13	3,20	0,91	1,09	0,98	1,94	0,07	0,06	1,17
14	3,40	0,93	1,13	0,97	1,94	0,09	0,06	1,48
15	3,60	0,95	1,17	0,97	1,94	0,09	0,06	1,37
16	3,80	0,96	1,21	0,97	1,94	0,06	0,06	0,91
17	4,00	0,98	1,25	0,97	1,94	0,06	0,06	0,90
18	4,20	1,00	1,28	0,97	1,94	0,07	0,07	1,02
19	4,40	1,02	1,32	0,97	1,94	0,08	0,07	1,13
20	4,60	1,04	1,36	0,96	1,94	0,06	0,07	0,95
21	4,80	1,05	1,40	0,96	1,94	0,08	0,07	1,22
22	5,00	1,07	1,44	0,96	1,94	0,07	0,07	1,08
23	5,20	1,09	1,47	0,96	1,94	0,09	0,07	1,26
24	5,40	1,11	1,51	0,96	1,94	0,08	0,07	1,20
25	5,60	1,13	1,55	0,96	1,94	0,07	0,07	1,00
26	5,80	1,14	1,59	0,96	1,94	0,07	0,07	1,06
27	6,00	1,16	1,63	0,95	1,94	0,07	0,07	1,01
28	6,20	1,18	1,66	0,95	1,94	0,08	0,07	1,07
29	6,40	1,20	1,70	0,95	1,94	0,06	0,07	0,78
30	6,60	1,21	1,74	0,95	1,94	0,06	0,07	0,81
31	6,80	1,23	1,78	0,95	1,94	0,06	0,07	0,80
32	7,00	1,25	1,81	0,95	1,94	0,06	0,07	0,79
33	7,20	1,26	1,85	0,94	1,94	0,06	0,07	0,85
34	7,40	1,28	1,88	0,94	1,94	0,06	0,07	0,78
35	7,60	1,29	1,92	0,94	1,94	0,06	0,07	0,77
36	7,80	1,31	1,96	0,94	1,94	0,06	0,07	0,77
37	8,00	1,33	1,99	0,94	1,94	0,06	0,07	0,76
38	8,20	1,34	2,03	0,94	1,94	0,06	0,07	0,85
39	8,40	1,36	2,06	0,94	1,94	0,06	0,07	0,78
40	8,60	1,38	2,10	0,93	1,94	0,06	0,08	0,80
41	8,80	1,40	2,14	0,93	1,94	0,06	0,08	0,85
42	9,00	1,41	2,18	0,93	1,94	0,07	0,08	0,96
43	9,20	1,43	2,22	0,93	1,94	0,08	0,08	1,09

44	9,40	1,45	2,26	0.92	1.94	0.09	0.08	1.22
45	9,60	1,47	2,30	0.92	1.94	0.07	0.08	0.89
46	9,80	1,49	2,33	0.91	1.94	0.07	0.08	0.94
47	10,00	1,51	2,37	0.91	1.94	0.07	0.08	0.97
48	10,20	1,53	2,41	0.90	1.94	0.08	0.08	1.07
49	10,40	1,55	2,45	0.90	1.94	0.08	0.07	1.01
50	10,60	1,57	2,49	0.89	1.94	0.07	0.07	0.88
51	10,80	1,58	2,53	0.89	1.94	0.06	0.07	0.86
52	11,00	1,60	2,57	0.88	1.94	0.06	0.07	0.86
53	11,20	1,62	2,61	0.87	1.94	0.07	0.07	0.90
54	11,40	1,64	2,65	0.87	1.94	0.07	0.07	0.90
55	11,60	1,66	2,69	0.86	1.94	0.07	0.07	0.93
56	11,80	1,68	2,73	0.86	1.94	0.07	0.07	0.93
57	12,00	1,70	2,76	0.85	1.94	0.07	0.07	0.97
58	12,20	1,72	2,80	0.85	1.94	0.08	0.07	1.07
59	12,40	1,74	2,84	0.84	1.94	0.08	0.07	1.09
60	12,60	1,76	2,88	0.84	1.94	0.07	0.07	0.99
61	12,80	1,77	2,92	0.83	1.94	0.07	0.07	0.90
62	13,00	1,79	2,96	0.83	1.94	0.06	0.07	0.83
63	13,20	1,81	3,00	0.82	1.94	0.08	0.07	1.13
64	13,40	1,83	3,04	0.82	1.94	0.09	0.07	1.20
65	13,60	1,85	3,08	0.81	1.94	0.08	0.07	1.06
66	13,80	1,87	3,12	0.81	1.94	0.07	0.07	0.95
67	14,00	1,89	3,15	0.80	1.94	0.07	0.07	0.93
68	14,20	1,91	3,19	0.79	1.94	0.06	0.07	0.84
69	14,40	1,93	3,23	0.79	1.94	0.06	0.07	0.80
70	14,60	1,95	3,27	0.78	1.94	0.09	0.07	1.24
71	14,80	1,97	3,31	0.78	1.94	0.08	0.07	1.17
72	15,00	1,98	3,35	0.77	1.94	0.08	0.07	1.11
73	15,20	2,00	3,39	0.77	1.94	0.09	0.07	1.32
74	15,40	2,02	3,43	0.76	1.94	0.09	0.07	1.34
75	15,60	2,04	3,47	0.76	1.94	0.09	0.07	1.28
76	15,80	2,06	3,50	0.75	1.94	0.08	0.07	1.26
77	16,00	2,08	3,54	0.75	1.94	0.08	0.07	1.26
78	16,20	2,10	3,58	0.74	1.94	0.10	0.07	1.47
79	16,40	2,12	3,62	0.74	1.94	0.09	0.07	1.43
80	16,60	2,14	3,66	0.73	1.94	0.07	0.07	1.10
81	16,80	2,15	3,70	0.73	1.94	0.07	0.07	1.04
82	17,00	2,17	3,74	0.72	1.94	0.09	0.07	1.31
83	17,20	2,19	3,78	0.71	1.94	0.09	0.06	1.42
84	17,40	2,21	3,82	0.71	1.94	0.09	0.06	1.36
85	17,60	2,23	3,86	0.70	1.94	0.07	0.06	1.11
86	17,80	2,25	3,90	0.70	1.94	0.08	0.06	1.32
87	18,00	2,27	3,94	0.69	1.94	0.08	0.06	1.24
88	18,20	2,29	3,98	0.69	1.94	0.09	0.06	1.45
89	18,40	2,31	4,02	0.68	1.94	0.10	0.06	1.66
90	18,60	2,33	4,06	0.68	1.94	0.08	0.06	1.35
91	18,80	2,35	4,10	0.67	1.94	0.07	0.06	1.21
92	19,00	2,37	4,14	0.67	1.94	0.08	0.06	1.34
93	19,20	2,39	4,18	0.66	1.94	0.08	0.06	1.34
94	19,40	2,41	4,22	0.66	1.94	0.12	0.06	1.95
95	19,60	2,43	4,26	0.65	1.94	0.09	0.06	1.43
96	19,80	2,45	4,30	0.65	1.94	0.09	0.06	1.56
97	20,00	2,47	4,34	0.64	1.94	0.08	0.06	1.36

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.): **4.72**

Rischio di liquefazione: **basso**

INDAGINE PENETROMETRICA CPT2

Dati Situ

Simbologia adottata

M	: Magnitudo dell'evento sismico;
a_{max} / g	: Rapporto tra accelerazione sismica massima ed accelerazione di gravità;
p_0	: Presenza di sovraccarico al piano campagna espresso in [kg/cmq];
CdS	: Classe di sottosuolo (per classe A e B si ha $CdS=1.0$ per classe C si ha $CdS=0.9$);
z_w	: Profondità della falda dal piano campagna espressa in [m].

M	a_{max} / g	p_0	CdS	z_w
6.14	0.157	5000,00	0,90	1,5

Dati Stratigrafia

Simbologia adottata

$Nr.$: Indice dello strato;
<i>Descrizione</i>	: Descrizione strato;
h	: Spessore dello strato espresso in [m];
γ	: Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc];
γ_s	: Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc];
d_{50}	: Diametro della curva granulometrica del passante al 50 per cento espresso in [mm];
<i>fine</i>	: Contenuto di fine presente nello strato espressa in [%].

Nr.	Descrizione	h	γ	γ_s	d_{50}	fine
1	argille con limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie	5,5	1800	1900	0,02	60.00
2	argille organiche	2,0	1700	1800	0,001	90.00
3	argille talora organiche con livelli di limi sabbiosi	2,5	1850	1950	0,002	80.00
4	argille talora organiche	3,0	1850	1950	0,001	90.00
5	argille molto consistenti	4,0	1900	2000	0,002	85.00

Dati Prova Penetrometrica CPT2

Simbologia adottata

$Nr.$: Numero d'ordine dei valori delle misure della prova;
z_i	: Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m];
q_c	: Resistenza alla punta della prova CPT espressa in [kg/cmq].
f_s	: Resistenza laterale della prova CPT espressa in [kg/cmq].

Nr.	z_i	q_c	f_s
1	0,8	11,0	0,7
2	1,0	8,0	0,7
3	1,2	8,0	0,3
4	1,4	9,0	0,3
5	1,6	6,0	0,4
6	1,8	10,0	0,5
7	2,0	9,0	0,4
8	2,2	14,0	0,5
9	2,4	8,0	0,4
10	2,6	6,0	0,4
11	2,8	6,0	0,4
12	3,0	8,0	0,5
13	3,2	9,0	0,5
14	3,4	7,0	0,3

15	3,6	17,0	0,3
16	3,8	4,0	0,3
17	4,0	5,0	0,4
18	4,2	8,0	0,3
19	4,4	6,0	0,3
20	4,6	8,0	0,5
21	4,8	5,0	0,4
22	5,0	6,0	0,4
23	5,2	8,0	0,4
24	5,4	8,0	0,4
25	5,6	7,0	0,5
26	5,8	6,0	0,5
27	6,0	4,0	0,4
28	6,2	6,0	0,5
29	6,4	5,0	0,4
30	6,6	5,0	0,4
31	6,8	5,0	0,3
32	7,0	6,0	0,5
33	7,2	10,0	0,5
34	7,4	4,0	0,4
35	7,6	5,0	0,4
36	7,8	8,0	0,3
37	8,0	10,0	0,5
38	8,2	19,0	0,9
39	8,4	9,0	0,5
40	8,6	9,0	0,7
41	8,8	13,0	0,8
42	9,0	10,0	0,9
43	9,2	9,0	0,6
44	9,4	6,0	0,5
45	9,6	8,0	0,3
46	9,8	9,0	0,7
47	10,0	10,0	0,9
48	10,2	15,0	1,0
49	10,4	12,0	0,9
50	10,6	13,0	0,9
51	10,8	12,0	0,9
52	11,0	13,0	1,1
53	11,2	17,0	1,1
54	11,4	16,0	0,8
55	11,6	15,0	0,9
56	11,8	13,0	0,9
57	12,0	15,0	1,1
58	12,2	17,0	1,0
59	12,4	16,0	1,1
60	12,6	17,0	1,1
61	12,8	19,0	1,5
62	13,0	20,0	1,4
63	13,2	33,0	1,5
64	13,4	39,0	2,2
65	13,6	41,0	2,4
66	13,8	40,0	2,7
67	14,0	30,0	2,0
68	14,2	37,0	2,1
69	14,4	35,0	2,3
70	14,6	37,0	2,1
71	14,8	38,0	2,5
72	15,0	35,0	2,3
73	15,2	37,0	2,1
74	15,4	35,0	2,5
75	15,6	42,0	2,4
76	15,8	40,0	2,1

77	16,0	38,0	2,1
78	16,2	35,0	2,3
79	16,4	36,0	2,4
80	16,6	36,0	2,2
81	16,8	45,0	2,3
82	17,0	46,0	0,4

Risultati Analisi

Calcolo fattore di sicurezza

Simbologia adottata

N_r	: Numero d'ordine del risultato;
z_i	: Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza espressa in [m];
σ'_v	: tensione verticale efficace calcolata alla profondità z_i espressa in [kg/cmq];
σ_v	: tensione verticale totale calcolata alla profondità z_i espressa in [kg/cmq];
r_d	: coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità z_i ;
MSF	: coefficiente correttivo funzione dellamagnitudo del sisma;
CSR	: resistenza a taglio mobilitata espressa in termini di rapporto di tensione ciclica;
CRR	: sforzo di taglio indotto dal sisma espresso in termini di rapporto di resistenza ciclica;
F_s	: Fattore di sicurezza espresso come rapporto tra CRR e CSR;

Medoto ROBERTSON

Nr.	z_i	σ'_v	σ_v	r_d	MSF	CSR	CRR	F_s
1	0,80	0,64	0,64	0,99	1,94	0,09	0,05	1,80
2	1,00	0,68	0,68	0,99	1,94	0,08	0,05	1,56
3	1,20	0,72	0,72	0,99	1,94	0,08	0,05	1,53
4	1,40	0,75	0,75	0,99	1,94	0,08	0,05	1,58
5	1,60	0,78	0,79	0,99	1,94	0,07	0,05	1,32
6	1,80	0,80	0,83	0,99	1,94	0,08	0,05	1,55
7	2,00	0,81	0,86	0,98	1,94	0,08	0,06	1,44
8	2,20	0,83	0,90	0,98	1,94	0,09	0,06	1,66
9	2,40	0,85	0,94	0,98	1,94	0,07	0,06	1,30
10	2,60	0,87	0,98	0,98	1,94	0,07	0,06	1,15
11	2,80	0,89	1,02	0,98	1,94	0,07	0,06	1,12
12	3,00	0,91	1,05	0,98	1,94	0,07	0,06	1,21
13	3,20	0,92	1,09	0,98	1,94	0,08	0,06	1,23
14	3,40	0,94	1,13	0,97	1,94	0,07	0,06	1,11
15	3,60	0,96	1,17	0,97	1,94	0,10	0,06	1,53
16	3,80	0,98	1,21	0,97	1,94	0,06	0,06	0,92
17	4,00	0,99	1,25	0,97	1,94	0,06	0,06	0,96
18	4,20	1,01	1,28	0,97	1,94	0,07	0,06	1,08
19	4,40	1,03	1,32	0,97	1,94	0,06	0,07	0,97
20	4,60	1,05	1,36	0,96	1,94	0,07	0,07	1,04
21	4,80	1,07	1,40	0,96	1,94	0,06	0,07	0,90
22	5,00	1,08	1,44	0,96	1,94	0,06	0,07	0,93
23	5,20	1,10	1,47	0,96	1,94	0,07	0,07	1,00
24	5,40	1,12	1,51	0,96	1,94	0,07	0,07	0,98
25	5,60	1,14	1,55	0,96	1,94	0,06	0,07	0,93
26	5,80	1,15	1,58	0,96	1,94	0,06	0,07	0,89
27	6,00	1,17	1,62	0,95	1,94	0,06	0,07	0,80
28	6,20	1,19	1,66	0,95	1,94	0,06	0,07	0,87
29	6,40	1,20	1,69	0,95	1,94	0,06	0,07	0,82
30	6,60	1,22	1,73	0,95	1,94	0,06	0,07	0,82
31	6,80	1,23	1,76	0,95	1,94	0,06	0,07	0,81
32	7,00	1,25	1,80	0,95	1,94	0,06	0,07	0,83
33	7,20	1,27	1,84	0,94	1,94	0,07	0,07	0,95
34	7,40	1,28	1,87	0,94	1,94	0,05	0,07	0,76
35	7,60	1,30	1,91	0,94	1,94	0,06	0,07	0,78

36	7,80	1,32	1,95	0,94	1,94	0,06	0,07	0,87
37	8,00	1,34	1,99	0,94	1,94	0,07	0,07	0,92
38	8,20	1,36	2,03	0,94	1,94	0,09	0,07	1,18
39	8,40	1,38	2,07	0,94	1,94	0,06	0,07	0,88
40	8,60	1,39	2,10	0,93	1,94	0,06	0,07	0,87
41	8,80	1,41	2,14	0,93	1,94	0,07	0,07	0,97
42	9,00	1,43	2,18	0,93	1,94	0,07	0,07	0,88
43	9,20	1,45	2,22	0,93	1,94	0,06	0,07	0,85
44	9,40	1,47	2,26	0,92	1,94	0,06	0,07	0,77
45	9,60	1,49	2,30	0,92	1,94	0,06	0,07	0,82
46	9,80	1,51	2,34	0,91	1,94	0,06	0,07	0,84
47	10,00	1,53	2,38	0,91	1,94	0,06	0,07	0,87
48	10,20	1,55	2,42	0,90	1,94	0,07	0,07	1,00
49	10,40	1,57	2,46	0,90	1,94	0,07	0,07	0,92
50	10,60	1,58	2,49	0,89	1,94	0,07	0,07	0,94
51	10,80	1,60	2,53	0,89	1,94	0,07	0,07	0,91
52	11,00	1,62	2,57	0,88	1,94	0,07	0,07	0,94
53	11,20	1,64	2,61	0,87	1,94	0,08	0,07	1,03
54	11,40	1,66	2,65	0,87	1,94	0,07	0,07	1,01
55	11,60	1,68	2,69	0,86	1,94	0,07	0,07	0,98
56	11,80	1,70	2,73	0,86	1,94	0,07	0,07	0,93
57	12,00	1,72	2,77	0,85	1,94	0,07	0,07	0,98
58	12,20	1,74	2,81	0,85	1,94	0,07	0,07	1,02
59	12,40	1,76	2,85	0,84	1,94	0,07	0,07	1,00
60	12,60	1,77	2,88	0,84	1,94	0,07	0,07	1,02
61	12,80	1,79	2,92	0,83	1,94	0,08	0,07	1,07
62	13,00	1,81	2,96	0,83	1,94	0,08	0,07	1,09
63	13,20	1,83	3,00	0,82	1,94	0,10	0,07	1,34
64	13,40	1,85	3,04	0,82	1,94	0,11	0,07	1,49
65	13,60	1,87	3,08	0,81	1,94	0,11	0,07	1,54
66	13,80	1,89	3,12	0,81	1,94	0,11	0,07	1,51
67	14,00	1,91	3,16	0,80	1,94	0,09	0,07	1,31
68	14,20	1,93	3,20	0,79	1,94	0,10	0,07	1,42
69	14,40	1,95	3,24	0,79	1,94	0,09	0,07	1,37
70	14,60	1,97	3,28	0,78	1,94	0,10	0,07	1,41
71	14,80	1,99	3,32	0,78	1,94	0,10	0,07	1,43
72	15,00	2,01	3,36	0,77	1,94	0,09	0,07	1,37
73	15,20	2,03	3,40	0,77	1,94	0,10	0,07	1,41
74	15,40	2,05	3,44	0,76	1,94	0,09	0,07	1,37
75	15,60	2,07	3,48	0,76	1,94	0,10	0,07	1,52
76	15,80	2,09	3,52	0,75	1,94	0,10	0,07	1,47
77	16,00	2,11	3,56	0,75	1,94	0,09	0,07	1,43
78	16,20	2,13	3,60	0,74	1,94	0,09	0,07	1,41
79	16,40	2,15	3,64	0,74	1,94	0,09	0,07	1,40
80	16,60	2,17	3,68	0,73	1,94	0,09	0,07	1,44
81	16,80	2,19	3,72	0,73	1,94	0,10	0,06	1,59
82	17,00	2,21	3,76	0,72	1,94	0,10	0,06	1,58

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.): **4.58**

Rischio di liquefazione: **basso**

INDAGINE PENETROMETRICA CPT3

Dati Situ

Simbologia adottata

M	: Magnitudo dell'evento sismico;
a_{max} / g	: Rapporto tra accelerazione sismica massima ed accelerazione di gravità;
p_0	: Presenza di sovraccarico al piano campagna espresso in [kg/cmq];
CdS	: Classe di sottosuolo (per classe A e B si ha $CdS=1.0$ per classe C si ha $CdS=0.9$);
z_w	: Profondità della falda dal piano campagna espressa in [m].

M	a_{max} / g	p_0	CdS	z_w
6.14	0.157	5000,00	0,90	2,3

Dati Stratigrafia

Simbologia adottata

$Nr.$: Indice dello strato;
$Descrizione$: Descrizione strato;
h	: Spessore dello strato espresso in [m];
γ	: Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc];
γ_s	: Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc];
d_{50}	: Diametro della curva granulometrica del passante al 50 per cento espresso in [mm];
$fine$: Contenuto di fine presente nello strato espressa in [%].

Nr.	Descrizione	h	γ	γ_s	d_{50}	fine
1	argille con sottili livelli di limi sabbiosi e sabbie limose	6,0	1850	1950	0,00	80.00
2	argille organiche e torbose	3,0	1800	1900	0,00	90.00
3	argille talora organiche con sottili livelli di limi sabbiosi	4,0	1850	1950	0,00	80.00
4	argille molto consistenti	3,0	1900	2000	0,00	80.00

Dati Prova Penetrometrica CPT3

Simbologia adottata

$Nr.$: Numero d'ordine dei valori delle misure della prova;
z_i	: Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m];
q_c	: Resistenza alla punta della prova CPT espressa in [kg/cmq].
f_s	: Resistenza laterale della prova CPT espressa in [kg/cmq].

Nr.	z_i	q_c	f_s
1	1,4	18,0	1,1
2	1,6	14,0	1,0
3	1,8	12,0	0,8
4	2,0	11,0	0,7
5	2,2	11,0	0,5
6	2,4	8,0	0,5
7	2,6	13,0	0,7
8	2,8	16,0	0,6
9	3,0	15,0	0,7
10	3,2	11,0	0,6
11	3,4	12,0	0,6
12	3,6	15,0	0,9
13	3,8	15,0	0,7
14	4,0	14,0	0,9
15	4,2	15,0	0,9

16	4,4	14,0	0,9
17	4,6	12,0	0,7
18	4,8	10,0	0,6
19	5,0	12,0	0,8
20	5,2	12,0	0,7
21	5,4	12,0	0,5
22	5,6	13,0	0,9
23	5,8	9,0	0,5
24	6,0	6,0	0,5
25	6,2	8,0	0,5
26	6,4	8,0	0,5
27	6,6	9,0	0,6
28	6,8	9,0	0,6
29	7,0	7,0	0,7
30	7,2	9,0	0,6
31	7,4	8,0	0,6
32	7,6	8,0	0,8
33	7,8	9,0	0,9
34	8,0	10,0	0,7
35	8,2	10,0	0,7
36	8,4	9,0	0,7
37	8,6	10,0	0,7
38	8,8	9,0	1,0
39	9,0	13,0	0,8
40	9,2	18,0	1,1
41	9,4	24,0	1,1
42	9,6	13,0	1,0
43	9,8	13,0	1,0
44	10,0	15,0	1,1
45	10,2	18,0	1,2
46	10,4	15,0	1,2
47	10,6	15,0	1,1
48	10,8	11,0	1,0
49	11,0	11,0	1,1
50	11,2	13,0	1,0
51	11,4	14,0	0,9
52	11,6	14,0	0,9
53	11,8	17,0	1,0
54	12,0	19,0	1,3
55	12,2	23,0	1,4
56	12,4	23,0	1,3
57	12,6	24,0	1,5
58	12,8	22,0	1,7
59	13,0	21,0	1,6
60	13,2	25,0	1,6
61	13,4	27,0	1,7
62	13,6	31,0	2,1
63	13,8	33,0	2,4
64	14,0	33,0	3,1
65	14,2	46,0	3,1
66	14,4	43,0	3,5
67	14,6	48,0	3,4
68	14,8	49,0	2,9
69	15,0	41,0	3,3
70	15,2	42,0	4,0
71	15,4	40,0	3,1
72	15,6	38,0	2,7
73	15,8	37,0	3,1
74	16,0	46,0	3,3

Risultati Analisi

Calcolo fattore di sicurezza

Simbologia adottata

$Nr.$: Numero d'ordine del risultato;
z_i	: Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza espressa in [m];
σ'_v	: tensione verticale efficace calcolata alla profondità z_i espressa in [kg/cm ²];
σ_v	: tensione verticale totale calcolata alla profondità z_i espressa in [kg/cm ²];
r_d	: coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità z_i ;
MSF	: coefficiente correttivo funzione dellamagnitudo del sisma;
CSR	: resistenza a taglio mobilitata espressa in termini di rapporto di tensione ciclica;
CRR	: sforzo di taglio indotto dal sisma espresso in termini di rapporto di resistenza ciclica;
F_s	: Fattore di sicurezza espresso come rapporto tra CRR e CSR;

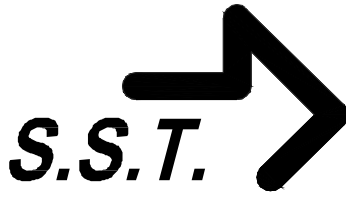
Medoto ROBERTSON

Nr.	z_i	σ'_v	σ_v	r_d	MSF	CSR	CRR	F_s
1	1,40	0,76	0,76	0,99	1,94	0,12	0,05	2,31
2	1,60	0,80	0,80	0,99	1,94	0,10	0,05	1,84
3	1,80	0,83	0,83	0,99	1,94	0,09	0,05	1,72
4	2,00	0,87	0,87	0,98	1,94	0,08	0,05	1,62
5	2,20	0,91	0,91	0,98	1,94	0,08	0,05	1,60
6	2,40	0,94	0,94	0,98	1,94	0,07	0,05	1,38
7	2,60	0,95	0,98	0,98	1,94	0,09	0,05	1,63
8	2,80	0,97	1,02	0,98	1,94	0,09	0,05	1,71
9	3,00	0,99	1,06	0,98	1,94	0,09	0,06	1,66
10	3,20	1,01	1,10	0,98	1,94	0,08	0,06	1,41
11	3,40	1,03	1,14	0,97	1,94	0,08	0,06	1,43
12	3,60	1,05	1,18	0,97	1,94	0,09	0,06	1,54
13	3,80	1,07	1,22	0,97	1,94	0,09	0,06	1,51
14	4,00	1,09	1,26	0,97	1,94	0,08	0,06	1,43
15	4,20	1,11	1,30	0,97	1,94	0,09	0,06	1,45
16	4,40	1,13	1,34	0,97	1,94	0,08	0,06	1,37
17	4,60	1,14	1,37	0,96	1,94	0,08	0,06	1,27
18	4,80	1,16	1,41	0,96	1,94	0,07	0,06	1,16
19	5,00	1,18	1,45	0,96	1,94	0,08	0,06	1,22
20	5,20	1,20	1,49	0,96	1,94	0,08	0,06	1,21
21	5,40	1,22	1,53	0,96	1,94	0,08	0,06	1,19
22	5,60	1,24	1,57	0,96	1,94	0,08	0,06	1,21
23	5,80	1,26	1,61	0,96	1,94	0,07	0,06	1,04
24	6,00	1,28	1,65	0,95	1,94	0,06	0,06	0,93
25	6,20	1,29	1,69	0,95	1,94	0,06	0,07	0,98
26	6,40	1,31	1,72	0,95	1,94	0,06	0,07	0,97
27	6,60	1,33	1,76	0,95	1,94	0,07	0,07	1,00
28	6,80	1,35	1,80	0,95	1,94	0,07	0,07	0,99
29	7,00	1,37	1,84	0,95	1,94	0,06	0,07	0,91
30	7,20	1,39	1,88	0,94	1,94	0,07	0,07	0,97
31	7,40	1,40	1,91	0,94	1,94	0,06	0,07	0,93
32	7,60	1,42	1,95	0,94	1,94	0,06	0,07	0,92
33	7,80	1,44	1,99	0,94	1,94	0,06	0,07	0,94
34	8,00	1,46	2,03	0,94	1,94	0,07	0,07	0,96
35	8,20	1,48	2,06	0,94	1,94	0,07	0,07	0,95
36	8,40	1,49	2,10	0,94	1,94	0,06	0,07	0,92
37	8,60	1,51	2,14	0,93	1,94	0,07	0,07	0,94
38	8,80	1,53	2,18	0,93	1,94	0,06	0,07	0,90
39	9,00	1,55	2,22	0,93	1,94	0,07	0,07	1,00
40	9,20	1,57	2,26	0,93	1,94	0,08	0,07	1,13
41	9,40	1,58	2,29	0,92	1,94	0,09	0,07	1,28
42	9,60	1,60	2,33	0,92	1,94	0,07	0,07	0,99
43	9,80	1,62	2,37	0,91	1,94	0,07	0,07	0,98

44	10,00	1,64	2,41	0.91	1.94	0.07	0.07	1.03
45	10,20	1,66	2,45	0.90	1.94	0.08	0.07	1.11
46	10,40	1,68	2,49	0.90	1.94	0.07	0.07	1.03
47	10,60	1,70	2,53	0.89	1.94	0.07	0.07	1.02
48	10,80	1,72	2,57	0.89	1.94	0.06	0.07	0.92
49	11,00	1,74	2,61	0.88	1.94	0.06	0.07	0.92
50	11,20	1,76	2,65	0.87	1.94	0.07	0.07	0.97
51	11,40	1,77	2,69	0.87	1.94	0.07	0.07	0.99
52	11,60	1,79	2,72	0.86	1.94	0.07	0.07	0.99
53	11,80	1,81	2,76	0.86	1.94	0.07	0.07	1.06
54	12,00	1,83	2,80	0.85	1.94	0.08	0.07	1.10
55	12,20	1,85	2,84	0.85	1.94	0.08	0.07	1.20
56	12,40	1,87	2,88	0.84	1.94	0.08	0.07	1.19
57	12,60	1,89	2,92	0.84	1.94	0.08	0.07	1.21
58	12,80	1,91	2,96	0.83	1.94	0.08	0.07	1.17
59	13,00	1,93	3,00	0.83	1.94	0.08	0.07	1.14
60	13,20	1,95	3,04	0.82	1.94	0.08	0.07	1.23
61	13,40	1,97	3,08	0.82	1.94	0.09	0.07	1.27
62	13,60	1,99	3,12	0.81	1.94	0.09	0.07	1.36
63	13,80	2,01	3,16	0.81	1.94	0.09	0.07	1.40
64	14,00	2,03	3,20	0.80	1.94	0.09	0.07	1.40
65	14,20	2,05	3,24	0.79	1.94	0.11	0.07	1.68
66	14,40	2,07	3,28	0.79	1.94	0.10	0.07	1.58
67	14,60	2,09	3,32	0.78	1.94	0.11	0.07	1.73
68	14,80	2,11	3,36	0.78	1.94	0.12	0.07	1.76
69	15,00	2,13	3,40	0.77	1.94	0.10	0.07	1.52
70	15,20	2,15	3,44	0.77	1.94	0.10	0.06	1.54
71	15,40	2,17	3,48	0.76	1.94	0.10	0.06	1.49
72	15,60	2,19	3,52	0.76	1.94	0.09	0.06	1.46
73	15,80	2,21	3,56	0.75	1.94	0.09	0.06	1.44
74	16,00	2,23	3,60	0.75	1.94	0.10	0.06	1.63

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.): **1.17**

Rischio di liquefazione: **basso**



Studio Servizi Tecnici
Settore geologia e ambiente

DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE

Via Roma, 10

44021 CODIGORO (Ferrara)

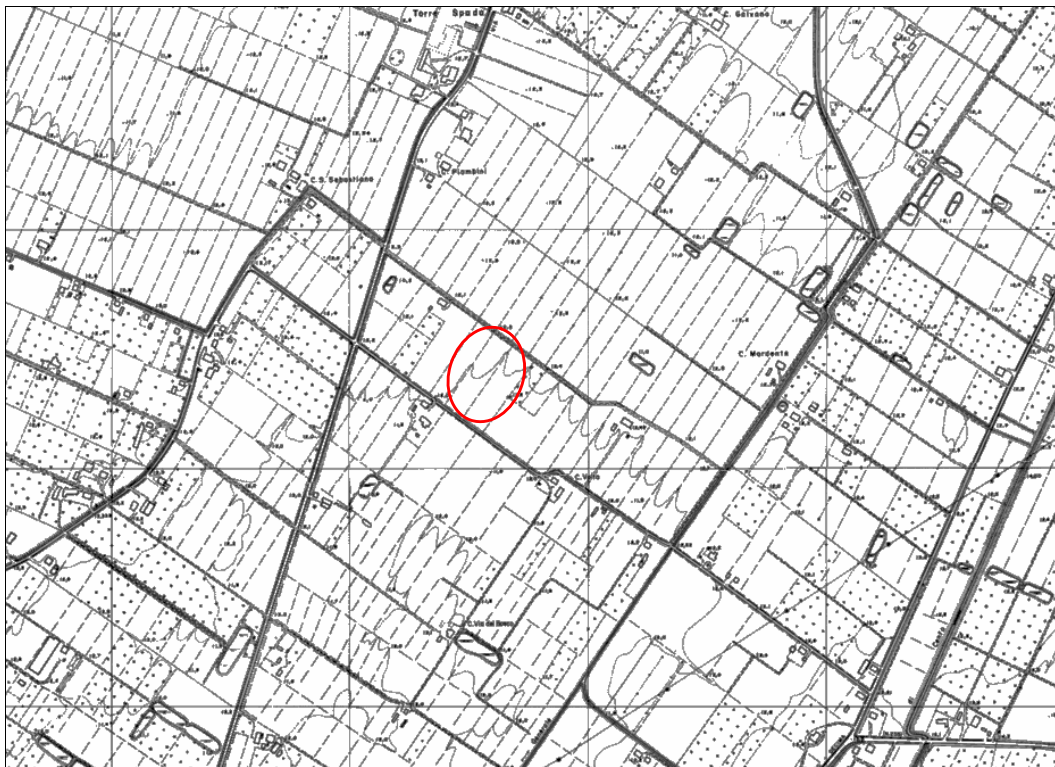
Tel e fax. 0533 / 713798 cell. 335-5240380

E-mail: thomas.veronese@tin.it

MODELLAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Comune di Cento
Provincia di Ferrara

Cambio di destinazione d'uso di un sito in via Canne a Corporeno,
riferimenti catastali foglio 32 mappale 292 del Comune di Cento.



Committente: CMV Servizi S.r.l.
Via B. Salamini 1
44042 Cento (FE)
P.IVA: 01467410385

03 Marzo 2014

Studio S.S.T. Settore Geologia e Ambiente

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



INDICE:

1. PREMESSA	2
NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO	3
2. MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	3
2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA	3
2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI.....	6
2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI.....	8
2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI.....	9
3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI.....	10
3.1. DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA.....	10
<i>Azioni sismiche "Delibera Assemblea Legislativa n°112/2007 della Regione Emilia Romagna".....</i>	<i>10</i>
<i>Categoria di suolo di fondazione – Secondo D.M. 14/01/08.....</i>	<i>11</i>
<i>Parametri sismici secondo "D.M. 14 gennaio 2008"</i>	<i>15</i>
<i>Magnitudo di progetto</i>	<i>18</i>
3.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE	20
3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI NEI TERRENI GRANULARI.....	24
3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI IN TERRENI COESIVI	24
4. MODELLAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI	29
4.1. ACQUISIZIONE DATI CON PROVA PENETROMETRICA STATICA	30
5. CONCLUSIONI.....	31

ALLEGATO: certificati delle prove geotecniche in sito

ALLEGATO: Studi sismici della Regione Emilia Romagna - Ordinanza n. 70 del 13/11/2012 e cartografia di riferimento

1. PREMESSA

Su incarico della ditta CMV Servizi S.r.l., con sede in via B. Malamini n. 1 a Cento (Fe), si redige lo studio per ricostruire la modellazione geologica e sismica con relative indagini per il progetto di "cambio di destinazione d'uso di un sito" in via Canne a Cento (Fe), riferimenti catastali foglio 32 mappale 292 del Comune di Cento (Fe).

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

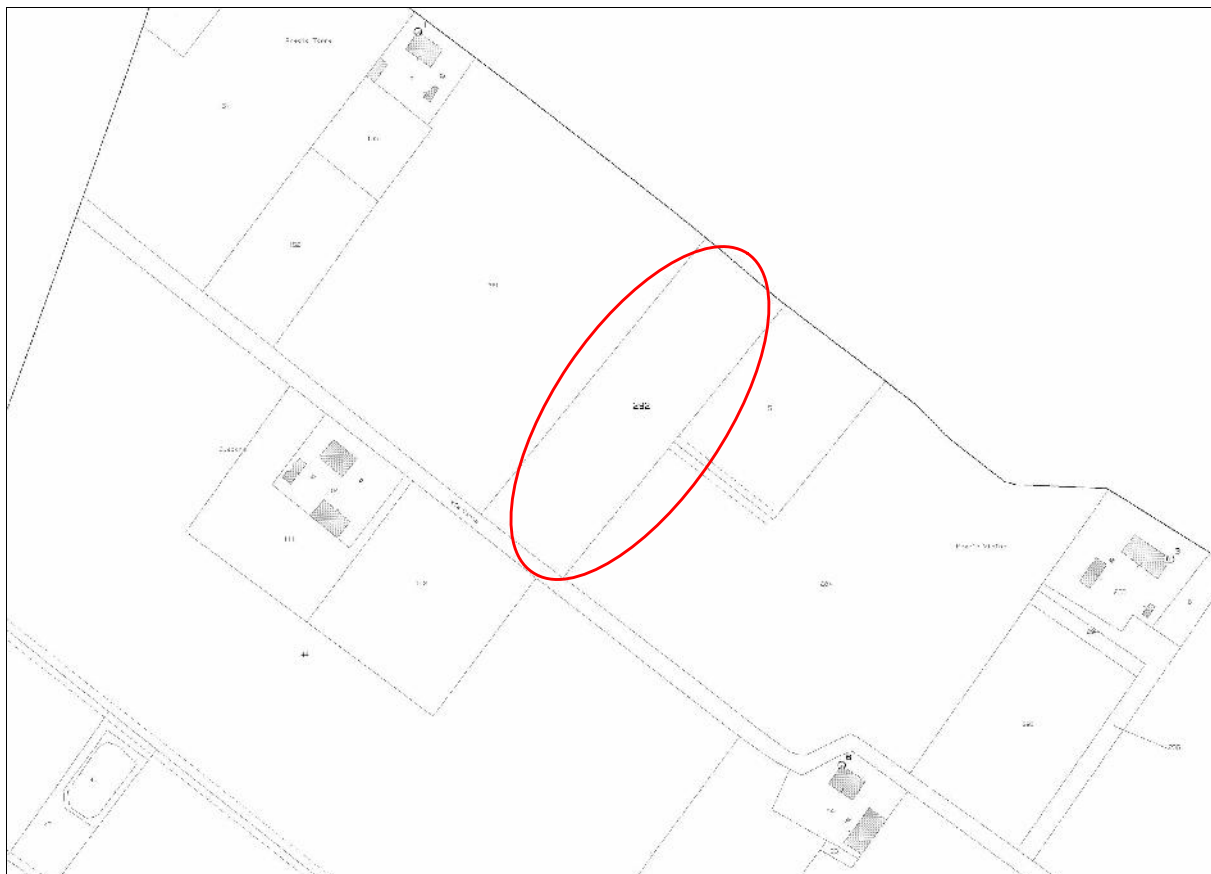
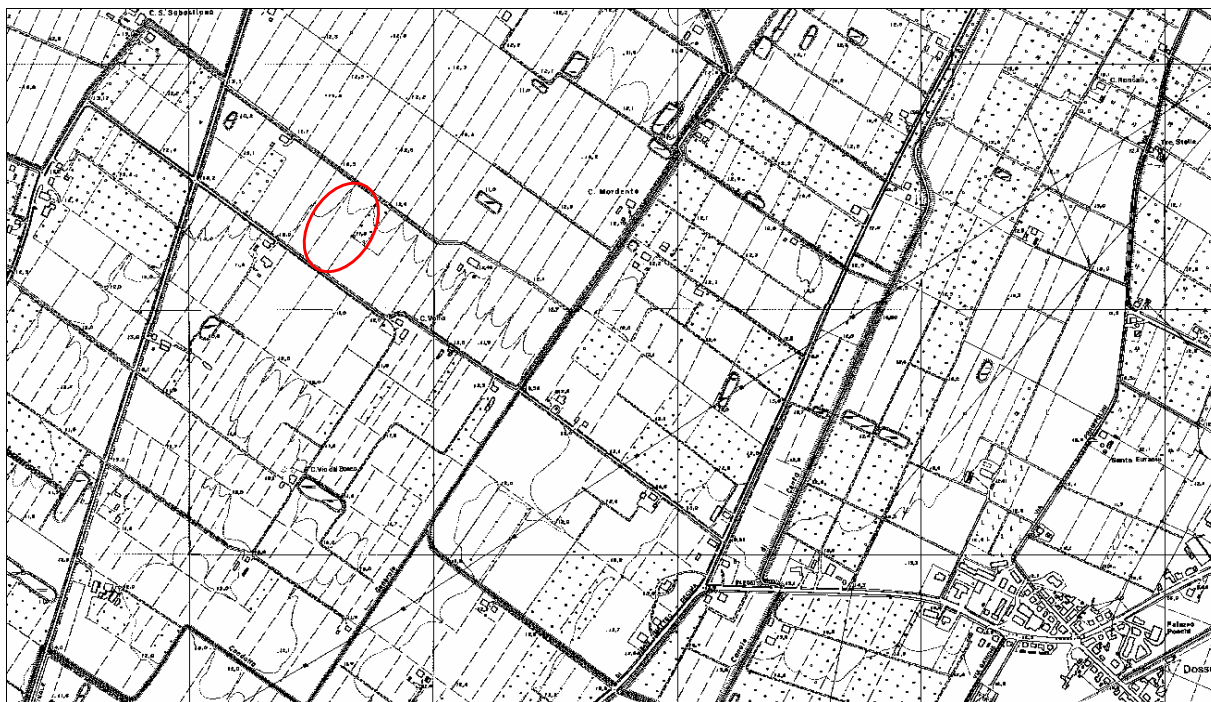


FIGURA 1.1 – Ubicazione dell'area di intervento a Cento Fe

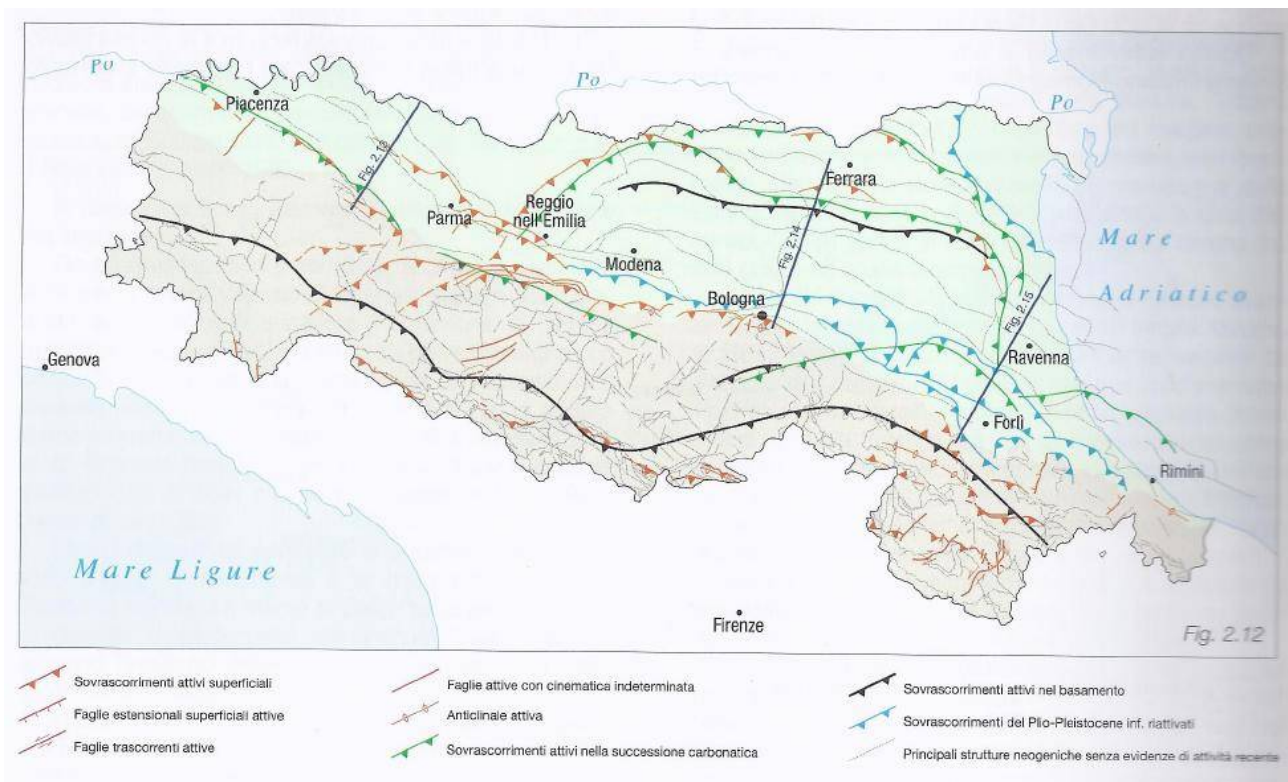
Normativa e Raccomandazioni di riferimento

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

2. MODELLAZIONE GEOLOGICA

2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA

Nella FIGURA 2.1 si riporta la mappa dei principali sovrascorrimenti attivi nel substrato roccioso emiliano-romagnolo e le sezioni passanti in prossimità di Cento.



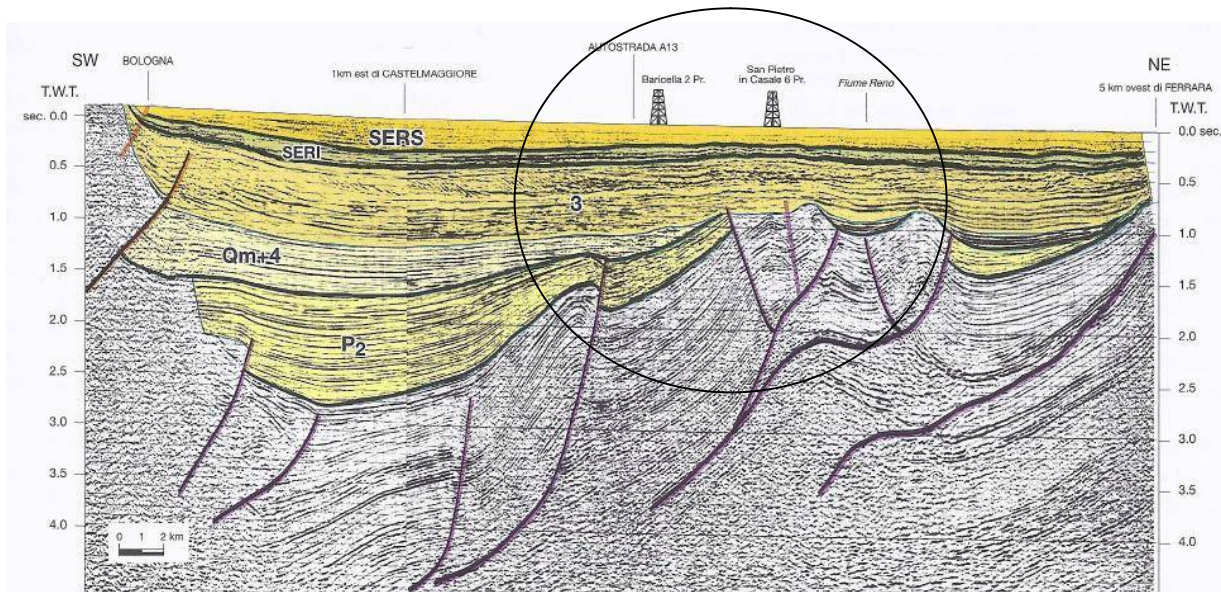


Fig. 2.14

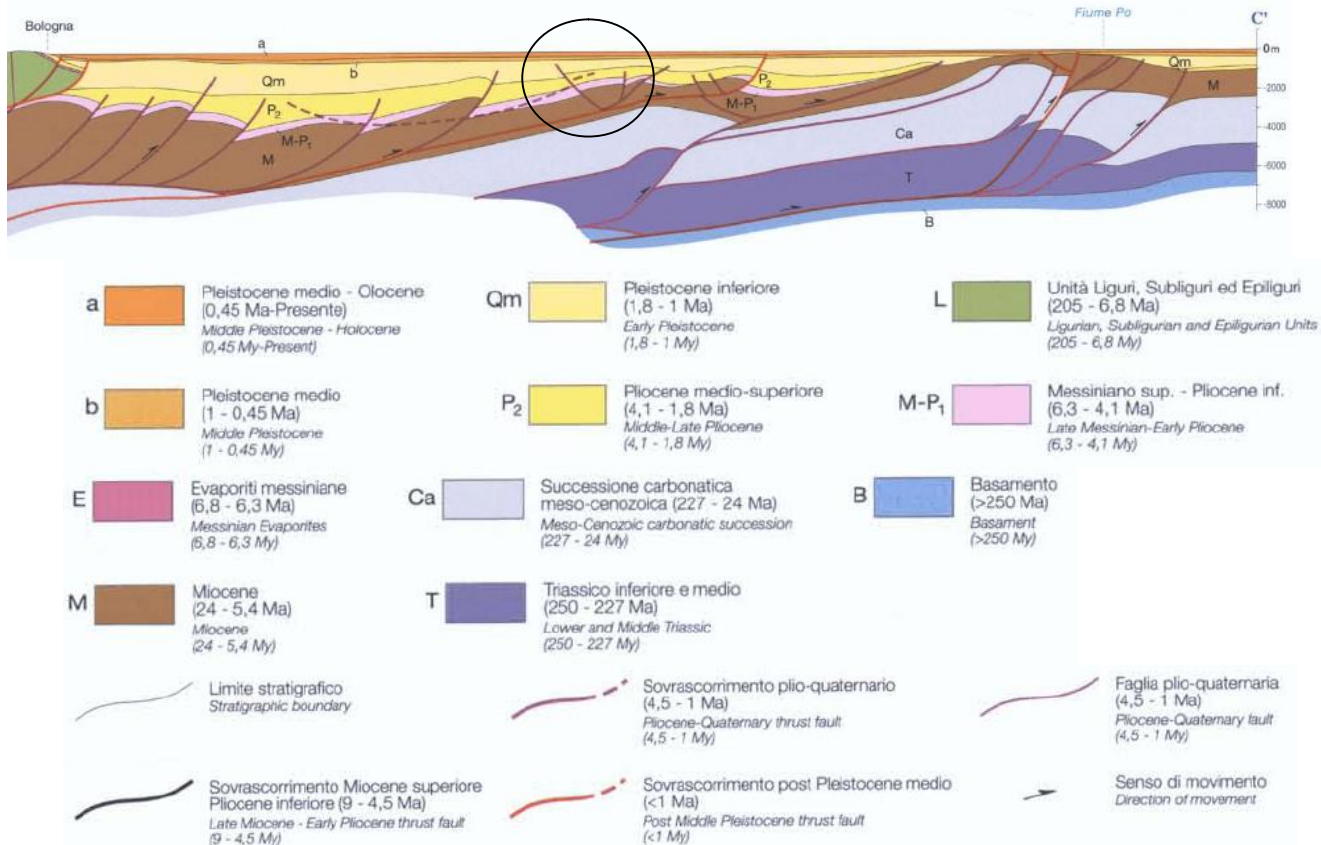


FIGURA 2.1 – Principali strutture del substrato geologico in corrispondenza del Contese.

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

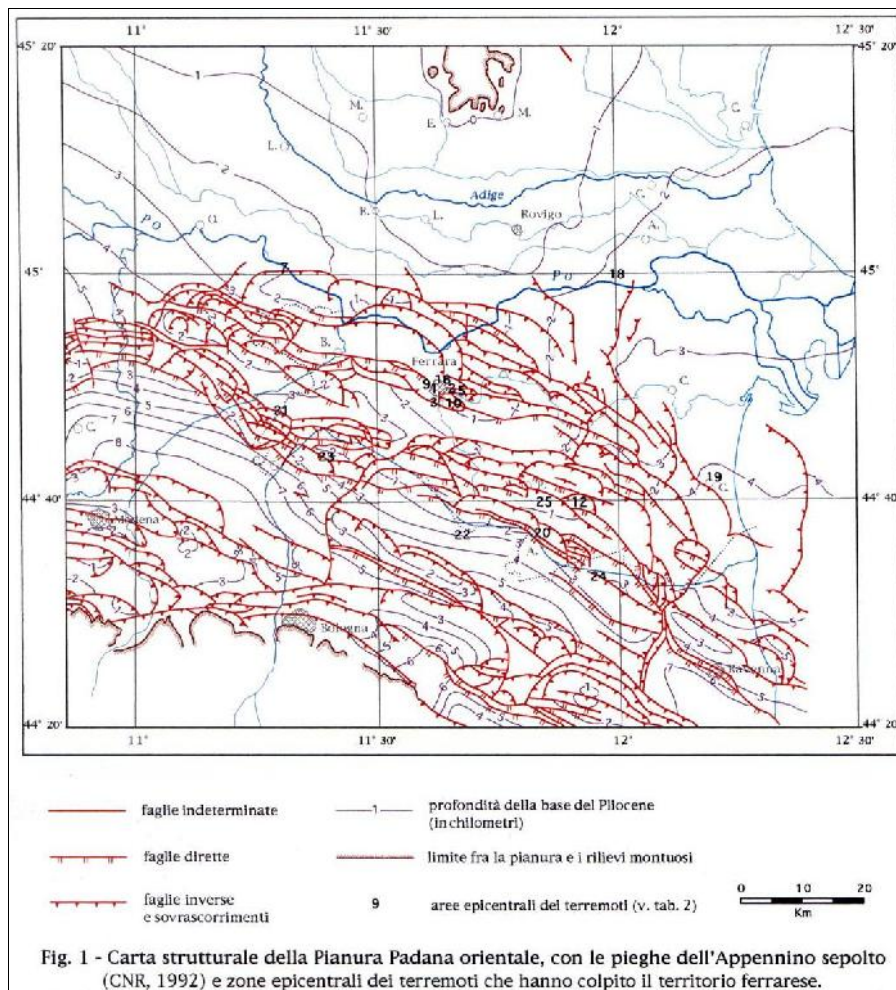


FIGURA 2.2 - Carta strutturale della Pianura Padana orientale (Pieri e Groppi, 1981, CNR, 1992)

Si fa inoltre presente che tutto il territorio comunale di Cento ricade all'interno della zona sismogenetica 912 (FIGURA 2.3), e potenzialmente è sede epicentrale di eventi sismici.

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

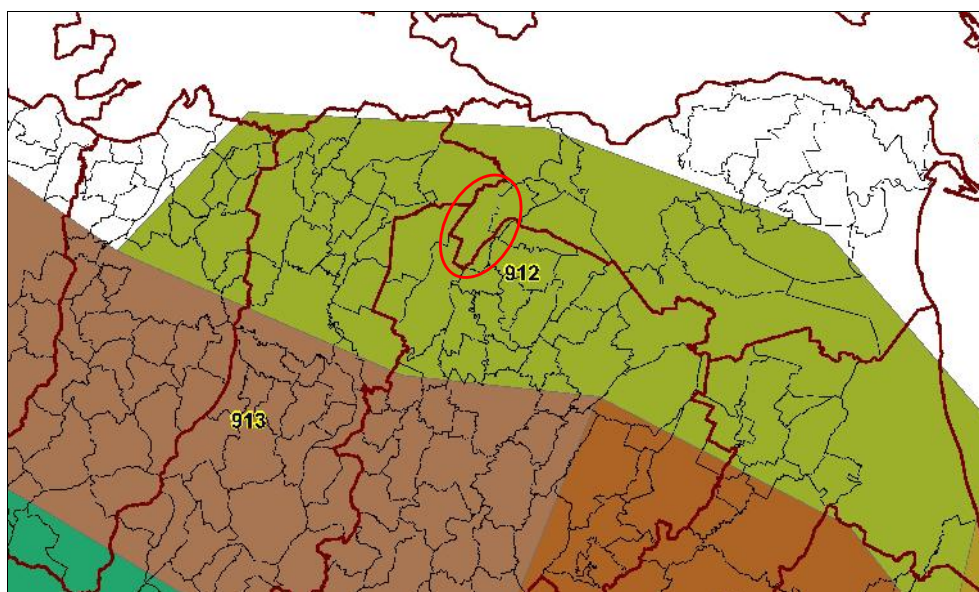


FIGURA 2.3 - Mappa delle aree sismogenetiche dell'Italia Settentrionale

2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI

Generalmente i sedimenti che si rilevano a Cento sono di derivazione alluvionale, legati agli apporti dei fiumi appenninici in modo particolare al fiume Reno. Si rilevano depositi di canale e di argine prossimale con sedimenti tipici di alta e bassa energia idrodinamica.

Generalmente nel sito allo studio si rilevano sedimenti argilloso limosi, con possibile presenza di livelli torbosi; talora è possibile rilevare anche banchi sabbiosi di spessori da decimetrici a metrici a diverse profondità.

Per la validazione del modello geologico è stata eseguita una campagna di indagine, per la ricostruzione di un modello tridimensionale del terreno che permetta di definire al meglio la stratigrafia del sottosuolo dell'area in esame, consistente in due prove penetrometriche statiche con punta elettrica e sismocono SCPTU1 e CPTU2, spinta rispettivamente fino alla profondità -30,00 m e -15,00m dal p.c. con *rif. U16-14*.

Il punto investigato con la prova penetrometrica statica SCPTU1 rileva:

- da p.c. fino a -0,50 m da p.c. un banco di terreni prevalentemente coesivi moderatamente consistenti con valore di resistenza alla punta R_p medio di 6,6 kg/cm²;
- da -0,50 m da p.c. fino a -1,40 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente granulari sciolti con valore di resistenza alla punta R_p medio di 14,1 kg/cm²;
- da -1,40 m da p.c. fino a -8,00 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente coesivi moderatamente consistenti con valore di resistenza alla punta R_p medio di 7,7 kg/cm²;
- da -8,00 m da p.c. fino a -11,00 m da p.c. uno strato di terreni caratterizzati da sedimenti prevalentemente coesivi consistenti con valore di resistenza alla punta R_p medio di 11,9 kg/cm²;
- da -11,00 m da p.c. fino a -15,50 m da p.c. un banco di terreni prevalentemente coesivi consistenti con valore di resistenza alla punta R_p medio di 18,2 kg/cm²;
- da -15,50 m da p.c. fino a -21,60 m da p.c. un banco di terreni caratterizzati da sedimenti prevalentemente coesivi molto consistenti con valore di resistenza alla punta R_p medio di 22,6 kg/cm²;
- da -21,60 m da p.c. fino a -30,00 m da p.c., massima profondità d'investigazione, uno strato di terreni caratterizzati da sedimenti prevalentemente coesivi consistenti con valore di resistenza alla punta R_p medio di 17,5 kg/cm².

Il punto investigato con la prova penetrometrica statica CPTU2 rileva:

- da p.c. fino a -1,00 m da p.c. un banco di terreni prevalentemente coesivi moderatamente consistenti con valore di resistenza alla punta R_p medio di 8,3kg/cm²;
- da -1,00 m da p.c. fino a -8,50 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente coesivi moderatamente consistenti con valore di resistenza alla punta R_p medio di 5,2 kg/cm²;
- da -8,50 m da p.c. fino a -12,70 m da p.c. uno strato di terreni prevalentemente coesivi consistenti con valore di resistenza alla punta R_p medio di 13,5 kg/cm²;
- da -12,70 m da p.c. fino a -15,00 m da p.c., massima profondità d'investigazione, uno strato di terreni caratterizzati da sedimenti prevalentemente coesivi molto consistenti con valore di resistenza alla punta R_p medio di 20,6 kg/cm².

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

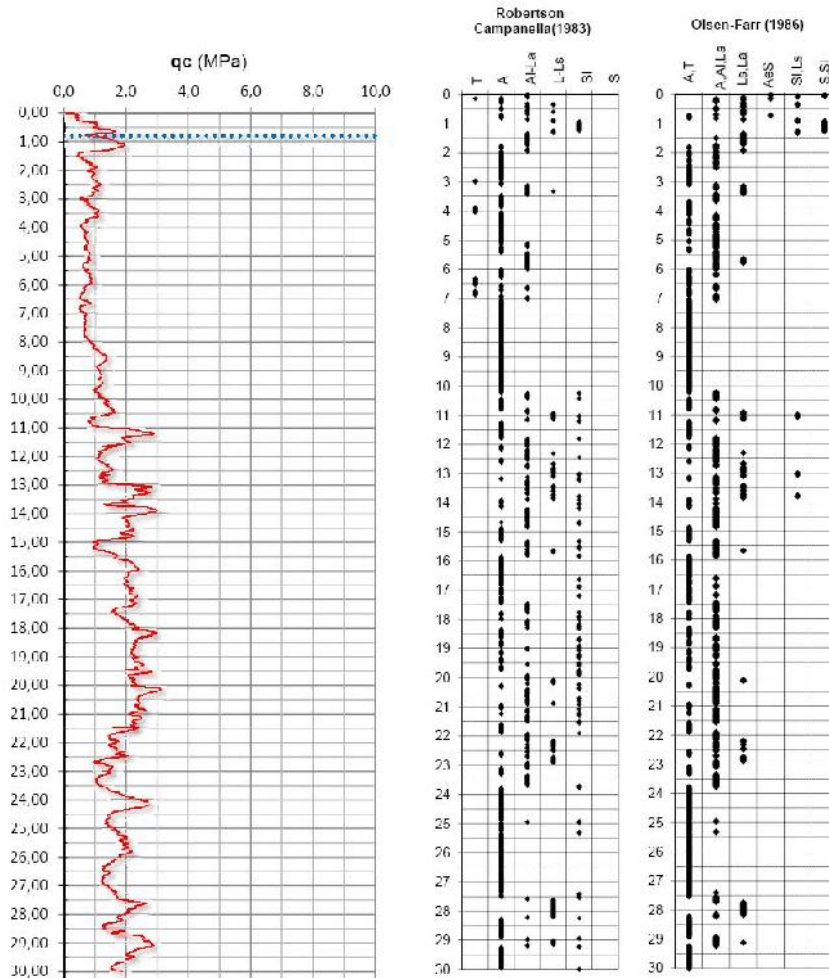


Diagramma di resistenza e litologie SCPTU1

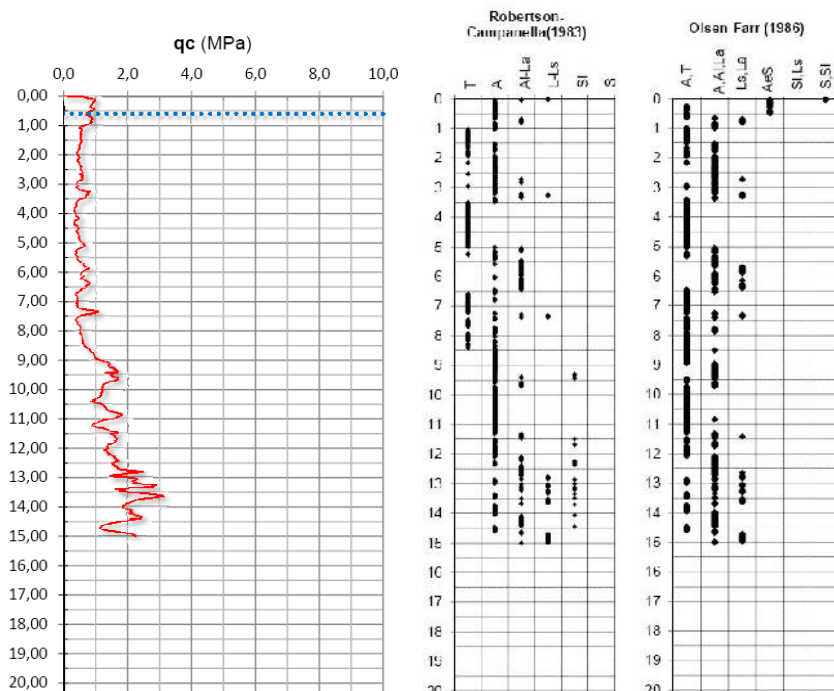


Diagramma di resistenza e litologie CPTU2

2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista geomorfologico l'assetto del territorio su cui si interviene risulta determinato essenzialmente da una dinamica di tipo fluviale che ha generato nel corso del tempo e mediante il susseguirsi di eventi, il deposito e l'accumulo dei sedimenti prevalentemente distali.

In particolare la sua evoluzione è legata al fiume Reno. Generalmente in quest'area prevalgono sedimenti alluvionali di catino interfluviale, depositatisi in ambiente di bassa energia idrodinamica, dunque prevalentemente si rinvencono terreni coesivi.

Analizzando la FIGURA 2.4, che riporta una zoomata della Carta Geomorfologica della Provincia di Ferrara, si può notare come il sito allo studio sia ubicato su depositi di rotta e di tracimazione, in una posizione distale rispetto al paleoalveo che attraversa l'abitato di Dosso e Corpo Reno.

Nell'area non ci sono segni topografici o tracce ben visibili, che indichino la presenza di paleoalvei minori o canali di esondazione fluviale.

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

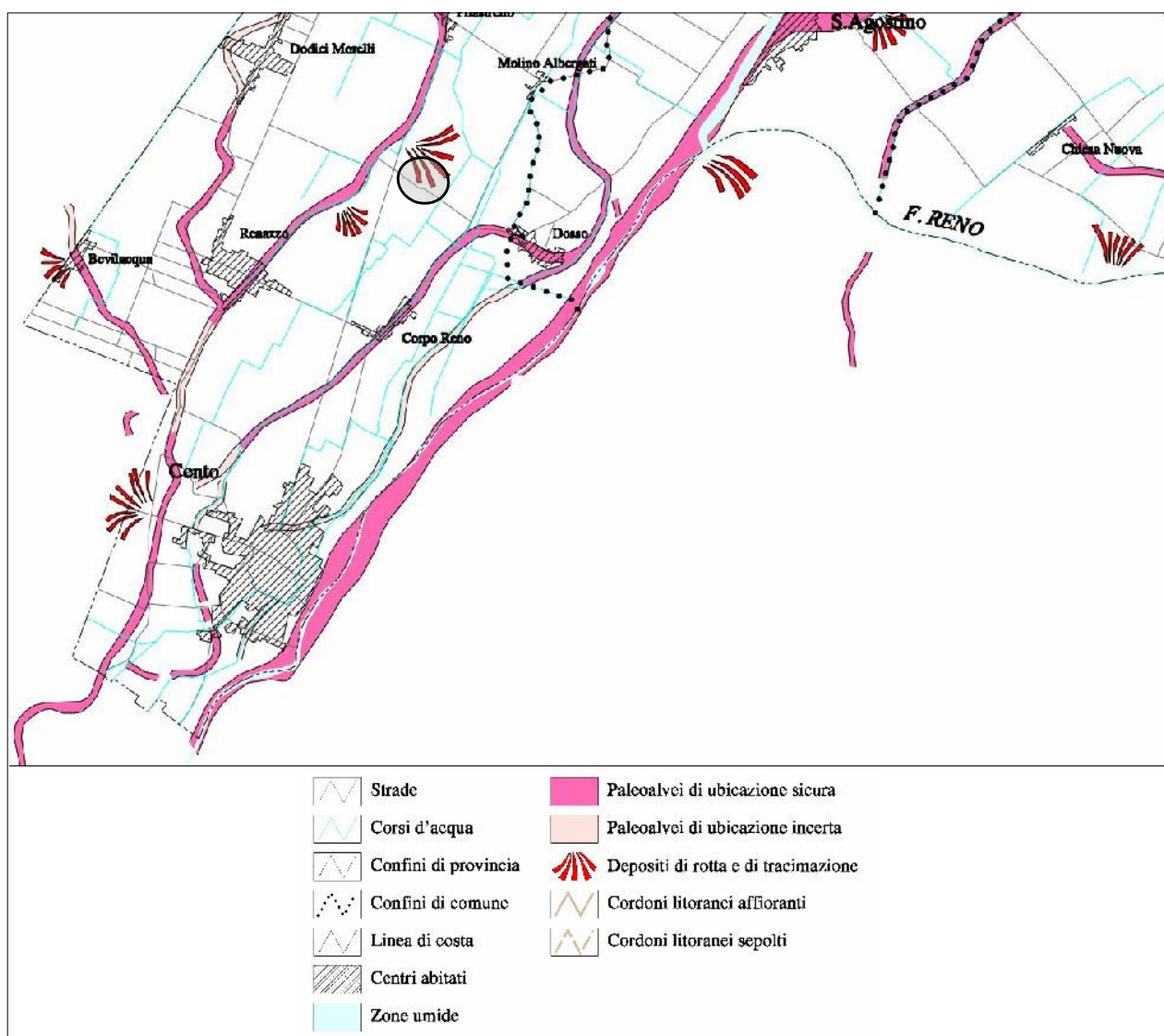


FIGURA 2.4 – Zoomata della carta Geomorfologica della provincia di Ferrara

2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI

Nell'area è stata rilevata la quota della superficie di falda all'interno del foro di esecuzione delle 2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica SCPTU1 e CPTIU2, con rif. U16-14. Tale quota è stata rilevata in data 20/02/2014 alla profondità di -0,80 m dal p.c. per la SCPTU1 e -0,60 m dal p.c. per la CPTU2.

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

Le frequenti precipitazioni di questo periodo alterano in modo significativo i livelli di falda rendendoli sempre più prossimi ai piani campagna, imbibendo i terreni superficiali.

I caratteri prevalentemente argillosi e dunque poco permeabili dei litotipi affioranti, fanno sì che il territorio abbia dei coefficienti di deflusso superficiale delle acque meteoriche piuttosto alti.

La circolazione delle acque nel territorio in esame risulta governata in modo particolare dal fiume Reno che scorre poco più a sud rispetto al sito in esame.

L'area è attraversata da una serie di canalizzazioni secondarie, costituite da canalini interpoderali o interaziendali, che regolano lo scolo e l'irrigazione dell'area. L'area in esame è situata a nord-est rispetto all'abitato di Corpo Reno, il deflusso delle acque meteoriche che precipita all'interno dell'area cortiliva è a carico della rete scolante costituita da piccole scoline o impluvi che convogliano le acque verso la Condotta Generale poco più ad est rispetto al sito.

In FIGURA 2.5 si riporta uno stralcio della *Carta delle aree allagate in seguito a piogge intense negli anni 1995 e 1996 (Amministrazione provinciale di Ferrara)*, dove vengono evidenziati i tracciati dei canali di scolo. Da questa carta si può inoltre evincere che l'area in esame non è stata soggetta ad allagamenti persistenti (aree azzurre).

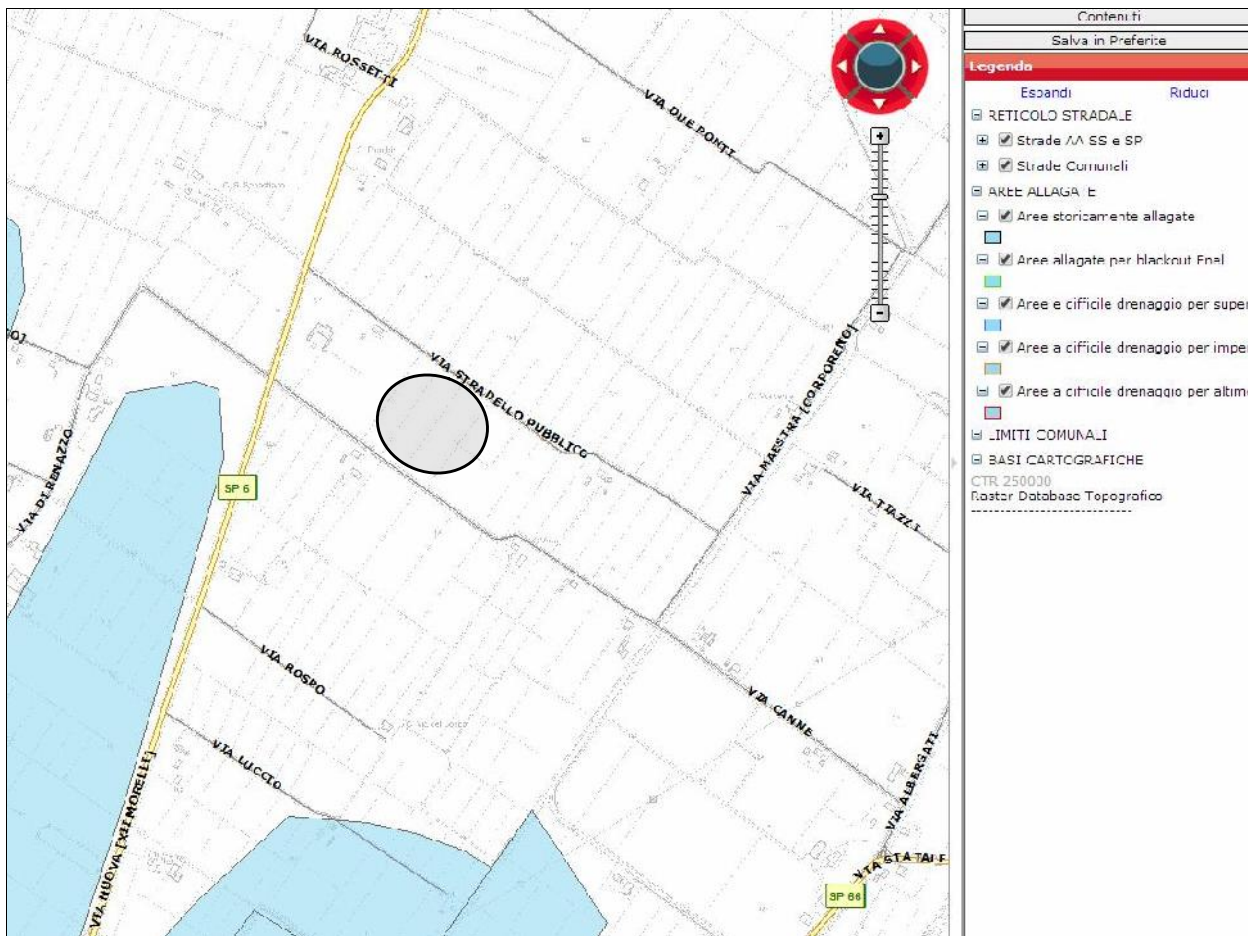


FIGURA 2.5 – Particolare delle aree allagate (fonte <http://visore.cgu-ferrara.it/Geovistaweb/default.aspx>)

3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

3.1. DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA

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

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

Azioni sismiche “Delibera Assemblea Legislativa n°112/2007 della Regione Emilia Romagna”

L'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica” fornisce i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}) per ogni comune della regione Emilia Romagna.

Per il comune di Cento vengono previste accelerazioni massime di 0.157g.

Nel medesimo atto viene specificato che in ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti (PIANURA 2), come nel caso in esame, per suoli caratterizzati da valori di V_{s30} fino a 300 m/s si dovrà adottare un fattore di amplificazione sismica F.A.=1,50 per cui l'accelerazione diventerà $A_{max}=0,235$.

Accelerazione di progetto = 0,235 g

In ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo (> 100 m da p.c.) (PIANURA 2) si devono usare le seguenti tabelle.

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

In FIGURA 3.1 è riportato lo spettro di risposta secondo l'atto di indirizzo 112/2007.

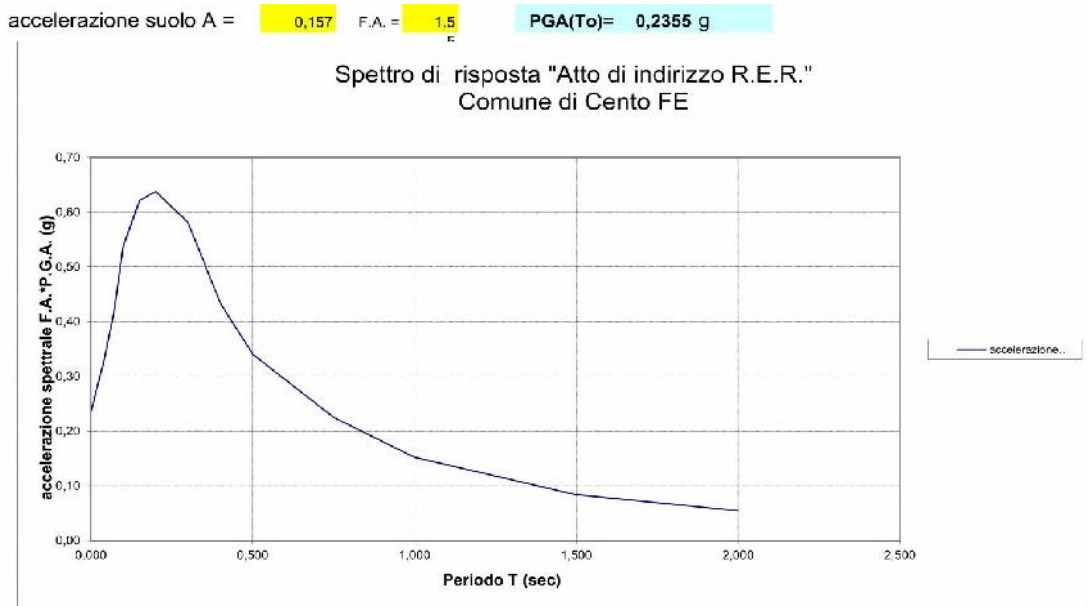


FIGURA 3.1 – Spettro di risposta secondo atto di indirizzo con $T_R=475$ anni, smorzamento = 5%.

Categoria di suolo di fondazione – Secondo D.M. 14/01/08

La categoria di suolo dipende dal valore di V_{s30} . Il parametro V_{s30} rappresenta la media ponderata dei valori delle velocità dell'onda di taglio "S" nei primi 30 m di sottosuolo indagato, matematicamente espressa da (eq. 3.1):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}} \quad \text{eq. 3.1}$$

dove,

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

h_i : spessore dello strato i -esimo,

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

Il valore di V_{s30} è stato rilevato in sito attraverso misure dirette fino alla profondità di -30,00 m da p.c.. A tal proposito dunque è stata realizzata una prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU1 con rif. U16-14 spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c.. Si ricorda che la V_{s30} va calcolata dal piano di posa della fondazione.

In FIGURA 3.2 è riportata l'ubicazione della prova SCPTU1 con rif. U16-14.



FIGURA 3.2 – Ubicazione prova penetrometrica statica con punta elettrica SCPTU1

La prova consiste nell'inserire sulla punta elettrica della prova penetrometrica statica con punta elettrica dei ricevitori (geofoni) che con opportuna strumentazione e una sorgente di onde in superficie possono essere misurati, a profondità diverse, in questo caso ogni metro (SCPTU1) fino alla profondità di -25,40 m da p.c., i tempi di arrivo delle onde sismiche fra la superficie (sorgente) ed i ricevitori (in profondità), analogamente a quanto avviene con il metodo geofisico cosiddetto "downhole".

La punta utilizzata prende il nome di Piezocono G1-CPL2IN (FIGURA 3.3).

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

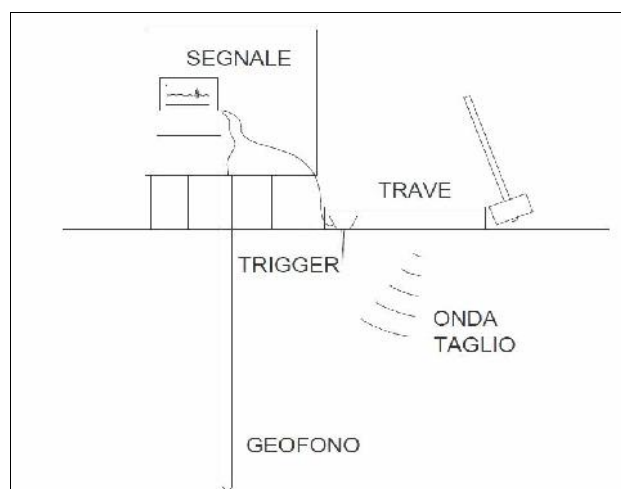


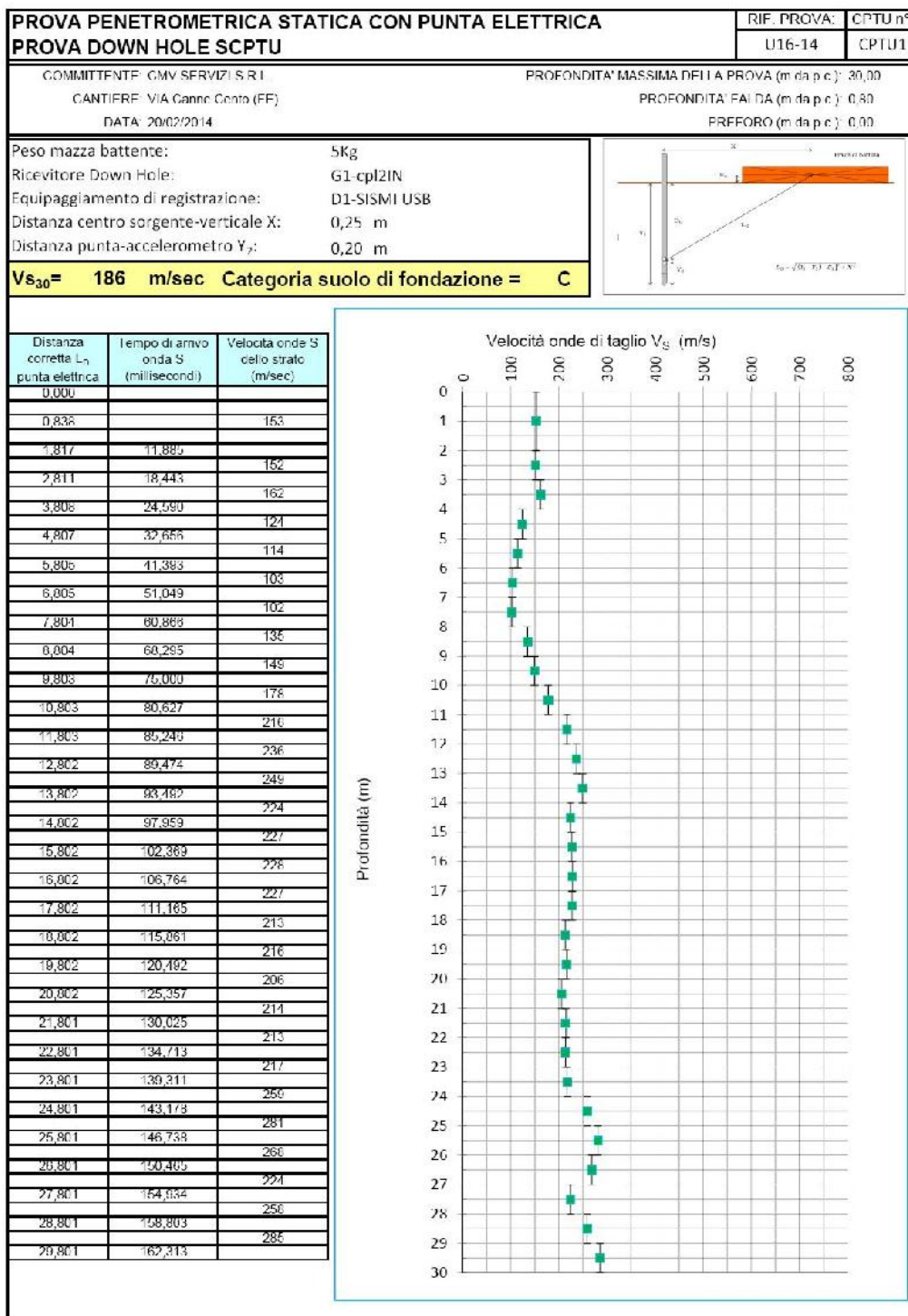
FIGURA 3.3 – Rappresentazione grafica della prova penetrometrica con piezocono sismico

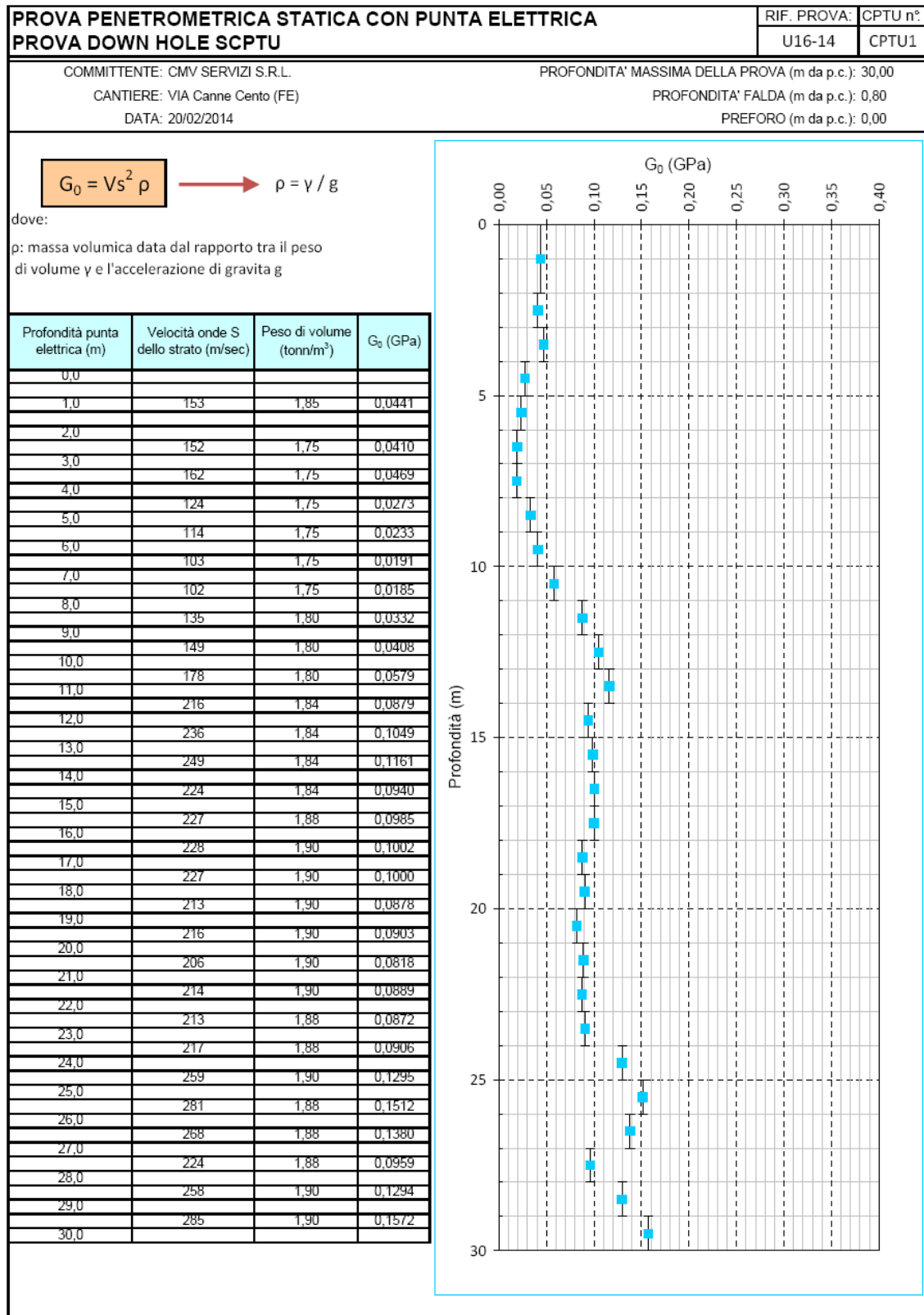
Durante la realizzazione della prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU1 con rif. U16-14 sono state realizzate letture dirette dei tempi di arrivo delle onde di taglio S ad intervalli regolari fino alla profondità di -30,00 m da p.c.

Attraverso questo strumento è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde S alla profondità di 30 metri (V_{s30}).

Di seguito viene riportata l'elaborazione della prova SCPTU1 svolta in sito con la rappresentazione del profilo verticale della velocità delle onde di taglio S ad ogni metro, la categoria di suolo di fondazione (ricavata attraverso il profilo fino alla profondità di -30 m da p.c.) e il profilo verticale di G_0 (che rappresenta il modulo di taglio alle piccole deformazioni).

DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE - Via Roma, 10 44021 CODIGORO (Ferrara)





Il valore di V_{s30} risultante dalla lettura dei tempi di arrivo delle onde S fino alla profondità di 30,00 m da p.c. è di 186 m/s e quindi la Categoria di suolo di fondazione è C.

$V_{s30} = 186 \text{ m/s}$ Categoria di suolo C

Parametri sismici secondo "D.M. 14 gennaio 2008"

La classificazione sismica introdotta dall'OPCM 3519/2006, recepita dal D.M. 14/01/2008, attribuisce al comune di Cento un valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo appartenente all'intervallo 0,150 – 0,175, con $T=0$, su suolo rigido ($V_{s30}>800\text{m/sec}$) e con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Secondo il vigente D.M., gli spettri di risposta rappresentano delle componenti (orizzontale e verticale) delle azioni sismiche di progetto di un generico sito del territorio nazionale.

In FIGURA 3.4, si riporta un particolare della mappa di pericolosità sismica redatta dall'INGV, secondo la Tabella 1, allegata alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

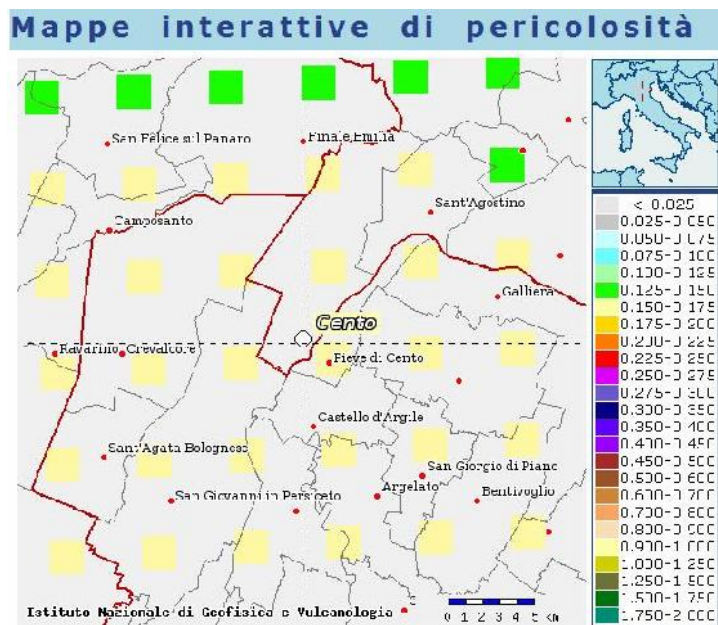


FIGURA 3.4 – Carta pericolosità sismica, da progetto DCP – INGV – S1. fonte: <http://esse1-gis.mi.ingv.it>

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

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

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

Nella Tabella 3.1 tratta dalla normativa si riportano i valori di probabilità di superamento per i diversi Stati Limite a cui si può spingere la progettazione. In questo caso si propone lo Stato Limite di Salvaguardia della vita, ma sarà responsabilità del progettista scegliere lo stato limite più consono in base alla tipologia di progetto.

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

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

Di seguito si riportano i parametri sismici calcolati secondo un approccio "sito dipendente".

Come indicato nell'Allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, si possono ottenere i valori dei suddetti parametri spettrali (ag , F_0 e T^*c) del sito in esame utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (FIGURA 3.5).

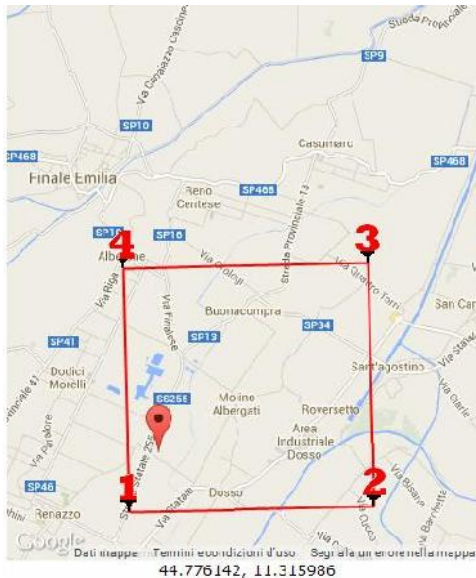


FIGURA 3.5 – Vertici della griglia di riferimento

fonte: <http://www.geostru.com/geoapp/Parametri-Sismici.aspx>

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

Per le analisi di microzonizzazione sismica si utilizzano i dati di scuotimento sismico con tempi di ritorno di $T_R=475$.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,777074
longitudine: 11,316985
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 15620	Lat: 44,7649Lon: 11,3085	Distanza: 1511,036
Sito 2	ID: 15621	Lat: 44,7662Lon: 11,3788	Distanza: 5028,787
Sito 3	ID: 15399	Lat: 44,8162Lon: 11,3770	Distanza: 6427,606
Sito 4	ID: 15398	Lat: 44,8149Lon: 11,3066	Distanza: 4285,744

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,041 g
Fo: 2,538
Tc*: 0,256 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,054 g
Fo: 2,467
Tc*: 0,268 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,154 g
Fo: 2,590
Tc*: 0,271 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,207 g
Fo: 2,538
Tc*: 0,278 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,650
St: 1,000
Kh: 0,012
Kv: 0,006
Amax: 0,604
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,620
St: 1,000
Kh: 0,016
Kv: 0,008
Amax: 0,794
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,460
Cc: 1,620
St: 1,000
Kh: 0,054
Kv: 0,027
Amax: 2,210 (Amax/g=0,225)
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,380
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,080
Kv: 0,040
Amax: 2,800
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru software - www.geostru.com

Magnitudo di progetto

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

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

In FIGURA 3.6 sono riportati i sismi che hanno colpito la provincia di Ferrara in tempi storici relativamente recenti; i terremoti storici in questa area allo studio sono decisamente più bassi.

Comune	Lat.	Lon.	Imax	Mw
ARGENTA	44.61459	11.83658	9	6,1
ARGENTA	44.61459	11.83658	9	6,1
BONDENO	44.88857	11.41666	8	5,6
CENTO	44.72685	11.28937	7	5,2
CODIGORO	44.83096	12.10568	<= 6	4,8
COMACCHIO	44.69444	12.18290	7	5,2
COPPARO	44.89391	11.82986	8	5,6
FERRARA	44.83559	11.61842	8	5,6
FORMIGNANA	44.84187	11.85894	8	5,6
JOLANDA DI SAVOIA	44.88518	11.97726	7	5,2
LAGOSANTO	44.76249	12.13965	7	5,2
MASI TORELLO	44.79369	11.79704	8	5,6
MASSA FISCAGLIA	44.80818	12.01334	7	5,2
MESOLA	44.92060	12.23033	<= 6	4,8
MIGLIARINO	44.77058	11.93149	8	5,6
MIRABELLO	44.82534	11.46031	8	5,6
OSTELLATO	44.74516	11.94085	8	5,6
POGGIO RENATICO	44.76571	11.48392	8	5,6
PORTOMAGGIOR	44.69759	11.80509	8	5,6
RO	44.94634	11.76146	8	5,6
SANT'AGOSTINO	44.79258	11.38519	8	5,6
VIGARANO MAINARDA	44.84191	11.49759	8	5,6
VOGHIERA	44.75737	11.75011	8	5,6
TRESIGALLO	44.81771	11.89393	8	5,6
GORO	44.85334	12.30076	<= 6	4,8
MIGLIARO	44.79835	11.97311	7	5,2
Mw=0,430Imax+2.182				

FIGURA 3.6 - Sismi che hanno colpito la provincia di Ferrara in tempi storici

3.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

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

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

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

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

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

- - frazione di fine, FC, superiore al 20%, con indice di plasticità $PI > 10$;
- $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;
- $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 25$

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

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

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

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

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

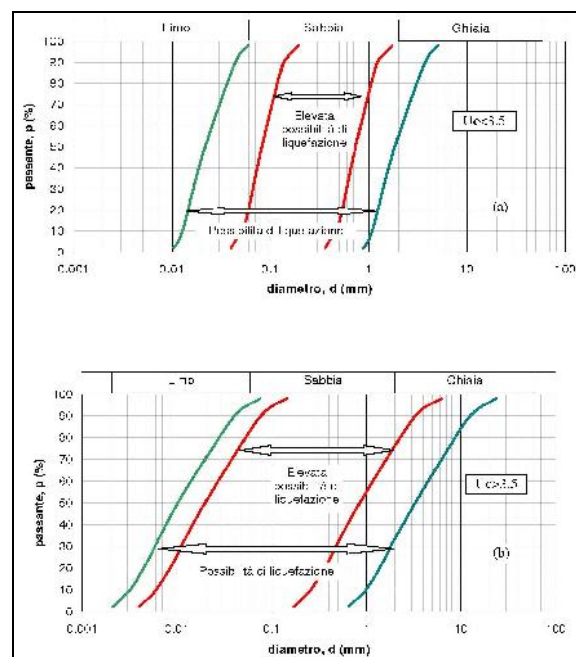


FIGURA 3.7 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno

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

7.11.3.4.2 *Esclusione della verifica a liquefazione*

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

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

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

Ai fini del calcolo è stata considerata la prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU1 con rif. U16-14 spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c..

Per questo calcolo si è considerata una magnitudo di 6,14 e un'accelerazione di progetto di $0,23g$

Utilizzando i dati di input (D.M. 14 gennaio 2008) visualizzati in FIGURA 3.8, se ne deduce che nell'area di studio il fenomeno della liquefazione non è un effetto di sito atteso.



Dott. Geol. Thomas Veronese
via Roma 10 - 44021 Codigoro FE
tel/fax: 0533713798
mail: thomas.veronese@tin.it

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : CMV Service Srl

Location : via Canne Cento Fe

CPI file : rif. U16-14 CPIU1

Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	0.60 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Lines correction method:	NCLLR (1998)	G.W.L. (earthq.):	0.60 m	Fill height:	N/A	applied:	sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	6.14	Ic cut off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.21	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_v applied:	Yes	MSL method:	Method based

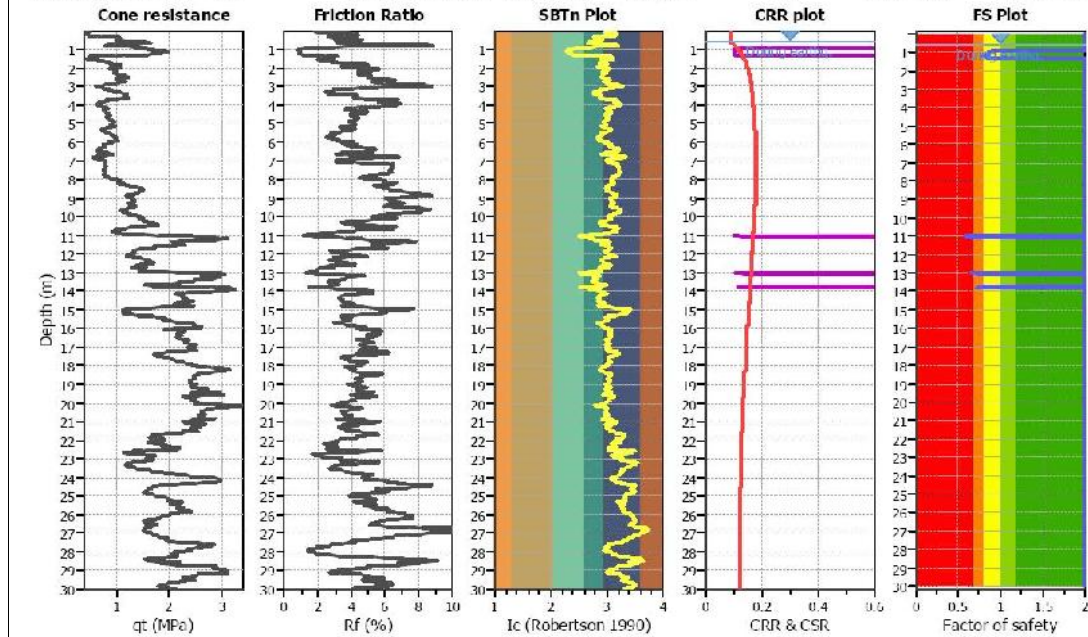


FIGURA 3.8: Dati di input e sintesi dell'analisi sulla liquefazione delle sabbie.

In FIGURA 3.9, si riporta il diagramma del CRR e del CSR, dove si evidenziano strati in cui il fattore di resistenza alla liquefazione è inferiore a 1,00.

Nella stessa figura è riportato il valore dell'indice del potenziale di liquefazione IPL calcolato per la prova penetrometrica statica con punta elettrica analizzata.

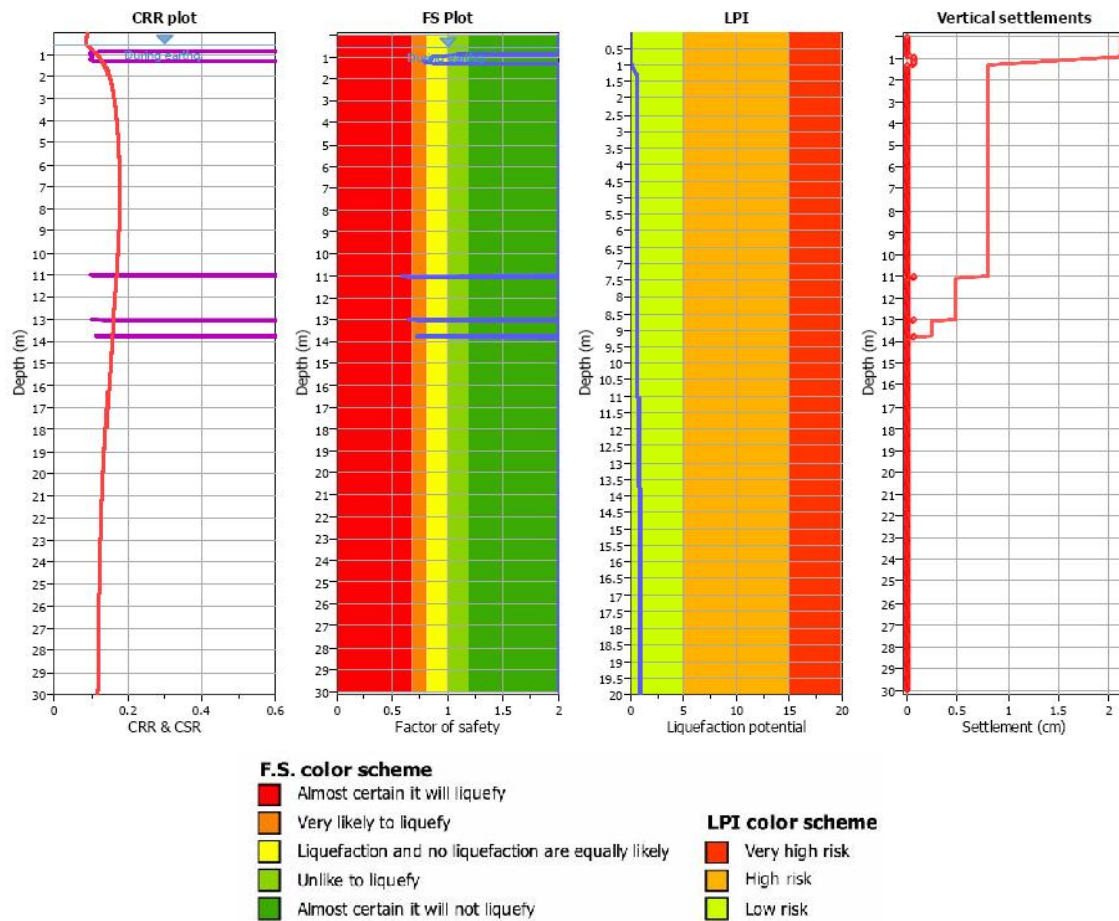


FIGURA 3.9: Particolare dell'analisi condotta con $PGA=0,23g$ e $Mw=6,14$

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

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz, \quad \text{eq. 3.2}$$

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

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

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

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

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

Con il software si calcola nei primi 20,00 m, il valore del potenziale di liquefazione per tutti gli strati incoerenti.

In base alla Tabella 3.2 e 3.3 i terreni in esame risultano avere un *basso* rischio di liquefazione ($I_{PL} = 0,88$) se sollecitati da un sisma di $Mw=6,14$ ed una accelerazione di $0,23g$.

Potenziale Liquefazione I_{PL}	Classificazione
----------------------------------	-----------------

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

Tabella 3.2 – Classificazione indice potenziale liquefazione

CPTU	Potenziale Liquefazione I_{PL}
CPTU1	0,88

Tabella 3.3 – Indice potenziale liquefazione calcolato per la SCPTU1

3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI NEI TERRENI GRANULARI

Dell'elaborazione completa dei cedimenti post sismici si riporta solo il risultato finale; sono stati stimati i cedimenti postsismici nei banchi sabbiosi rilevati con la prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU1 con rif. U16-14 spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c..

Dalle elaborazioni informatiche, si ricava che con una Magnitudo di 6,14 e P.G.A. di 0,23g, alcuni dei livelli hanno il fattore di resistenza alla liquefazione inferiore a 1,00, determinando cedimenti post sismici nei terreni granulari pari a 2,12 cm (Tabella 3.4).

CPTU	Cedimenti postsismici (cm)
CPTU1	2,12

Tabella 3.4 – Cedimenti post-sismici

3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI IN TERRENI COESIVI

Per l'Atto di Indirizzo nr.112/2007, nei depositi coesivi molto soffici ($c_u \leq 70$ kPa) e plastici ($I_p \geq 30\%$) in cui si prevede un incremento delle pressioni interstiziali $\frac{\Delta u}{\sigma'_0} \geq 0.3$

durante il terremoto di riferimento deve essere stimato il cedimento di riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

Tale rapporto può essere valutato dal grafico riportato in FIGURA 3.10 in funzione della deformazione indotta dal terremoto di progetto negli strati di terreno.

Tale deformazione è valutabile utilizzando la seguente espressione:

$$\text{deformazione (\%)} \quad \gamma_{\max} = 0.65 \cdot a_{g,\text{rif}} \cdot S \cdot \sigma_{v0} \cdot r_d \cdot \frac{1}{G} \quad \text{eq. (3.3)}$$

$a_{g,\text{rif}}$ = accelerazione di riferimento per il comune allo studio (Cento $a_{\text{rif}}=0,157g$)

S = fattore di amplificazione funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s e dunque della stratigrafia dei terreni (nel caso in esame F.A.=1,5 – PIANURA2);

σ_{v0} = carico litostatico in termini di tensioni totali a metà dello strato considerato

$r_d = 1 - 0,015z$ (da Atto indirizzo, n.112/2007)

G = valore ridotto di G_0 funzione dell'accelerazione a_{\max} .

G_0 = modulo di taglio alle piccole deformazioni.

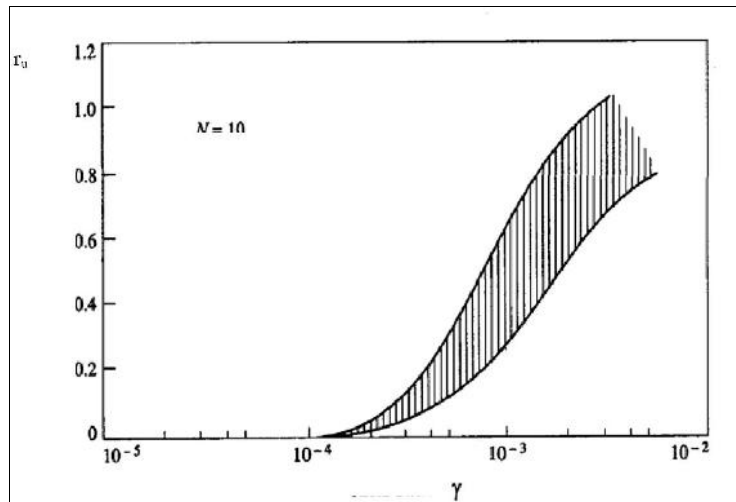
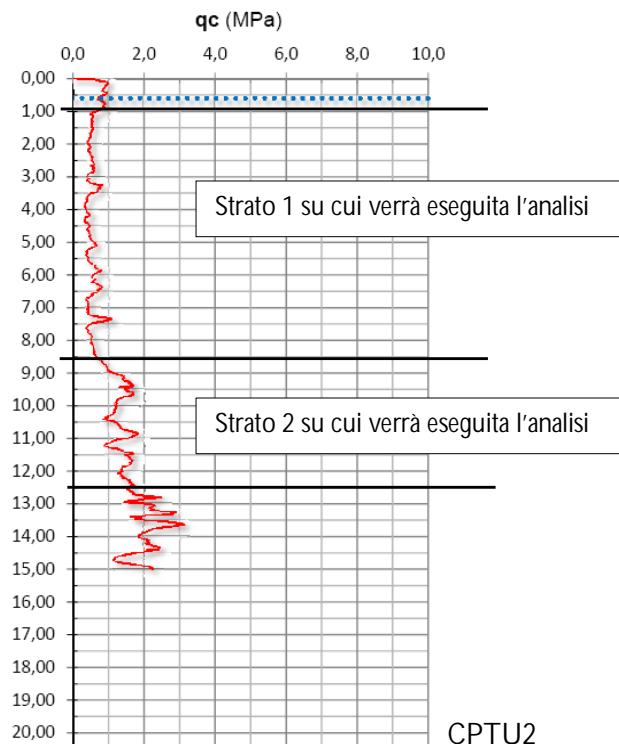


FIGURA 3.10: Valore del rapporto di pressione interstiziale r_u in funzione della deformazione di taglio massima indotta dal terremoto

Per il calcolo dei cedimenti post-sismici per terreni coesivi soffici, si è fatto ricorso a dati bibliografici per caratterizzare lo strato di argille moderatamente consistenti presenti da -1,00 m da p.c. fino a 8,50 m da p.c. per la prova CPTU2 considerata.



La stratigrafia rilevata dalla prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono CPTU2, è caratterizzata da uno strato di sedimenti prevalentemente coesivi poco consistenti con un valore di R_p medio pari a 5,2 kg/cm², presente tra -1,00 m da p.c. e -8,50 m da p.c. (Strato1), e con un valore di R_p medio pari a 13,5 kg/cm² un secondo strato tra -8,50 m e -12,50 m da p.c. (Strato 2).

Questi strati immersi in falda presentano un valore di coesione media rispettivamente pari a 26 kPa e 68 kPa per cui inferiore al valore di riferimento normativo ($C_u \leq 70$ kPa); supponendo di avere un indice di plasticità I_p superiore al 30% (valore di riferimento normativo) in via del tutto conservativa si procede al calcolo dei cedimenti post-sismici nei terreni coesivi soffici.

Pertanto, una volta soddisfatte le condizioni iniziali di calcolo ($I_p \geq 30$ e $C_u \leq 70$ kPa), si necessita verificare che il valore di r_u sia maggiore o minore di 0,3.

Il modulo di taglio a piccole deformazioni G_0 per i terreni coesivi è stato determinato interpolando il valore di resistenza alla punta medio dello strato coesivo (strato 1 - 520 kPa, strato 2 - 1350kPa) ed il valore di PGA ($0,154g \times 1,50 = 0,231g$), per cui il rapporto G/G_0 è pari a 0,45 (FIGURA 3.11).

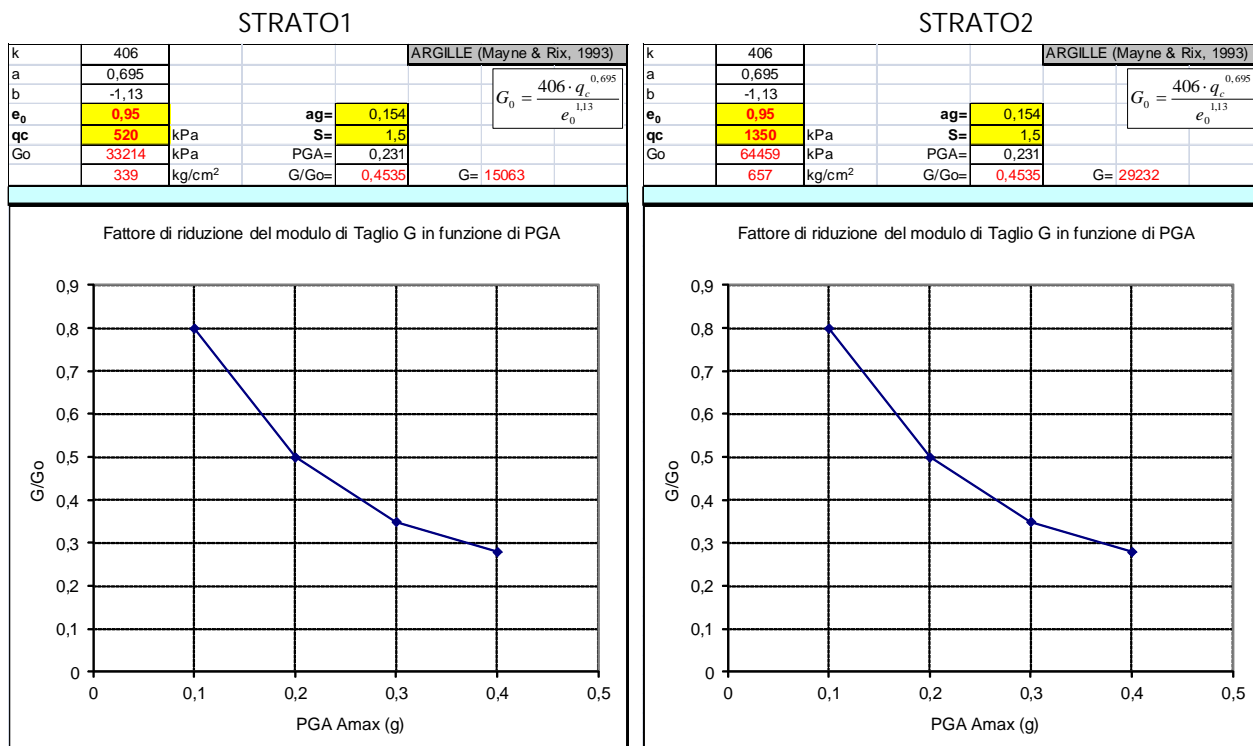
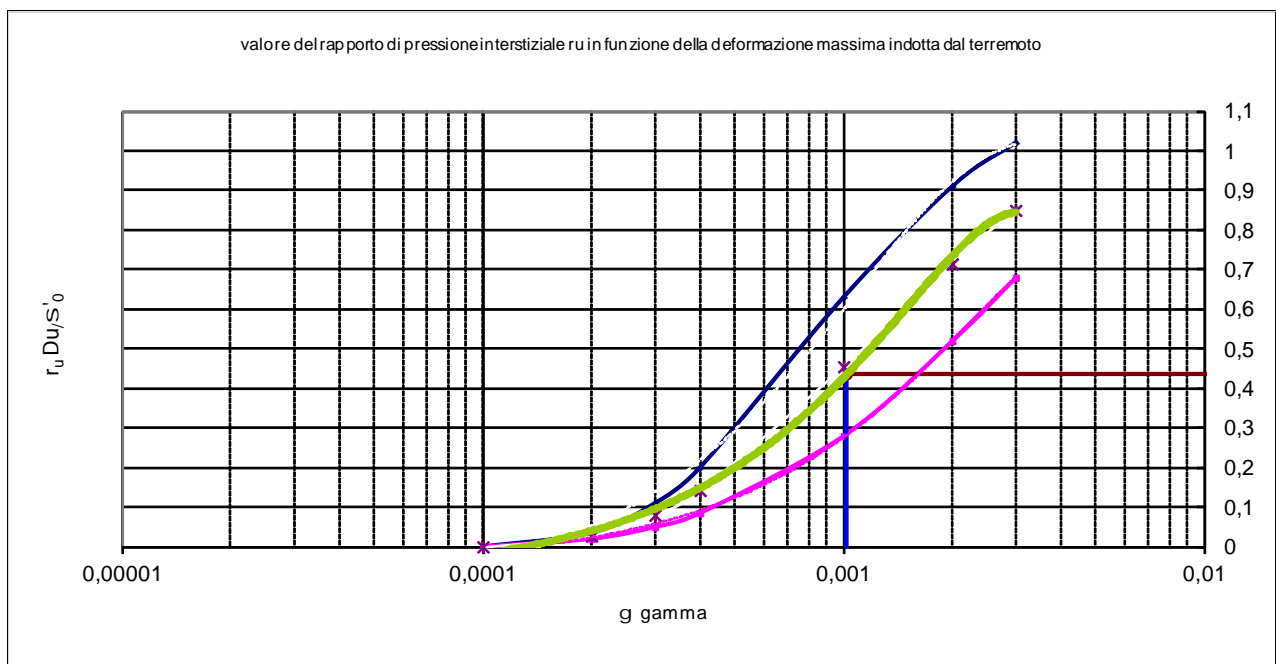


FIGURA 3.11 - Fattore di riduzione del modulo di taglio G in funzione dell'accelerazione ($a_{g,riv}$) (AGI, 2005)

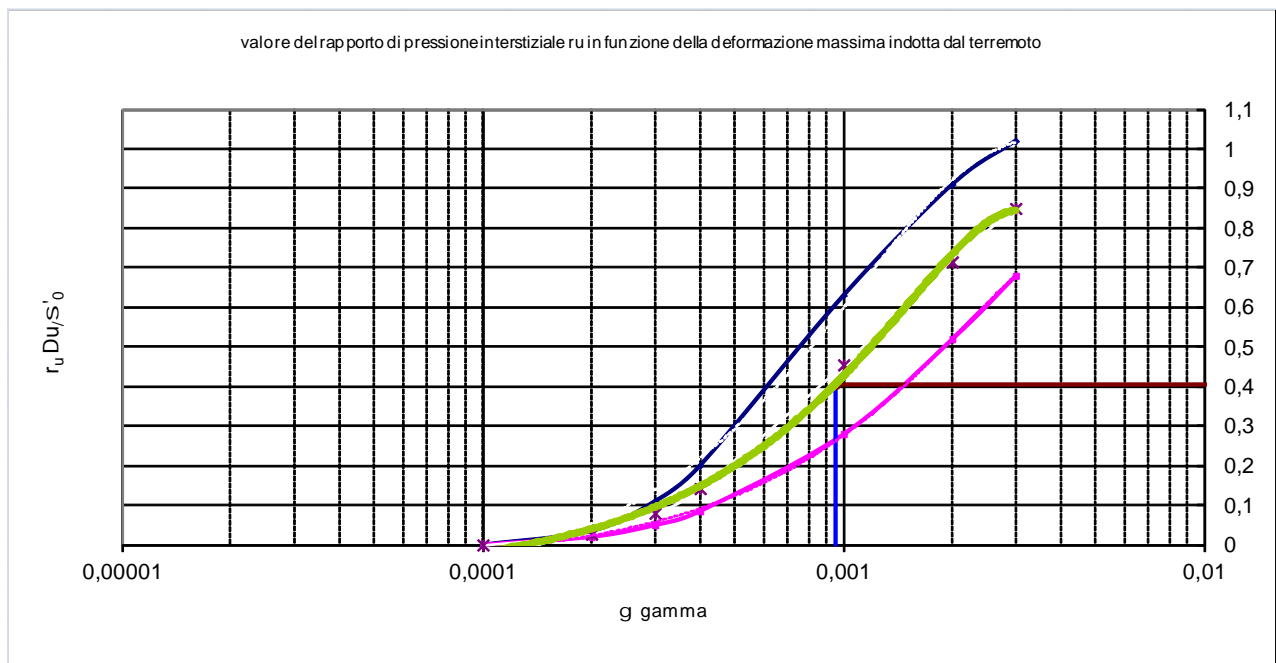
Il modulo di taglio alle basse deformazioni G_0 si ottiene con le correlazione da R_p e indice dei vuoti proposta da Mayne e Rix (1993). I valori ricavati sono molto prossimi a quelli misurati con la prova SCPTU. L'indice dei vuoti e_0 è stato estrapolato attraverso edometrie di prove bibliografiche eseguite sulla medesima unità geologica a Cento.

In FIGURA 3.12 si ricava il valore finale del rapporto di pressione interstiziale r_u per i due strati analizzati.



Profondità metà strato (m):	4,75	m
carico litostatico efficace s'_0	48,6	kPa
profondità falda da p.c. (m)	0,6	m
carico litostatico totale s_0	90,1	kPa

	arif a/g	S	sigma vo kPa	Go kPa	G/Go	G kPa	rd	gamma max %	$r_{u\text{ medio}}$ Du/s'_0	$r_{u\text{ minimo}}$ Du/s'_0	$r_{u\text{ massimo}}$ Du/s'_0
Strato1	0,157	1,5	90,1	29104,42	0,44675	13002	0,9636625	0,0010222	0,436	0,282	0,577



Profondità metà strato (m):	10,5	m
carico litostatico efficace s'_0	101,1	kPa
profondità falda da p.c. (m)	0,5	m
carico litostatico totale s_0	201,1	kPa

	arif a/g	S	sigma vo kPa	Go kPa	G/Go	G kPa	rd	gamma max %	$r_{u\text{ medio}}$ Du/s'_0	$r_{u\text{ minimo}}$ Du/s'_0	$r_{u\text{ massimo}}$ Du/s'_0
Strato 2	0,154	1,5	201,1	64458,52	0,4535	29232	0,919675	0,0009500	0,406	0,262	0,547

FIGURA 3.12 – Valori di r_u per i 2 strati

Come si può notare, il rapporto di pressione interstiziale medio per i due strati è superiore a 0,3:

$$r_u = \Delta u / \sigma'_{v0} = 0,57 / 0,54 > 0,30$$

pertanto, in base alle condizioni descritte dall'Atto di indirizzo n°112/2007, occorre procedere al calcolo del cedimento post sismico in questi 2 strati di terreno coesivo.

Per il calcolo del cedimento post-sismico si ricorre all'equazione 3.4:

$$\Delta H = H \cdot \frac{\alpha \cdot Cr}{1 + e_0} \cdot \log \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right) \quad \text{eq. 3.4}$$

Sostituendo con i seguenti valori:

Strato 1

H = 7,50 m

$\alpha = 1,25$ (valore compreso tra 1 e 1,5)

$e_0 = 0,95$

$(\Delta u / \sigma'_0) = 0,436$ (FIGURA 3.12)

Strato 2

H = 4,50 m

$\alpha = 1,25$ (valore compreso tra 1 e 1,5)

$e_0 = 0,95$

$(\Delta u / \sigma'_0) = 0,406$ (FIGURA 3.12)

Sulla base di dati bibliografici si ricava il coefficiente di compressibilità del terreno Cc, da cui poi si ricava il Cr:

Cc=0,15

Cr = 0,225 x 0,15 = 0,033 (FIGURA 3.13)

Sostituendo, si ricava che il cedimento totale della curva media, dato dalla somma dei due strati è:

$$\text{DH} = 3,94 + 2,15 = 6,09 \text{ cm}$$

CEDIMENTO POST-SISMICO IN TERRENI COESIVI SOFFICI CON Cu<70kPa e IP>30%			
$\Delta H = H \cdot \frac{\alpha \cdot Cr}{1 + e_0} \cdot \log \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right)$	Spessore strato H = 750 cm		
	Cc= 0,15	Cr= 0,0330	
		e ₀ = 0,95	
Calcolo del cedimento post-sismico nei terreni coesivi soffici			
	minimo	DH= 2,28 cm	rapporto r _u = 0,282
	medio	DH= 3,94 cm	rapporto r _u = 0,436
	massimo	DH= 5,91 cm	rapporto r _u = 0,577
Strato 1			
CEDIMENTO POST-SISMICO IN TERRENI COESIVI SOFFICI CON Cu<70kPa e IP>30%			
$\Delta H = H \cdot \frac{\alpha \cdot Cr}{1 + e_0} \cdot \log \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right)$	Spessore strato H = 450 cm		
	Cc= 0,15	Cr= 0,0330	
		e ₀ = 0,95	
Calcolo del cedimento post-sismico nei terreni coesivi soffici			
	minimo	DH= 1,25 cm	rapporto r _u = 0,262
	medio	DH= 2,15 cm	rapporto r _u = 0,406
	massimo	DH= 3,27 cm	rapporto r _u = 0,547
Strato 2			

FIGURA 3.13 – Valore di cedimento nei terreni coesivi soffici per i due strati analizzati

Durante gli eventi sismici del maggio 2012 non si sono apprezzati cedimenti post-sismici nei terreni coesivi soffici, diffusi in tutta la pianura ferrarese e modenese . O tali cedimenti interessano formazioni così estese ed omogeneamente distribuite (essendo legate a meccanismi deposizionali di piana alluvionale estesa) che non si apprezzando cedimenti differenziali, o tali cedimenti non ci sono proprio stati, o sono stati compensati dagli innalzamenti del terreno dovuti al sovrascorrimento che è avanzato sul trust in cui si è avuto l'ipocentro.

4. MODELLAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI

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

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

Sono dunque state considerate le due prove penetrometriche statiche con punta elettrica e sismocono SCPTU1 con *rif.U16-14*, spinte rispettivamente fino alla profondità di -30,00 m e -15,00 m da p.c..

In FIGURA 4.1 viene riportata una planimetria catastale con l'ubicazione delle prove.



FIGURA 4.1 – Planimetria generale e ubicazione prova

Negli Allegati sono inserite, per le CPT eseguite, le seguenti schede: a) diagrammi di resistenza, b) valutazioni litologiche, c) tabelle parametri geotecnici.

4.1. ACQUISIZIONE DATI CON PROVA PENETROMETRICA STATICA

L'esecuzione della prova penetrometrica è avvenuta con un Penetrometro Statico con punta elettrica con piezocono.

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

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

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

Per i terreni di natura coesiva vengono riportati, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro qc (Mpa), la resistenza laterale Fs (MPa), il peso di volume γ' (kN/m³), la coesione non drenata Cu (kPa), il grado di sovraconsolidazione OCR, dei moduli di deformazione non drenati Eu50 (MPa) corrispondenti rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50 e 25 %, del modulo di deformazione edometrico Mo (Mpa).

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

Nella Tabella 4.1 si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con le due prove penetrometriche statiche con punta elettrica e sismocono SCPTU1 e CPTU2.

Dott. Geol. Thomas Veronese

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Identificativo		U16-14		Emissione		feb-14		Pagina		1 di 2		PARAMETRI GEOTECNICI															
-Committente				CMV SERVIZI S.R.L.				-Prova n°				CPTU1		-Cantiere				VIA Canne Cento (FE)				-Data prova				20/02/2014	
-Quota p.c.				11,60 m s.l.m.				-Prof. preforo				0,00 m		-Livello di falda				0,80 m da p.c.				-Prof. finale				30,00 m	
DA		A		qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	Mo	Eu50	CR	Dr	F' DM	F'Schm.				E'25	Mo					
m		m		MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m3	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)				MPa	MPa					
0,0	0,5	0,66	0,02	0,00	AL	18,15		40	20	-	2,92	6,664	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
0,5	1,4	1,41	0,03	0,03	LS	20,00		70	19	10	4,34	11,98	0,06	33	32	33	35	38	41	4,20	6,72						
1,4	8,0	0,77	0,04	0,24	A	17,50		40	8	4	3,19	10,64	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-						
8,0	11,0	1,19	0,08	0,27	A	17,50		60	5	5	4,36	20,8	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-						
11,0	15,5	1,82	0,08	0,48	AL	20,00		90	5	5	5,64	28,01	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-						
15,5	21,6	2,26	0,11	0,40	A	17,50		112	5	6	6,72	40,33	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-						
21,6	30,0	1,75	0,10	0,43	A	17,50		79	2	4	5,56	40,64	0,29	-	-	-	-	-	-	-	-						

Dott. Geol. Thomas Veronese

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Identificativo	U16-14																
Emissione	feb-14																
Pagina	1 di 1		PARAMETRI GEOTECNICI														
-Committente	CMV SERVIZI S.R.L.											-Prova n°	CPTU1				
-Cantiere	VIA Canne Cento (FE)											-Data prova	20/02/2014				
-Quota p.c.	11,60 m s.l.m.											-Prof. preforo	0,00 m				
-Livello di falda	0,80 m da p.c.											-Prof. finale	15,00 m				
		MATERIALI COESIVI						MATERIALI GRANULARI									
DA	A	qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M ₀	Eu60	CR	Dr	FI _{DM}	FI _{Schm.}	E ₂₅	M ₀
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kNm ³	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)	MPa	MPa
0,0	1,0	0,83	0,04	0,03	AL	20,00	49	20	7	3,59	8,333	0,07	-	-	-	-	-
1,0	8,5	0,52	0,03	0,17	A	17,50	26	6	4	1,74	5,503	0,10	-	-	-	-	-
8,5	12,7	1,35	0,07	0,31	A	17,50	68	6	5	4,63	20,03	0,14	-	-	-	-	-
12,7	15,0	2,08	0,08	0,71	AL	20,00	107	8	4	6,28	26,25	0,12	-	-	-	-	-

Tabella 4.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

Nell'area è stata rilevata la quota della superficie di falda all'interno del foro di esecuzione delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e sismocono SCPTU1 e CPTU2 con rif. U16-14. Tale quota è stata rilevata in data 20/02/2014 alla profondità di -0,80 m dal p.c. per la SCPTU1 e alla profondità di -0,60 m dal p.c. per la CPTU2.

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

5. CONCLUSIONI

- Per la mitigazione del rischio sismico dell'area in via Canne a Cento (Fe), è stata eseguita una campagna di indagine consistente in:

una prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU1, spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c., con rif. U 16-14,

una prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU2, spinta fino alla profondità di -15,00 m da p.c., con rif. U 16-14,

- Dal punto di vista geomorfologico l'assetto del territorio su cui si interviene risulta determinato essenzialmente da una dinamica di tipo fluviale che ha generato nel corso del tempo e mediante il susseguirsi di eventi, il deposito e l'accumulo di sedimenti a bassa energia idrodinamica (sedimenti alluvionali distali).

L'area non presenta criticità idrauliche; non è stata soggetta ad allagamenti persistenti in seguito a precipitazioni intense. Le frequenti precipitazioni di questo periodo alterano in modo significativo i livelli di falda rendendoli sempre più prossimi ai piani campagna, imbibendo i terreni superficiali.

L'area è attraversata da una serie di canalizzazioni secondarie, costituite da canalini interpoderali o interaziendali, che regolano lo scolo e l'irrigazione dell'area. L'area in esame è situata a nord-est rispetto all'abitato di Corpo Reno, il deflusso delle acque meteoriche che precipita su queste campagne è a carico della rete scolante costituita da piccole scoline o impluvi che convogliano le acque verso la Condotta Generale poco più ad est rispetto al sito.

Nell'area è stata rilevata la quota della superficie di falda all'interno del foro di esecuzione delle prove penetrometriche statiche con punta elettrica e sismocono SCPTU1 e CPTU2 con rif. U16-14. Tale quota è stata rilevata in data 20/02/2014 alla profondità di -0,80 m dal p.c. per la SCPTU1 e alla profondità di -0,60 m dal p.c. per la CPTU2.

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

- L'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica" fornisce i valori di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}) per ogni comune della regione Emilia Romagna, per il comune di Cento vengono previste accelerazioni massime al bedrock sismico di 0.157g.

- Il valore di V_{s30} misurato è di 182m/sec per cui il sito è soggetto ad amplificazione sismica. Tale amplificazione è fornita dall'Atto di Indirizzo 112/2007 della R.E.R. ed altresì, è calcolabile con i procedimenti dettati dal D.M. 14/01/2008.

Secondo l'Atto di Indirizzo regionale in ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti (PIANURA 2), come nel caso in esame, per suoli caratterizzati da valori di V_{s30} fino a 300 m/s si dovrà adottare un fattore di amplificazione sismica $F.A.=1,50$ per cui l'accelerazione diventerà $P.G.A.=0,235g$.

- Secondo il vigente D.M. 14/01/2008 l'accelerazione sitospecifica è stata calcolata in 0,154g, l'amplificazione sismica S_s è stata invece calcolata in 1,46, per cui $P.G.A. = 0,224g$.

- La magnitudo massima attesa nei tempi di ritorno adottati è di 6,14 Mw, dato che l'area allo studio ricade all'interno della zona sismogenetica 912. Gli eventi sismici del maggio 2012 hanno dato valori di 5,9.

- Per la verifica della liquefazione delle sabbie è stato utilizzato un software di calcolo C-Liq che analizzando ogni strato da 20 cm individuato dalla prova penetrometrica con punta elettrica e sismocono SCPTU1, ne verifica la potenzialità di liquefazione.

Dai calcoli emerge che nell'area di studio il fenomeno della liquefazione non è un effetto di sito atteso. Dall'elaborazione dell'indagine è emerso che il sito esaminato mostra un basso indice del potenziale di liquefazione ($IPL=0,88$).

Dalle elaborazioni informatiche, si è inoltre ricavato che con una Magnitudo di 6.14, si determinano cedimenti post sismici nei terreni granulari saturi pari a 2,12 cm.

- Il cedimento post-sismico in terreni coesivi soffici risulta pari a 6,09cm ricavato dall'analisi di 2 strati di terreni immersi in falda presenti da -1,00 m da p.c. fino a 12,50 m da p.c.. Nello specifico uno strato di sedimenti prevalentemente coesivi poco consistenti con un valore di R_p medio pari a 5,2 kg/cm², presente tra -1,00m da p.c. e -8,50 m da p.c. (Strato1) e uno strato di sedimenti prevalentemente coesivi moderatamente consistenti con un valore di R_p medio pari a 13,5 kg/cm², presente tra -8,50 m da p.c. e -12,50 m da p.c. (Strato2).

Codigoro, li 03/02/2014

Dott. Geol. Thomas Veronese



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

RIF. PROVA:

U16-14

COMMITTENTE: CMV SERVIZI S.R.L.

CANTIERE: VIA Canne Cento (FE)

DATA: 20/02/2014



SCPTU1



CPTU2

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA LETTURE DI CAMPAGNA																				RIF. PROVA:		CPTU n°:		
COMMITTENTE: CMV SERVIZI S.R.L. CANTIERE: VIA Canne Cento (FE) DATA: 20/02/2014										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 0,80 PREFORO (m da p.c.): 0,00										U16-14		CPTU1		
Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °
0,02	0,32	7,85	163,39	0,02	1,82	0,85	46,10	154,51	0,12	3,62	1,13	50,82	334,33	0,42	5,42	0,67	26,60	368,74	0,53	7,22	0,69	51,60	295,48	0,81
0,04	0,40	8,51	143,41	0,20	1,84	0,91	48,43	161,16	0,13	3,64	1,06	48,60	267,73	0,45	5,44	0,69	25,82	380,95	0,54	7,24	0,70	51,49	296,59	0,80
0,06	0,48	9,17	123,43	0,24	1,86	1,02	46,43	170,05	0,15	3,66	0,96	49,60	227,76	0,45	5,46	0,81	24,93	386,50	0,56	7,26	0,72	51,49	301,03	0,80
0,08	0,47	11,83	103,45	0,11	1,88	1,05	42,99	174,49	0,13	3,68	0,84	52,38	201,13	0,45	5,48	0,77	24,82	370,95	0,57	7,28	0,68	51,27	308,80	0,82
0,10	0,43	13,51	81,25	0,02	1,90	1,08	39,21	173,38	0,15	3,70	0,76	55,04	217,78	0,45	5,50	0,69	25,38	369,85	0,56	7,30	0,69	51,05	314,35	0,81
0,12	0,43	16,51	76,81	0,16	1,92	1,02	37,32	171,15	0,16	3,72	0,73	56,71	238,86	0,46	5,52	0,72	24,60	374,29	0,57	7,32	0,68	51,04	314,35	0,80
0,14	0,38	19,07	73,48	0,27	1,94	0,99	35,85	136,75	0,17	3,74	0,74	56,15	251,08	0,45	5,54	0,74	25,27	375,40	0,57	7,34	0,68	51,27	312,13	0,82
0,16	0,41	19,51	73,48	0,11	1,96	0,94	40,18	124,54	0,17	3,76	0,76	53,59	249,96	0,46	5,56	0,77	26,60	380,95	0,58	7,36	0,68	50,60	312,13	0,81
0,18	0,47	19,62	74,59	0,01	1,98	0,88	45,29	126,75	0,17	3,78	0,76	52,04	251,08	0,45	5,58	0,77	27,60	387,61	0,58	7,38	0,68	50,27	311,02	0,80
0,20	0,45	19,95	75,70	0,10	2,00	0,83	46,96	128,98	0,20	3,80	0,72	49,15	251,08	0,45	5,60	0,75	27,04	385,39	0,59	7,40	0,67	49,49	311,02	0,83
0,22	0,43	21,18	72,36	0,13	2,02	0,76	48,07	127,86	0,20	3,82	0,69	42,59	248,85	0,45	5,62	0,80	26,04	392,05	0,58	7,42	0,65	49,16	312,13	0,84
0,24	0,48	21,95	69,04	0,08	2,04	0,88	45,17	141,19	0,20	3,84	0,66	40,81	248,85	0,43	5,64	0,87	25,71	406,48	0,57	7,44	0,66	48,26	314,35	0,82
0,26	0,53	23,06	66,82	0,09	2,06	0,94	60,39	140,08	0,20	3,86	0,62	42,48	252,19	0,43	5,66	0,78	26,04	382,05	0,59	7,46	0,66	48,15	316,56	0,84
0,28	0,57	22,84	65,71	0,11	2,08	0,93	56,50	156,73	0,20	3,88	0,60	44,26	254,41	0,43	5,68	0,85	26,04	395,38	0,60	7,48	0,66	48,26	316,56	0,83
0,30	0,67	25,17	69,04	0,15	2,10	0,97	50,28	160,05	0,20	3,90	0,58	45,70	253,30	0,42	5,70	0,85	24,93	402,04	0,60	7,50	0,67	48,71	317,68	0,83
0,32	0,86	27,40	71,25	0,05	2,12	0,95	46,94	166,72	0,20	3,92	0,58	46,82	256,63	0,42	5,72	0,87	24,60	387,61	0,59	7,52	0,67	49,04	316,56	0,84
0,34	1,05	26,29	73,48	0,07	2,14	0,94	44,39	172,26	0,21	3,94	0,58	46,26	258,85	0,42	5,74	0,81	25,15	393,15	0,62	7,54	0,69	49,04	316,56	0,85
0,36	1,09	27,95	70,15	0,08	2,16	0,95	42,94	171,15	0,21	3,96	0,59	45,26	264,40	0,41	5,76	0,84	25,49	400,93	0,60	7,56	0,67	49,15	315,45	0,84
0,38	1,04	30,84	46,84	0,06	2,18	0,93	43,94	171,15	0,21	3,98	0,55	44,70	267,73	0,42	5,78	0,89	25,82	395,38	0,62	7,58	0,67	49,71	316,56	0,85
0,40	0,99	34,84	41,29	0,05	2,20	0,90	45,17	173,38	0,24	4,00	0,57	43,15	274,39	0,42	5,80	0,86	26,93	398,71	0,63	7,60	0,67	49,82	315,45	0,85
0,42	1,04	39,61	40,18	0,04	2,22	0,89	46,61	177,82	0,23	4,02	0,59	42,26	274,39	0,42	5,82	0,89	29,49	412,03	0,63	7,62	0,67	49,82	316,56	0,85
0,44	1,05	43,39	39,06	0,03	2,24	0,90	49,50	186,70	0,23	4,04	0,58	41,81	276,61	0,34	5,84	0,89	29,49	398,71	0,64	7,64	0,67	49,93	315,45	0,85
0,46	1,05	45,72	37,95	0,04	2,26	0,89	50,61	193,35	0,24	4,06	0,63	42,44	312,13	0,40	5,86	0,86	31,26	398,71	0,64	7,66	0,66	44,48	313,24	0,85
0,48	0,99	46,05	36,85	0,04	2,28	0,92	49,28	208,90	0,24	4,08	0,68	40,77	323,23	0,42	5,88	0,86	31,71	404,25	0,63	7,68	0,65	44,15	292,15	0,89
0,50	0,98	46,16	34,63	0,02	2,30	0,93	45,94	210,01	0,24	4,10	0,65	38,77	322,12	0,41	5,90	0,86	33,38	418,69	0,66	7,70	0,66	43,15	292,15	0,88
0,52	1,02	47,38	34,63	0,04	2,32	0,95	40,83	188,92	0,24	4,12	0,70	36,21	319,90	0,42	5,92	0,89	32,82	425,35	0,66	7,72	0,66	42,59	294,36	0,86
0,54	1,19	50,27	40,18	0,03	2,34	0,97	45,72	184,83	0,24	4,14	0,76	34,55	319,90	0,42	5,94	0,90	32,26	428,68	0,66	7,74	0,67	41,15	294,36	0,85
0,56	1,40	47,38	55,72	0,03	2,36	1,04	55,47	180,04	0,27	4,16	0,76	32,77	312,13	0,40	5,96	0,83	30,15	422,02	0,64	7,76	0,68	40,15	297,70	0,85
0,58	1,46	45,93	60,15	0,02	2,38	1,06	53,69	187,81	0,27	4,18	0,72	31,44	295,48	0,40	5,98	0,85	33,26	398,71	0,66	7,78	0,67	39,48	296,59	0,88
0,60	1,55	46,38	53,50	0,03	2,40	1,06	53,69	191,14	0,26	4,20	0,70	29,66	298,81	0,38	6,00	0,74	33,71	374,29	0,60	7,80	0,68	39,26	296,59	0,88
0,62	1,58	50,37	45,73	0,03	2,42	1,05	55,58	192,25	0,25	4,22	0,70	27,65	301,03	0,38	6,02	0,73	36,60	360,96	0,67	7,82	0,68	39,37	296,59	0,85
0,64	1,67	55,26	42,40	0,03	2,44	1,10	60,58	203,35	0,26	4,24	0,65	28,65	301,03	0,38	6,04	0,72	35,94	356,53	0,67	7,84	0,72	39,37	296,59	0,85
0,66	1,67	56,92	41,29	0,06	2,46	1,15	64,36	220,00	0,24	4,26	0,68	28,54	305,46	0,38	6,06	0,67	35,05	345,43	0,67	7,86	0,74	39,26	298,81	0,84
0,68	1,55	59,81	37,95	0,05	2,48	1,16	63,47	231,10	0,26	4,28	0,68	28,65	307,69	0,37	6,08	0,68	33,27	345,43	0,67	7,88	0,77	39,26	303,25	0,85
0,70	1,32	64,36	34,63	0,03	2,50	1,17	60,13	210,01	0,26	4,30	0,65	28,65	307,69	0,38	6,10	0,67	32,16	342,10	0,67	7,90	0,79	39,59	304,35	0,85
0,72	1,13	67,47	32,41	0,04	2,52	1,12	59,46	200,02	0,26	4,32	0,69	37,42	317,68	0,38	6,12	0,62	31,05	335,44	0,67	7,92	0,79	40,71	304,35	0,85
0,74	0,96	70,91	30,19	0,04	2,54	1,08	59,91	188,92	0,28	4,34	0,68	38,98	321,01	0,38	6,14	0,63	29,60	335,44	0,68	7,94	0,79	42,37	303,25	0,88
0,76	0,81	71,25	29,08	0,05	2,56	1,03	59,13	191,14	0,27	4,36	0,69	40,09	323,23	0,38	6,16	0,67	28,60	337,65	0,69	7,96	0,80	43,70	303,25	0,88
0,78	0,71	70,47	32,41	0,04	2,58	0,99	60,01	178,93	0,28	4,38	0,69	38,98	325,45	0,38	6,18	0,68	28,49	338,76	0,68	7,98	0,83	44,59	305,46	0,88
0,80	0,78	66,02	43,51	0,04	2,60	0,97	61,90	172,26	0,28	4,40	0,70	38,87	331,00	0,38	6,20	0,67	30,71	339,88	0,68	8,00	0,84	46,37	305,46	0,89
0,82	1,04	54,68	52,39	0,06	2,62	0,93	66,90	177,82	0,28	4,42	0,71	37,76	332,11	0,37	6,22	0,67	33,71	340,99	0,68	8,02	0,90	61,50	296,59	0,89
0,84	1,26	46,35	51,28	0,05	2,64	0,96	69,01	193,35	0,27	4,44	0,75	36,65	333,22	0,37	6,24	0,67	35,38	339,88	0,68	8,04	0,97	63,94	304,35	0,88
0,86	1,37	40,57	51,28	0,06	2,66	0,99	66,79	201,13	0,28	4,46	0,76	35,42	335,44	0,37	6,26	0,66	36,60	328,78	0,68	8,06	0,98	65,17	308,80	0,88
0,88	1,43	33,67	50,16	0,05	2,68	1,03	64,46	204,45	0,29	4,48	0,74	34,65	334,33	0,38	6,28	0,66	37,05	318,79	0,60	8,08	1,01	64,17	309,91	0,90
0,90	1,47	26,78	50,16	0,04	2,70	1,08	63,13	218,89	0,27	4,50	0,74	34,98	334,33	0,37	6,30	0,58	35,72	303,25	0,71	8,10	0,99	64,83	312,13	0,90
0,92	1,54	21,12	50,16	0,05	2,72	1,10	63,01	216,66	0,27	4,52	0,79	34,76	340,99	0,37	6,32	0,58	35,83	303,25	0,71	8,12	0,99	65,94	314,35	0,89
0,94	1,53	15,01	50,16	0,07	2,74	1,10	59,90	212,23	0,27	4,54	0,77	34,75	342,10	0,36	6,34	0,57	36,39	303,25	0,68	8,14	0,97	67,61	314,35	0,88
0,96	1,66	13,90	50,16	0,06	2,76	1,03	56,90	194,46	0,27	4,56	0,76	34,64	338,76	0,37	6,36	0,57	36,94	311,02	0,69	8,16	0,94	68,39	314,35	0,88
0,98	1,68	14,57	47,95	0,07	2,78	0,94	56,45	174,49	0,28</															

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA															RIF. PROVA:		CPTU n°:							
LETTURE DI CAMPAGNA															U16-14		CPTU1							
COMMITTENTE: CMV SERVIZI S.R.L.										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00														
CANTIERE: VIA Canne Cento (FE)										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 0,80														
DATA: 20/02/2014										PREFORO (m da p.c.): 0,00														
Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °
9,02	1,21	79,23	384,28	1,25	10,82	0,85	31,01	402,04	1,34	12,62	1,19	52,59	459,75	1,40	14,42	2,06	76,67	627,36	1,50	16,22	2,03	117,24	516,36	1,58
9,04	1,17	78,35	372,06	1,22	10,84	0,86	28,01	403,15	1,36	12,64	1,48	32,70	438,66	1,40	14,44	2,02	79,11	627,36	1,51	16,24	1,97	117,57	515,25	1,58
9,06	1,15	79,57	362,08	1,24	10,86	0,88	27,57	402,04	1,33	12,66	1,43	38,92	405,36	1,42	14,46	2,08	80,67	634,03	1,50	16,26	1,96	118,01	513,04	1,60
9,08	1,17	79,79	355,42	1,20	10,88	0,90	25,79	404,25	1,34	12,68	1,36	38,70	403,15	1,42	14,48	2,13	83,67	656,23	1,50	16,28	1,99	120,34	508,60	1,60
9,10	1,18	82,23	350,98	1,21	10,90	0,92	24,01	412,03	1,34	12,70	1,24	39,59	402,04	1,42	14,50	2,19	84,78	681,75	1,50	16,30	1,99	123,90	509,71	1,60
9,12	1,20	84,79	347,65	1,20	10,92	0,95	22,01	417,58	1,36	12,72	1,16	38,15	404,25	1,41	14,52	2,20	85,33	681,75	1,51	16,32	2,00	124,00	510,82	1,60
9,14	1,23	88,67	346,54	1,19	10,94	1,06	20,79	434,23	1,36	12,74	1,14	38,15	418,69	1,42	14,54	2,24	82,77	680,65	1,49	16,34	2,01	121,22	517,48	1,60
9,16	1,23	90,34	350,98	1,17	10,96	1,14	20,90	450,88	1,36	12,76	1,16	36,15	436,45	1,42	14,56	2,26	83,55	676,21	1,49	16,36	2,03	116,33	516,36	1,59
9,18	1,23	90,45	359,85	1,17	10,98	1,31	21,57	495,28	1,36	12,78	1,24	34,37	475,30	1,42	14,58	2,14	84,77	657,34	1,50	16,38	2,06	111,22	496,39	1,60
9,20	1,22	91,00	365,41	1,16	11,00	1,61	20,90	535,24	1,40	12,80	1,32	30,70	498,61	1,42	14,60	2,05	83,22	642,91	1,51	16,40	2,08	107,66	481,95	1,63
9,22	1,23	90,78	363,19	1,17	11,02	1,91	22,12	546,34	1,37	12,82	1,40	29,48	489,73	1,42	14,62	1,96	83,56	634,03	1,51	16,42	2,02	109,76	476,41	1,62
9,24	1,19	92,00	357,64	1,17	11,04	2,09	29,01	556,33	1,37	12,84	1,42	30,04	486,40	1,43	14,64	1,95	83,00	632,92	1,50	16,44	1,95	113,87	479,74	1,62
9,26	1,17	92,33	356,53	1,18	11,06	2,23	35,90	575,20	1,38	12,86	1,32	30,15	479,74	1,42	14,66	1,90	86,67	632,92	1,51	16,46	1,94	114,32	484,18	1,62
9,28	1,13	89,99	357,64	1,18	11,08	2,36	47,35	606,28	1,37	12,88	1,27	28,48	471,96	1,42	14,68	1,85	88,55	632,92	1,51	16,48	1,98	111,65	489,73	1,62
9,30	1,11	87,11	357,64	1,18	11,10	2,42	63,57	707,29	1,37	12,90	1,24	29,59	505,26	1,43	14,70	1,89	87,99	650,68	1,51	16,50	2,02	108,31	496,39	1,63
9,32	1,14	85,33	374,29	1,17	11,12	2,47	78,23	736,15	1,36	12,92	1,30	29,04	536,35	1,41	14,72	2,03	87,21	672,88	1,51	16,52	2,06	107,53	500,83	1,62
9,34	1,20	84,22	378,73	1,16	11,14	2,60	92,68	716,16	1,37	12,94	1,45	30,26	577,42	1,44	14,74	2,17	85,98	685,09	1,51	16,54	2,06	109,31	504,15	1,64
9,36	1,22	83,77	380,95	1,16	11,16	2,76	108,68	763,90	1,36	12,96	1,63	29,26	617,38	1,42	14,76	2,23	84,32	688,42	1,51	16,56	2,02	111,19	503,05	1,63
9,38	1,23	82,44	380,95	1,17	11,18	2,84	126,68	820,51	1,37	12,98	1,90	28,49	656,23	1,43	14,78	2,25	81,65	681,75	1,50	16,58	2,07	107,53	496,39	1,64
9,40	1,24	81,21	376,51	1,17	11,20	2,88	136,79	696,19	1,36	13,00	2,20	33,15	708,40	1,43	14,80	2,16	83,21	680,65	1,51	16,60	2,12	103,08	477,52	1,65
9,42	1,24	80,99	372,06	1,17	11,22	2,85	139,68	544,12	1,38	13,02	2,54	32,15	756,13	1,43	14,82	2,08	83,43	689,53	1,50	16,62	2,23	98,86	474,19	1,66
9,44	1,26	81,66	358,75	1,17	11,24	2,68	143,68	504,15	1,37	13,04	2,80	44,40	707,29	1,43	14,84	2,00	82,43	669,55	1,51	16,64	2,23	104,63	464,20	1,66
9,46	1,25	82,99	344,32	1,17	11,26	2,55	152,02	432,01	1,36	13,06	2,85	61,62	707,29	1,44	14,86	1,82	87,21	647,35	1,50	16,66	2,19	111,41	459,75	1,67
9,48	1,25	86,54	317,68	1,16	11,28	2,32	162,68	395,38	1,36	13,08	2,82	75,07	691,75	1,44	14,88	1,63	86,76	611,83	1,51	16,68	2,16	115,40	464,20	1,69
9,50	1,20	92,32	292,15	1,16	11,30	2,14	164,90	368,74	1,36	13,10	2,71	87,85	637,35	1,43	14,90	1,46	87,09	575,20	1,51	16,70	2,18	113,74	465,31	1,68
9,52	1,19	96,43	284,38	1,15	11,32	1,99	163,24	354,31	1,38	13,12	2,57	101,51	620,71	1,45	14,92	1,26	92,98	547,45	1,54	16,72	2,19	114,96	457,54	1,68
9,54	1,14	100,54	287,71	1,15	11,34	1,91	162,12	388,72	1,36	13,14	2,43	114,29	606,28	1,44	14,94	1,08	96,43	519,70	1,53	16,74	2,15	119,85	461,98	1,71
9,56	1,10	102,87	288,82	1,14	11,36	1,91	157,79	420,91	1,37	13,16	2,29	123,95	602,95	1,44	14,96	0,98	93,64	514,15	1,51	16,76	2,12	122,73	481,95	1,71
9,58	1,06	102,21	299,92	1,14	11,38	1,91	150,12	455,32	1,37	13,18	2,44	129,07	625,15	1,46	14,98	0,95	83,97	516,36	1,54	16,78	2,13	123,95	491,95	1,70
9,60	1,05	99,54	306,58	1,14	11,40	1,92	143,12	499,72	1,38	13,20	2,60	125,62	669,55	1,45	15,00	0,96	74,41	515,25	1,54	16,80	2,16	120,51	493,05	1,70
9,62	1,06	95,43	309,91	1,14	11,42	1,97	135,90	504,15	1,38	13,22	2,64	123,06	700,63	1,46	15,02	0,95	64,64	513,04	1,55	16,82	2,22	114,17	494,16	1,71
9,64	1,00	88,98	306,58	1,11	11,44	1,99	132,23	495,28	1,40	13,24	2,78	111,50	706,18	1,45	15,04	1,11	75,79	527,46	1,54	16,84	2,28	112,62	480,85	1,72
9,66	0,96	80,77	293,25	1,14	11,46	2,03	126,22	487,51	1,38	13,26	2,73	113,83	698,41	1,46	15,06	1,11	73,02	523,03	1,53	16,86	2,35	110,62	469,75	1,72
9,68	1,05	92,11	293,25	1,12	11,48	2,06	123,67	484,18	1,38	13,28	2,68	108,71	692,85	1,45	15,08	1,04	69,02	514,15	1,51	16,88	2,34	112,84	465,31	1,71
9,70	1,03	92,33	297,70	1,12	11,50	2,15	120,66	485,29	1,38	13,30	2,61	101,49	686,20	1,46	15,10	1,01	68,68	506,38	1,51	16,90	2,35	113,62	465,31	1,72
9,72	1,03	93,55	297,70	1,12	11,52	2,17	119,89	495,28	1,37	13,32	2,48	96,04	677,32	1,45	15,12	0,96	68,91	503,05	1,53	16,92	2,29	119,17	461,98	1,72
9,74	1,02	90,44	304,35	1,12	11,54	2,03	121,66	504,15	1,37	13,34	2,31	92,70	665,11	1,46	15,14	0,96	68,24	500,83	1,51	16,94	2,30	119,28	473,08	1,75
9,76	1,07	88,55	311,02	1,14	11,56	1,96	123,99	499,72	1,36	13,36	2,21	87,70	661,78	1,46	15,16	0,95	67,80	499,72	1,53	16,96	2,34	117,94	460,86	1,75
9,78	1,12	86,00	319,90	1,14	11,58	1,85	122,87	485,29	1,36	13,38	2,24	83,47	678,43	1,44	15,18	0,95	68,13	498,61	1,51	16,98	2,28	120,83	456,43	1,76
9,80	1,12	83,73	323,23	1,14	11,60	1,70	109,87	458,65	1,36	13,40	2,25	87,83	696,19	1,46	15,20	0,97	67,58	499,72	1,51	17,00	2,25	121,72	458,65	1,76
9,82	1,13	83,11	325,45	1,14	11,62	1,65	104,64	447,55	1,36	13,42	2,23	70,91	697,30	1,45	15,22	0,97	65,91	506,38	1,53	17,02	2,22	124,17	458,65	1,76
9,84	1,19	82,33	328,78	1,14	11,64	1,28	91,63	470,85	1,40	13,44	2,25	65,69	698,41	1,47	15,24	1,02	64,02	513,04	1,53	17,04	2,14	128,22	468,64	1,72
9,86	1,08	70,89	314,35	1,15	11,66	1,66	110,96	490,84	1,40	13,46	2,25	67,80	703,95	1,45	15,26	1,07	61,69	520,81	1,54	17,06	2,23	129,67	471,96	1,72
9,88	1,15	76,00	305,46	1,16	11,68	1,59	105,63	479,74	1,37	13,48	2,19	62,02	690,64	1,44	15,28	1,11	59,91	527,46	1,54	17,08	2,25	125,34	473,08	1,72
9,90	1,15	74,55	304,35	1,16	11,70	1,47	96,63	466,42	1,38	13,50	2,06	60,24	676,21	1,44	15,30	1,21	58,02	544,12	1,57	17,10	2,30	123,44	478,63	1,72
9,92	1,23	75,99	308,80	1,16	11,72	1,41	84,85	458,65	1,40	13,52	1,92	65,79	667,33	1,45	15,32	1,32	56,58	562,99	1,57	17,12	2,35	120,33	484,18	1,72
9,94	1,26	77,33	304,35	1,16	11,74	1,36	74,19	476,41	1,38	13,54	1,88	69,57	665,11	1,45	15,34	1,42	56,13	576,31	1,55	17,14	2			

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA																	RIF. PROVA:		CPTU n°:					
LETTURE DI CAMPAGNA																	U16-14		CPTU1					
COMMITTENTE: CMV SERVIZI S.R.L.										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00					PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 0,80									
CANTIERE: VIA Canne Cento (FE)															PREFORO (m da p.c.): 0,00									
DATA: 20/02/2014																								
Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.
(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°
18,02	2,43	115,64	506,38	1,63	19,82	2,24	103,31	635,14	1,72	21,62	1,96	108,90	575,20	1,88	23,42	1,05	36,28	447,97	2,01	25,22	1,74	103,27	614,83	2,13
18,04	2,20	82,82	569,65	1,62	19,84	2,23	103,87	628,48	1,72	21,64	1,85	110,57	566,32	1,87	23,44	1,07	36,28	449,32	2,01	25,24	1,79	99,50	622,98	2,13
18,06	2,65	102,60	517,48	1,63	19,86	2,19	101,87	627,36	1,72	21,66	1,76	108,01	558,55	1,88	23,46	1,10	38,17	453,39	2,01	25,26	1,90	95,38	643,32	2,13
18,08	2,68	108,04	551,89	1,62	19,88	2,19	99,76	634,03	1,71	21,68	1,65	103,12	551,89	1,90	23,48	1,14	37,72	462,89	2,02	25,28	1,95	92,16	665,03	2,13
18,10	2,65	111,49	576,31	1,62	19,90	2,24	96,98	638,46	1,72	21,70	1,56	97,78	545,23	1,90	23,50	1,20	38,72	473,74	2,02	25,30	2,02	89,93	674,53	2,14
18,12	2,70	111,93	568,54	1,62	19,92	2,28	92,64	640,69	1,74	21,72	1,53	91,00	539,68	1,90	23,52	1,25	39,62	485,96	2,02	25,32	2,03	90,93	679,96	2,14
18,14	2,86	120,93	585,19	1,62	19,94	2,30	91,53	646,24	1,72	21,74	1,49	84,22	539,68	1,90	23,54	1,28	40,17	492,73	2,02	25,34	1,95	98,38	673,18	2,14
18,16	2,93	125,82	616,26	1,63	19,96	2,31	88,08	648,45	1,75	21,76	1,45	79,55	541,90	1,91	23,56	1,33	40,95	506,30	2,02	25,36	2,02	99,38	686,74	2,14
18,18	2,97	127,04	617,38	1,62	19,98	2,35	86,08	654,01	1,72	21,78	1,48	76,22	545,23	1,90	23,58	1,37	42,17	515,80	2,02	25,38	1,92	101,38	674,53	2,14
18,20	2,85	131,59	659,55	1,64	20,00	2,33	85,30	665,11	1,75	21,80	1,48	73,66	543,01	1,90	23,60	1,38	44,62	522,58	2,02	25,40	1,83	108,38	662,32	2,14
18,22	2,79	129,59	707,29	1,64	20,02	2,18	74,47	601,84	1,74	21,82	1,45	71,33	537,45	1,92	23,62	1,43	47,95	536,14	2,02	25,42	1,77	111,15	652,82	2,14
18,24	2,83	125,36	671,76	1,65	20,04	2,54	90,02	649,56	1,72	21,84	1,47	69,44	531,91	1,91	23,64	1,45	51,51	541,58	2,02	25,44	1,80	109,10	663,68	2,14
18,26	2,83	122,14	649,56	1,66	20,06	2,61	93,58	738,36	1,76	21,86	1,45	68,44	529,69	1,91	23,66	1,45	57,28	544,29	2,03	25,46	1,90	105,26	678,60	2,15
18,28	2,85	118,69	629,59	1,65	20,08	2,83	92,91	748,35	1,75	21,88	1,45	66,67	524,14	1,90	23,68	1,47	60,95	548,36	2,03	25,48	1,90	102,82	679,96	2,15
18,30	2,68	119,02	588,52	1,65	20,10	2,98	92,80	767,23	1,75	21,90	1,49	64,45	524,14	1,89	23,70	1,50	65,28	553,79	2,03	25,50	1,91	103,37	689,46	2,15
18,32	2,54	122,46	652,90	1,64	20,12	3,13	91,69	770,55	1,75	21,92	1,60	62,90	535,24	1,92	23,72	1,58	68,84	570,07	2,03	25,52	1,92	105,59	694,88	2,15
18,34	2,43	131,02	665,11	1,65	20,14	3,14	96,68	769,45	1,74	21,94	1,72	63,25	544,12	1,91	23,74	1,67	72,62	589,06	2,03	25,54	2,07	105,70	735,58	2,15
18,36	2,39	137,79	664,00	1,66	20,16	3,09	105,35	777,22	1,76	21,96	1,77	65,03	541,90	1,92	23,76	1,76	77,39	606,70	2,03	25,56	1,95	108,26	700,31	2,15
18,38	2,35	147,34	666,22	1,65	20,18	3,07	110,24	775,00	1,76	21,98	1,71	63,92	531,91	1,91	23,78	1,78	86,17	609,41	2,04	25,58	1,92	113,59	694,88	2,15
18,40	2,34	153,01	667,33	1,66	20,20	3,02	114,12	761,68	1,74	22,00	1,72	62,70	537,45	1,91	23,80	1,81	92,39	617,54	2,04	25,60	1,92	118,03	693,52	2,15
18,42	2,34	153,78	647,35	1,66	20,22	2,90	125,23	741,70	1,76	22,02	1,71	58,53	531,00	1,92	23,82	1,86	96,17	627,04	2,04	25,62	1,96	120,92	701,67	2,16
18,44	2,31	146,33	636,25	1,66	20,24	2,79	135,79	745,03	1,75	22,04	1,64	55,42	527,24	1,92	23,84	1,92	102,72	643,32	2,04	25,64	2,02	121,58	716,59	2,16
18,46	2,29	143,22	600,73	1,66	20,26	2,77	140,12	742,81	1,76	22,06	1,57	53,53	520,31	1,92	23,86	1,93	113,05	651,47	2,04	25,66	2,07	122,81	686,08	2,16
18,48	2,34	140,78	605,16	1,66	20,28	2,67	138,23	740,59	1,76	22,08	1,50	51,64	513,38	1,92	23,88	2,01	119,38	665,03	2,04	25,68	1,96	116,50	667,50	2,16
18,50	2,27	137,56	609,61	1,66	20,30	2,61	132,78	743,92	1,77	22,10	1,43	51,86	506,44	1,92	23,90	2,10	119,83	685,38	2,04	25,70	1,95	127,50	667,00	2,16
18,52	2,26	127,23	592,95	1,65	20,32	2,58	127,78	749,46	1,79	22,12	1,44	51,19	499,51	1,93	23,92	2,17	122,38	697,59	2,04	25,72	1,91	133,00	667,50	2,16
18,54	2,29	119,79	586,30	1,67	20,34	2,53	121,55	741,70	1,76	22,14	1,44	47,42	492,58	1,93	23,94	2,22	123,49	707,09	2,05	25,74	1,95	139,00	666,50	2,16
18,56	2,30	116,68	592,95	1,66	20,36	2,47	112,99	756,13	1,77	22,16	1,52	44,42	485,64	1,93	23,96	2,28	127,37	722,01	2,05	25,76	2,06	146,50	666,50	2,17
18,58	2,27	113,45	595,18	1,64	20,38	2,40	103,99	753,91	1,79	22,18	1,65	42,52	478,71	1,93	23,98	2,40	128,71	743,72	2,05	25,78	2,14	145,00	667,00	2,17
18,60	2,27	113,57	592,95	1,66	20,40	2,38	96,65	753,91	1,80	22,20	1,70	42,74	471,78	1,93	24,00	2,48	132,37	761,36	2,05	25,80	2,17	145,50	667,00	2,17
18,62	2,29	112,57	590,74	1,67	20,42	2,38	90,54	755,02	1,80	22,22	1,70	44,63	464,84	1,93	24,02	2,49	125,62	750,50	2,05	25,82	2,17	149,00	666,00	2,17
18,64	2,27	111,01	580,75	1,67	20,44	2,38	87,43	756,13	1,81	22,24	1,68	45,85	457,91	1,93	24,04	2,60	132,96	758,64	2,05	25,84	2,17	149,50	667,00	2,17
18,66	2,31	106,56	569,65	1,67	20,46	2,36	91,79	729,51	1,80	22,26	1,70	51,19	450,98	1,94	24,06	2,70	139,96	770,86	2,05	25,86	2,07	150,00	667,00	2,17
18,68	2,31	103,89	568,54	1,67	20,48	2,32	98,79	710,62	1,80	22,28	1,67	56,74	444,04	1,94	24,08	2,70	139,96	770,86	2,06	25,88	2,04	146,50	663,50	2,17
18,70	2,29	104,56	560,76	1,68	20,50	2,36	95,79	711,73	1,80	22,30	1,80	54,08	437,11	1,94	24,10	2,70	139,96	770,86	2,06	25,90	1,98	144,50	663,50	2,17
18,72	2,24	107,35	557,44	1,68	20,52	2,37	92,68	712,84	1,80	22,32	1,92	51,74	453,39	1,94	24,12	2,70	176,39	785,78	2,06	25,92	1,86	150,00	662,00	2,18
18,74	2,23	108,12	557,44	1,68	20,54	2,39	92,46	712,84	1,81	22,34	1,88	56,30	456,11	1,94	24,14	2,70	176,39	785,78	2,06	25,94	1,85	150,50	630,50	2,18
18,76	2,18	137,79	664,00	1,67	20,56	2,41	94,57	716,16	1,81	22,36	1,80	56,52	449,32	1,94	24,16	2,70	176,39	785,78	2,06	25,96	1,80	143,00	631,50	2,18
18,78	2,17	108,23	553,00	1,68	20,58	2,43	95,12	720,61	1,80	22,38	1,69	61,74	435,76	1,94	24,18	2,69	183,16	793,91	2,06	25,98	1,77	143,50	635,00	2,18
18,80	2,19	108,67	553,00	1,68	20,60	2,44	95,23	721,72	1,82	22,40	1,67	59,29	438,47	1,94	24,20	2,69	182,26	799,34	2,06	26,00	1,82	148,00	638,00	2,18
18,82	2,18	110,78	551,89	1,67	20,62	2,46	93,90	712,84	1,82	22,42	1,91	60,96	466,96	1,95	24,22	2,62	182,37	799,34	2,06	26,02	1,80	154,00	636,50	2,18
18,84	2,18	111,77	547,45	1,67	20,64	2,42	95,12	707,29	1,82	22,44	2,08	58,40	495,44	1,95	24,24	2,62	175,36	795,28	2,07	26,04	1,79	148,50	637,00	2,18
18,86	2,18	108,11	547,45	1,69	20,66	2,41	100,34	705,06	1,80	22,46	2,08	57,18	498,17	1,95	24,26	2,55	177,69	783,07	2,07	26,06	1,76	145,50	611,00	2,18
18,88	2,20	105,77	549,66	1,68	20,68	2,36	102,56	705,06	1,82	22,48	1,99	53,07	498,17	1,95	24,28	2,36	179,24	753,21	2,07	26,08	1,70	145,50	627,00	2,19
18,90	2,18	103,88	540,79	1,67	20,70	2,27	104,34	712,84	1,81	22,50	1,90	54,29	485,96	1,95	24,30	2,24	175,57	731,51	2,07	26,10	1,65	144,00	636,00	2,19
18,92	2,18	104,66	543,01	1,66	20,72	2,25	103,22	713,95	1,81	22,52	1,64	55,29	453,39	1,95	24,32	2,11	157,79	716,59	2,07	26,12	1,63	141,00	659,00	2,19
18,94	2,26	103,																						

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA															RIF. PROVA:	CPTU n°:			
LETTURE DI CAMPAGNA															U16-14	CPTU1			
COMMITTENTE: CMV SERVIZI S.R.L.					PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00														
CANTIERE: VIA Canne Cento (FE)					PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 0,80														
DATA: 20/02/2014					PREFORO (m da p.c.): 0,00														
Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.
(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°
27,02	1,42	136,00	786,00	2,25	28,02	1,85	39,50	887,00	2,31	29,02	2,78	93,50	808,24	2,38					
27,04	1,42	134,50	790,50	2,25	28,04	1,79	38,50	889,00	2,32	29,04	2,79	91,50	800,31	2,38					
27,06	1,46	132,50	796,00	2,25	28,06	1,76	37,50	886,00	2,32	29,06	2,80	90,50	806,00	2,38					
27,08	1,49	129,50	799,00	2,25	28,08	1,76	38,50	890,00	2,32	29,08	2,87	88,00	800,44	2,38					
27,10	1,52	126,00	801,00	2,25	28,10	1,72	39,00	893,00	2,32	29,10	2,84	85,00	798,16	2,39					
27,12	1,55	121,00	797,50	2,25	28,12	1,71	43,00	897,50	2,32	29,12	2,82	83,00	795,89	2,39					
27,14	1,50	118,00	795,50	2,26	28,14	1,75	41,50	900,00	2,32	29,14	2,81	83,00	793,62	2,39					
27,16	1,48	116,00	783,00	2,26	28,16	1,86	41,50	894,50	2,32	29,16	2,66	96,50	724,90	2,39					
27,18	1,53	116,00	781,00	2,26	28,18	1,86	49,50	887,00	2,32	29,18	2,58	104,50	724,90	2,39					
27,20	1,58	117,00	779,00	2,26	28,20	1,86	58,00	897,50	2,33	29,20	2,41	111,00	726,26	2,39					
27,22	1,65	115,00	779,50	2,26	28,22	1,87	71,50	892,00	2,33	29,22	2,38	110,50	677,42	2,39					
27,24	1,71	117,00	775,50	2,26	28,24	1,83	83,00	887,00	2,33	29,24	2,31	118,50	712,69	2,39					
27,26	1,70	116,00	772,50	2,26	28,26	1,76	92,50	886,00	2,33	29,26	2,25	118,50	714,04	2,40					
27,28	1,71	108,00	777,50	2,27	28,28	1,70	107,00	894,50	2,33	29,28	2,30	123,00	715,41	2,40					
27,30	1,66	104,50	777,50	2,27	28,30	1,60	116,00	889,00	2,33	29,30	2,25	126,00	716,77	2,40					
27,32	1,65	105,50	777,50	2,27	28,32	1,50	118,50	878,50	2,33	29,32	2,21	122,00	718,12	2,40					
27,34	1,68	96,50	777,50	2,27	28,34	1,35	113,50	873,00	2,34	29,34	2,14	128,00	720,83	2,40					
27,36	1,70	87,50	779,50	2,27	28,36	1,31	109,50	870,00	2,34	29,36	2,11	131,00	724,90	2,40					
27,38	1,73	83,50	784,00	2,27	28,38	1,27	113,00	865,50	2,34	29,38	2,04	131,00	726,26	2,40					
27,40	1,73	77,00	783,50	2,27	28,40	1,25	116,50	867,50	2,34	29,40	2,00	131,00	727,61	2,40					
27,42	1,73	79,50	779,50	2,27	28,42	1,25	127,50	870,00	2,34	29,42	2,02	136,00	728,98	2,41					
27,44	1,72	80,00	777,00	2,28	28,44	1,30	133,00	870,00	2,34	29,44	2,06	139,50	730,33	2,41					
27,46	1,76	81,00	779,50	2,28	28,46	1,33	139,00	867,00	2,34	29,46	2,14	138,50	731,69	2,41					
27,48	1,80	86,00	792,50	2,28	28,48	1,32	146,50	868,50	2,34	29,48	2,26	134,50	734,40	2,41					
27,50	1,92	93,00	806,50	2,28	28,50	1,29	145,00	869,50	2,35	29,50	2,28	128,50	735,76	2,41					
27,52	2,05	96,00	796,00	2,28	28,52	1,29	145,50	872,50	2,35	29,52	2,20	117,50	737,11	2,41					
27,54	2,13	98,00	756,50	2,28	28,54	1,44	149,00	873,50	2,35	29,54	2,13	109,00	738,47	2,41					
27,56	2,30	96,00	749,00	2,28	28,56	1,84	149,50	871,50	2,35	29,56	2,10	107,50	739,82	2,42					
27,58	2,46	92,00	755,50	2,29	28,58	1,98	150,00	872,50	2,35	29,58	2,02	108,50	742,54	2,42					
27,60	2,58	87,50	768,00	2,29	28,60	1,91	146,50	875,00	2,35	29,60	1,98	114,00	745,26	2,42					
27,62	2,63	82,00	782,50	2,29	28,62	1,70	144,50	876,50	2,35	29,62	1,98	120,00	747,97	2,42					
27,64	2,58	79,00	800,00	2,29	28,64	1,56	150,00	876,50	2,35	29,64	1,96	129,00	749,32	2,42					
27,66	2,51	76,00	839,50	2,29	28,66	1,54	150,50	877,50	2,36	29,66	1,94	134,00	752,03	2,42					
27,68	2,44	70,50	856,00	2,29	28,68	1,56	143,00	877,00	2,36	29,68	1,92	132,00	753,39	2,42					
27,70	2,31	68,00	844,00	2,29	28,70	1,76	143,50	875,50	2,36	29,70	1,79	129,00	756,11	2,42					
27,72	2,34	66,50	863,00	2,29	28,72	2,15	148,00	873,50	2,36	29,72	1,73	125,00	756,11	2,43					
27,74	2,29	62,50	861,00	2,30	28,74	2,40	154,00	872,50	2,36	29,74	1,67	125,50	757,47	2,43					
27,76	2,35	56,50	860,50	2,30	28,76	2,52	148,50	873,50	2,36	29,76	1,63	123,00	758,82	2,43					
27,78	2,34	50,50	839,50	2,30	28,78	2,52	145,50	873,50	2,36	29,78	1,63	119,00	760,18	2,43					
27,80	2,29	47,50	834,00	2,30	28,80	2,58	145,50	881,50	2,37	29,80	1,62	118,00	760,18	2,43					
27,82	2,10	45,00	831,50	2,30	28,82	2,59	144,00	886,50	2,37	29,82	1,57	115,00	760,18	2,43					
27,84	2,05	40,00	850,50	2,30	28,84	2,55	141,00	888,50	2,37	29,84	1,55	110,50	758,82	2,43					
27,86	2,04	36,50	877,00	2,30	28,86	2,55	139,00	890,50	2,37	29,86	1,54	103,50	758,82	2,44					
27,88	2,08	34,00	881,50	2,30	28,88	2,52	137,50	892,00	2,37	29,88	1,51	97,50	757,47	2,44					
27,90	2,12	34,00	874,00	2,31	28,90	2,53	131,50	882,00	2,37	29,90	1,56	93,00	757,47	2,44					
27,92	2,11	34,50	871,00	2,31	28,92	2,58	122,50	870,50	2,37	29,92	1,59	89,50	757,47	2,44					
27,94	2,13	35,00	863,00	2,31	28,94	2,70	119,00	822,50	2,37	29,94	1,62	83,00	758,82	2,44					
27,96	2,04	33,00	874,00	2,31	28,96	2,78	112,50	809,50	2,38	29,96	1,70	83,50	760,18	2,44					
27,98	1,95	32,50	880,50	2,31	28,98	2,77	105,50	804,00	2,38	29,98	1,85	84,50	760,18	2,44					
28,00	1,97	32,50	885,50	2,31	29,00	2,78	98,50	816,16	2,38	30,00	1,89	87,50	761,53	2,44					

qc = resist. alla punta (Mpa)

Inc. = inclinazione dalla verticale (°)

fs = resist. per attrito lat. (kPa)

Diametro punta: 3.57 cm

U = pressione neutra (kPa)

Area punta: 10 cm²

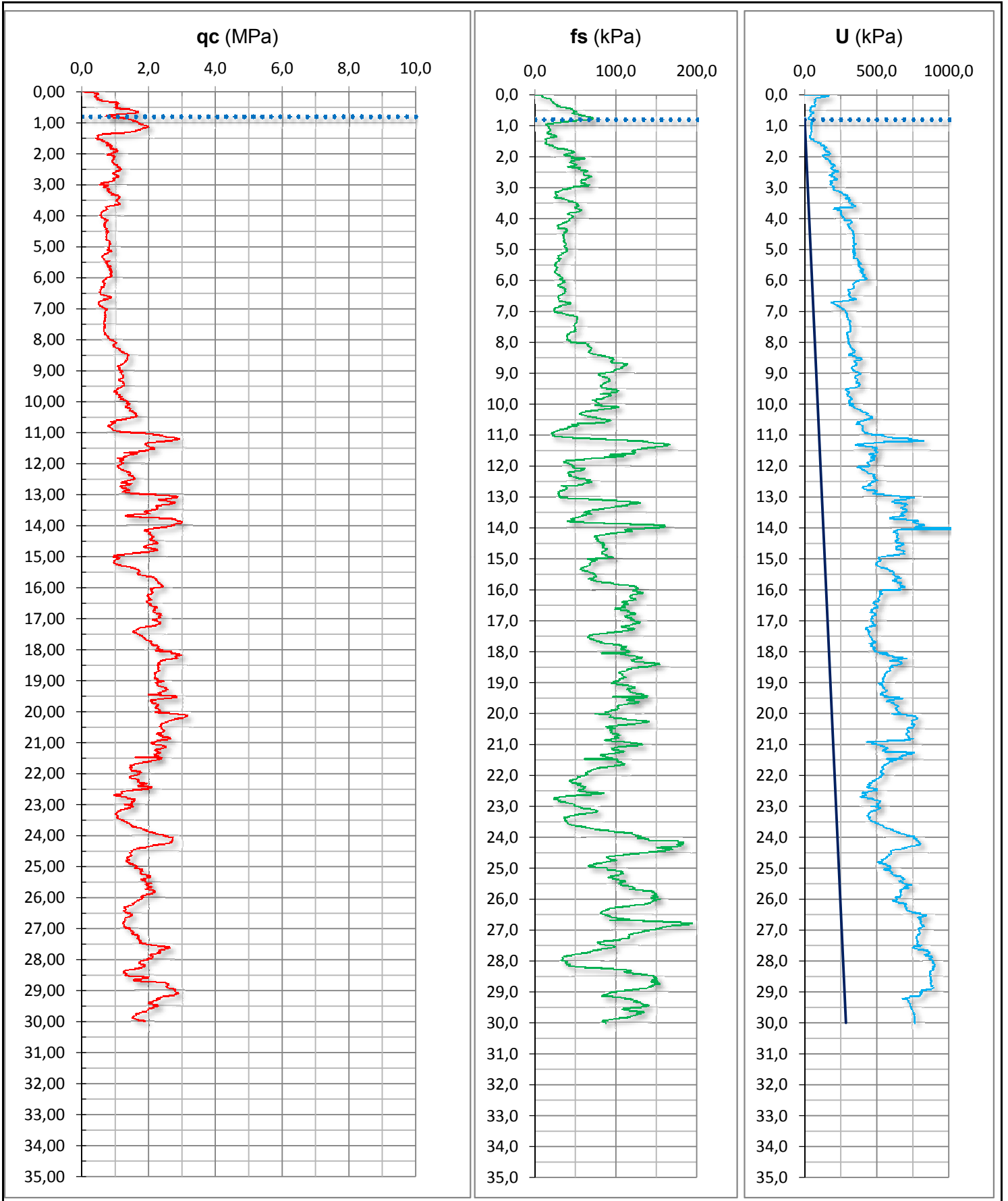
Punta: Tecnopenta G1 CPL2In

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

RIF. PROVA:	CPTU n°:
U16-14	CPTU1

COMMITTENTE: CMV SERVIZI S.R.L.
 CANTIERE: VIA Canne Cento (FE)
 DATA: 20/02/2014

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



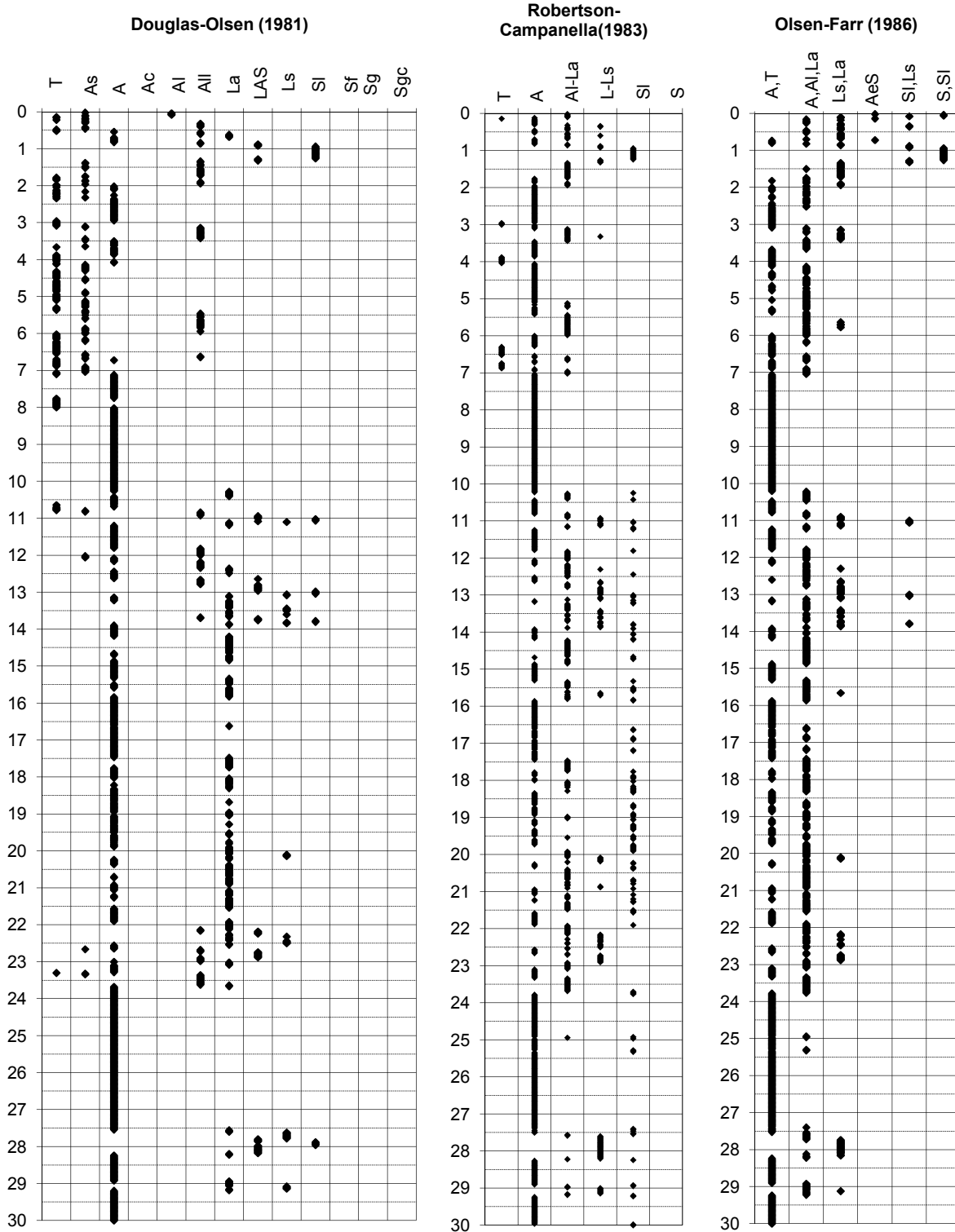
PROVA PENETROMETRICA STATICA

Identificativo	U16-14
Emissione	feb-14
Pagina	1 di 2

INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE

-Committente **CMV SERVIZI S.R.L.**
 -Cantiere **VIA Canne Cento (FE)**
 -Quota p.c. 11,60 m s.l.m.
 -Livello di falda 0,80 m da p.c.
 -Attrezzatura Punta elettrica con piezocono

-Prova n° **CPTU1**
 -Data prova **20/02/2014**
 -Prof. preforo m
 -Prof. finale **30,00 m**



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Identificativo	U16-14
Emissione	feb-14
Pagina	1 di 2

PARAMETRI GEOTECNICI

-Committente **CMV SERVIZI S.R.L.**
 -Cantiere **VIA Canne Cento (FE)**
 -Quota p.c. **11,60** m s.l.m.
 -Livello di falda **0,80** m da p.c.

-Prova n° **CPTU1**
 -Data prova **20/02/2014**
 -Prof. preforo **0,00** m
 -Prof. finale **30,00** m

DA m	A m	MATERIALI COESIVI											MATERIALI GRANULARI							
		qcm MPa	fsm MPa	deltaU MPa	litol. (-)	Peso Vol. kN/m3	Cu (qc) KPa	OCR (qc) (-)	OCR (U) (-)	M ₀ MPa	Eu50 MPa	CR (-)	Dr (%)	FI' _{DM} (°)	FI'Schm. (°)			E'25 MPa	M ₀ MPa	
0,0	0,5	0,66	0,02	0,00	AL	18,15	40	20	-	2,92	6,664	0,05	-	-	-	-	-	-	-	
0,5	1,4	1,41	0,03	0,03	LS	20,00	70	19	10	4,34	11,98	0,06	33	32	33	35	38	41	4,20	6,72
1,4	8,0	0,77	0,04	0,24	A	17,50	40	8	4	3,19	10,64	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
8,0	11,0	1,19	0,08	0,27	A	17,50	60	5	5	4,36	20,8	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-
11,0	15,5	1,82	0,08	0,48	AL	20,00	90	5	5	5,64	28,01	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
15,5	21,6	2,26	0,11	0,40	A	17,50	112	5	6	6,72	40,33	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-
21,6	30,0	1,75	0,10	0,43	A	17,50	79	2	4	5,56	40,64	0,29	-	-	-	-	-	-	-	-

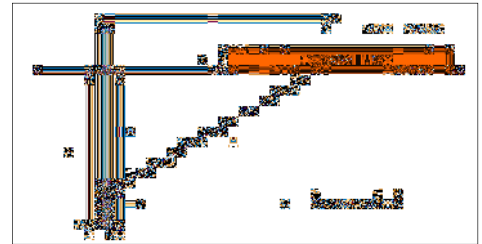
PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
PROVA DOWN HOLE SCPTU

RIF. PROVA: CPTU n°:
 U16-14 CPTU1

COMMITTENTE: CMV SERVIZI S.R.L.
 CANTIERE: VIA Canne Cento (FE)
 DATA: 20/02/2014

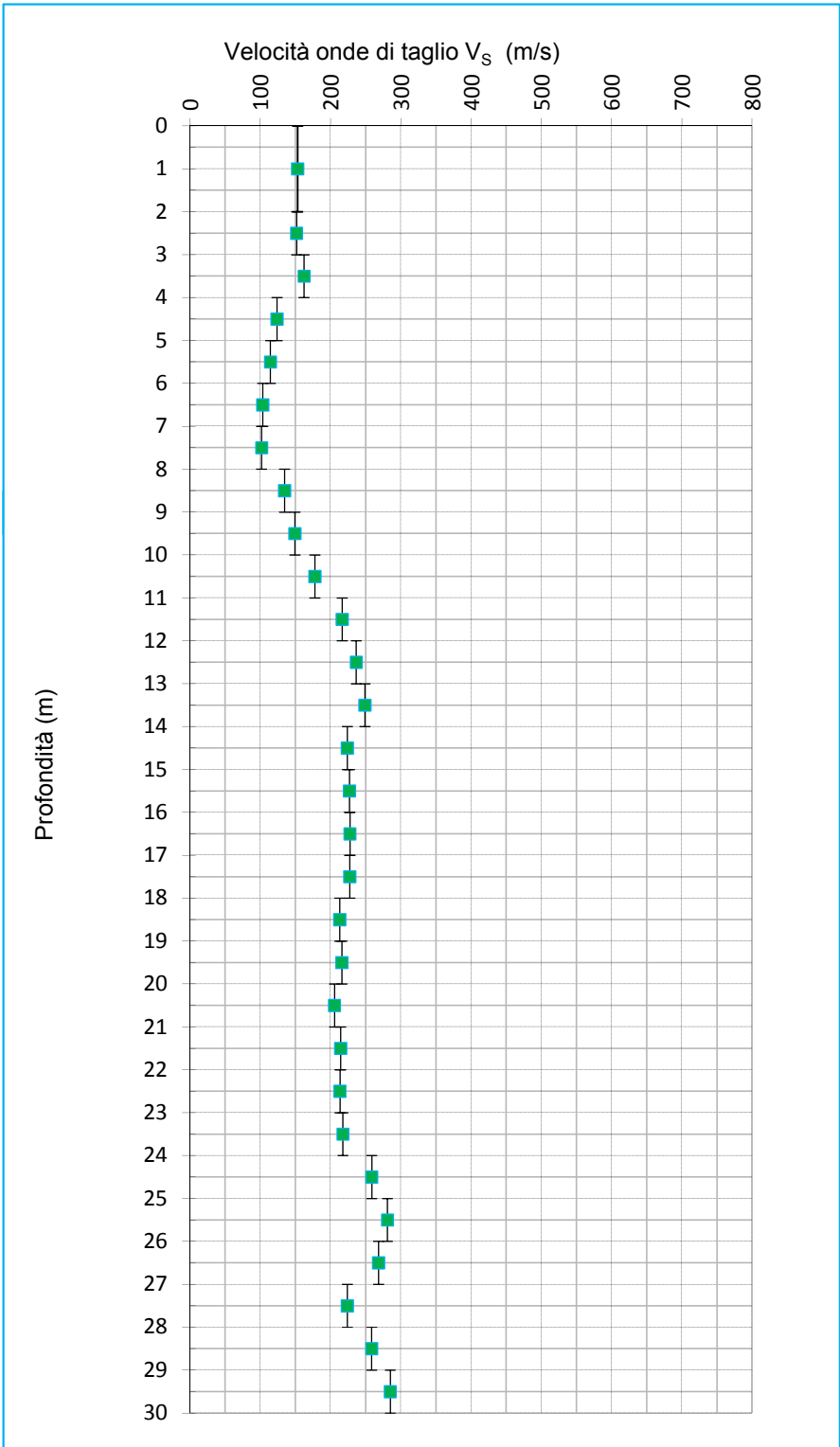
PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 0,80
 PREFORO (m da p.c.): 0,00

Peso mazza battente: 5Kg
 Ricevitore Down Hole: G1-cpl2IN
 Equipaggiamento di registrazione: D1-SISMI USB
 Distanza centro sorgente-verticale X: 0,25 m
 Distanza punta-accelerometro Y₂: 0,20 m



V_{s30} = 186 m/sec Categoria suolo di fondazione = C

Distanza corretta L _D punta elettrica	Tempo di arrivo onda S (millisecondi)	Velocità onde S dello strato (m/sec)
0,000		
0,838		153
1,817	11,885	152
2,811	18,443	162
3,808	24,590	124
4,807	32,656	114
5,805	41,393	103
6,805	51,049	102
7,804	60,866	135
8,804	68,295	149
9,803	75,000	178
10,803	80,627	216
11,803	85,246	236
12,802	89,474	249
13,802	93,492	224
14,802	97,959	227
15,802	102,369	228
16,802	106,764	227
17,802	111,165	213
18,802	115,861	216
19,802	120,492	206
20,802	125,357	214
21,801	130,025	213
22,801	134,713	217
23,801	139,311	259
24,801	143,178	281
25,801	146,738	268
26,801	150,465	224
27,801	154,934	258
28,801	158,803	285
29,801	162,313	



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
PROVA DOWN HOLE SCPTU

RIF. PROVA: CPTU n°:
 U16-14 CPTU1

COMMITTENTE: CMV SERVIZI S.R.L.
 CANTIERE: VIA Canne Cento (FE)
 DATA: 20/02/2014

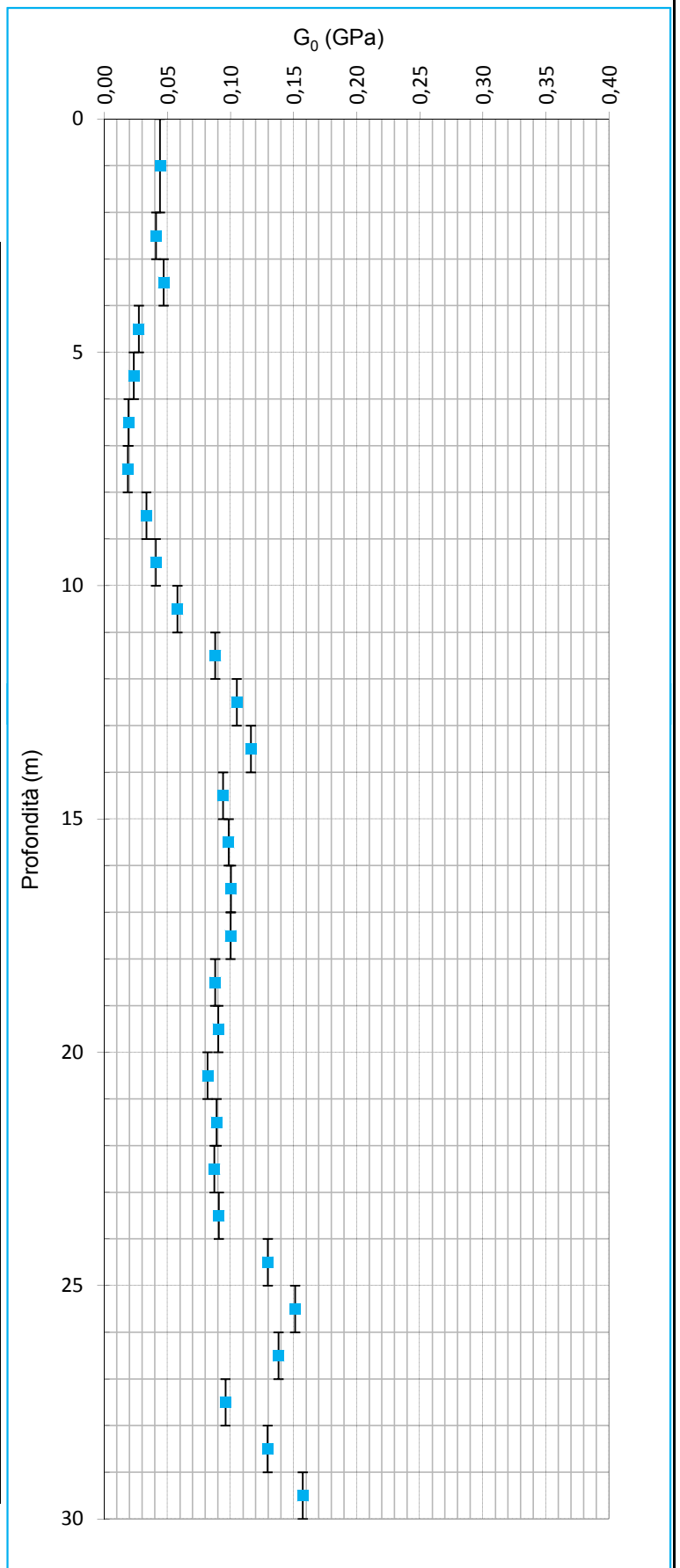
PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 0,80
 PREFORO (m da p.c.): 0,00

$$G_0 = Vs^2 \rho \quad \rightarrow \quad \rho = \gamma / g$$

dove:

ρ : massa volumica data dal rapporto tra il peso di volume γ e l'accelerazione di gravita g

Profondità punta elettrica (m)	Velocità onde S dello strato (m/sec)	Peso di volume (tonn/m ³)	G ₀ (GPa)
0,0			
1,0	153	1,85	0,0441
2,0			
3,0	152	1,75	0,0410
4,0	162	1,75	0,0469
5,0	124	1,75	0,0273
6,0	114	1,75	0,0233
7,0	103	1,75	0,0191
8,0	102	1,75	0,0185
9,0	135	1,80	0,0332
10,0	149	1,80	0,0408
11,0	178	1,80	0,0579
12,0	216	1,84	0,0879
13,0	236	1,84	0,1049
14,0	249	1,84	0,1161
15,0	224	1,84	0,0940
16,0	227	1,88	0,0985
17,0	228	1,90	0,1002
18,0	227	1,90	0,1000
19,0	213	1,90	0,0878
20,0	216	1,90	0,0903
21,0	206	1,90	0,0818
22,0	214	1,90	0,0889
23,0	213	1,88	0,0872
24,0	217	1,88	0,0906
25,0	259	1,90	0,1295
26,0	281	1,88	0,1512
27,0	268	1,88	0,1380
28,0	224	1,88	0,0959
29,0	258	1,90	0,1294
30,0	285	1,90	0,1572



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA																				RIF. PROVA:		CPTU n°:		
LETTURE DI CAMPAGNA																				U16-14		CPTU2		
COMMITTENTE: CMV SERVIZI S.R.L.										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 15,00														
CANTIERE: VIA Canne Cento (FE)										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 0,60														
DATA: 20/02/2014										PREFORO (m da p.c.): 0,00														
Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.
(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°
0,02	0,52	6,06	42,32	0,24	1,82	0,49	25,92	112,87	0,11	3,62	0,41	27,79	163,07	0,29	5,42	0,39	12,50	138,04	0,51	7,22	0,46	23,51	242,56	0,67
0,04	0,70	25,06	54,53	0,23	1,84	0,48	25,03	112,87	0,10	3,64	0,41	27,46	163,07	0,30	5,44	0,41	11,50	188,55	0,50	7,24	0,51	23,01	264,07	0,67
0,06	0,74	30,18	74,88	0,25	1,86	0,47	23,81	114,22	0,10	3,66	0,41	26,01	163,07	0,33	5,46	0,42	11,50	203,55	0,50	7,26	0,59	23,01	285,57	0,67
0,08	0,87	37,18	107,44	0,23	1,88	0,46	23,59	114,22	0,11	3,68	0,42	25,79	161,71	0,30	5,48	0,43	12,00	216,56	0,49	7,28	0,70	23,51	298,07	0,68
0,10	0,97	42,18	96,59	0,24	1,90	0,44	22,92	114,22	0,11	3,70	0,42	27,12	160,36	0,32	5,50	0,43	12,00	210,55	0,49	7,30	0,89	22,01	275,06	0,67
0,12	1,00	45,18	74,88	0,24	1,92	0,44	22,59	116,94	0,12	3,72	0,39	29,34	163,07	0,32	5,52	0,43	12,50	206,05	0,50	7,32	1,01	23,01	262,06	0,68
0,14	1,00	46,18	64,03	0,24	1,94	0,44	21,59	116,94	0,12	3,74	0,39	31,56	163,07	0,32	5,54	0,43	13,00	208,05	0,50	7,34	1,05	25,01	214,05	0,67
0,16	0,96	48,96	70,81	0,24	1,96	0,42	21,14	118,30	0,11	3,76	0,39	32,23	164,42	0,32	5,56	0,43	13,50	209,55	0,49	7,36	1,11	28,01	176,04	0,68
0,18	0,93	50,19	73,52	0,27	1,98	0,44	20,37	118,30	0,13	3,78	0,37	33,01	164,42	0,34	5,58	0,43	14,50	219,06	0,50	7,38	1,08	37,51	149,53	0,69
0,20	0,92	51,63	91,17	0,25	2,00	0,44	20,03	119,66	0,13	3,80	0,36	33,34	165,78	0,33	5,60	0,45	14,50	229,56	0,50	7,40	0,96	46,51	160,03	0,68
0,22	0,93	52,97	112,87	0,27	2,02	0,44	19,48	119,66	0,14	3,82	0,35	32,78	172,57	0,31	5,62	0,49	15,00	246,06	0,50	7,42	0,87	48,01	145,03	0,67
0,24	0,93	54,08	102,01	0,27	2,04	0,46	19,48	119,66	0,14	3,84	0,34	31,67	180,70	0,31	5,64	0,51	15,50	264,07	0,51	7,44	0,70	55,51	149,03	0,69
0,26	0,89	55,86	96,59	0,27	2,06	0,46	19,48	119,66	0,13	3,86	0,34	30,33	187,49	0,30	5,66	0,54	15,50	273,56	0,50	7,46	0,59	56,51	194,04	0,69
0,28	0,89	53,02	78,96	0,28	2,08	0,48	19,48	116,94	0,14	3,88	0,34	29,33	188,84	0,30	5,68	0,57	15,50	277,56	0,50	7,48	0,54	53,01	198,05	0,69
0,30	0,86	52,46	99,30	0,27	2,10	0,49	19,81	121,01	0,14	3,90	0,35	28,55	194,27	0,31	5,70	0,59	15,00	286,07	0,51	7,50	0,53	51,01	191,04	0,71
0,32	0,84	52,46	107,44	0,27	2,12	0,48	20,15	122,37	0,15	3,92	0,34	27,88	201,06	0,32	5,72	0,62	15,00	292,07	0,51	7,52	0,48	41,51	182,55	0,69
0,34	0,83	52,24	118,30	0,27	2,14	0,46	21,70	121,01	0,15	3,94	0,36	26,99	203,77	0,30	5,74	0,63	16,00	295,07	0,54	7,54	0,46	36,01	184,55	0,71
0,36	0,84	52,24	121,01	0,25	2,16	0,43	21,92	121,01	0,16	3,96	0,37	25,88	206,48	0,31	5,76	0,63	16,50	305,07	0,53	7,56	0,45	32,01	184,05	0,71
0,38	0,83	51,48	95,23	0,25	2,18	0,43	21,03	121,01	0,19	3,98	0,37	24,99	206,48	0,31	5,78	0,65	17,50	285,56	0,54	7,58	0,43	27,01	173,54	0,69
0,40	0,90	50,37	112,87	0,27	2,20	0,43	20,48	121,01	0,16	4,00	0,39	25,21	205,12	0,31	5,80	0,68	18,00	286,56	0,54	7,60	0,41	24,01	155,54	0,71
0,42	0,96	50,60	110,16	0,27	2,22	0,43	20,48	122,37	0,16	4,02	0,39	24,88	205,12	0,30	5,82	0,70	19,00	310,57	0,55	7,62	0,39	24,01	143,54	0,71
0,44	0,97	49,93	100,66	0,24	2,24	0,44	20,48	122,37	0,19	4,04	0,39	24,88	205,12	0,32	5,84	0,76	20,51	305,57	0,54	7,64	0,37	23,51	147,04	0,71
0,46	0,95	51,15	87,09	0,24	2,26	0,47	18,16	156,28	0,19	4,06	0,39	27,11	215,98	0,31	5,86	0,79	20,01	302,07	0,56	7,66	0,39	23,01	170,04	0,71
0,48	0,91	52,49	76,24	0,25	2,28	0,47	18,16	156,28	0,19	4,08	0,40	27,89	220,04	0,30	5,88	0,78	20,51	320,57	0,56	7,68	0,41	22,01	189,05	0,71
0,50	0,84	55,82	100,66	0,20	2,30	0,47	18,93	156,28	0,19	4,10	0,41	28,56	226,83	0,32	5,90	0,70	23,01	333,08	0,57	7,70	0,42	21,01	203,05	0,72
0,52	0,80	57,48	118,30	0,20	2,32	0,48	19,93	157,64	0,19	4,12	0,45	28,67	230,90	0,31	5,92	0,69	24,51	353,08	0,55	7,72	0,43	20,51	209,55	0,71
0,54	0,75	56,71	137,29	0,19	2,34	0,47	20,49	157,64	0,20	4,14	0,48	28,45	232,26	0,32	5,94	0,67	23,51	350,08	0,55	7,74	0,43	19,51	213,06	0,71
0,56	0,73	56,04	160,36	0,20	2,36	0,49	20,05	159,00	0,20	4,16	0,49	28,11	214,62	0,34	5,96	0,65	23,01	335,08	0,57	7,76	0,44	19,00	200,05	0,71
0,58	0,74	51,93	177,99	0,18	2,38	0,50	20,16	160,36	0,21	4,18	0,47	29,34	179,34	0,32	5,98	0,61	22,51	327,07	0,57	7,78	0,43	19,51	204,55	0,73
0,60	0,74	46,15	184,78	0,19	2,40	0,55	20,49	160,36	0,20	4,20	0,45	29,33	175,28	0,32	6,00	0,60	22,51	308,57	0,56	7,80	0,46	19,00	220,56	0,73
0,62	0,72	40,93	159,00	0,19	2,42	0,55	21,38	159,00	0,20	4,22	0,41	30,44	175,28	0,36	6,02	0,58	21,51	309,08	0,56	7,82	0,49	19,00	225,56	0,73
0,64	0,70	35,04	169,84	0,19	2,44	0,56	22,38	159,00	0,21	4,24	0,36	31,56	184,78	0,34	6,04	0,55	20,01	308,07	0,57	7,84	0,51	20,01	229,06	0,73
0,66	0,73	31,37	165,78	0,18	2,46	0,55	23,60	160,36	0,20	4,26	0,35	31,78	187,49	0,34	6,06	0,55	18,00	308,57	0,58	7,86	0,52	21,01	225,06	0,72
0,68	0,79	27,93	180,70	0,18	2,48	0,54	25,49	160,36	0,20	4,28	0,35	31,99	191,56	0,36	6,08	0,55	18,00	295,58	0,58	7,88	0,52	23,01	223,05	0,74
0,70	0,83	26,71	161,71	0,16	2,50	0,54	26,60	160,36	0,20	4,30	0,36	32,55	199,70	0,34	6,10	0,55	18,00	304,58	0,57	7,90	0,52	24,01	221,56	0,74
0,72	0,86	28,82	180,70	0,18	2,52	0,55	26,82	160,36	0,24	4,32	0,35	31,77	203,77	0,36	6,12	0,60	17,50	329,59	0,58	7,92	0,53	25,51	230,05	0,73
0,74	0,89	30,82	154,92	0,14	2,54	0,56	27,93	160,36	0,23	4,34	0,36	30,11	207,83	0,36	6,14	0,62	16,50	254,56	0,59	7,94	0,54	27,51	227,55	0,75
0,76	0,92	32,82	179,34	0,16	2,56	0,58	28,15	161,71	0,24	4,36	0,35	28,88	211,91	0,34	6,16	0,59	17,00	262,06	0,57	7,96	0,53	28,51	230,05	0,73
0,78	0,92	34,93	187,49	0,14	2,58	0,59	28,15	161,71	0,24	4,38	0,37	27,10	214,62	0,38	6,18	0,57	17,50	256,56	0,58	7,98	0,53	28,51	232,55	0,74
0,80	0,89	34,49	126,43	0,14	2,60	0,60	27,49	164,42	0,24	4,40	0,39	25,99	215,98	0,38	6,20	0,55	17,50	252,56	0,58	8,00	0,52	28,01	231,55	0,75
0,82	0,87	36,49	114,22	0,13	2,62	0,59	26,04	167,13	0,24	4,42	0,41	24,55	215,98	0,40	6,22	0,58	17,50	293,57	0,58	8,02	0,53	26,51	220,06	0,77
0,84	0,86	38,83	123,72	0,13	2,64	0,58	25,93	172,57	0,24	4,44	0,44	24,21	218,69	0,38	6,24	0,62	18,00	306,58	0,58	8,04	0,52	26,51	209,54	0,77
0,86	0,86	40,61	153,57	0,15	2,66	0,50	24,93	180,70	0,24	4,46	0,44	24,23	220,04	0,38	6,26	0,63	18,50	312,57	0,60	8,06	0,51	26,51	213,06	0,77
0,88	0,89	41,39	187,49	0,13	2,68	0,53	23,82	447,97	0,24	4,48	0,46	24,77	218,69	0,40	6,28	0,67	19,00	310,07	0,60	8,08	0,51	27,51	220,56	0,78
0,90	0,84	41,50	134,58	0,13	2,70	0,59	21,70	449,32	0,23	4,50	0,47	26,99	218,69	0,42	6,30	0,71	19,00	317,57	0,60	8,10	0,52	28,01	226,55	0,79
0,92	0,85	40,83	131,87	0,11	2,72	0,62	19,48	335,37	0,24	4,52	0,46	28,66	218,69	0,42	6,32	0,75	20,01	334,08	0,60	8,12	0,54	29,01	229,56	0,81
0,94	0,81	41,17	116,94	0,12	2,74	0,58	21,04	346,21	0,25	4,54	0,45	30,88	218,69	0,43	6,34	0,77	20,51	344,08	0,59	8,14	0,55	30,51	229,05	0,80
0,96	0,78	40,17	107,44	0,14	2,76	0,54	22,15	376,07	0,24	4,56	0,44	33,21	218,69	0,45	6,36	0,80								

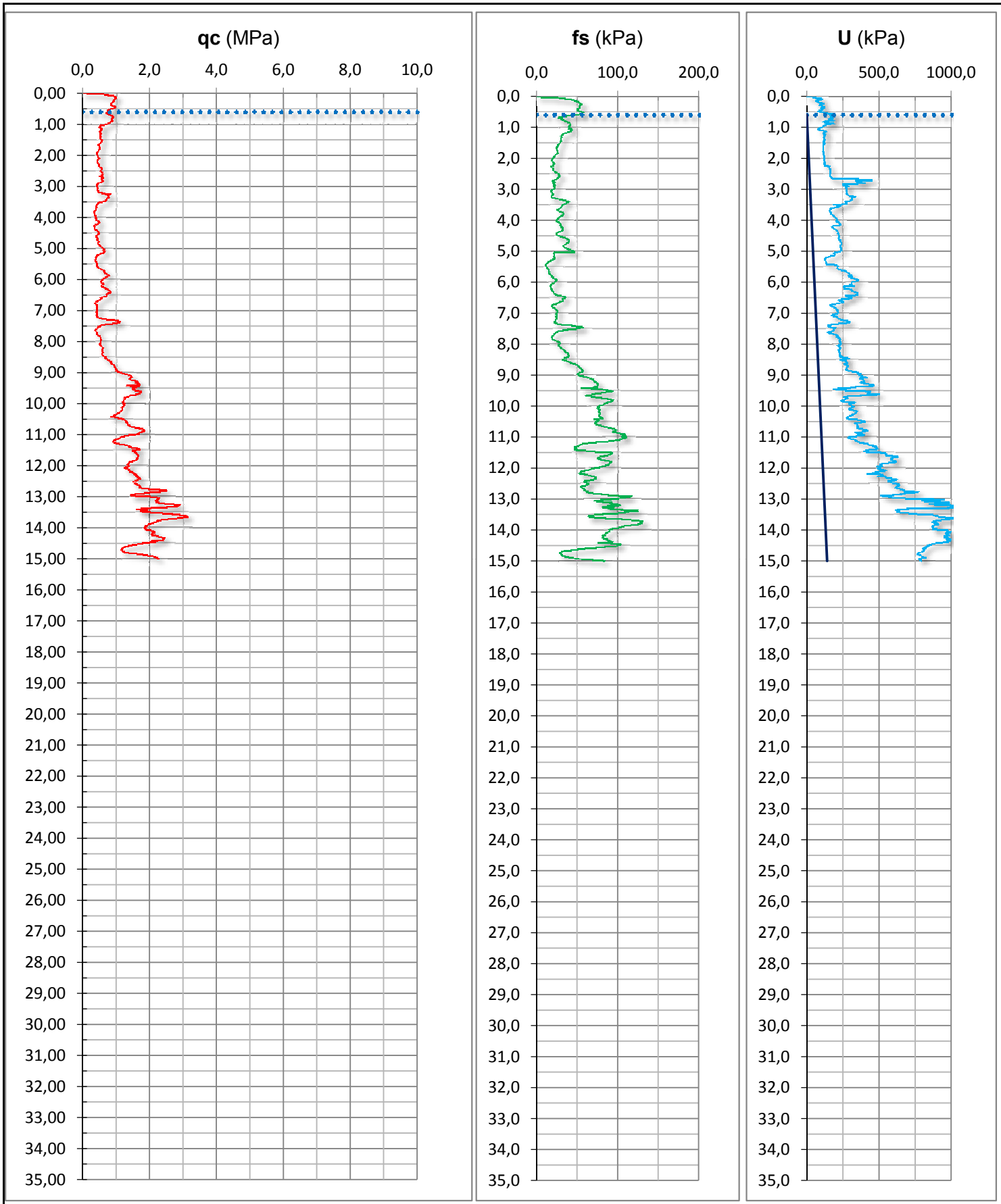
PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA															RIF. PROVA:		CPTU n°:		
LETTURE DI CAMPAGNA															U16-14		CPTU2		
COMMITTENTE: CMV SERVIZI S.R.L.										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 15,00									
CANTIERE: VIA Canne Cento (FE)										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 0,60									
DATA: 20/02/2014										PREFORO (m da p.c.): 0,00									
Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.	Prof.	qc	fs	U	Inc.
(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°	(m)	MPa	kPa	kPa	°
9,02	1,19	53,51	374,09	0,84	10,82	1,79	94,02	399,58	1,05	12,62	1,66	55,01	619,14	1,34	14,42	2,05	76,02	907,72	1,54
9,04	1,25	57,01	388,59	0,86	10,84	1,83	93,52	330,57	1,06	12,64	1,71	55,51	611,65	1,36	14,44	2,22	102,03	874,21	1,53
9,06	1,31	61,02	410,10	0,86	10,86	1,79	99,03	357,57	1,05	12,66	1,71	58,02	633,14	1,36	14,46	2,10	103,03	862,70	1,53
9,08	1,37	64,02	410,60	0,85	10,88	1,82	101,03	343,57	1,06	12,68	1,70	58,52	649,65	1,33	14,48	1,94	100,53	849,70	1,54
9,10	1,44	65,02	363,08	0,89	10,90	1,78	106,03	363,57	1,07	12,70	1,69	59,02	661,66	1,34	14,50	1,78	99,53	837,20	1,54
9,12	1,44	67,52	374,59	0,89	10,92	1,71	109,03	394,58	1,06	12,72	1,77	59,02	660,15	1,36	14,52	1,64	97,03	840,21	1,55
9,14	1,42	69,02	386,59	0,89	10,94	1,66	109,03	392,08	1,07	12,74	1,90	63,02	694,16	1,34	14,54	1,61	86,02	821,70	1,55
9,16	1,45	68,52	390,09	0,89	10,96	1,68	105,53	359,08	1,07	12,76	2,10	63,02	768,18	1,33	14,56	1,47	79,02	818,20	1,55
9,18	1,44	70,02	394,09	0,89	10,98	1,65	104,53	310,57	1,07	12,78	2,37	62,02	752,67	1,33	14,58	1,38	70,02	824,20	1,55
9,20	1,39	70,52	394,09	0,90	11,00	1,51	109,03	295,57	1,07	12,80	2,48	65,52	730,17	1,34	14,60	1,31	59,02	802,20	1,57
9,22	1,40	71,52	387,09	0,89	11,02	1,36	110,53	282,56	1,08	12,82	2,36	71,52	643,65	1,34	14,62	1,23	52,51	816,20	1,57
9,24	1,46	74,02	371,09	0,90	11,04	1,27	107,53	301,07	1,07	12,84	2,15	80,02	656,15	1,33	14,64	1,22	45,01	815,70	1,58
9,26	1,56	75,02	400,09	0,90	11,06	1,19	104,03	300,07	1,07	12,86	1,99	86,52	633,14	1,33	14,66	1,20	40,01	811,70	1,57
9,28	1,61	73,52	392,09	0,90	11,08	1,13	102,03	329,58	1,08	12,88	1,90	92,52	516,11	1,34	14,68	1,17	34,01	807,70	1,58
9,30	1,64	74,02	451,61	0,93	11,10	1,11	97,53	334,08	1,07	12,90	1,69	105,53	527,12	1,33	14,70	1,16	31,01	795,70	1,58
9,32	1,62	75,02	459,11	0,91	11,12	1,08	92,52	340,58	1,10	12,92	1,46	116,53	564,14	1,36	14,72	1,16	29,51	783,19	1,58
9,34	1,57	75,02	457,11	0,93	11,14	1,02	84,52	352,08	1,08	12,94	1,44	112,03	568,14	1,36	14,74	1,17	28,51	773,19	1,59
9,36	1,64	73,02	437,60	0,93	11,16	0,97	75,52	351,58	1,07	12,96	1,51	106,03	599,65	1,36	14,76	1,20	29,01	767,19	1,57
9,38	1,70	70,52	326,07	0,94	11,18	0,93	67,52	376,59	1,11	12,98	1,72	101,03	682,66	1,37	14,78	1,23	30,51	765,19	1,59
9,40	1,60	74,52	311,07	0,93	11,20	0,92	60,02	396,59	1,11	13,00	2,04	94,02	842,70	1,37	14,80	1,33	31,51	775,19	1,59
9,42	1,31	55,51	280,06	0,94	11,22	0,92	55,51	423,10	1,11	13,02	2,20	85,02	945,72	1,38	14,82	1,47	31,51	789,69	1,62
9,44	1,66	73,52	184,54	0,95	11,24	0,93	54,51	422,60	1,08	13,04	2,25	74,52	865,70	1,37	14,84	1,62	33,01	792,70	1,59
9,46	1,60	81,52	201,54	0,94	11,26	0,99	52,01	435,60	1,10	13,06	2,28	71,52	793,69	1,40	14,86	1,76	35,51	796,19	1,60
9,48	1,55	86,02	237,05	0,93	11,28	1,01	52,01	469,11	1,10	13,08	2,27	76,02	859,70	1,40	14,88	1,87	39,01	805,69	1,59
9,50	1,49	90,52	343,08	0,97	11,30	1,13	50,51	456,11	1,10	13,10	2,22	85,52	949,23	1,41	14,90	1,96	44,51	819,19	1,59
9,52	1,47	92,52	439,60	0,95	11,32	1,21	46,51	477,61	1,10	13,12	2,15	92,52	982,23	1,40	14,92	2,12	47,01	781,18	1,62
9,54	1,56	85,52	402,59	0,96	11,34	1,29	47,01	486,12	1,10	13,14	2,21	90,02	896,71	1,41	14,94	2,15	55,01	773,18	1,62
9,56	1,52	84,52	433,10	0,93	11,36	1,35	47,51	480,11	1,11	13,16	2,22	94,52	841,70	1,40	14,96	2,21	64,52	774,68	1,62
9,58	1,63	76,52	417,10	0,95	11,38	1,40	50,01	489,12	1,10	13,18	2,19	102,53	908,22	1,40	14,98	2,23	74,52	786,18	1,62
9,60	1,72	71,52	424,10	0,93	11,40	1,37	47,01	466,61	1,11	13,20	2,32	101,53	990,24	1,40	15,00	2,28	83,02	790,68	1,60
9,62	1,72	70,52	496,61	0,94	11,42	1,60	51,51	406,10	1,11	13,22	2,43	94,52	1013,24	1,40					
9,64	1,73	62,52	441,59	0,94	11,44	1,66	59,02	413,09	1,11	13,24	2,65	82,02	993,74	1,40					
9,66	1,70	60,52	327,56	0,93	11,46	1,70	65,52	396,09	1,11	13,26	2,88	81,52	996,73	1,40					
9,68	1,65	65,52	288,55	0,93	11,48	1,68	75,52	410,10	1,11	13,28	2,77	95,52	1046,75	1,38					
9,70	1,62	68,52	255,06	0,93	11,50	1,51	91,52	514,62	1,12	13,30	2,83	88,52	795,18	1,38					
9,72	1,48	75,02	278,06	0,91	11,52	1,48	93,52	542,63	1,14	13,32	2,64	91,02	636,14	1,38					
9,74	1,40	79,52	285,56	0,93	11,54	1,52	91,02	551,63	1,12	13,34	2,41	105,03	621,14	1,41					
9,76	1,38	86,02	267,56	0,93	11,56	1,55	89,02	545,63	1,14	13,36	2,03	123,53	616,64	1,41					
9,78	1,34	90,52	263,56	0,93	11,58	1,60	87,52	547,63	1,14	13,38	1,79	124,03	636,64	1,41					
9,80	1,28	92,52	256,06	0,93	11,60	1,60	86,02	562,14	1,15	13,40	1,62	111,53	618,15	1,41					
9,82	1,23	94,02	239,55	0,93	11,62	1,63	80,52	604,65	1,15	13,42	1,94	107,03	632,14	1,42					
9,84	1,25	92,52	247,05	0,93	11,64	1,63	77,52	624,65	1,14	13,44	1,81	108,03	669,65	1,41					
9,86	1,25	90,52	252,06	0,95	11,66	1,65	75,02	604,15	1,15	13,46	1,73	95,02	720,67	1,40					
9,88	1,22	86,52	331,08	0,93	11,68	1,66	74,52	580,14	1,15	13,48	1,81	80,52	760,68	1,40					
9,90	1,23	84,52	310,07	0,94	11,70	1,63	77,02	586,64	1,16	13,50	2,02	72,52	830,70	1,41					
9,92	1,23	83,52	291,57	0,97	11,72	1,64	78,52	578,14	1,15	13,52	2,30	69,02	897,21	1,40					
9,94	1,22	82,52	295,57	0,97	11,74	1,62	82,02	583,64	1,16	13,54	2,57	63,52	878,21	1,41					
9,96	1,19	81,02	310,57	0,96	11,76	1,63	85,52	592,64	1,16	13,56	2,72	64,02	904,71	1,42					
9,98	1,25	78,52	306,57	0,96	11,78	1,61	89,52	613,65	1,15	13,58	2,91	65,02	906,20	1,42					
10,00	1,20	77,02	314,07	0,98	11,80	1,60	92,02	617,15	1,16	13,60	3,04	74,02	979,72	1,43					
10,02	1,21	77,02	319,57	0,97	11,82	1,60	90,52	581,14	1,18	13,62	3,11	85,02	1008,23	1,43					
10,04	1,25	74,52	309,57	1,00	11,84	1,49	89,52	553,63	1,17	13,64	3,13	99,53	998,73	1,43					
10,06	1,23	74,52	299,57	0,99	11,86	1,45	88,52	514,12	1,18	13,66	3,02	111,03	973,22	1,40					
10,08	1,22	75,52	291,57	0,98	11,88	1,39	88,52	509,62	1,18	13,68	2,90	116,53	924,71	1,40					
10,10	1,20	77,52	290,57	0,99	11,90	1,38	87,52	521,63	1,20	13,70	2,75	124,03	892,21	1,41					
10,12	1,17	78,52	310,57	0,99	11,92	1,38	84,52	522,13	1,20	13,72	2,51	130,53	881,71	1,42					
10,14	1,17	77,02	328,07	0,99	11,94	1,37	81,52	486,12	1,20	13,74	2,38	127,03	864,70	1,42					
10,16	1,18	76,52	343,58	0,99	11,96	1,34	79,52	506,62	1,21	13,76	2,24	129,53	896,71	1,43					
10,18	1,18	76,02	339,58	1,00	11,98	1,36	76,02	509,62	1,20	13,78	2,27	126,53	880,21	1,44					
10,20	1,17	77,52	341,08	1,00	12,00	1,39	71,02	495,12	1,21	13,80	2,22	126,03	885,21	1,43					
10,22	1,14	78,02	337,58	1,01	12,02	1,35	68,52	490,62	1,21	13,82	2,15	124,53	909,22	1,43					
10,24	1,14	78,02	331,58	1,02	12,04	1,30	64,52	500,12	1,21	13,84	2,10	118,53	886,21	1,43					
10,26	1,13	77,52	315,57	1,01	12,06	1,25	64,52	532,13	1,22	13,86	2,05	109,53	873,71	1,42					

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA

RIF. PROVA:	CPTU n°:
U16-14	CPTU2

COMMITTENTE: CMV SERVIZI S.R.L.
 CANTIERE: VIA Canne Cento (FE)
 DATA: 20/02/2014

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 15,00
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 0,60
 PREFORO (m da p.c.): 0,00



PROVA PENETROMETRICA STATICA

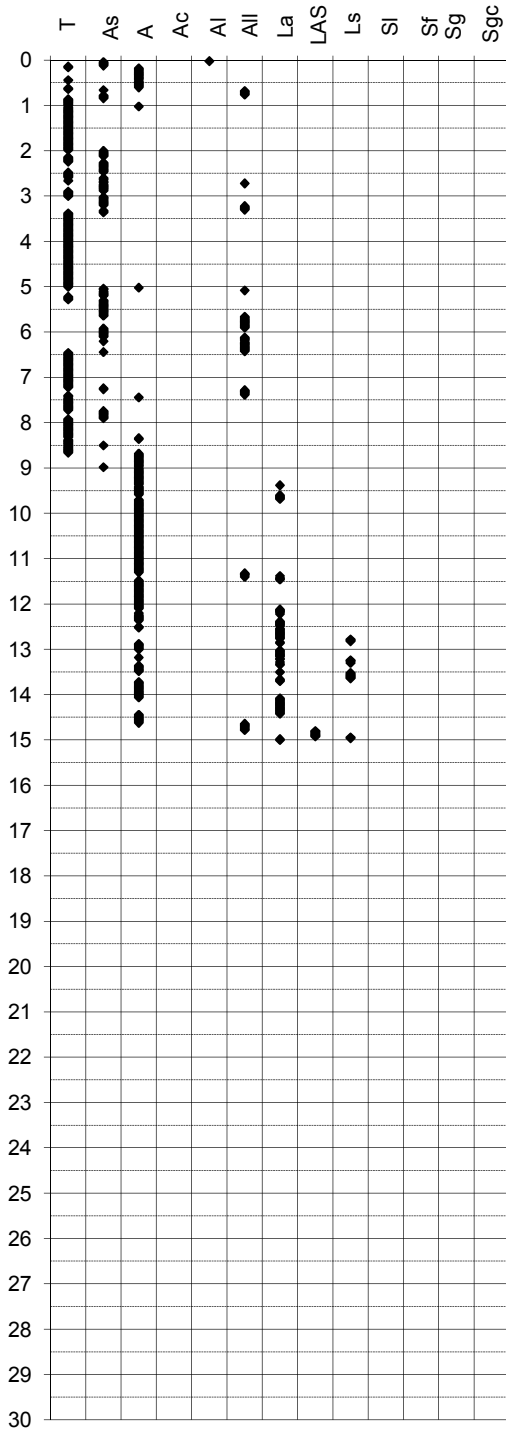
Identificativo	U16-14
Emissione	feb-14
Pagina	1 di 1

INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE

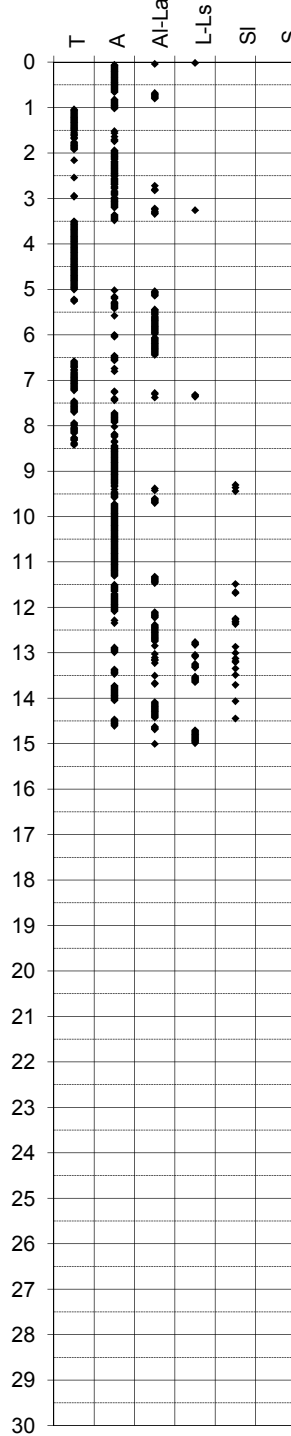
-Committente **CMV SERVIZI S.R.L.**
 -Cantiere **VIA Canne Cento (FE)**
 -Quota p.c. 11,60 m s.l.m.
 -Livello di falda 0,80 m da p.c.
 -Attrezzatura Punta elettrica con piezocono

-Prova n° **CPTU1**
 -Data prova **20/02/2014**
 -Prof. preforo m
 -Prof. finale **15,00 m**

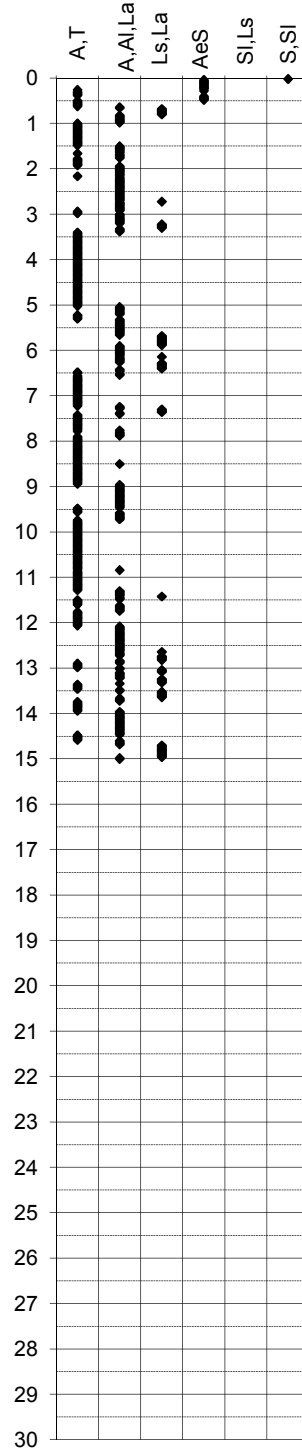
Douglas-Olsen (1981)



Robertson-Campanella(1983)



Olsen-Farr (1986)



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Identificativo	U16-14
Emissione	feb-14
Pagina	1 di 1

PARAMETRI GEOTECNICI

-Committente **CMV SERVIZI S.R.L.**
 -Cantiere **VIA Canne Cento (FE)**
 -Quota p.c. **11,60** m s.l.m.
 -Livello di falda **0,80** m da p.c.

-Prova n° **CPTU1**
 -Data prova **20/02/2014**
 -Prof. preforo **0,00** m
 -Prof. finale **15,00** m

DA m	A m	MATERIALI COESIVI											MATERIALI GRANULARI					
		qcm MPa	fsm MPa	deltaU MPa	litol. (-)	Peso Vol. kN/m3	Cu (qc) KPa	OCR (qc) (-)	OCR (U) (-)	M ₀ MPa	Eu50 MPa	CR (-)	Dr (%)	FI' _{DM} (°)	FI'Schm. (°)	E'25 MPa	M ₀ MPa	
0,0	1,0	0,83	0,04	0,03	AL	20,00	49	20	7	3,59	8,333	0,07	-	-	-	-	-	
1,0	8,5	0,52	0,03	0,17	A	17,50	26	6	4	1,74	5,503	0,18	-	-	-	-	-	
8,5	12,7	1,35	0,07	0,31	A	17,50	68	6	5	4,63	20,03	0,14	-	-	-	-	-	
12,7	15,0	2,06	0,08	0,71	AL	20,00	107	8	4	6,28	26,25	0,12	-	-	-	-	-	

ALLEGATI

Studi sismici della Regione Emilia Romagna

Ordinanza n. 70 del 13/11/2012 e cartografia di riferimento



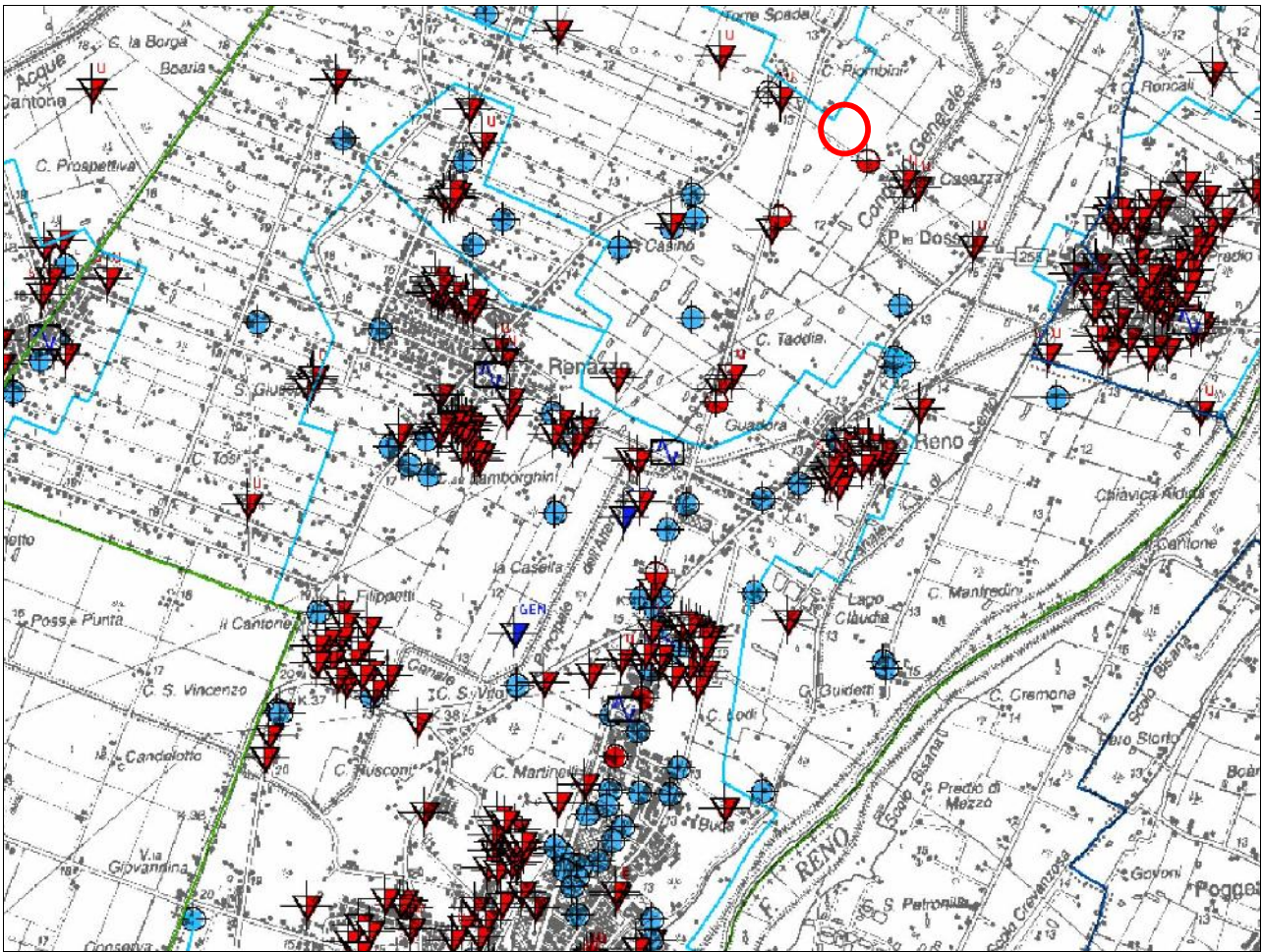
Assessorato Sicurezza Territoriale, Difesa del Suolo e della Costa, Protezione Civile
Assessorato Programmazione Territoriale, Urbanistica, Reti di infrastrutture materiali
e immateriali, Mobilità, Logistica e Trasporti

Ordinanza del Commissario delegato per la ricostruzione
n. 70 del 13 novembre 2012

MICROZONAZIONE SISMICA carta delle indagini

scala 1 : 100.000





Legenda

- | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--------------------|
| | T - affioramento naturale o scavo | | MASW - prova MASW | | ambito di studio |
| | ESAC - SPAC - array sismico | | DMT - prova dilatometrica | | limite comunale |
| | S - carotaggio continuo | | DPSH - prova dinamica con penetrom. superpesante | | limite provinciale |
| | HVS - misure di microtremore a stazione singola (HVS) | | DL - prova dinamica con penetrometro leggero (DPL) | | limite regionale |
| | PI - perforazione per ricerca idrocarburi | | DPM - prova dinamica con penetrometro medio | | |
| | PA - pozzo per acqua | | DP - prova dinamica con penetrometro pesante (DPH) | | |
| | SCPT - prova CPT con cono sismico | | DINGEN - prova dinamica generica | | |
| | CPT - prova CPT con punta elettrica | | SD - sondaggio a distruzione | | |
| | CPT - prova CPT con punta meccanica | | SEV - sondaggio elettrico verticale | | |
| | CH - prova CROSS HOLE | | SCPTU | | |
| | DH - prova DOWN HOLE | | SDMT | | |

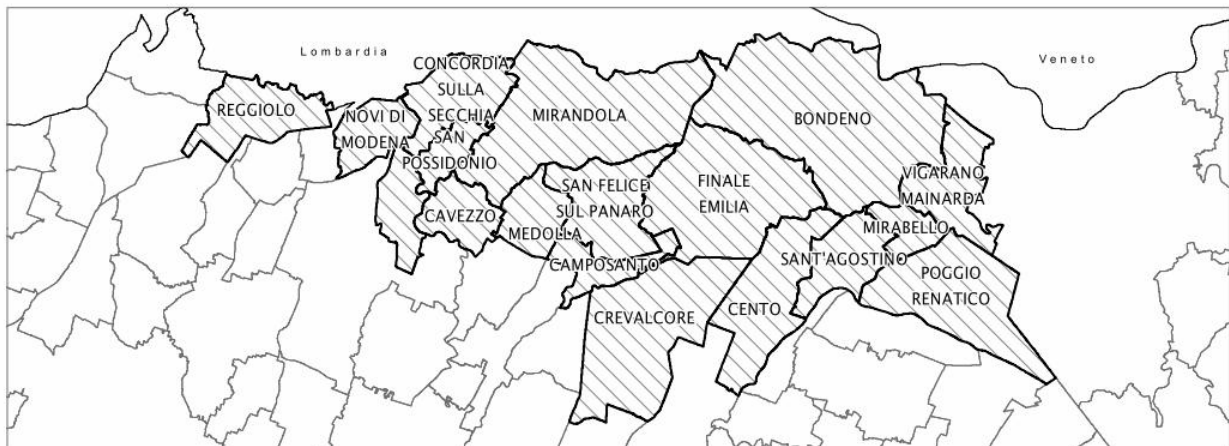


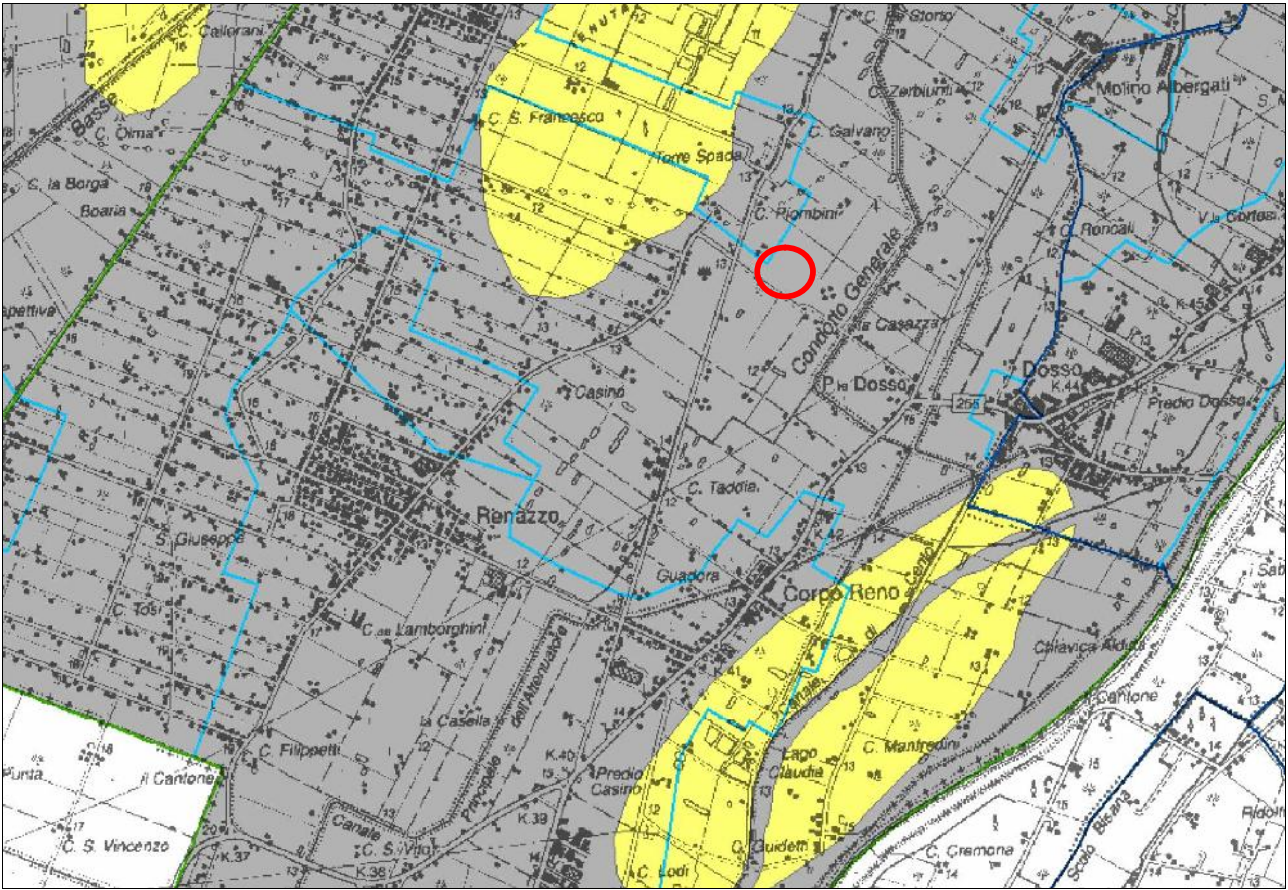
Assessorato Sicurezza Territoriale, Difesa del Suolo e della Costa, Protezione Civile
Assessorato Programmazione Territoriale, Urbanistica, Reti di infrastrutture materiali
e immateriali, Mobilità, Logistica e Trasporti

Ordinanza del Commissario delegato per la ricostruzione
n. 70 del 13 novembre 2012

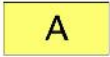
MICROZONAZIONE SISMICA carta geologica di superficie

scala 1 : 100.000





Legenda



A

Prevalenti terreni fini, limi e argille, di piana inondabile



S

prevalenti terreni sabbiosi di canale-argine e ventagli di rotta



ambito di studio



limite comunale



limite provinciale



limite regionale



Assessorato Sicurezza Territoriale, Difesa del Suolo e della Costa, Protezione Civile
Assessorato Programmazione Territoriale, Urbanistica, Reti di infrastrutture materiali
e immateriali, Mobilità, Logistica e Trasporti

Ordinanza del Commissario delegato per la ricostruzione
n. 70 del 13 novembre 2012

MICROZONAZIONE SISMICA carta delle frequenze naturali del terreno

scala 1 : 100.000





Assessorato Sicurezza Territoriale, Difesa del Suolo e della Costa, Protezione Civile
Assessorato Programmazione Territoriale, Urbanistica, Reti di infrastrutture materiali
e immateriali, Mobilità, Logistica e Trasporti



Provincia di
Ferrara



Comune di
Cento

Ordinanza del Commissario delegato per la ricostruzione
n. 70 del 13 novembre 2012

MICROZONAZIONE SISMICA

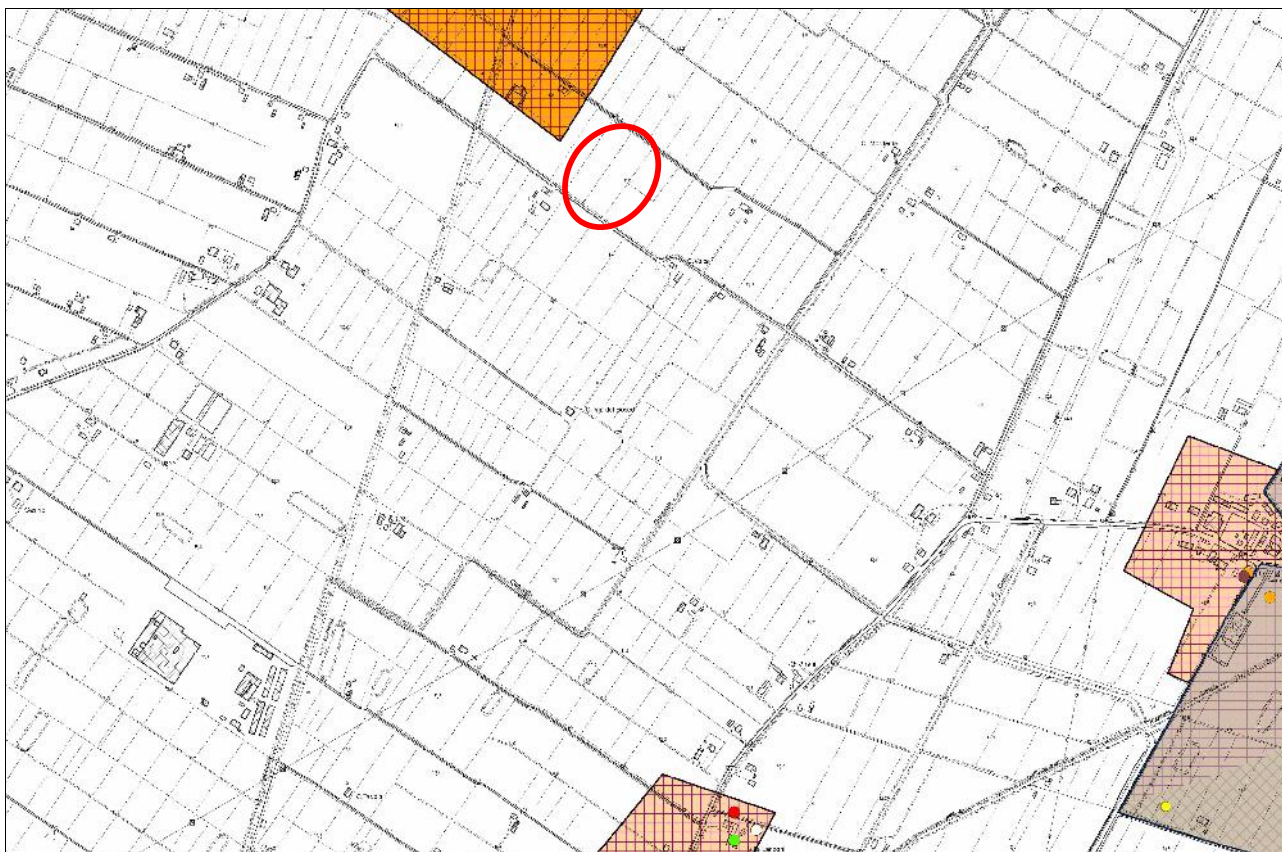
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

scala 1 : 10000

Versione 2.0 - 14/11/2013

Comune di CENTO (FE)(1° di 3)





Legenda

<div style="border: 1px solid black; background-color: #f4a460; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">A1</div>	<p>Zona suscettibile di amplificazione. Substrato a profondità ≥ 120 m</p>	<div style="border: 1px solid black; background-color: #f4a460; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">LQ1</div>	<p>Substrato a profondità ≥ 120 m Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna</p>
		<div style="border: 1px solid black; background-color: #f4a460; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">LQ2</div>	<p>Substrato a profondità ≥ 120 m Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna</p>
		<div style="border: 1px solid black; background-color: #f4a460; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">LQ1</div>	<p>Substrato a profondità < 120 m Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna</p>
		<div style="border: 1px solid black; background-color: #f4a460; padding: 2px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">LQ2</div>	<p>Substrato a profondità < 120 m Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna</p>

Prove geotecniche utilizzate per la stima della profondità degli orizzonti liquefacibili

- L1 - orizzonti liquefacibili (minimo 20 cm) presenti sotto falda già nei primi 5 m dal piano campagna
- L2 - orizzonti liquefacibili (minimo 1 m) presenti tra 5 m e 10 m dal piano campagna
- L3 - orizzonti liquefacibili (minimo 2 m) presenti tra 10 m e 15 m dal piano campagna
- L4 - orizzonti liquefacibili (minimo 2 m) presenti tra 15 m e 20 m dal piano campagna
- N - assenza di orizzonti liquefacibili (valutazione nei primi 20 m)
- X - dato non interpretabile
- punti di liquefazione

— fratture o allineamenti di punti di liquefazione



Assessorato Sicurezza Territoriale, Difesa del Suolo e della Costa, Protezione Civile
Assessorato Programmazione Territoriale, Urbanistica, Reti di infrastrutture materiali
e immateriali, Mobilità, Logistica e Trasporti



Ordinanza del Commissario delegato per la ricostruzione
n. 70 del 13 novembre 2012

MICROZONAZIONE SISMICA

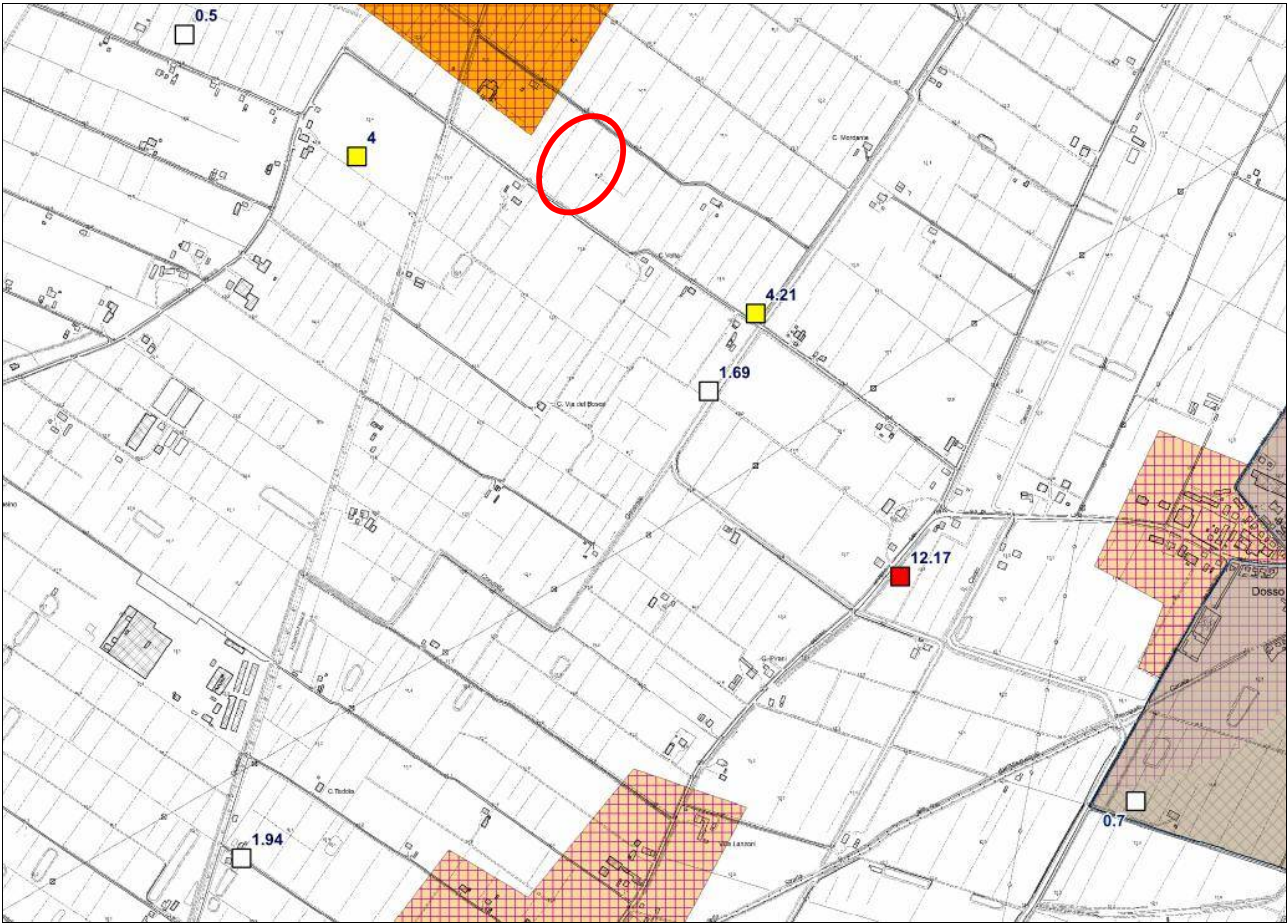
Carta dei fattori di amplificazione e del rischio di liquefazione

scala 1 : 10000

Versione 1.0 - 14/11/2013

Comune di CENTO (FE)(1° di 3)





Legenda

<p>A1 Zona suscettibile di amplificazione. FAPGA = 1.5 FH 0.1 - 0.5s = 1.8 FH 0.5 - 1.0s = 2.5 Stima con abachi DAL 112/2007</p>	<p>LQ1 FAPGA = 1.5; FH 0.1 - 0.5s = 1.8; FH 0.5 - 1.0s = 2.5 Stima con abachi DAL 112/2007 Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna</p>
<p>LQ2 FAPGA = 1.5; FH 0.1 - 0.5s = 1.8; FH 0.5 - 1.0s = 2.5 Stima con abachi DAL 112/2007 Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna</p>	<p>LQ1 FAPGA = 1.7; FH 0.1 - 0.5s = 1.9; FH 0.5 - 1.0s = 2.6 Stima con abachi DAL 112/2007 Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna</p>
<p>LQ2 FAPGA = 1.7; FH 0.1 - 0.5s = 1.9; FH 0.5 - 1.0s = 2.6 Stima con abachi DAL 112/2007 Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna</p>	

Valore dell'Indice di Liquefazione (IL: classificazione secondo Sonmez, 2003).

stima IL 10 m		stima IL 15-20 m	
1.2 ◇	Rischio di liquefazione basso (0.0 < IL < 2.0)	□ 1.5	
2.8 ◇	Rischio di liquefazione moderato (2.0 <= IL < 5.0)	■ 3.3	
5.4 ◇	Rischio di liquefazione elevato (5.0 <= IL < 15.0)	■ 6.4	

Per ogni verticale di verifica è riportato il valore puntuale di IL



Assessorato Sicurezza Territoriale, Difesa del Suolo e della Costa, Protezione Civile
Assessorato Programmazione Territoriale, Urbanistica, Reti di infrastrutture materiali
e immateriali, Mobilità, Logistica e Trasporti



Provincia di
Ferrara



Comune di
Cento

Ordinanza del Commissario delegato per la ricostruzione
n. 70 del 13 novembre 2012

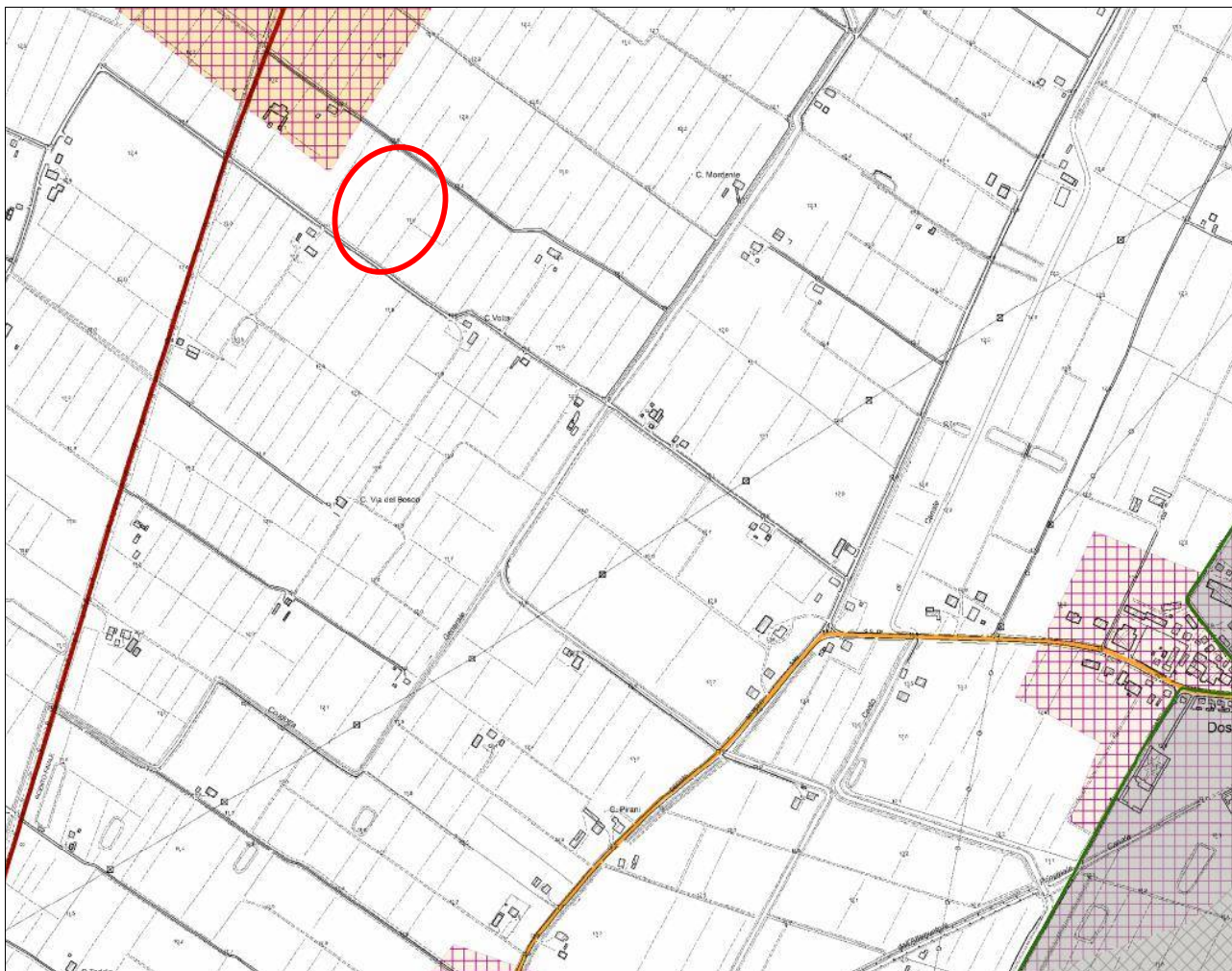
Confronto tra la Microzonazione Sismica e l'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza

scala 1 : 10000

Versione 1.0 - 14/11/2013

Comune di CENTO (FE)(1° di 3)





Legenda

A1 Zona suscettibile di amplificazione
FAPGA = 1.5
FH 0.1 - 0.5s = 1.8
FH 0.5 - 1.0s = 2.5
Stima con abachi DAL 112/2007

LQ1 FAPGA = 1.5; FH 0.1 - 0.5s = 1.8; FH 0.5 - 1.0s = 2.5
Stima con abachi DAL 112/2007
Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna

LQ2 FAPGA = 1.5; FH 0.1 - 0.5s = 1.8; FH 0.5 - 1.0s = 2.5
Stima con abachi DAL 112/2007
Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna

LQ1 FAPGA = 1.7; FH 0.1 - 0.5s = 1.9; FH 0.5 - 1.0s = 2.6
Stima con abachi DAL 112/2007
Presenza di terreni suscettibili di liquefazione già nei primi 10 m dal piano campagna

LQ2 FAPGA = 1.7; FH 0.1 - 0.5s = 1.9; FH 0.5 - 1.0s = 2.6
Stima con abachi DAL 112/2007
Presenza di terreni suscettibili di liquefazione tra 10 e 20 m dal piano campagna

Sistema di gestione dell'emergenza

	Edificio strategico		Aggregato strutturale interferente
	Area di emergenza (AMMASSAMENTO)		Unità strutturale interferente
	Area di emergenza (RICOVERO)		Unità strutturale non interferente
	Infrastruttura di connessione		Limiti amministrativi comunali
	Infrastruttura di accessibilità		