



Studio Servizi Tecnici
Settore geologia e ambiente

DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE

Via Roma, 10

44021 CODIGORO (Ferrara)

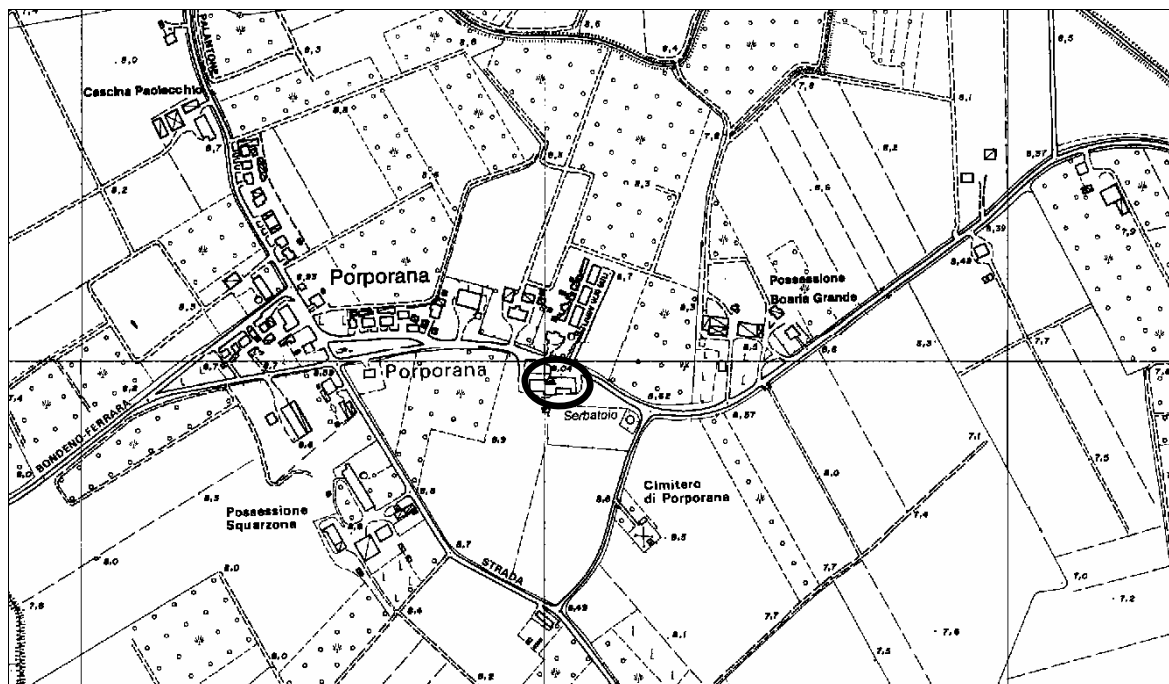
Tel e fax. 0533 / 713798 cell. 335-5240380

E-mail: thomas.veronese@tin.it

MODELLAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA

Comune Ferrara

Progetto di adeguamento sismico di fabbricato ad uso abitativo, Canonica di Porporana sita in via Martelli n. 315 a Porporana di Ferrara; riferimenti catastali foglio 10 mappale 5 del comune di Ferrara (Fe).



COMMITTENTE: Parrocchia della conversione di S. Paolo – Don Graziano Donà
Canonica di Porporana
Via Martelli n. 315
44123 Porporana (Fe)

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	5
2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI.....	6
2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI.....	7
3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI.....	7
3.1 DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA.....	7
<i>Categoria di suolo</i>	8
<i>Parametri sismici secondo "D.M. 14 gennaio 2008"</i>	10
<i>Magnitudo di progetto</i>	14
3.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE	15
3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI	18
4. MODELLAZIONE GEOTECNICA	19
4.1. ACQUISIZIONE DATI CON PROVA PENETROMETRICA STATICA	22
4.2. FONDAZIONI SUPERFICIALI	24
4.2.1. <i>CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE Rd</i>	24
CEDIMENTI.....	27



Fase di esecuzione prova penetrometrica statica

1. PREMESSA

Su incarico della Parrocchia della conversione di S. Paolo – Don Graziano Donà, si redige lo studio per ricostruire la modellazione geologica e geotecnica per il progetto di *“adeguamento sismico di due fabbricato ad uso abitativo, Canonica di Porporana”* sita in via Martelli n. 315 a Porporana di Ferrara; riferimenti catastali foglio 10 mappale 5 del comune di Ferrara (Fe).

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

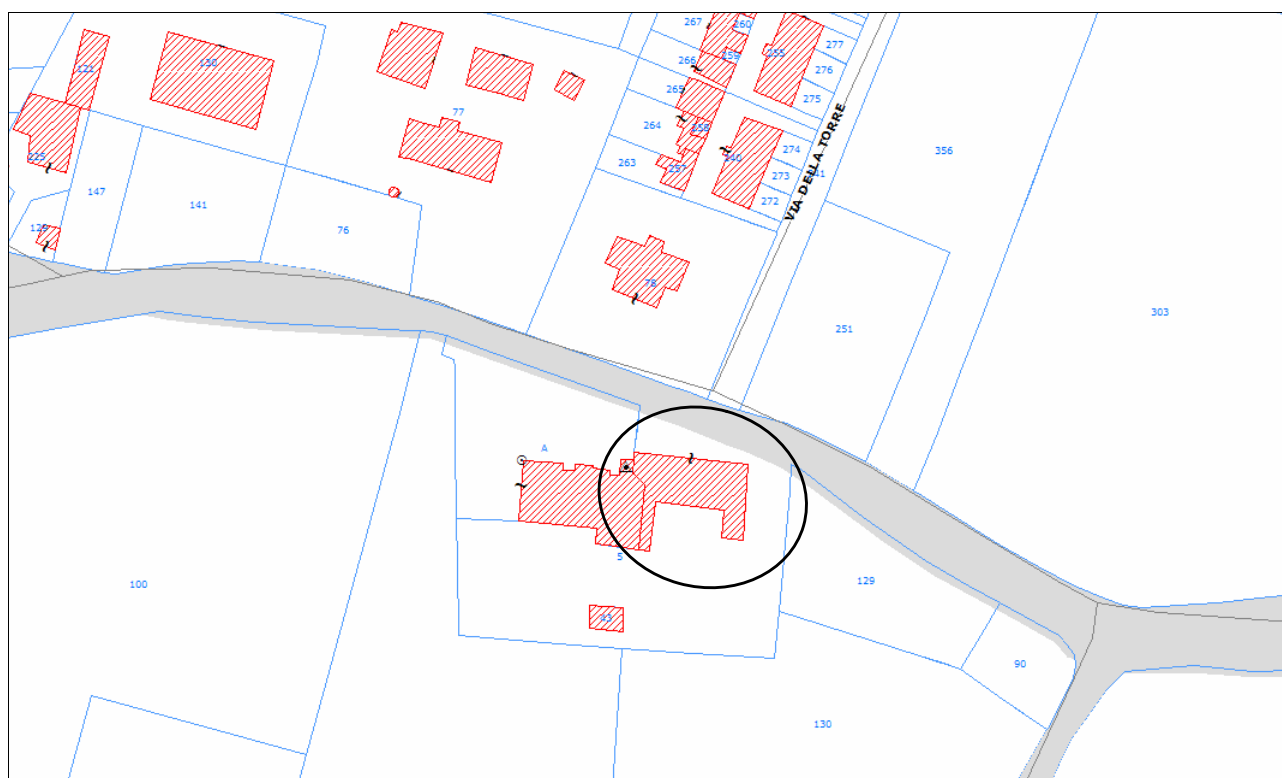
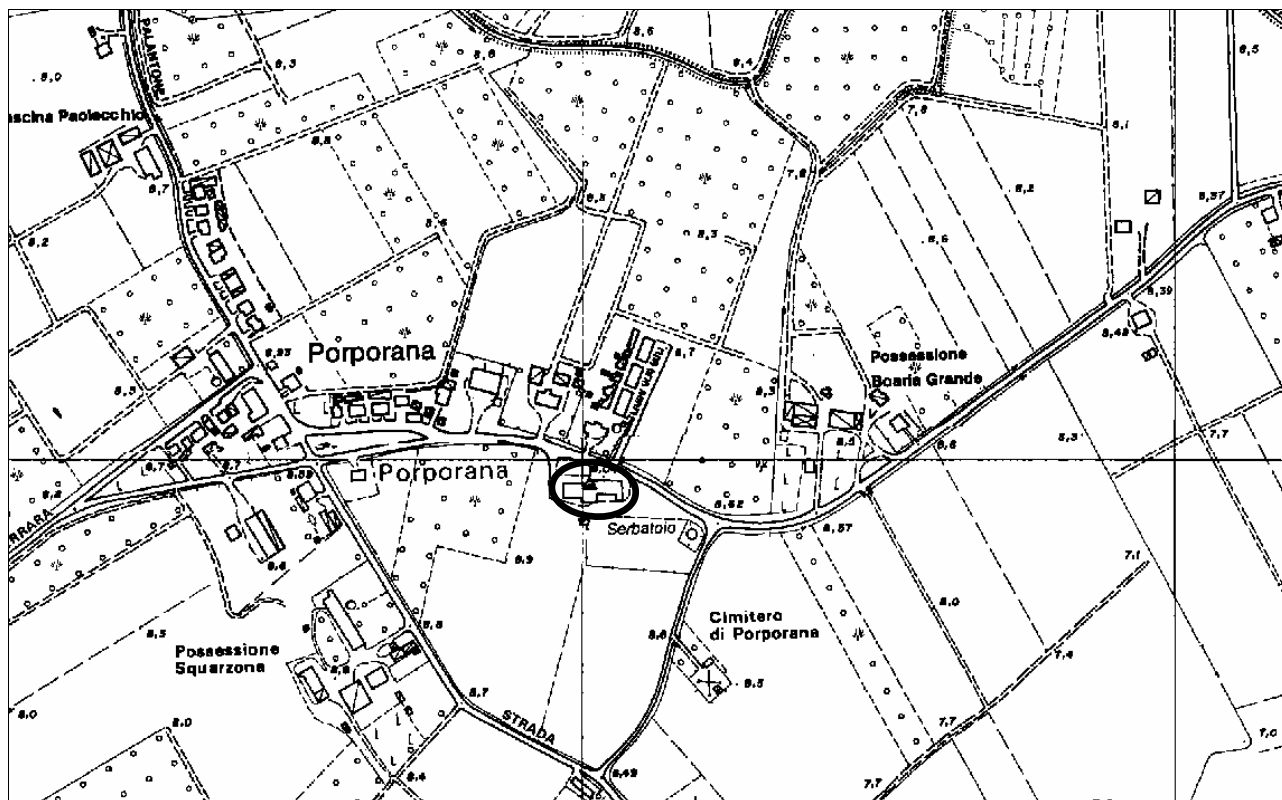


FIGURA 1.1 – Planimetria dell'area di intervento a Ferrara

Normativa e Raccomandazioni di riferimento

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

2. MODELLAZIONE GEOLOGICA

2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA

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

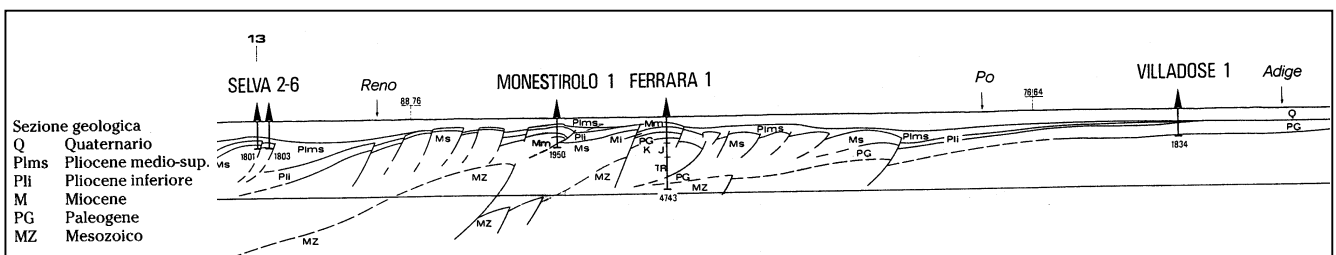


FIGURA 2.1 – Principali strutture del substrato della Padania; ben visibile in sezione la Dorsale Ferrarese.

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

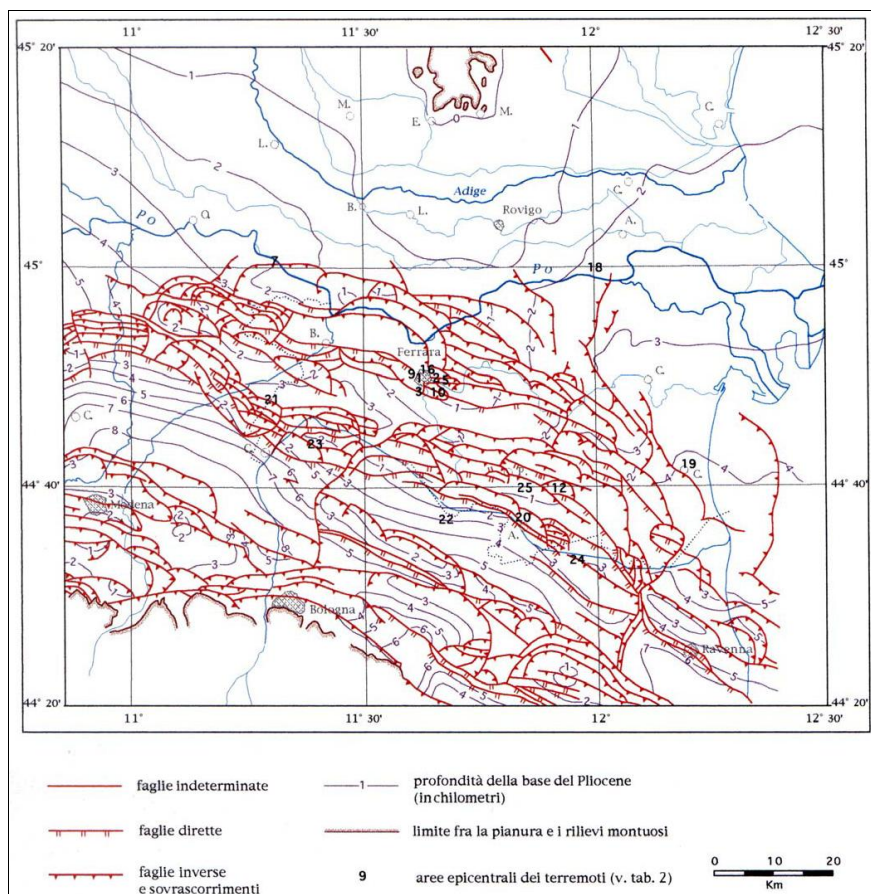


FIGURA 2.2 – Carta strutturale della Pianura Padana orientale (Pieri e Groppi, 1981, CNR,1992)

Si fa inoltre presente che il territorio comunale di Ferrara in cui è ubicato il sito allo studio, ricade all'esterno della zona sismogenetica 912 (FIGURA 2.3), di fatto è posizionato in una zona di transito in adiacenza alla Dorsale Ferrarese.

La zonizzazione sismica ZS9 pone come magnitudo attesa massima nella zona sismogenetica 912 il valore di $M = 6,14$; in questa zona è previsto che si verifichino sismi con energie più basse, di Magnitudo non superiori a 5,6.

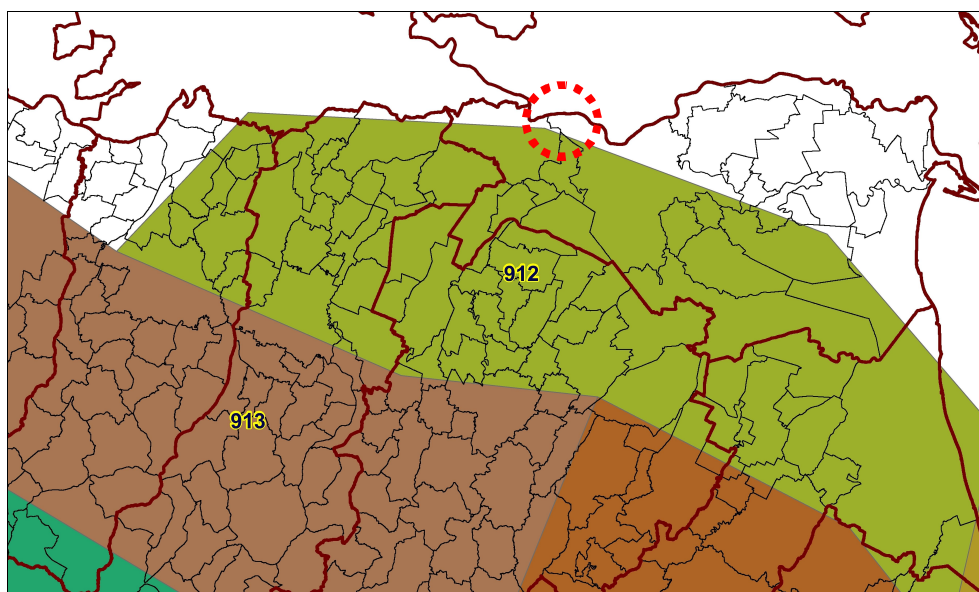


FIGURA 2.3 - Mappa delle aree sismogenetiche dell'Italia Settentrionale, con dettaglio ricostruito dallo scrivente per il territorio provinciale di Ferrara.

2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI

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

Nell'attuale configurazione fisica del territorio sono riconoscibili le tracce sia della sua evoluzione naturale che quella operata dall'uomo.

Tra le più evidenti e più importanti nel disegnare l'assetto morfologico si possono elencare i paleoalvei, i coni di esondazione, i cordoni dunari testimoni della veloce progradazione verso est della linea di costa, ed infine si individuano quelle aree particolarmente depresse che erano sede di bacini palustri.

Per ogni struttura geomorfologica corrisponde, in linea di massima, una caratteristica classe litologica; la granulometria e la storia tensionale, strettamente legata alla storia geologica, ne condizionano le caratteristiche meccaniche ed idrauliche.

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

Per la validazione del modello geologico è stata eseguita una campagna di indagine per la ricostruzione di un modello del terreno che permetta di definire al meglio la stratigrafia del sottosuolo dell'area in esame, consistente in una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU1 con *rif. U67-13*, spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c..

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

- da p.c. fino a -0,50 m da p.c. uno strato di terreni costituiti da sedimenti prevalentemente coesivi sovraconsolidati per essiccamento con un valore di resistenza alla punta medio R_p di 40,6 kg/cm²,
- da -0,50 m da p.c. fino a -2,00 m da p.c. terreni costituiti da sedimenti prevalentemente coesivi sovraconsolidati per essiccamento con un valore di resistenza alla punta medio R_p di 24,7 kg/cm²,
- da -2,00 m da p.c. fino a -4,20 m da p.c. un banco costituito da sedimenti prevalentemente coesivi consistenti con un valore di resistenza alla punta medio R_p di 11,5 kg/cm²,
- da -4,20 m da p.c. fino a -10,00 m da p.c. uno strato di terreni costituiti da sedimenti prevalentemente granulari moderatamente addensati con un valore di resistenza alla punta medio R_p di 56,9 kg/cm²,
- da -10,00 m da p.c. fino a -14,00 m da p.c. terreni costituiti da sedimenti prevalentemente granulari addensati con un valore di resistenza alla punta medio R_p di 122,7 kg/cm²,
- da -14,00 m da p.c. fino a -30,00 m da p.c. (massima profondità d'investigazione) un banco di sedimenti prevalentemente granulari molto addensati con un valore di resistenza alla punta medio R_p di 214,1 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.

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 alle dominanti alluvioni distali del fiume Po. Generalmente in quest'area prevalgono sedimenti alluvionali di piana alluvionale, depositatisi in ambiente di bassa energia idrodinamica, dunque prevalentemente si rinvencono terreni coesivi. A ridosso e sopra i paleoalvei, prevalgono sedimenti di alta energia idrodinamica, caratterizzati da sabbie e limi. Nelle aree più distanti, prevalgono invece sedimenti di bassa energia idrodinamica, quali argille e argille limose, come quella in esame.

Si propone nella FIGURA 2.4 uno stralcio della *Carta geomorfologica di Ferrara*, dove si possono notare le forme geomorfologiche sopra citate e come il sito allo studio sia collocato su depositi di rotta fluviale o di tracimazione di un paleoalveo secondario di ubicazione incerta.

Le litologie presenti non possono 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.

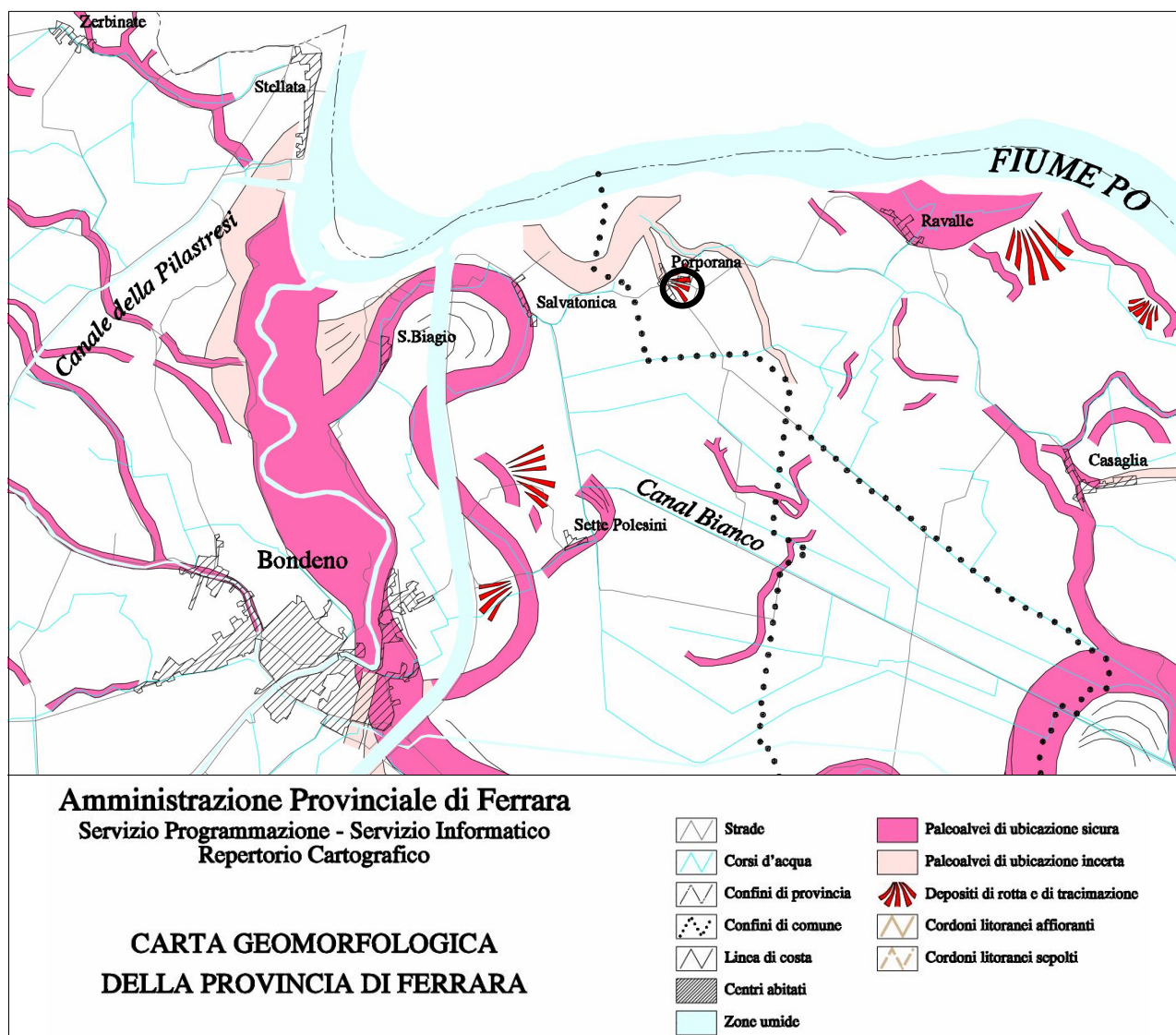


FIGURA 2.4 – Stralcio della Carta Geomorfologica del territorio comunale di Ferrara

2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI

Nell'area è stata rilevata la quota della superficie di falda nel foro di esecuzione della prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU1 con rif. U67-13. Tale quota, in data 10/07/2013 era a -3,80 m dal p.c..

L'area in esame è posta a quote che oscillano tra +8,30 m s.l.m. fino a -8,60 m s.l.m... Questa area presenta un assetto idrogeologico di tipo artificiale con una rete di canali di scolo che convergono ad impianti idrovori.

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 lo Scolo Roncagallo situato a sud rispetto all'abitato di Porporana.

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

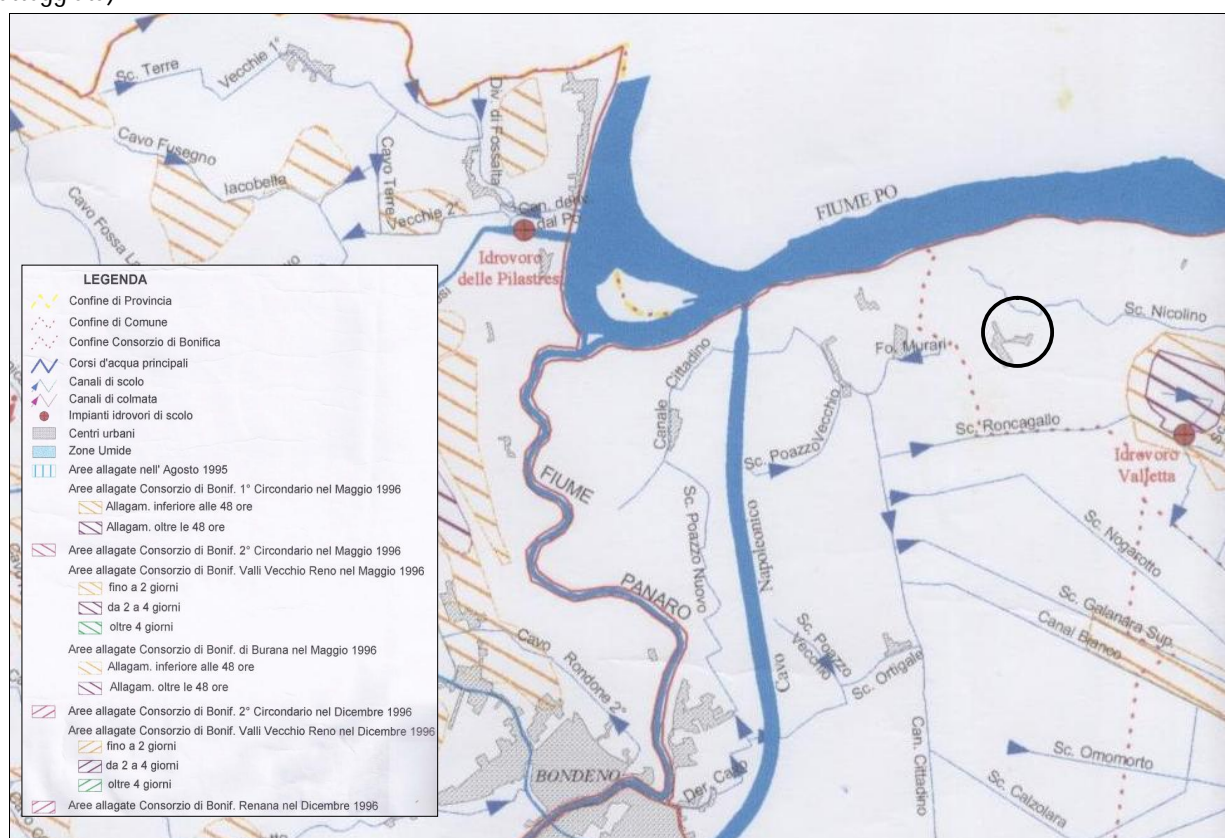


FIGURA 2.5 - Carta delle aree allagate in seguito a piogge intense negli anni 1995 e 1996
(Amministrazione provinciale di Ferrara)

3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

3.1 DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA

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

Categoria di suolo

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

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

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, mediante la realizzazione di una prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU con *rif. U67-13* spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c..

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

In FIGURA 3.1 è riportato uno stralcio catastale con l'ubicazione della prova SCPTU1 svolta in sito.

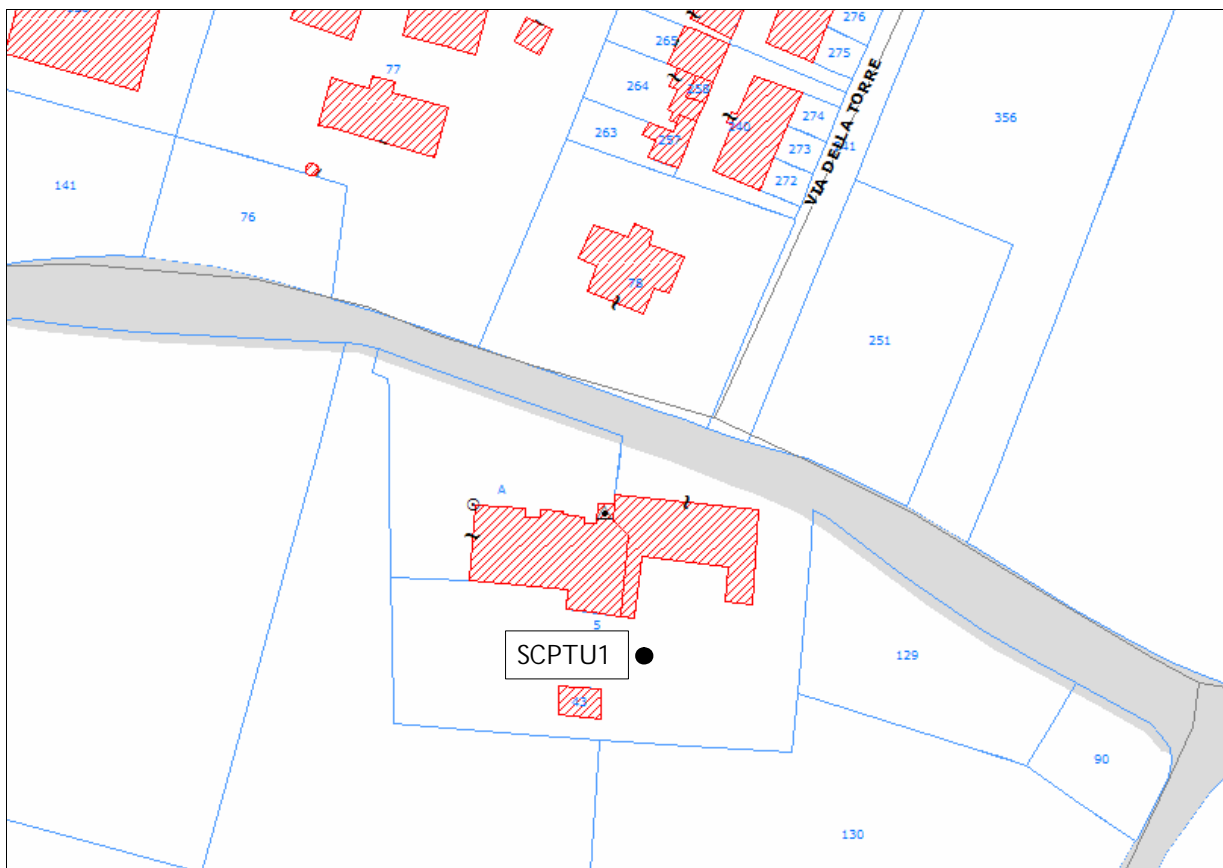


FIGURA 3.1 – Stralcio catastale con ubicazione prova

La prova consiste nell'inserire sulla punta elettrica della prova penetrometrica elettrica dei ricevitori (geofoni) che con opportuna strumentazione e una sorgente di onde in superficie possono essere misurati, a profondità diverse, in questo caso ogni 5,00 metri, i tempi di arrivo delle onde sismiche fra la superficie (sorgente) ed i ricevitori (in profondità), analogamente a quanto avviene con il metodo geofisico cosiddetto "downhole".

La punta utilizzata prende il nome di Piezocono G1-CPL2IN (FIGURA 3.2).

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

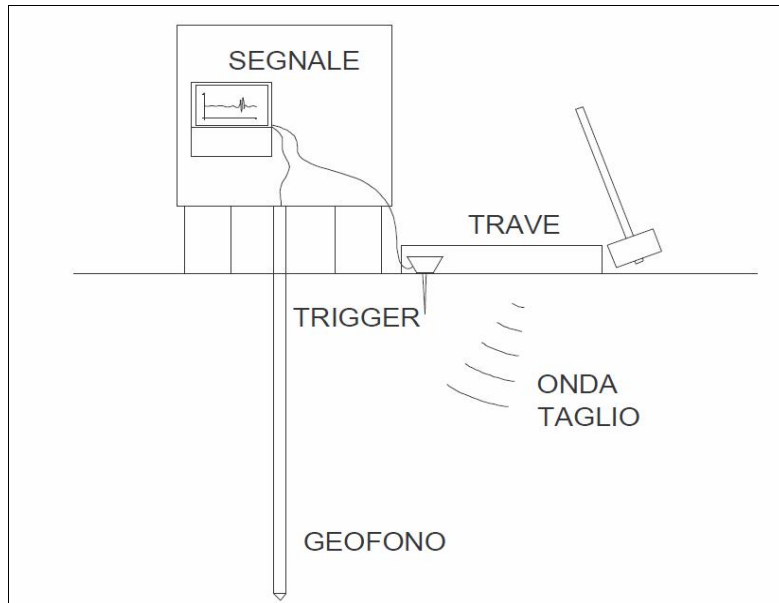


FIGURA 3.2 – Rappresentazione grafica della prova penetrometrica con piezocono sismico

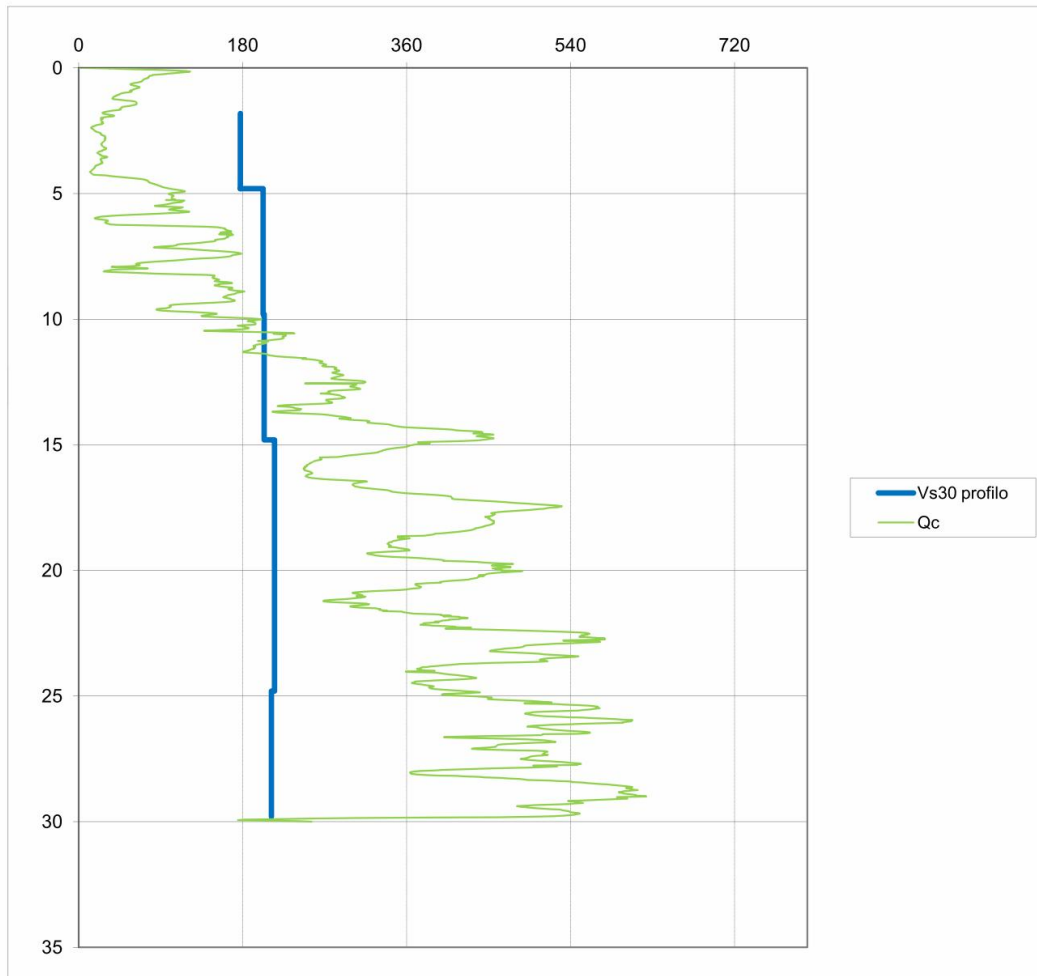
Durante la realizzazione della prova penetrometrica statica con punta elettrica e sismocono SCPTU1 con rif. U67-13 sono state realizzate letture dirette dei tempi di arrivo delle onde di taglio S ad intervalli regolari.

Attraverso questo strumento è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde S alle diverse profondità investigate consentendo di ricostruire il profilo sismico verticale delle onde di taglio.

Successivamente viene riportata l'elaborazione grafica della prova SCPTU1 eseguita in sito.

Distanza verticale centro sorgente	$\Delta = 0,25$ m						Distanza geofono punta (m)	$\Delta L = 0,2$ m		
Profondità punta (m)	Profondità geofono (m)	Profondità corretta (m)	Tempo di arrivo (mSec)	Tempo picco basso (mSec)	Tempo picco alto (mSec)	Tempo di arrivo Vsi (m/sec)	Picco basso Vsi (m/sec)	Picco alto Vsi (m/sec)	MEDIA (m/sec)	
2	1,800	1,817	8,607	10,565	13,525					
5	4,800	4,807	25,462	28,721	31,410	177,35	164,64	167,14	169,71	
10	9,800	9,803	50,136	52,969	56,557	202,51	206,07	198,70	202,42	
15	14,800	14,802	74,688	77,147	81,256	203,61	206,76	202,39	204,25	
20	19,800	19,802	97,951	101,639	105,738	214,91	204,13	204,21	207,75	
25	24,800	24,801	121,232	124,426	128,014	214,75	219,41	224,44	219,54	
30	29,800	29,801	144,862	147,498	150,456	211,59	216,70	222,79	217,03	

Vs30 =	207	206	206	206
--------	-----	-----	-----	-----



Il valore di V_{s30} calcolato risulta: $V_{s30} = 207$ m/s e quindi la Categoria di suolo è C.

$V_{s30} = 207$ 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 a questa zona del comune di Ferrara un valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo appartenente agli intervalli 0,100g – 0,125g, con $T=0$, su suolo rigido ($V_{s30}>800$ m/sec) e con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Secondo il vigente D.M., gli spettri di risposta rappresentano delle

componenti (orizzontale e verticale) delle azioni sismiche di progetto di un generico sito del territorio nazionale.

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

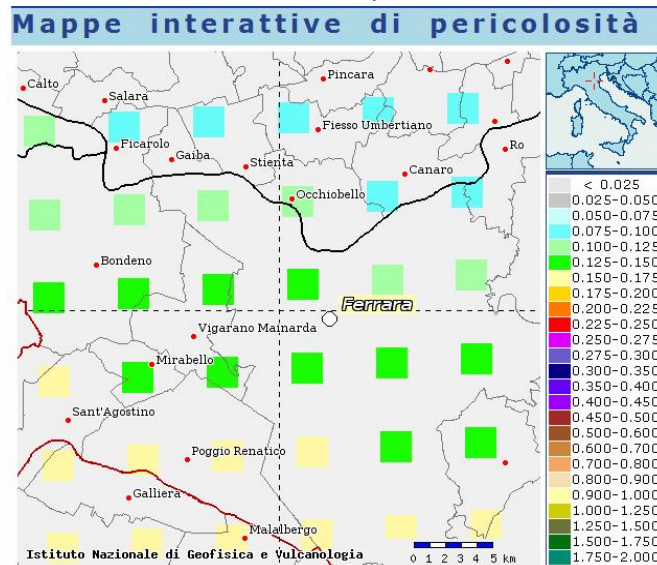


FIGURA 3.3 – Carta pericolosità sismica, da progetto DCP – INGV – S1. fonte: <http://esse1-gis.mi.ingv.it>

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

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

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

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

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

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

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

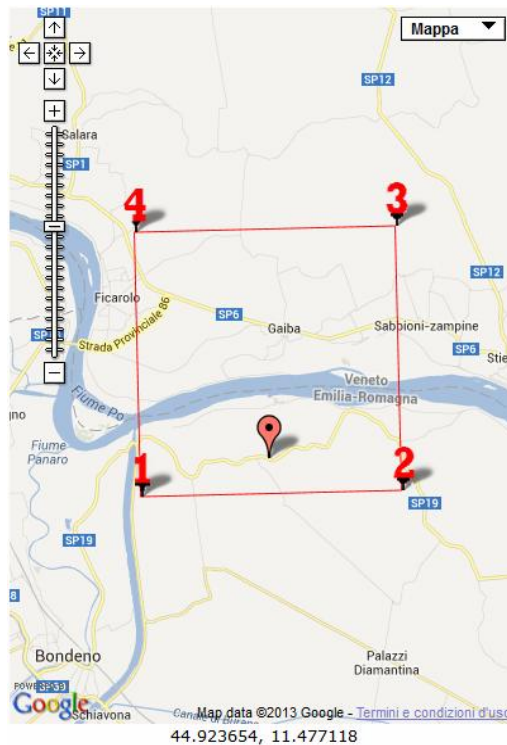


FIGURA 3.4 – Vertici della griglia di riferimento.

Si valutano i parametri spettrali ag , $F0$ 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).

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,924581
longitudine: 11,478115
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 14956	Lat: 44,9174	Lon: 11,4440	Distanza: 2803,055
Sito 2	ID: 14957	Lat: 44,9185	Lon: 11,5145	Distanza: 2943,979
Sito 3	ID: 14735	Lat: 44,9685	Lon: 11,5129	Distanza: 5600,676
Sito 4	ID: 14734	Lat: 44,9673	Lon: 11,4423	Distanza: 5526,490

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente c_u : 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,034	g
Fo:	2,558	
Tc*:	0,241	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	50	[anni]
ag:	0,041	g
Fo:	2,569	
Tc*:	0,274	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	475	[anni]
ag:	0,109	g
Fo:	2,584	
Tc*:	0,288	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	975	[anni]
ag:	0,144	g
Fo:	2,582	
Tc*:	0,290	[s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss:	1,500
Cc:	1,680
St:	1,000
Kh:	0,010
Kv:	0,005
Amax:	0,500
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,500
Cc:	1,610
St:	1,000
Kh:	0,012
Kv:	0,006
Amax:	0,600
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,500
Cc:	1,580
St:	1,000
Kh:	0,039

Kv: 0,020
Amax: 1,607 (Amax/g=0,164)
Beta: 0,240
SLC:
Ss: 1,480
Cc: 1,580
St: 1,000
Kh: 0,051
Kv: 0,026
Amax: 2,086
Beta: 0,240

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 $M = 6,14$. Il sito allo studio, ricade all'esterno dell'area sismogenetica 912, di fatto è posizionato in una zona di transito in adiacenza alla Dorsale Ferrarese. Nei tempi storici erano stati stimati eventi con magnitudo di 5,6 per il territorio comunale di Ferrara.

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 5,9.

Magnitudo di progetto
 $M = 5,9 \text{ Mw}$

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

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

3.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

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

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

1. Eventi sismici attesi di magnitudo di momento 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 3.6 da distinguere i materiali in funzione del coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ o $U_c > 3,5$.

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

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

7. Un ulteriore motivo di esclusione dalla verifica di liquefazione è dato dal valore della densità relativa 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.

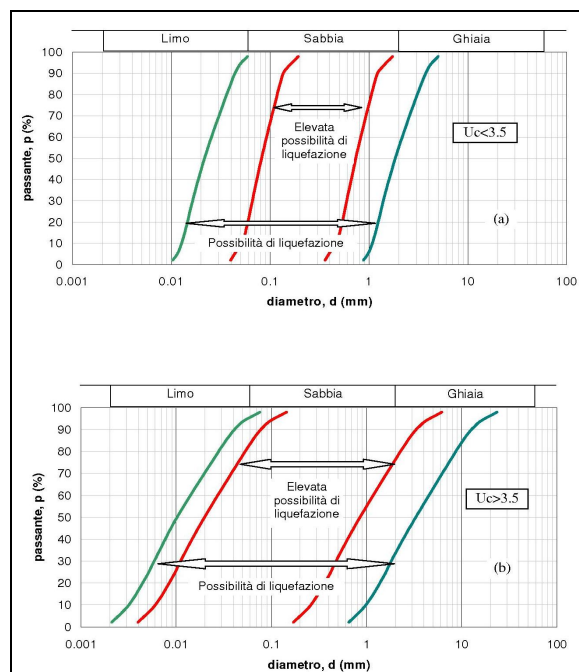


FIGURA 3.6 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno

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 CPTU1 con *rif. U67-13* spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c..

Per questo calcolo si è considerata una magnitudo di 5,9 e un'accelerazione di progetto di $0,16g$

Utilizzando i dati di input (D.M. 14 gennaio 2008) visualizzati in FIGURA 3.7, se ne deduce che nell'area di studio il fenomeno della liquefazione non è un effetto di sito atteso.

Project title :

Location : Porporana Fe

CPT file : Certificati CPTU1

Input parameters and analysis data

Analysis method:	NCEER (1998)	G.W.T. (in-situ):	3.80 m	Use fill:	No	Clay like behavior	
Fines correction method:	NCEER (1998)	G.W.T. (earthq.):	3.80 m	Fill height:	N/A	applied:	Sands only
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth applied:	Yes
Earthquake magnitude M_w :	5.90	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	Limit depth:	20.00 m
Peak ground acceleration:	0.16	Unit weight calculation:	Based on SBT	K_0 applied:	Yes		

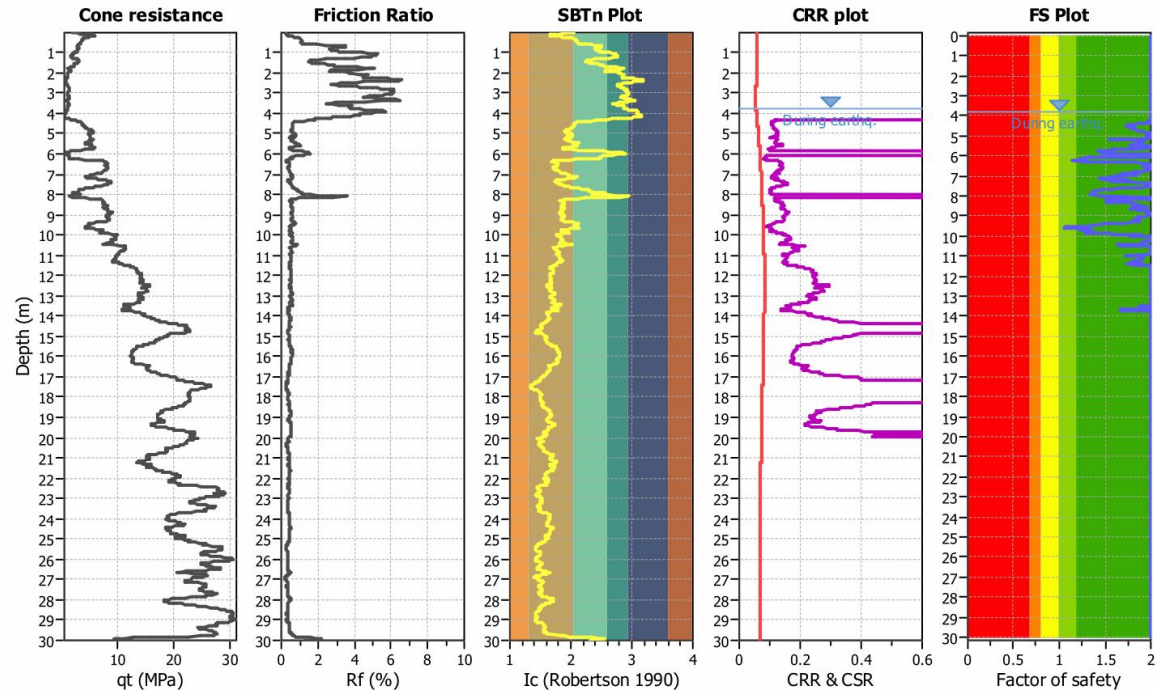


FIGURA 3.7: Dati input e metodi di calcolo adottati secondo D.M. 14 gennaio 2008

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

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

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

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

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

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

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

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

Con il software si calcola nei primi 20,00 m, il valore del potenziale di liquefazione per tutti gli strati incoerenti, in questo caso il valore è pari a 0,00.

In base alla Tabella 3.2 e 3.3 si può affermare che i terreni non risultano essere liquefacibili.

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

Tabella 3.2 – Classificazione indice potenziale liquefazione

CPTU	Potenziale Liquefazione I_{PL}
CPTU1	0,00

Tabella 3.3 – Indice potenziale liquefazione calcolato per la CPTU1

3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI

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 con punta elettrica CPTU1 con rif. U67-13 spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c..

Dalle elaborazioni informatiche, si ricava che con una Magnitudo di 5,9 e accelerazione P.G.A. di 0,16g, nessuno dei livelli ha il fattore di resistenza alla liquefazione inferiore a 1,25 (EC-8), non determinando cedimenti post sismici nei terreni granulari (Tabella 3.4).

CPTU	Cedimenti postsismici (cm)
CPTU1	0,32

Tabella 3.4 – Cedimenti post-sismici

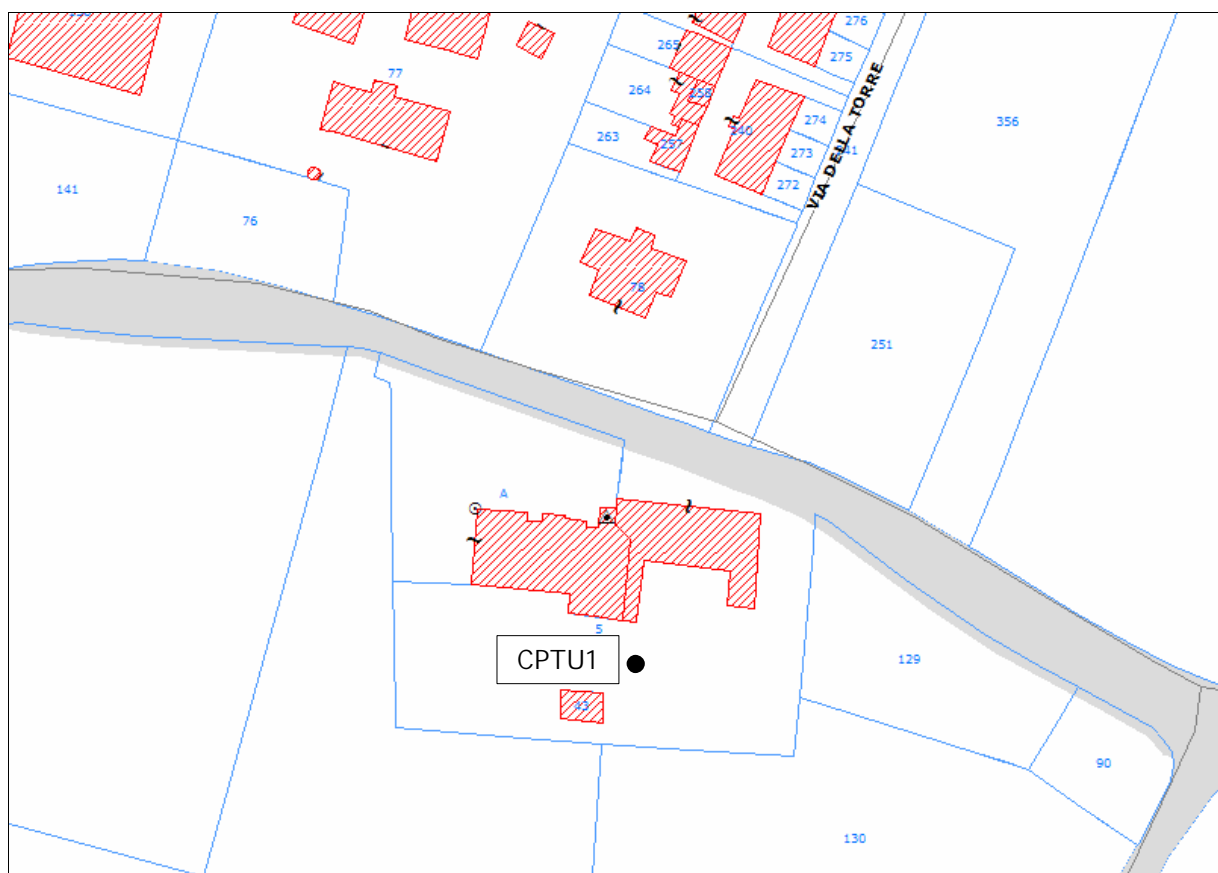
4. MODELLAZIONE GEOTECNICA

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

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

E' dunque stata considerata la prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU1, spinta fino alla profondità di -30,00 m da p.c., con *rif. U67-13* effettuata sul lotto in oggetto.

In FIGURA 4.1 viene riportato uno stralcio catastale con l'ubicazione della prova CPTU eseguita in sito e le piante della parrocchia oggetto di adeguamento.



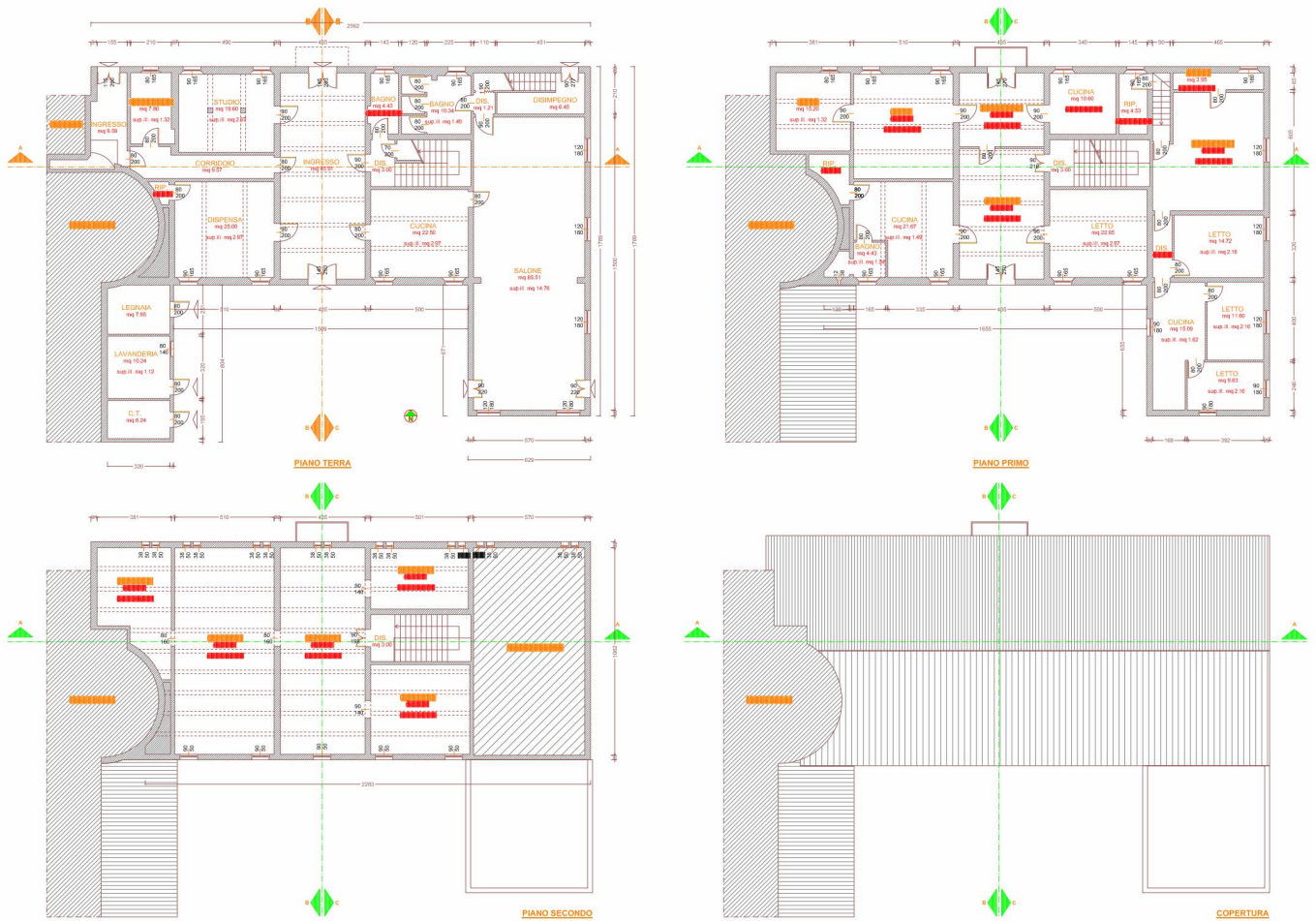


FIGURA 4.1 – Stralcio catastale con ubicazione prava – Piante di progetto

Negli Allegati sono inserite, per la CPTU eseguite, le seguenti schede: a) diagrammi di resistenza, b) letture di campagna, c) tabelle parametri geotecnici.

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

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

dove H è la profondità a cui si spinge il cuneo di terreno solidale con la fondazione. Inoltre vanno valutate le resistenze alla punta presenti negli spessori di terreno in cui l'incremento di carico Δq è superiore al 20% del carico litostatico esistente (EC-7), per la stima del cosiddetto "volume significativo".

Nel caso in esame l'edificio già realizzato da molti anni presenta danni dovuti al sisma del maggio 2012 per cui dovranno essere fatti degli interventi di consolidazione strutturale. Lo strutturista ha fornito i seguenti dati per il calcolo della capacità portante e cedimenti della struttura in elevazione, che verranno eseguiti come se l'edificio fosse costruito ex-novo.

Analisi dei carichi

1° IMPALCATO (legno)

Totale azioni permanenti strutturali	250 daN/ m ²
Totale azioni permanenti non strutturali	230 daN/ m ²
Accidentale (civile abitazione)	200 daN/m ²

1° IMPALCATO (laterocemento)

Totale azioni permanenti strutturali	350 daN/ m ²
Totale azioni permanenti non strutturali	230 daN/ m ²
Accidentale (civile abitazione)	200 daN/m ²

2° IMPALCATO (legno)

Totale azioni permanenti strutturali	250 daN/ m ²
Totale azioni permanenti non strutturali	230 daN/ m ²
Accidentale (civile abitazione)	200 daN/m ²

2° IMPALCATO (laterocemento)

Totale azioni permanenti strutturali	350 daN/ m ²
Totale azioni permanenti non strutturali	230 daN/ m ²
Accidentale (civile abitazione)	200 daN/m ²

IMPALCATO di copertura(legno)

Totale azioni permanenti strutturali	100 daN/ m ²
Totale azioni permanenti non strutturali	70 daN/ m ²
Accidentale (neve)	80 daN/m ²

IMPALCATO di copertura (laterocemento)

Totale azioni permanenti strutturali	200 daN/ m ²
Totale azioni permanenti non strutturali	70 daN/ m ²
Accidentale (neve)	80 daN/m ²

CARICHI PERMANENTI TOTALI	2560 daN/ m ²
---------------------------	--------------------------

CARICHI ACCIDENTALI TOTALI	480 daN/ m ²
----------------------------	-------------------------

TOT.	3040 daN/ m ²
------	--------------------------

Si riporta l'esempio di un volume significativo calcolato per una platea equivalente di fondazione delle dimensioni di B=15,00 m L=22,00 m e carico di esercizio $q_{es.} = 0,30 \text{ kg/cm}^2$ che risulta pari a circa -8,50 m dal piano di fondazione (FIGURA 4.2).

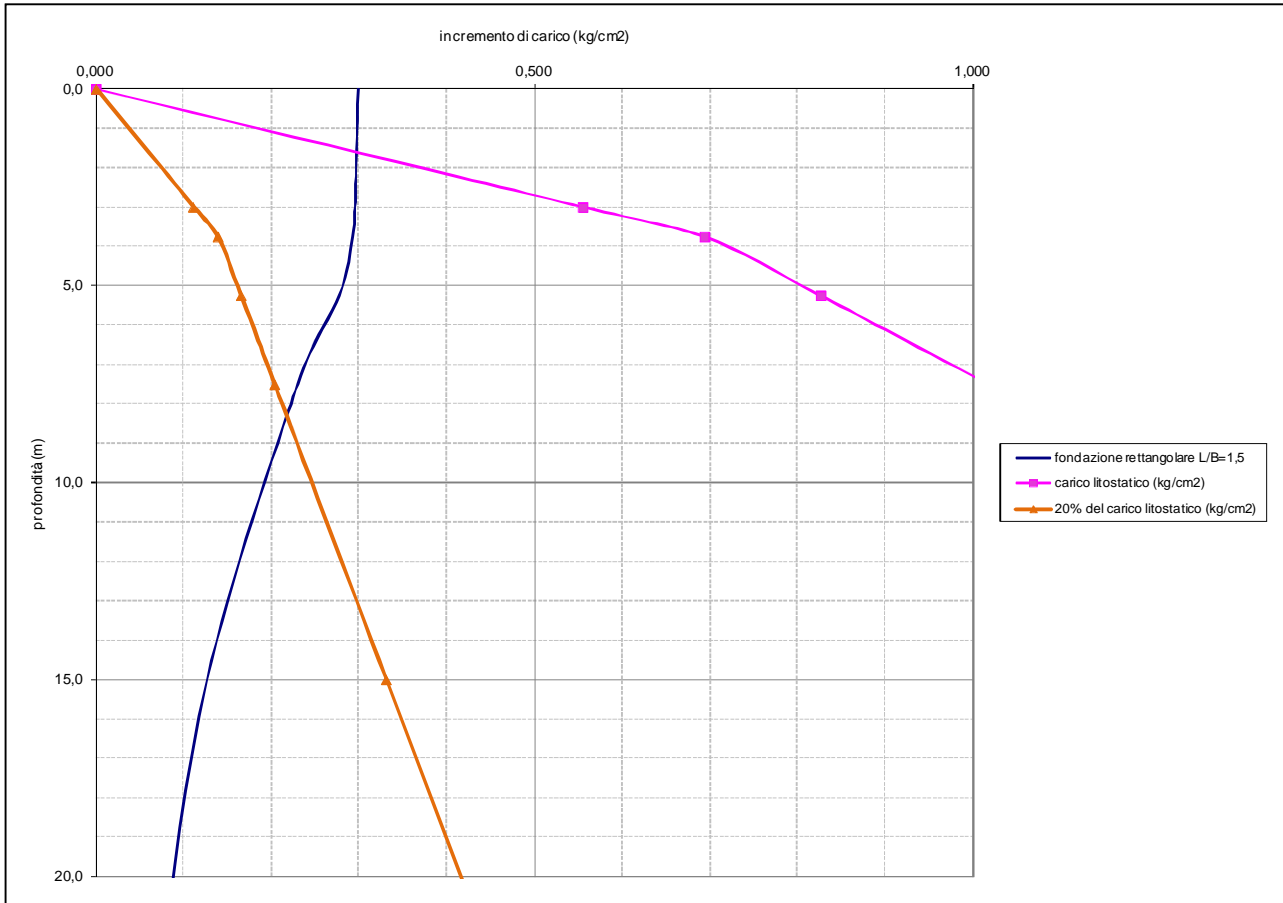


FIGURA 4.2 – Stima del Volume significativo per platea di 15,00 m x 22,00 m (H_c di 8,50 m da D_f)

4.1. ACQUISIZIONE DATI CON PROVA PENETROMETRICA STATICA

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

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 q_c (MPa), la resistenza laterale F_s (MPa), il peso di volume γ' (kN/m³), la coesione non drenata C_u (kPa), il grado di sovraconsolidazione OCR, dei moduli di deformazione non drenati E_{u50} (MPa) corrispondenti rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50 e 25 %, del modulo di deformazione edometrico M_o (MPa).

Per i terreni di natura granulare vengono riportati, i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro q_c (MPa), la resistenza laterale F_s (MPa), la densità relativa D_r (%), dell'angolo di attrito interno efficace ϕ' (°), i moduli di deformazione drenati E'_{25} (MPa) e del modulo di deformazione edometrico M_o (MPa).

Nella Tabella 4.1 si riportano i parametri geotecnici medi per strati pseudomogenei rilevati con la prova penetrometrica statica CPTU:

Identificativo	U67-13
Emissione	lug-13
Pagina	1 di 2

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Pagina		1 di 2		PARAMETRI GEOTECNICI																	
-Committente		Parrocchia della conversione di S. Paolo											-Prova n°		CPTU1						
-Cantiere		Canonica Porporana											-Data prova		10/07/2013						
-Quota p.c.		8,50 m s.l.m.											-Prof. preforo		0,00 m						
-Livello di falda		3,80 m da p.c.											-Prof. finale		30,00 m						
							MATERIALI COESIVI						MATERIALI GRANULARI								
DA	A	qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M ₀	Eu50	CR	Dr	FI' _{DM}	FI'Schm.					E'25	M ₀
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m3	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)					MPa	MPa
0,0	0,5	4,06	0,03	0,00	AL	18,15	#####	#####	-	#####	#####	#####	-	-	-	-	-	-	-	-	
0,5	2,0	2,47	0,07	0,00	A	18,15	136	20	-	7,11	23,1	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	
2,0	4,2	1,15	0,05	0,03	A	17,50	64	7	6	4,23	16,5	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	
4,2	10,0	5,69	0,03	0,03	S	20,00	-	-	-	-	-	-	45	33	34	36	39	41	14,50	23,20	
10,0	14,0	12,27	0,06	0,09	S	20,00	-	-	-	-	-	-	66	36	37	39	41	43	30,68	44,22	
14,0	30,0	21,41	0,09	0,10	S	20,00	-	-	-	-	-	-	77	36	39	40	42	44	53,52	62,81	

Tabella 4.1 – Stratigrafia geotecnica semplificata

La superficie della falda freatica è stata rilevata il giorno 10 luglio 2013 alla quota di -3,80 m da p.c. all'interno del foro di esecuzione della prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU1 con rif. U67-13.

N.B. Non esistono correlazioni tra i valori di Rp ed RI ed il parametro della Coesione efficace C', per cui i valori indicati in tabella sono del tutto indicativi, scelti conservativamente pari al 5% del valore della Cu. Le verifiche della capacità portante eseguite in condizioni non drenate non necessitano comunque di questo parametro, per cui si omette di fare un carotaggio per prelevare campioni indisturbati al fine di eseguirci delle prove triassiali, unico strumento per ricavare i valori di c' e ϕ' in condizioni drenate.

Le prove penetrometriche statiche eseguite su terreni fuori falda non sono sempre attendibili per i riconoscimenti litologici e per l'attribuzione dei relativi parametri geotecnici; i terreni rilevati in sito sono soggetti a cambiamenti di resistenza al taglio dovuti ai cambi di umidità stagionali; i terreni rilevati da piano campagna fino a circa -2,00 m da p.c. sembrerebbero di origine coesiva sovraconsolidati per essiccamento e non granulari come emerge dall'elaborazione del software.

Sarebbe necessario un sondaggio per una maggiore esattezza nel riconoscimento litologico.

4.2. FONDAZIONI SUPERFICIALI

4.2.1. CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE Rd

La parrocchia oggetto di intervento è già realizzata, il progetto prevede un adeguamento sismico dell'edificio dopo i danni subiti dal sisma del maggio 2012; la tipologia di fondazione e i carichi agenti sono stati forniti dall' studio di progettazione delle strutture e sono stati calcolati per l'edificio già esistente. I calcoli che seguono sono realizzati considerando una nuova costruzione.

PLATEA

Si riportano i calcoli nel caso si optasse per una platea di fondazione. Le dimensioni della platea equivalente sono 15,00 m x 22,00 m.; la profondità di posa è posta a circa -0,40 m dal p.c.; il peso di volume sopra falda è conservativamente di 1,85t/m³, mentre il peso di volume sotto falda è 0,75 t/m³; le accelerazioni attese sono, come calcolato, 0,109g e l'amplificazione è 1,50; la coesione è considerata conservativamente pari a 0,50 kg/cm², sulla base dei terreni coesivi consistenti immersi in falda rilevati in sito dalla profondità di -2,00 m da p.c., mentre l'angolo di attrito dei terreni è conservativamente pari a 0°.

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

Si riportano i calcoli:

• per l'approccio tradizionale, con il calcolo del carico ultimo e del carico di sicurezza, ottenuto applicando il fattore di sicurezza prescritto $F=3$ (D.M. 11/03/1988);

- per l'Approccio 1, combinazione M1+R1 (D.M. 14/01/2008)
- per l'Approccio 1, combinazione M2+R2 (D.M. 14/01/2008)
- per l'Approccio 2, combinazione M1+R3 (D.M. 14/01/2008)

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

Si riportano ora le formule adottate per il calcolo:

<p>Brinch-Hansen</p> <p>Verifica di Capacità Portante</p> <p>Effetti inerziali: fattori correttivi z</p> $q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q$ $z_q = z_{\gamma} = \left(1 - \frac{k_h}{tg \varphi}\right)^{0,35}$ $z_c = 1 - 0,32 k_h$ $k_h = \frac{S \cdot a_g}{g}$	<p>Fattori di capacità portante:</p> $N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q - 1) \tan \varphi$ $N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2(45^\circ + \varphi / 2)$ $N_c = (N_q - 1) \cdot \cot g \varphi'$ <p>Fattori di forma:</p> $s_q = 1 + (B'/L') \cdot \sin \varphi'$ $s_{\gamma} = 1 - 0,3 \cdot (B'/L')$ $s_c = \frac{(s_q \cdot N_q - 1)}{(N_q - 1)}$	<p>Inclinazione della base della fondazione</p> $b_q = b_{\gamma} = (1 - \alpha \cdot \tan \varphi')^2$ $b_c = b_q - \frac{(1 - b_q)}{N_c} \cdot \tan \varphi'$ <p>Fattori di inclinazione del carico:</p> $i_q = [1 - H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi')]^m$ $i_{\gamma} = [1 - H / (V + A' \cdot c' \cdot \cot \varphi')]^{m+1}$ $i_c = i_q - (1 - i_q) / N_c \cdot \tan \varphi'$ $m = [2 + (B'/L')] / [1 + (B'/L')]$ <p>H in direzione di B</p>
---	--	--

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

Per i terreni coesivi, la formula da utilizzare diventa:

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

Caso generale: $q_{ult} = c N_c s_c d_c i_c g_c b_c + \bar{q} N_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$

Se $\phi = 0$

usare $q_{ult} = 5.14 s_u (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + \bar{q}$ ←

N_q = come per la formula di Meyerhof (vedi sopra)
 N_c = come per la formula di Meyerhof (vedi sopra)
 $N_\gamma = 1.5(N_q - 1)\tan\phi$

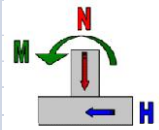
I parametri s'_c , d'_c , i'_c , b'_c e g'_c vengono calcolati con le formule di seguito riportate:

Fattori di forma	Fattori di profondità	Fattori di inclinazione del carico	Fattori di inclinazione del terreno (fondazione su pendio)
$s'_c = 0.2 \cdot \frac{B}{L}$	$d'_c = 0.4k$	$i'_{c(H)} = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$	$g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B}{L}$	$d_c = 1 + 0.4k$	$i'_{c(V)} = 1 - \frac{mH}{A_f c_a N_c}$	per Vesic, usare $N_\gamma = -2 \sin \beta$ se $\phi = 0$
$s_c = 1$ per fondazioni nastrofornite		$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$ (Hansen e Vesic)	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$
$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \frac{\phi}{2})k$		$g_{q(H)} = g_{q(V)} = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$
$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L}$	$d_\gamma = 1.00$ per qualsiasi ϕ	$i_{q(H)} = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \phi}\right)^5$	$g_{q(V)} = g_{q(H)} = (1 - \tan \beta)^2$
	$k = \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} \leq 1$ $k = \tan^{-1} \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} > 1$ (rad)	$i_{q(V)} = \left(1 - \frac{H}{V + A_f c_a \cot \phi}\right)^m$	Fattori di inclinazione del piano di fondazione (base inclinata)
			$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$
			$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$
<p>Dove:</p> <p>A_f è l'area efficace della fondazione ($B' \times L'$)</p> <p>c_a è l'aderenza alla base, pari alla coesione o a una sua frazione propria</p> <p>\bar{D} è la profondità della fondazione nel terreno (da usarsi con B e non con B')</p> <p>e_B, e_L rappresentano l'eccentricità del carico rispetto al centro della fondazione</p> <p>H è la componente orizzontale del carico trasmesso dalla fondazione, con $H \leq V \tan \delta + c_a A_f$</p> <p>$V$ è il carico verticale totale sulla fondazione</p> <p>β è l'inclinazione del pendio, positiva se diretta verso il basso</p> <p>δ è l'angolo d'attrito tra terreno e fondazione; per fondazioni in calcestruzzo, di solito si assume $\delta = \phi$</p> <p>η è l'inclinazione del piano di fondazione sull'orizzontale, positiva verso l'alto come generalmente avviene</p> <p>Regole generali:</p> <p>1. Non usare s_γ assieme a i_γ.</p> <p>2. Si può usare s_γ assieme a d_γ, g_γ e b_γ.</p> <p>3. Se $L/B \leq 2$, usare ϕ_{tr} (valore dell'angolo d'attrito in condizioni di sforzo triassiale)</p> <p>Se $L/B > 2$, usare $\phi_{ps} = 1.5\phi_{tr} - 17^\circ$ (valore dell'angolo di attrito in condizioni di deformazione piana)</p> <p>Se $\phi \leq 34^\circ$ assumere $\phi_{ps} = \phi_{tr}$</p>		<p>$i_{\gamma(H)} = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \phi}\right)^5$ ($\eta = 0$)</p> <p>$i_{\gamma(H)} = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ/450)H}{V + A_f c_a \cot \phi}\right)^5$ ($\eta > 0$)</p> <p>$i_{\gamma(V)} = \left(1 - \frac{H}{V + A_f c_a \cot \phi}\right)^{m+1}$</p> <p>$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L}$ H parallelo a B</p> <p>$m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B}$ H parallelo a L</p> <p>Nota: $i_q, i_\gamma > 0$</p>	<p>$b_{q(H)} = \exp(-2\eta \tan \phi)$</p> <p>$b_{q(V)} = \exp(-2.7\eta \tan \phi)$</p> <p>$b_{q(V)} = b_{q(H)} = (1 - \eta \tan \phi)^2$</p> <p>Note: $\beta + \eta \leq 90^\circ$ $\beta \leq \phi$</p>

Sostituendo con i parametri sitospecifici, si ottiene:

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE (HANSEN, 1970)

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



Dati del terreno	F=0°	
coesione non drenata c_u =	5,00	t/m ²
coesione non drenata c_u corretta g_M =	3,57	t/m ²
profondità falda freatica da p.c. =	3,80	m
peso di volume sopra D_f =	1,85	t/m ³
$g \times D_f$ =	0,74	t/m ²

Dati della fondazione		
larghezza B =	15,00	m
lunghezza L =	22,00	m
profondità di posa D_f =	0,40	m
$k=D/B$ =	0,03	
carico normale permanente N=	845	tonn
carico normale accidentale N=	158	
carico orizzontale H=		tonn
momento M=		tonn/m
larghezza B' =	15,00	
lunghezza L' =	22,00	

angolo di inclinazione del piano di fondazione β° =	0	°
angolo di inclinazione del pendio β° =	0	°

Dati sull'azione sismica		
T=0 suolo cat. A	A_{gmax}/g =	0,109
Categoria di suolo =	C	
	S_s =	1,5
	S_t =	1
	S =	1,5
accelerazione massima attesa al sito=		0,164 g

Verifica della portata del complesso fondazione-terreno

s'_c fattore di forma =	0,136
d'_c fattore di profondità =	0,011
i'_c fattore di inclinazione del carico =	0,000
i'_c fattore di inclinazione del carico g_M =	0,000
b'_c fattore di inclinazione del piano di fondazione =	0
g'_c fattore di inclinazione del pendio =	0
z_c fattore correttivo per il sisma =	0,987
b coefficiente di riduzione di A_{max}/g =	0,24

$$q_{ult} = 29,85 \text{ t/m}^2$$

Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_i	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	s_u	γ_{su}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 6.4.I Coefficienti parziali γ_i per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

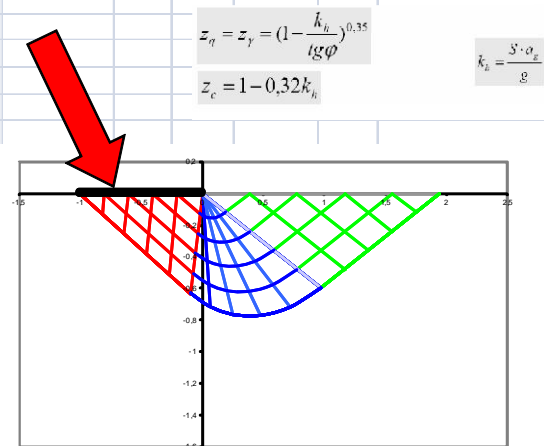
VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scombinamento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

6.4.2.2 Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE)

Si devono calcolare i valori degli spostamenti e delle distorsioni per verificarne la conformità ai requisiti prestazionali della struttura in elevazione (§§ 2.2.2 e 2.6.2), nel rispetto del (6.2.7).

Analogamente, forma, dimensioni e rigidità della struttura di fondazione devono essere verificati nel rispetto dei summenzionati requisiti prestazionali, tenendo presente che le verifiche limite di esercizio possono risultare più restrittive di quelle agli stati limite ultimi.

$0,1 < a_s(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_s(g) \leq 0,1$	0,20	0,20



soluzione di Prandtl $N_c=2+p=5,14$

Approccio tradizionale	carico di sicurezza q_{sic} =	9,95 t/m²	Rd=	3283,34 tonn	Ed=	1003,00 tonn	VERIFICATO
F=3							
Approccio 1							
combinazione A1+M1+R1							
$g_{cu}=1$ $g_R=1$	capacità portante M1+R1=	29,85 t/m²	Rd=	9850,01 tonn	Ed=	1335,5 tonn	VERIFICATO
combinazione A2+M2+R2							
$g_{cu}=1,4$ $g_R=1,8$	capacità portante M2+R2=	11,96 t/m²	Rd=	3947,50 tonn	Ed=	1050,4 tonn	VERIFICATO
Approccio 2							
combinazione A1+M1+R3							
$g_{cu}=1$ $g_R=2,3$	capacità portante M1+R3=	12,98 t/m²	Rd=	4282,61 tonn	Ed=	1335,5 tonn	VERIFICATO

Nel caso di platea di fondazione con le geometrie considerate e con i carichi indicati dal progettista, si ottiene una verifica positiva per l'approccio tradizionale e per tutti gli approcci secondo il nuovo D.M. 14/01/2008.

Nel calcolo della capacità portante, non è stato considerato l'effetto delle forze orizzontali generate dal sisma e agenti sulla struttura. Il calcolo della forza orizzontale applicata a ciascuna massa della struttura è dato dalla formula:

$$F_i = \frac{F_h \cdot z_i \cdot W_i}{\sum_j z_j \cdot W_j}$$

Dove:

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \frac{\lambda}{g}$$

F_i = forza da applicare alla massa i-esima;

W_i e W_j = sono i pesi, rispettivamente della massa i-esima e della massa j-esima;

z_i e z_j = sono le quote, rispetto al piano di fondazione delle masse i e j;

$S_d(T_1)$ = è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto;

W = è il peso complessivo della struttura;

λ = coefficiente pari a 0,85 se la costruzione ha almeno tre orizzontamenti e se $T_1 < 2T_c$, pari a 1 in

tutti gl'altri casi

g = è l'accelerazione di gravità

Dall'analisi della formula di calcolo della forza orizzontale generata dal sisma su ogni singola massa della struttura si ricava che l'analisi delle verifiche in condizioni sismiche, anche per gli aspetti geotecnici, diventano appannaggio dei progettisti strutturali, in quanto gli elementi da prendere in considerazione esulano dalle competenze professionali del geologo. Tali verifiche sono dunque rimandate al calcolo del progettista.

Cedimenti

Trattandosi di verifica di struttura esistente già da molti anni, non serve sviluppare il calcolo dei cedimenti che si sono potenzialmente e teoricamente manifestati da quando la parrocchia è stata costruita.

Comunque da una verifica se ne ricava che il cedimento dovrebbe essere stato di circa 3,70 cm.

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

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

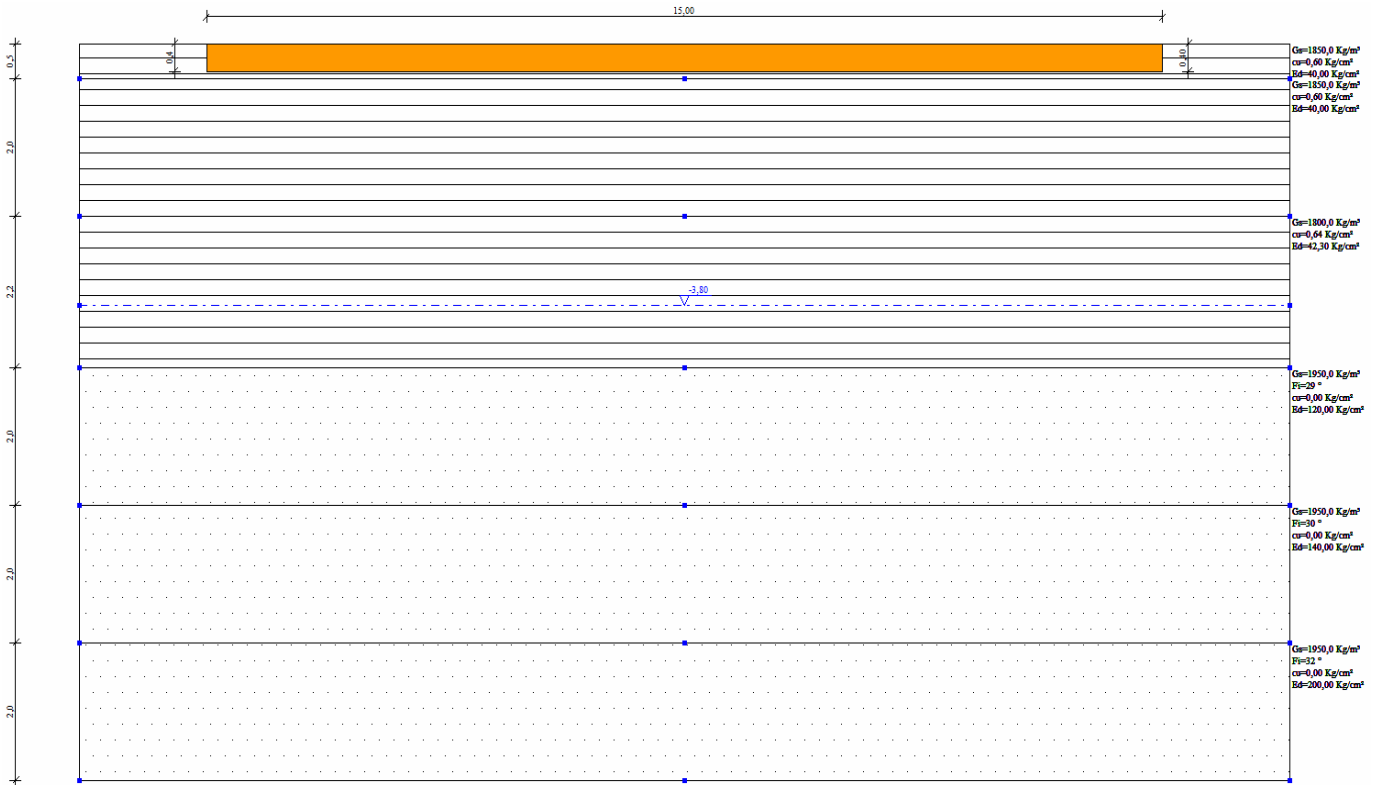
Stratigrafia													
Stratigrafia													
Nr. Stratigrafie...			Stratigrafia Nr. 1			Descrizione Stratigrafia Nr. 1							
N°	DB Terr.	Hs (m)	Gk (Kg/m³)	Gk Saturo (Kg/m³)	Fik (°)	ck (Kg/cm²)	cuk (Kg/cm²)	Eyk (Kg/cm²)	Edk (Kg/cm²)	Dati aggiuntivi	Texture	Descrizione	
1		0,50	1850	1850	0	0	0,60	0	40		—	argilla	
2		2,00	1850	1850	0	0	0,60	0	40		—	argilla	
3		2,20	1750	1800	0	0	0,64	0	42,3		—	argilla	
4		2,00	1900	1950	29	0	0	0	120,0		. . .	sabbia	
5		2,00	1900	1950	30	0	0	0	140,0		. . .	sabbia	
6		2,00	1900	1950	32	0	0	0	200		. . .	sabbia	

Questa tabella di parametri geotecnici dei terreni, all'interno del volume significativo, è stata modificata in senso conservativo, riducendo i parametri di resistenza al taglio e di compressibilità edometrica, in quanto

con le CPTU non è determinabile se i terreni fuori falda investigati, siano limi sabbiosi o sedimenti argilloso limosi sovraconsolidati per essiccamento (in questo caso trattasi di terreni coesivi sovraconsolidati).

A tal scopo si è assunto conservativamente che si tratti di terreni coesivi, che con i cambi di umidità stagionali, possono ridurre i parametri di resistenza.

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



Nella Tabella 4.2, si riporta il valore dei cedimenti per il carico di esercizio calcolato con il metodo tradizionale per la CPTU1 con rif U67-13.

CPTU1 10/07/2013 Falda = -3,80 m	q_{es} (Kg/cm ²)	Cedimenti S (cm)	Prof. di posa delle fondazioni Df (m dal p.c.)	Volume significativo Hc (m da p.c.)
Platea 15,00 m x 22,00 m	0,30	3,70	-0,40	-9,00

Tabella 4.2 – Carico di esercizio e cedimento corrispondente, CPTU1

▼ Pressione normale: 0,30 | Angolo: 0° | Distanza: 0 |

Cedimenti

☒ Metodo logaritmico di Terzaghi
☐ Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi

Tempo di consolidazione in anni: 0

Calcolo delle pressioni:

☒ Boussinesq ☐ Westergaard

Cedimenti

Strato	Z [m]	Tensione Efficace (Kg/cm ²)	Incremento di tensione (Kg/cm ²)	Metodo	Wc [cm]	Ws [cm]	Wt [cm]
4	5,7	0,857	0,2	Edometrico	0,37	0	0,37
5	7,7	1,047	0,177	Edometrico	0,27	0	0,27
6	9,7	1,237	0,152	Edometrico	0,16	0	0,16
							3,7

Decorso dei cedimenti nel tempo...

Strato	Cedimento totale [cm]	Cedimento [cm]	% Ced	Tempo giorni
Strato 1	W=0,100000	0,000000	10	0,000000
		0,000000	20	0,000000
		0,000000	30	0,000000
		0,000000	40	0,000000
		0,000000	50	0,000000
		0,000000	60	0,000000
		0,000000	70	0,000000
		0,000000	80	0,000000
		0,000000	90	0,000000

Ok ?

Cedimento al centro del platea per un carico di esercizio di 0,30 kg/cm²

Questo sarebbe il cedimento calcolato per un edificio costruito ex-novo e dato che il fabbricato in oggetto è stato realizzato in passato, le fondazioni hanno già influenzato il terreno ed una buona parte dei carichi ha già agito in questi anni, inducendo un abbassamento ed un costipamento dei terreni su cui sorge tale abitazione.

Sarà responsabilità del progettista delle strutture valutare l'entità corretta e precisa dei carichi da applicare e verificare l'ammissibilità dei cedimenti conseguenti. Si consideri che per la natura deposizionale dei terreni alluvionali della pianura padana, caratterizzati da frequenti oscillazioni verticali ed orizzontali delle caratteristiche di compressibilità, i valori dei cedimenti proposti vanno considerati come ordine di grandezza, passibili di scarti anche di $\pm 30\%$.

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

Codigoro, li 12/07/2013

Dott. Geol. Thomas Veronese

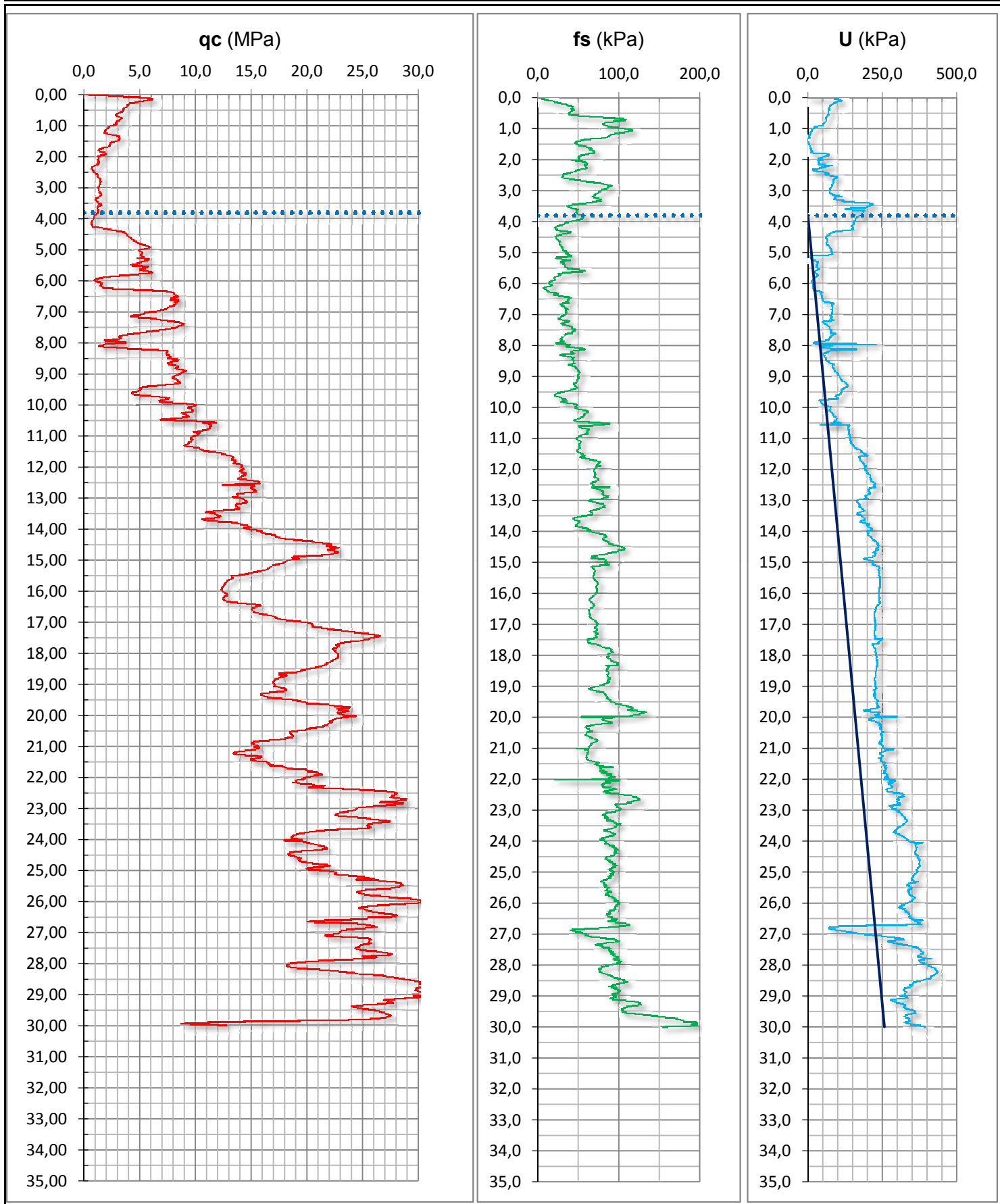
Thomas Veronese

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

RIF. PROVA:	CPTU n°:
U67-13	CPTU1

COMMITTENTE: Parrocchia della conversione di S. Paolo
 CANTIERE: Canonica Porporana
 DATA: 10/07/2013

PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00
 PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 3,80
 PREFORO (m da p.c.): 0,00



PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA															RIF. PROVA:		CPTU n°:		
LETTURE DI CAMPAGNA															U67-13		CPTU1		
COMMITTENTE: Parrocchia della conversione di S. Paolo										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00									
CANTIERE: Canonica Porporana										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 3,80									
DATA: 10/07/2013										PREFORO (m da p.c.): 0,00									
Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °
0,02	1,70	4,91	93,88	0,10	1,82	1,38	60,03	68,10	0,28	3,62	1,21	47,19	148,14	0,49	5,42	4,88	33,47	30,11	0,93
0,04	2,45	7,47	100,66	0,24	1,84	1,53	56,14	68,10	0,28	3,64	1,19	47,75	186,13	0,49	5,44	4,71	33,13	30,11	0,93
0,06	3,55	10,69	107,44	0,35	1,86	1,69	52,59	66,74	0,28	3,66	1,22	46,97	187,49	0,50	5,46	4,49	33,68	30,11	0,94
0,08	4,61	13,36	111,51	0,01	1,88	1,91	51,37	59,96	0,28	3,68	1,21	46,86	184,78	0,50	5,48	4,18	35,35	28,76	0,95
0,10	5,38	18,36	110,16	0,09	1,90	1,94	49,59	53,18	0,30	3,70	1,26	47,19	184,78	0,50	5,50	4,26	38,35	30,11	0,96
0,12	5,91	19,80	108,80	0,08	1,92	1,86	49,59	47,74	0,28	3,72	1,25	48,75	183,41	0,53	5,52	4,99	42,46	34,18	0,95
0,14	6,11	20,36	95,23	0,05	1,94	1,69	50,15	42,32	0,28	3,74	1,25	49,19	182,06	0,51	5,54	5,71	49,46	36,90	0,96
0,16	5,95	23,92	89,81	0,08	1,96	1,45	51,27	34,18	0,28	3,76	1,30	49,76	183,41	0,52	5,56	5,61	52,24	28,76	0,98
0,18	5,53	27,03	85,73	0,05	1,98	1,27	51,16	32,82	0,29	3,78	1,30	52,09	180,70	0,53	5,58	5,50	57,35	26,04	0,98
0,20	5,24	32,26	83,02	0,05	2,00	1,20	49,17	49,11	0,31	3,80	1,24	55,42	177,99	0,53	5,60	5,27	57,79	23,33	0,98
0,22	4,91	35,70	78,96	0,06	2,02	1,33	41,63	39,61	0,25	3,82	1,16	54,98	173,92	0,55	5,62	5,06	47,35	23,33	0,99
0,24	4,65	37,37	77,60	0,05	2,04	1,29	49,19	35,54	0,27	3,84	1,11	54,76	168,49	0,55	5,64	4,96	37,12	24,69	1,00
0,26	4,46	36,81	73,52	0,08	2,06	1,23	55,19	34,18	0,27	3,86	1,02	55,43	164,42	0,55	5,66	5,14	30,35	26,04	0,99
0,28	4,08	44,15	72,17	0,05	2,08	1,21	58,19	35,54	0,28	3,88	0,96	55,76	163,07	0,55	5,68	5,50	25,45	28,76	1,00
0,30	4,01	42,70	72,17	0,03	2,10	1,24	59,41	35,54	0,28	3,90	0,91	54,87	160,36	0,56	5,70	5,90	26,01	31,47	0,99
0,32	3,87	41,03	69,46	0,05	2,12	1,29	60,52	36,90	0,27	3,92	0,90	52,76	159,00	0,56	5,72	6,07	27,12	32,82	0,99
0,34	3,83	41,37	69,46	0,05	2,14	1,32	59,30	35,54	0,30	3,94	0,88	49,87	159,00	0,58	5,74	5,95	25,45	32,82	0,98
0,36	3,85	40,70	70,81	0,03	2,16	1,32	57,74	35,54	0,29	3,96	0,88	47,20	159,00	0,58	5,76	5,48	23,67	28,76	1,00
0,38	3,83	43,15	70,81	0,03	2,18	1,24	60,30	80,31	0,32	3,98	0,87	43,09	156,28	0,59	5,78	4,84	21,45	27,40	1,03
0,40	3,78	43,70	69,46	0,02	2,20	1,35	57,85	69,46	0,31	4,00	0,83	40,43	157,64	0,60	5,80	4,26	20,34	24,69	1,01
0,42	3,71	41,70	70,81	0,02	2,22	1,30	58,41	62,68	0,30	4,02	0,79	36,31	154,92	0,60	5,82	3,60	20,45	21,98	1,02
0,44	3,61	40,59	68,10	0,02	2,24	1,20	58,85	51,82	0,33	4,04	0,76	33,65	153,57	0,59	5,84	2,88	20,78	19,26	1,03
0,46	3,55	39,48	68,10	0,02	2,26	1,08	59,52	39,61	0,32	4,06	0,73	32,76	152,21	0,60	5,86	2,29	21,22	17,90	1,03
0,48	3,54	38,60	68,10	0,02	2,28	0,97	58,85	36,90	0,33	4,08	0,71	31,87	152,21	0,60	5,88	1,79	21,11	15,19	1,03
0,50	3,49	37,15	68,10	0,01	2,30	0,90	53,56	15,19	0,31	4,10	0,67	30,32	150,86	0,62	5,90	1,45	19,67	15,19	1,06
0,52	3,47	37,38	69,46	0,01	2,32	0,81	50,78	16,54	0,31	4,12	0,63	26,65	148,14	0,60	5,92	1,24	16,67	13,83	1,03
0,54	3,41	39,26	68,10	0,02	2,34	0,74	48,12	16,54	0,30	4,14	0,61	24,54	148,14	0,63	5,94	1,08	15,55	13,83	1,06
0,56	3,31	42,26	66,74	0,02	2,36	0,70	46,56	21,98	0,32	4,16	0,64	22,99	149,50	0,62	5,96	0,96	15,33	13,83	1,06
0,58	3,19	49,60	64,03	0,01	2,38	0,67	45,01	47,74	0,32	4,18	0,68	21,54	149,50	0,62	5,98	0,88	13,77	15,19	1,05
0,60	3,06	59,71	62,68	0,03	2,40	0,70	43,01	57,24	0,33	4,20	0,72	20,54	148,14	0,63	6,00	0,89	13,22	15,19	1,05
0,62	2,95	71,93	62,68	0,02	2,42	0,76	40,12	64,03	0,34	4,22	0,75	20,88	149,50	0,63	6,02	1,07	13,77	17,90	1,05
0,64	2,86	83,49	61,31	0,02	2,44	0,79	37,23	68,10	0,34	4,24	0,79	21,77	148,14	0,63	6,04	1,35	17,44	17,90	1,06
0,66	2,84	94,71	59,96	0,02	2,46	0,81	32,78	57,24	0,34	4,26	0,90	24,00	152,21	0,63	6,06	1,54	17,99	17,90	1,06
0,68	2,90	103,16	59,96	0,02	2,48	0,84	31,12	58,60	0,33	4,28	1,54	23,04	123,72	0,63	6,08	1,60	15,88	17,90	1,06
0,70	3,01	107,61	58,60	0,02	2,50	0,88	31,45	68,10	0,36	4,30	1,67	30,26	108,80	0,63	6,10	1,59	11,54	16,54	1,06
0,72	3,15	106,94	58,60	0,02	2,52	0,93	30,56	80,31	0,34	4,32	1,95	37,04	91,17	0,62	6,12	1,52	8,66	17,90	1,06
0,74	3,25	102,16	59,96	0,02	2,54	0,99	30,34	89,81	0,38	4,34	2,26	40,48	84,38	0,62	6,14	1,44	7,32	17,90	1,06
0,76	3,33	97,17	58,60	0,03	2,56	1,09	29,90	96,59	0,37	4,36	2,56	39,48	78,96	0,62	6,16	1,46	7,32	17,90	1,05
0,78	3,32	88,94	57,24	0,05	2,58	1,15	31,34	96,59	0,37	4,38	2,87	35,71	76,24	0,63	6,18	1,50	7,99	17,90	1,05
0,80	3,25	83,06	55,89	0,03	2,60	1,20	33,35	88,44	0,38	4,40	3,16	30,93	72,17	0,64	6,20	1,63	10,54	20,61	1,03
0,82	3,12	82,17	54,53	0,06	2,62	1,20	38,68	85,73	0,38	4,42	3,43	26,93	70,81	0,64	6,22	1,72	11,21	19,26	0,97
0,84	3,03	79,84	53,18	0,04	2,64	1,23	43,24	85,73	0,38	4,44	3,60	24,48	66,74	0,64	6,24	2,13	11,90	36,90	1,00
0,86	2,98	80,39	51,82	0,06	2,66	1,23	49,13	84,38	0,41	4,46	3,68	22,15	64,03	0,64	6,26	3,12	13,01	42,32	0,98
0,88	2,85	82,17	49,11	0,06	2,68	1,31	55,13	84,38	0,40	4,48	3,77	21,82	61,31	0,64	6,28	4,48	15,90	47,74	0,96
0,90	2,81	84,07	49,11	0,07	2,70	1,38	59,13	84,38	0,40	4,50	3,81	21,82	59,96	0,64	6,30	5,76	20,79	45,03	0,95
0,92	2,90	87,29	24,69	0,04	2,72	1,45	66,80	84,38	0,40	4,52	3,81	22,04	59,96	0,66	6,32	6,99	24,23	42,32	0,95
0,94	2,89	90,62	23,33	0,03	2,74	1,45	73,80	84,38	0,41	4,54	3,84	22,82	61,31	0,66	6,34	7,61	21,57	42,32	0,97
0,96	2,84	97,29	21,98	0,06	2,76	1,46	78,02	83,02	0,38	4,56	3,90	23,71	62,68	0,66	6,36	7,78	19,34	43,68	0,95
0,98	2,61	101,18	17,90	0,06	2,78	1,45	8												

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA															RIF. PROVA:		CPTU n°:		
LETTURE DI CAMPAGNA															U67-13		CPTU1		
COMMITTENTE: Parrocchia della conversione di S. Paolo										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00									
CANTIERE: Canonica Porporana										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 3,80									
DATA: 10/07/2013										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	8,36	49,91	106,09	1,77	10,82	10,63	59,66	135,93	2,12	12,62	15,23	71,88	207,83	2,51	14,42	20,68	90,74	232,26	3,05
9,04	8,20	50,58	107,44	1,79	10,84	10,42	59,10	137,29	2,13	12,64	15,11	73,99	205,12	2,51	14,44	21,17	93,96	234,97	3,07
9,06	8,14	50,24	108,80	1,79	10,86	9,83	60,99	133,22	2,13	12,66	14,97	76,66	202,41	2,50	14,46	21,80	98,07	237,68	3,10
9,08	8,08	49,24	110,16	1,79	10,88	10,39	55,10	140,00	2,14	12,68	14,90	78,11	202,41	2,50	14,48	22,11	100,62	234,97	3,09
9,10	7,96	48,46	111,51	1,80	10,90	10,21	52,99	138,64	2,15	12,70	15,01	80,11	205,12	2,52	14,50	22,17	103,17	233,61	3,11
9,12	7,92	47,68	114,22	1,80	10,92	10,08	52,43	138,64	2,15	12,72	15,22	80,32	207,83	2,52	14,52	21,81	105,39	229,54	3,14
9,14	8,02	47,68	115,58	1,83	10,94	10,14	50,98	140,00	2,16	12,74	15,33	80,32	209,19	2,52	14,54	21,65	106,50	229,54	3,13
9,16	8,16	47,78	119,66	1,83	10,96	10,26	49,31	142,71	2,18	12,76	15,42	79,76	209,19	2,53	14,56	21,96	107,27	232,26	3,15
9,18	8,30	47,34	122,37	1,84	10,98	10,14	48,53	141,36	2,16	12,78	15,45	79,20	209,19	2,52	14,58	22,59	106,27	233,61	3,18
9,20	8,38	46,45	123,72	1,85	11,00	9,91	48,53	140,00	2,18	12,80	15,12	79,65	203,77	2,51	14,60	22,76	102,82	232,26	3,18
9,22	8,42	45,33	126,43	1,85	11,02	9,72	48,42	140,00	2,16	12,82	14,50	81,08	196,98	2,53	14,62	22,34	99,37	224,11	3,20
9,24	8,53	44,45	129,14	1,85	11,04	9,67	48,86	141,36	2,19	12,84	13,97	83,53	191,56	2,54	14,64	21,99	99,03	222,76	3,19
9,26	8,57	44,44	130,51	1,86	11,06	9,59	50,74	141,36	2,18	12,86	13,72	86,41	191,56	2,55	14,66	21,83	96,14	220,04	3,21
9,28	8,54	45,22	131,87	1,87	11,08	9,67	52,30	144,08	2,20	12,88	13,67	86,30	192,91	2,54	14,68	22,13	92,69	226,83	3,23
9,30	8,37	45,99	133,22	1,85	11,10	9,71	52,29	144,08	2,20	12,90	13,77	84,18	195,62	2,54	14,70	22,43	87,46	226,83	3,23
9,32	8,02	46,55	130,51	1,87	11,12	9,59	52,29	142,71	2,22	12,92	13,78	81,51	198,34	2,54	14,72	22,65	84,68	228,19	3,24
9,34	7,46	47,10	126,43	1,87	11,14	9,59	52,40	142,71	2,23	12,94	13,78	77,29	201,06	2,54	14,74	22,78	82,12	225,48	3,25
9,36	6,83	47,99	122,37	1,88	11,16	9,66	52,18	148,14	2,23	12,96	13,27	78,14	176,63	2,54	14,76	22,59	76,00	225,48	3,24
9,38	6,30	46,77	119,66	1,88	11,18	9,55	51,40	148,14	2,22	12,98	13,83	64,47	169,84	2,54	14,78	22,39	71,67	224,11	3,26
9,40	5,66	43,66	114,22	1,90	11,20	9,42	50,84	149,50	2,22	13,00	14,05	63,36	167,13	2,55	14,80	22,16	67,22	217,33	3,27
9,42	5,24	41,32	111,51	1,89	11,22	9,40	51,28	150,86	2,24	13,02	14,22	64,92	165,78	2,55	14,82	21,89	70,33	214,62	3,28
9,44	5,03	39,21	110,16	1,89	11,24	9,34	51,61	153,57	2,23	13,04	14,36	67,92	165,78	2,56	14,84	21,28	67,21	206,48	3,31
9,46	4,98	36,88	111,51	1,89	11,26	9,24	51,06	154,92	2,24	13,06	14,40	70,59	165,78	2,58	14,86	20,35	65,98	199,70	3,32
9,48	5,02	33,99	111,51	1,89	11,28	9,11	51,61	156,28	2,25	13,08	14,46	73,14	168,49	2,58	14,88	18,98	74,54	188,84	3,32
9,50	5,06	29,99	111,51	1,90	11,30	9,01	52,16	157,64	2,24	13,10	14,58	77,36	171,21	2,60	14,90	18,62	80,75	192,91	3,35
9,52	5,01	26,32	111,51	1,89	11,32	9,07	51,28	160,36	2,27	13,12	14,63	80,36	172,57	2,59	14,92	18,78	83,31	205,12	3,36
9,54	4,90	23,88	108,80	1,90	11,34	9,41	50,49	165,78	2,27	13,14	14,52	80,58	173,92	2,62	14,94	19,27	83,19	214,62	3,36
9,56	4,78	22,65	108,80	1,89	11,36	9,94	49,49	171,21	2,27	13,16	14,29	81,02	173,92	2,62	14,96	18,98	83,96	217,20	3,03
9,58	4,50	21,88	103,38	1,76	11,38	10,31	48,82	175,28	2,27	13,18	13,86	81,79	171,21	2,63	14,98	18,52	82,83	217,77	3,03
9,60	4,29	20,81	96,59	1,88	11,40	10,33	48,82	176,63	2,25	13,20	13,58	82,35	171,21	2,64	15,00	18,39	81,36	217,77	3,03
9,62	4,26	21,92	93,88	1,89	11,42	10,35	49,15	176,63	2,27	13,22	13,57	80,57	175,28	2,64	15,02	18,21	81,92	217,20	3,04
9,64	4,31	24,59	92,52	1,90	11,44	10,53	50,38	180,70	2,28	13,24	13,62	78,12	177,99	2,67	15,04	18,13	84,98	218,92	3,04
9,66	4,56	26,59	93,88	1,90	11,46	10,71	51,71	182,06	2,28	13,26	13,62	75,90	180,70	2,66	15,06	18,04	87,58	218,92	3,05
9,68	5,03	27,70	96,59	1,88	11,48	10,93	53,15	184,78	2,29	13,28	13,74	73,00	183,41	2,67	15,08	17,97	85,77	218,92	3,05
9,70	5,74	28,70	100,66	1,89	11,50	11,37	55,04	190,20	2,30	13,30	13,85	69,78	186,13	2,68	15,10	17,74	79,67	218,92	3,06
9,72	6,43	30,70	99,30	1,87	11,52	11,86	55,93	194,27	2,30	13,32	13,92	66,33	187,49	2,70	15,12	17,43	70,96	237,33	3,06
9,74	6,92	33,59	65,39	1,89	11,54	12,22	56,48	198,34	2,30	13,34	13,86	64,44	186,13	2,70	15,14	17,22	66,78	236,75	3,06
9,76	7,40	34,92	38,26	1,90	11,56	12,47	57,48	198,34	2,31	13,36	13,49	64,22	183,41	2,71	15,16	17,05	65,54	236,18	3,07
9,78	7,57	32,48	38,26	1,90	11,58	12,27	53,63	172,57	2,31	13,38	12,76	64,88	176,63	2,70	15,18	16,88	67,24	236,75	3,07
9,80	7,47	28,92	40,97	1,88	11,60	12,71	52,63	171,21	2,32	13,40	11,94	66,10	169,84	2,70	15,20	16,82	67,69	236,18	3,08
9,82	7,17	30,14	42,32	1,90	11,62	12,96	54,86	171,21	2,33	13,42	11,31	67,43	167,13	2,71	15,22	16,70	68,36	235,60	3,08
9,84	6,88	33,26	42,32	1,87	11,64	13,13	58,30	172,57	2,31	13,44	10,97	67,88	165,78	2,72	15,24	16,67	69,27	236,75	3,09
9,86	6,74	37,59	45,03	1,90	11,66	13,27	62,63	173,92	2,31	13,46	10,91	66,65	168,49	2,72	15,26	16,57	69,95	235,60	3,09
9,88	6,76	43,14	47,74	1,89	11,68	13,37	66,08	175,28	2,32	13,48	11,46	60,54	177,99	2,73	15,28	16,47	70,17	236,75	3,10
9,90	7,01	47,70	50,47	1,90	11,70	13,31	68,97	176,63	2,32	13,50	11,73	57,21	180,70	2,73	15,30	16,42	69,95	237,33	3,10
9,92	7,56	48,47	55,89	1,88	11,72	13,22	72,96	176,63	2,32	13,52	11,81	51,98							

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA															RIF. PROVA:		CPTU n°:		
LETTURE DI CAMPAGNA															U67-13		CPTU1		
COMMITTENTE: Parrocchia della conversione di S. Paolo										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00									
CANTIERE: Canonica Porporana										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 3,80									
DATA: 10/07/2013										PREFORO (m da p.c.): 0,00									
Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °
18,02	22,74	87,69	229,29	3,69	19,82	22,85	130,10	202,41	4,08	21,62	16,69	92,39	263,46	4,47	23,42	27,42	94,02	326,37	4,87
18,04	22,80	86,22	229,29	3,70	19,84	23,32	133,31	217,33	4,09	21,64	17,73	76,06	258,03	4,48	23,44	27,15	98,54	325,25	4,87
18,06	22,77	84,75	229,29	3,70	19,86	23,71	130,42	240,40	4,09	21,66	17,79	76,39	256,68	4,48	23,46	26,64	101,59	319,70	4,88
18,08	22,77	85,09	229,87	3,71	19,88	23,54	126,29	233,61	4,10	21,68	18,02	77,62	259,39	4,49	23,48	25,96	97,52	318,58	4,88
18,10	22,74	87,24	229,29	3,71	19,90	23,36	124,84	233,61	4,10	21,70	18,19	78,95	258,03	4,49	23,50	25,66	97,18	317,48	4,88
18,12	22,79	89,50	229,87	3,72	19,92	22,72	125,16	236,32	4,11	21,72	18,42	81,62	260,74	4,50	23,52	25,48	96,95	313,01	4,89
18,14	22,70	90,29	230,44	3,72	19,94	22,89	117,04	224,11	4,11	21,74	19,43	76,39	255,32	4,50	23,54	25,39	95,03	308,56	4,89
18,16	22,68	89,83	230,44	3,73	19,96	22,89	113,81	237,68	4,11	21,76	19,90	78,29	259,39	4,50	23,56	25,30	95,60	300,79	4,90
18,18	22,57	89,61	230,44	3,73	19,98	23,23	112,14	243,11	4,12	21,78	19,89	84,40	258,03	4,51	23,58	25,50	90,96	301,90	4,90
18,20	22,48	91,19	231,60	3,73	20,00	23,20	53,51	297,38	4,12	21,80	20,41	79,07	255,32	4,51	23,60	25,63	90,63	299,67	4,91
18,22	22,37	94,35	231,02	3,74	20,02	24,36	93,73	225,48	4,13	21,82	20,01	81,96	252,61	4,52	23,62	25,73	87,69	298,55	4,91
18,24	22,29	97,07	231,60	3,74	20,04	24,12	84,62	215,98	4,13	21,84	20,88	91,51	267,53	4,52	23,64	25,20	81,70	294,09	4,92
18,26	22,20	98,08	231,60	3,75	20,06	23,63	80,40	206,48	4,14	21,86	20,88	84,95	264,81	4,53	23,66	24,12	81,92	292,98	4,92
18,28	22,11	97,41	231,60	3,75	20,08	23,13	79,28	205,12	4,14	21,88	21,18	87,18	264,81	4,53	23,68	22,64	85,43	292,98	4,92
18,30	21,97	97,07	230,44	3,76	20,10	22,81	81,51	211,91	4,15	21,90	21,35	88,07	260,74	4,53	23,70	21,88	86,56	295,21	4,93
18,32	21,78	98,54	230,44	3,76	20,12	22,54	83,95	217,33	4,15	21,92	20,94	94,41	262,10	4,54	23,72	20,92	90,74	285,19	4,93
18,34	21,77	83,61	230,44	3,76	20,14	22,39	85,39	224,11	4,15	21,94	20,90	93,43	268,89	4,54	23,74	20,66	90,96	291,88	4,94
18,36	21,68	86,12	231,02	3,77	20,16	22,32	90,06	229,54	4,16	21,96	20,33	88,10	256,68	4,55	23,76	20,29	92,66	297,43	4,94
18,38	21,60	86,96	229,87	3,77	20,18	22,13	91,39	234,97	4,16	21,98	20,31	86,21	271,60	4,55	23,78	19,93	94,92	301,90	4,95
18,40	21,48	86,49	229,87	3,78	20,20	21,97	90,38	240,40	4,17	22,00	19,91	87,77	263,46	4,56	23,80	19,66	94,13	308,56	4,95
18,42	21,27	86,03	229,29	3,78	20,22	22,25	78,11	241,76	4,17	22,02	19,88	21,23	255,32	4,56	23,82	19,28	93,56	310,81	4,95
18,44	21,06	86,03	228,14	3,79	20,24	22,09	71,67	240,40	4,18	22,04	19,53	100,22	291,94	4,57	23,84	19,12	89,61	316,35	4,96
18,46	20,83	86,12	228,71	3,79	20,26	21,90	67,45	237,68	4,18	22,06	19,75	84,66	281,10	4,57	23,86	18,83	86,22	317,48	4,96
18,48	20,49	85,28	228,14	3,80	20,28	21,91	64,23	245,82	4,18	22,08	19,33	83,10	271,60	4,57	23,88	18,79	83,62	323,02	4,97
18,50	20,20	84,54	227,57	3,80	20,30	21,87	60,45	243,11	4,19	22,10	18,91	84,77	274,31	4,58	23,90	18,72	79,33	324,14	4,97
18,52	19,89	84,72	226,99	3,80	20,32	21,67	58,89	243,11	4,19	22,12	19,00	89,10	282,46	4,58	23,92	18,57	79,55	326,37	4,98
18,54	19,59	86,21	225,84	3,81	20,34	21,51	59,00	244,47	4,20	22,14	18,95	80,99	268,89	4,59	23,94	18,65	80,46	329,71	4,98
18,56	19,51	87,51	226,42	3,81	20,36	21,41	61,22	239,04	4,20	22,16	18,75	80,87	270,24	4,59	23,96	18,77	76,95	330,83	4,99
18,58	19,40	87,33	226,42	3,82	20,38	21,10	63,11	244,47	4,21	22,18	19,31	78,09	275,67	4,60	23,98	19,05	77,29	334,16	4,99
18,60	19,16	86,68	226,42	3,82	20,40	20,67	63,22	247,18	4,21	22,20	19,36	79,75	275,67	4,60	24,00	19,53	83,39	338,60	4,99
18,62	18,97	85,84	225,84	3,83	20,42	20,24	64,43	245,82	4,22	22,22	20,11	78,63	278,38	4,60	24,02	17,96	84,41	343,05	5,00
18,64	17,51	86,03	225,84	3,83	20,44	19,98	64,32	247,18	4,22	22,24	20,66	81,85	279,74	4,61	24,04	17,96	83,62	343,05	5,00
18,66	17,51	85,37	226,42	3,83	20,46	19,84	66,98	247,18	4,22	22,26	20,58	80,40	278,38	4,61	24,06	19,45	83,05	382,08	5,01
18,68	17,51	85,37	224,69	3,84	20,48	19,89	63,74	251,24	4,23	22,28	21,54	89,73	282,46	4,62	24,08	19,77	82,04	368,74	5,01
18,70	17,51	86,12	225,26	3,84	20,50	19,18	60,40	245,82	4,23	22,30	20,52	92,28	267,53	4,62	24,10	19,94	87,01	363,17	5,02
18,72	18,17	88,16	224,69	3,85	20,52	18,74	59,29	244,47	4,24	22,32	20,13	95,93	267,39	4,63	24,12	20,16	87,12	360,93	5,02
18,74	17,98	89,37	224,11	3,85	20,54	18,50	60,18	243,11	4,24	22,34	21,45	93,96	264,07	4,63	24,14	20,36	88,93	359,81	5,02
18,76	17,78	88,91	222,97	3,86	20,56	18,48	59,40	248,53	4,25	22,36	22,72	89,83	266,33	4,64	24,16	20,75	93,90	358,73	5,03
18,78	17,56	86,77	222,97	3,86	20,58	18,50	58,18	248,53	4,25	22,38	23,76	85,63	265,91	4,64	24,18	20,95	91,98	359,81	5,03
18,80	17,47	85,37	223,53	3,87	20,60	18,54	60,18	245,82	4,25	22,40	24,75	81,13	266,37	4,64	24,20	21,11	91,98	360,93	5,04
18,82	17,25	85,28	224,11	3,87	20,62	18,67	61,40	247,18	4,26	22,42	25,71	81,59	280,85	4,65	24,22	21,34	95,82	364,27	5,04
18,84	17,21	86,77	224,11	3,87	20,64	18,72	63,28	248,53	4,26	22,44	26,62	86,67	298,65	4,65	24,24	21,52	94,02	362,05	5,05
18,86	17,20	87,70	225,26	3,88	20,66	18,79	65,39	249,89	4,27	22,46	27,33	91,19	310,90	4,66	24,26	21,69	96,73	362,05	5,05
18,88	17,07	87,33	225,84	3,88	20,68	18,76	67,25	248,83	4,27	22,48	27,82	99,89	318,69	4,66	24,28	21,82	98,31	362,05	5,06
18,90	17,02	85,19	225,84	3,89	20,70	18,72	69,15	248,53	4,27	22,50	27								

PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA ELETTRICA															RIF. PROVA:		CPTU n°:							
LETTURE DI CAMPAGNA															U67-13		CPTU1							
COMMITTENTE: Parrocchia della conversione di S. Paolo										PROFONDITA' MASSIMA DELLA PROVA (m da p.c.): 30,00														
CANTIERE: Canonica Porporana										PROFONDITA' FALDA (m da p.c.): 3,80														
DATA: 10/07/2013										PREFORO (m da p.c.): 0,00														
Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °	Prof. (m)	qc MPa	fs kPa	U kPa	Inc. °					
27,02	22,89	60,00	199,56	5,65	28,02	18,26	86,33	403,24	5,87	29,02	29,54	96,39	334,24	6,09										
27,04	22,64	58,31	222,93	5,66	28,04	18,18	81,92	409,91	5,88	29,04	29,54	94,24	334,24	6,10										
27,06	22,17	62,38	239,61	5,66	28,06	18,25	78,76	412,13	5,88	29,06	30,05	90,63	332,28	6,10										
27,08	21,63	62,94	254,07	5,67	28,08	18,22	79,33	417,70	5,89	29,08	30,11	89,38	319,78	6,11										
27,10	21,57	67,35	269,65	5,67	28,10	18,31	78,76	421,05	5,89	29,10	29,48	92,32	297,51	6,11										
27,12	22,08	77,07	288,58	5,68	28,12	18,60	75,82	423,27	5,90	29,12	28,72	97,74	281,95	6,11										
27,14	23,13	81,47	305,26	5,68	28,14	19,07	75,26	427,71	5,90	29,14	28,09	100,34	277,48	6,12										
27,16	24,26	88,37	319,74	5,69	28,16	19,71	76,39	427,71	5,90	29,16	27,30	108,37	283,03	6,12										
27,18	25,17	95,82	320,84	5,69	28,18	20,74	75,71	431,06	5,91	29,18	26,86	117,97	285,27	6,13										
27,20	25,64	96,62	298,59	5,69	28,20	21,11	76,84	434,40	5,91	29,20	27,23	120,91	290,84	6,13										
27,22	25,73	97,07	271,90	5,70	28,22	22,00	75,60	434,40	5,92	29,22	27,26	124,64	300,85	6,14										
27,24	25,58	99,10	265,21	5,70	28,24	22,26	77,86	432,16	5,92	29,24	27,53	126,45	307,52	6,14										
27,26	25,57	93,68	268,55	5,71	28,26	23,17	79,10	432,16	5,93	29,26	27,68	125,32	313,09	6,14										
27,28	25,56	85,20	280,79	5,71	28,28	23,57	81,70	431,06	5,93	29,28	27,14	127,46	324,22	6,15										
27,30	25,48	81,25	294,13	5,72	28,30	24,19	84,19	426,61	5,93	29,30	26,93	122,94	326,45	6,15										
27,32	25,45	80,12	305,26	5,72	28,32	24,45	85,99	424,39	5,94	29,32	25,96	116,39	320,88	6,16										
27,34	25,75	73,22	315,27	5,72	28,34	24,63	88,82	421,05	5,94	29,34	25,04	112,66	321,98	6,16										
27,36	25,52	71,64	327,51	5,73	28,36	25,76	89,50	416,60	5,95	29,36	24,61	107,69	318,66	6,17										
27,38	25,06	78,53	338,64	5,73	28,38	26,30	91,98	413,26	5,95	29,38	24,05	106,45	321,98	6,17										
27,40	24,81	79,78	348,66	5,74	28,40	27,05	92,10	411,01	5,96	29,40	24,18	106,33	325,32	6,18										
27,42	24,76	79,33	358,67	5,74	28,42	27,06	95,82	411,01	5,96	29,42	24,54	103,17	331,99	6,18										
27,44	24,68	84,86	365,34	5,75	28,44	27,68	98,54	409,91	5,97	29,44	24,75	103,85	338,70	6,18										
27,46	24,59	89,72	370,90	5,75	28,46	27,94	102,72	395,45	5,97	29,46	25,10	106,33	350,92	6,19										
27,48	24,43	88,25	373,13	5,76	28,48	28,30	105,77	387,66	5,97	29,48	25,56	103,06	357,61	6,19										
27,50	24,25	87,46	370,90	5,76	28,50	28,65	104,64	386,54	5,98	29,50	25,96	104,30	356,48	6,20										
27,52	24,37	87,91	376,47	5,76	28,52	29,01	104,53	378,75	5,98	29,52	26,44	109,05	359,81	6,20										
27,54	24,57	88,03	376,47	5,77	28,54	29,25	107,35	367,64	5,99	29,54	26,48	108,14	360,93	6,21										
27,56	24,91	91,53	378,71	5,77	28,56	29,59	110,06	356,50	5,99	29,56	26,63	111,87	358,73	6,21										
27,58	25,31	93,23	383,14	5,78	28,58	29,86	103,96	354,28	6,00	29,58	26,86	120,01	345,37	6,22										
27,60	25,92	90,51	386,48	5,78	28,60	30,15	101,14	353,16	6,00	29,60	26,95	126,67	336,46	6,22										
27,62	26,40	88,71	384,26	5,79	28,62	30,39	97,52	349,82	6,00	29,62	26,97	135,83	327,57	6,22										
27,64	26,75	91,42	382,04	5,79	28,64	30,37	92,32	343,15	6,01	29,64	27,18	141,14	328,67	6,23										
27,66	27,03	93,56	379,80	5,79	28,66	30,04	93,56	349,82	6,01	29,66	27,42	148,37	326,45	6,23										
27,68	27,46	92,43	374,25	5,80	28,68	30,19	91,30	348,71	6,02	29,68	27,51	152,44	326,45	6,24										
27,70	27,56	92,66	368,70	5,80	28,70	30,29	87,69	347,59	6,02	29,70	27,35	161,59	330,89	6,24										
27,72	27,29	95,03	368,70	5,81	28,72	30,40	92,10	343,15	6,03	29,72	27,23	169,05	337,58	6,25										
27,74	27,36	95,15	369,78	5,81	28,74	30,68	96,73	332,01	6,03	29,74	26,98	170,29	335,34	6,25										
27,76	24,95	98,65	383,14	5,82	28,76	30,31	93,79	324,22	6,04	29,76	26,58	175,04	338,70	6,25										
27,78	24,95	99,67	383,14	5,82	28,78	29,95	94,92	325,34	6,04	29,78	26,05	175,60	339,80	6,26										
27,80	26,26	93,79	411,01	5,83	28,80	29,83	99,78	324,22	6,04	29,80	24,77	179,22	338,70	6,26										
27,82	25,57	93,23	388,76	5,83	28,82	29,65	98,76	322,00	6,05	29,82	23,03	179,78	343,13	6,27										
27,84	24,91	97,52	378,75	5,83	28,84	29,67	101,02	324,22	6,05	29,84	19,14	179,22	326,45	6,27										
27,86	24,11	98,42	372,08	5,84	28,86	29,82	100,91	329,81	6,06	29,86	15,05	195,49	325,32	6,28										
27,88	22,83	102,15	372,08	5,84	28,88	29,91	98,08	329,81	6,06	29,88	12,63	190,07	327,57	6,28										
27,90	21,92	102,38	376,53	5,85	28,90	30,08	99,89	328,69	6,07	29,90	11,09	192,89	343,13	6,29										
27,92	20,99	101,02	378,75	5,85	28,92	30,38	95,37	324,22	6,07	29,92	9,12	192,44	344,25	6,29										
27,94	19,98	100,23	384,32	5,86	28,94	30,57	91,87	323,10	6,07	29,94	8,75	195,66	358,73	6,29										
27,96	19,62	96,28	389,87	5,86	28,96	30,56	94,35	324,22	6,08	29,96	10,11	193,68	370,94	6,30										
27,98	18,81	93,79	394,33	5,86	28,98	31,08	93,11	320,88	6,08	29,98	12,04	176,51	383,20	6,30										
28,00	18,45	89,38	397,68	5,87	29,00	31,15	93,45	309,76	6,09	30,00	12,78	152,55	393,21	6,31										
qc = resist. alla punta (Mpa)										Inc. = inclinazione dalla verticale (°)														
fs = resist. per attrito lat. (kPa)										Diametro punta: 3.57 cm														
U = pressione neutra (kPa)										Area punta: 10 cm ²										Punta: Tecnopenta G1 CPL2In				

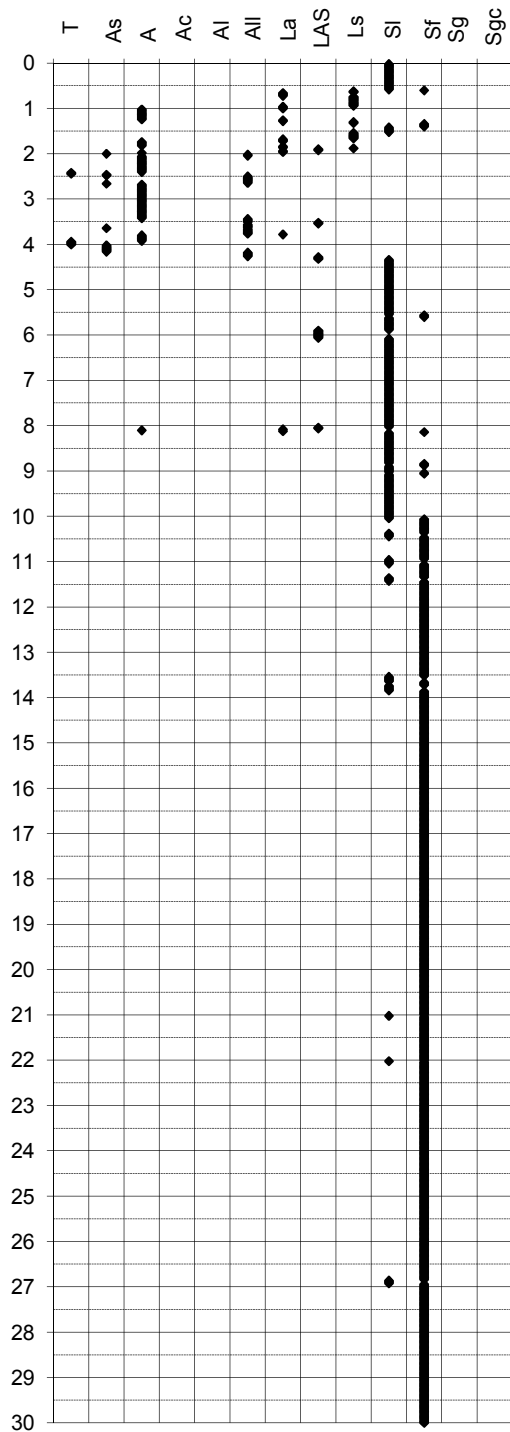
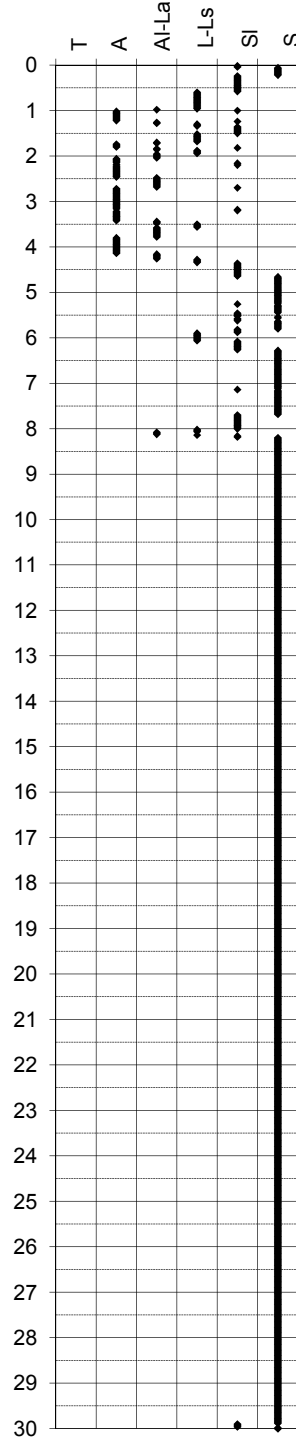
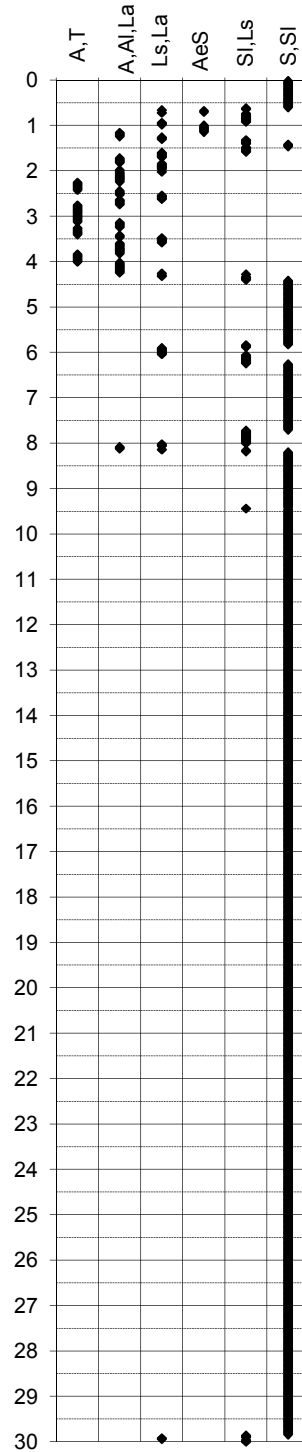
PROVA PENETROMETRICA STATICA

Identificativo	U67-13
Emissione	lug-13
Pagina	1 di 2

INTERPRETAZIONI LITOLOGICHE

-Committente **Parrocchia della conversione di S. Paolo**
 -Cantiere **Canonica Porporana**
 -Quota p.c. 8,50 m s.l.m.
 -Livello di falda 3,80 m da p.c.
 -Attrezzatura Punta elettrica con piezocono

-Prova n° **CPTU1**
 -Data prova **10/07/2013**
 -Prof. preforo m
 -Prof. finale **30,00 m**

Douglas-Olsen (1981)**Robertson-Campanella(1983)****Olsen-Farr (1986)**

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Identificativo	U67-13
Emissione	lug-13
Pagina	1 di 2

PARAMETRI GEOTECNICI

-Committente **Parrocchia della conversione di S. Paolo**
 -Cantiere **Canonica Porporana**
 -Quota p.c. **8,50** m s.l.m.
 -Livello di falda **3,80** m da p.c.

-Prova n° **CPTU1**
 -Data prova **10/07/2013**
 -Prof. preforo **0,00** m
 -Prof. finale **30,00** m

							MATERIALI COESIVI							MATERIALI GRANULARI									
DA	A	qcm	fsm	deltaU	litol.	Peso Vol.	Cu (qc)	OCR (qc)	OCR (U)	M ₀	Eu50	CR	Dr	FI' _{DM}	FI'Schm.					E'25	M ₀		
m	m	MPa	MPa	MPa	(-)	kN/m3	KPa	(-)	(-)	MPa	MPa	(-)	(%)	(°)	(°)					MPa	MPa		
0,0	0,5	4,06	0,03	0,00	AL	18,15	#####	#####	-	#####	#####	#####	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0,5	2,0	2,47	0,07	0,00	A	18,15	136	20	-	7,11	23,1	0,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
2,0	4,2	1,15	0,05	0,03	A	17,50	64	7	6	4,23	16,5	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
4,2	10,0	5,69	0,03	0,03	S	20,00	-	-	-	-	-	-	45	33	34	36	39	41	14,50	23,20			
10,0	14,0	12,27	0,06	0,09	S	20,00	-	-	-	-	-	-	66	36	37	39	41	43	30,68	44,22			
14,0	30,0	21,41	0,09	0,10	S	20,00	-	-	-	-	-	-	77	36	39	40	42	44	53,52	62,81			