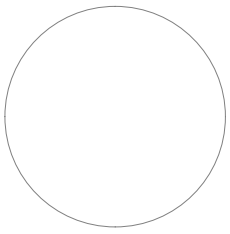
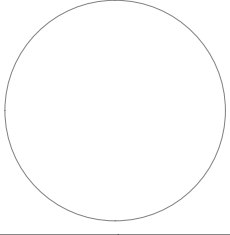


REGIONE LOMBARDIA

Comune di Mantova



	Dott. Arch. BIANCAMARIA FERRARI Via G.Marangoni n° 7 - 46100 - MANTOVA - tel. 0376/322148 - e.mail : biancafferrari@gmail.com		Data : Dicembre 2017
	Geom. RODOLFO BARALDI Via Giustiziani n°13 - 46100 - MANTOVA - tel. 0376/326340 -		File : GF0021946prj
Studio Tecnico			
PIANO ATTUATIVO PER INSEDIAMENTI PRODUTTIVI IN LOCALITA' DOSSO DEL CORSO VIA SIENA - REVISIONE			
Elaborato :			
RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA			
Committenti :		Firme :	Scala : -----
- Bottoli S.p.a. industria di panificazione - CREDEM Leasing - Impresa Edile S.n.c. Gemma - Supersprint S.r.l.			
			Tav. N. H

REGIONE LOMBARDIA

COMUNE DI MANTOVA

PROVINCIA DI MANTOVA

RELAZIONE GEOLOGICA inerente le indagini eseguite per la caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1 DM 14/01/08)

ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA DI BASE 1° e 2° livello di approfondimento ; Verifica rischio liquefazione (DM 14/01/08 NTC; L.R. 33/2015 ; D.G.R. 5001/2016)

RELAZIONE GEOTECNICA basata sulle indagini geognostiche effettuate, al fine della caratterizzazione geotecnica e modellazione del volume significativo di terreno del sito (6.2.2 DM 14/01/08); Verifica dello Stato Limite Ultimo e di Esercizio (6.4 del DM 14/01/08)



COMMITTENTE: **Bottoli S.p.a. Industria Panificazione**

UBICAZIONE SITO: **Via Siena 18, Mantova**

PROGETTO: **Costruzione nuovo capannone prefabbricato in c.a.v. e c.a.p.**

DATA: **Maggio 2016**

IL TECNICO:

Dott. Geol. Alessandro Boni



INDICE

PREMESSA.....	Pag. 02
<u>RELAZIONE GEOLOGICA.....</u>	Pag. 03
1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	Pag. 03
2 - MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO.....	Pag. 03
2.1 Geologia e geomorfologia del territorio.....	Pag. 03
2.2 Inquadramento idrogeologico ed idrografico.....	Pag. 06
2.3 Soggiacenza della falda freatica.....	Pag. 09
2.4 Prove penetrometriche statiche.....	Pag. 09
2.5 Caratterizzazione litostratigrafica.....	Pag. 21
<u>ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA DI BASE.....</u>	Pag. 32
3 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO DI COSTRUZIONE.....	Pag. 32
3.1 Categoria sismica dei suoli di fondazione.....	Pag. 35
3.2 Caratterizzazione e classificazione sismica del terreno.....	Pag. 36
3.3 Valutazione della liquefacibilità dei terreni.....	Pag. 41
<u>RELAZIONE GEOTECNICA.....</u>	Pag. 45
4 - INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	Pag. 45
4.1 Metodologia d'esecuzione ed interpretazione delle CPTU.....	Pag. 45
4.2 Elaborazione dati prove penetrometriche statiche.....	Pag. 45
5 - TIPOOGIA FONDALE E DIMENSIONAMENTO IPOTIZZATO.....	Pag. 50
6 - VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI (SLU-SLE)	
IN BASE AL D.M. DEL 14/01/2008 : <i>TESTO UNICO - NORME TECNICHE</i>	
<i>PER LE COSTRUZIONI</i>	Pag. 51
6.1 Verifiche nei confronti degli stati limiti ultimi (SLU).....	Pag. 52
6.2 Valore caratteristico della resistenza (Rk).....	Pag. 53
6.3 Stato limite ultimo (SLU) ed approcci progettuali.....	Pag. 53
6.4 Combinazioni e verifiche agli stati limite ultimi (SLU).....	Pag. 54
6.5 Calcolo del carico limite ultimo $q_{d(SLU)}$	Pag. 55
6.6 Stima dei cedimenti, ovvero lo stato limite di esercizio (SLE)	Pag. 55
6.7 Stima dei cedimenti permanenti post-sismici	Pag. 61
6.8 Modulo di reazione o coefficiente di sottofondo	Pag. 62
7 - CONCLUSIONI.....	Pag. 63

PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dalla Ditta Bottoli S.p.a. è stato condotto uno studio geologico, geotecnico e sismico relativo un'area situata all'interno dei confini comunali di Mantova lungo Via Siena. L'intervento in progetto prevede la costruzione di un capannone prefabbricato in c.a.v. e c.a.p. dalle dimensioni in pianta di circa 692 mq (30,02 x 23,06 m) ed un'altezza fuori terra di circa 8,90 m.

L'obiettivo di tale studio è quello di caratterizzare l'area sotto il profilo geologico, geotecnico e sismico al fine di fornire gli elementi di conoscenza necessari alla formulazione delle successive scelte progettuali relative agli interventi in progetto.

Le scelte progettuali devono quindi tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito ed essere basati su una preventiva modellazione geotecnica dei terreni, ottenuti attraverso specifici studi, rilievi, indagini e prove.

Per la caratterizzazione del sito e per la definizione del modello geologico sono state prese in considerazione le indagini geognostiche compiute dallo scrivente in data 23/05/2016. A tal proposito sono state effettuate:

- n°2 prove penetrometriche statiche eseguite con punta elettrica (CPTU2) e cono sismico (SCPTU1), mediante l'utilizzo di un penetrometro GeoMill da 200 kN di spinta massima, montato su autocarro Mercedes Unimog 4X4;
- n°1 prospezione sismica diretta, tipo "down-hole", eseguita durante la prova penetrometrica con cono sismico (SCPTU1) di cui sopra;

Il presente studio viene quindi articolato nelle seguenti fasi:

Relazione geologica:

- Inquadramento geografico;
- Modellazione geologica del sito.

Analisi della risposta sismica di base:

- Classificare il sottosuolo di fondazione dal punto di vista sismico;
- Verifica rischio liquefazione.

Relazione geotecnica:

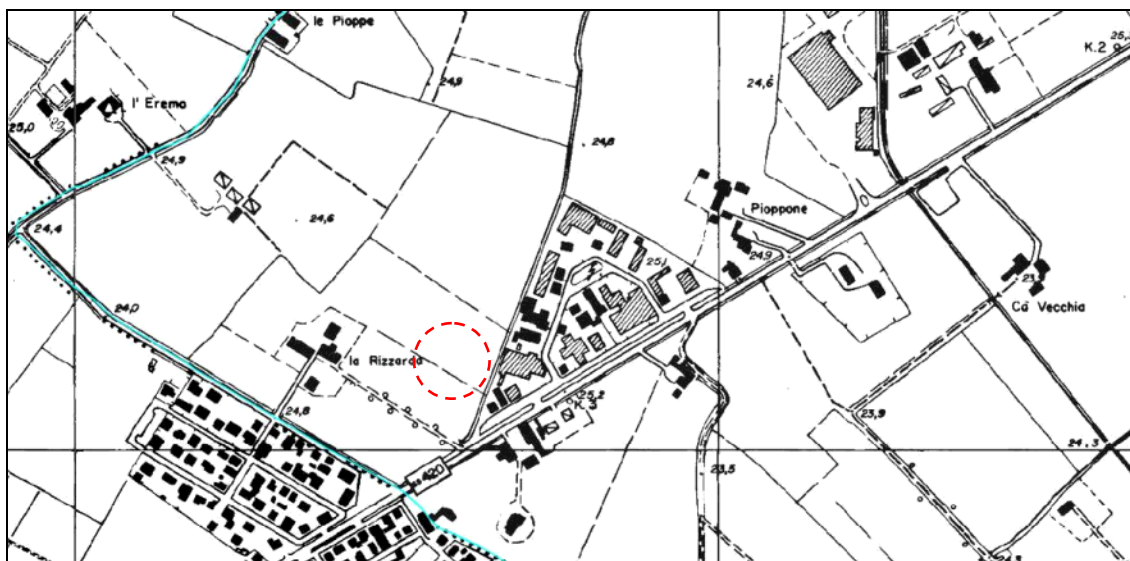
- Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica;
- Scelta della tipologia fondale e suo dimensionamento;
- Verifiche della sicurezza e delle prestazioni in relazione al D.M. del 14/01/2008: (SLU, SLE, cedimenti).

RELAZIONE GEOLOGICA:

1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto di studio si colloca all'interno dei confini comunali di Mantova, più precisamente nei pressi del Villaggio Eremo, nella Zona Industriale lungo Via Siena.

L'altimetria dell'area in studio è di circa 25,00 metri s.l.m. e ricade nella sezione E7C4 "Mantova" della Carta Tecnica Regionale CTR in scala 1:10000 di cui si riporta di seguito un estratto:



TAV. 1 – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO C.T.R.

Legenda:

 area oggetto di studio

2 - MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Il modello geologico del sito deve essere orientato alla ricostruzione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, sismici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio circostante l'area oggetto di studio.

Per quanto riguarda gli inquadramenti di carattere geologico, idrogeologico e geomorfologico, non essendo intervenute modificazioni sostanziali nella tipologia di utilizzo del territorio comunale, sono stati recepiti quelli dello studio geologico a corredo del P.G.T. e del P.R.G. e s.m.i.; ad essi si rimanda per una disamina di dettaglio.

2.1 - Geologia e geomorfologia del territorio

Il territorio in esame rientra nel settore centro-orientale della Pianura Padana. Dal punto di vista geologico la Pianura Padana corrisponde ad un grande bacino di sedimentazione caratterizzato da una successione di depositi marini, deltizi, palustri ed alluvionali quaternari.

I depositi superficiali della Pianura Padana sono costituiti prevalentemente da sedimenti continentali del Pleistocene medio-superiore e dell'Olocene: fluviali nella massima parte, glaciali e fluvioglaciali nella parte prealpina, deltizi lungo la linea di costa.

A causa della pluralità degli ambienti deposizionali, in successione spaziale e temporale, la formazione di tali depositi è caratterizzata da una alternanza di strati sabbiosi, con strati limoso-argillosi variamente ondulati. Inoltre nei singoli livelli si riscontrano frequentemente variazioni laterali di facies, e quindi di permeabilità, che talora portano ad una vera e propria lenticolarità. I sedimenti Mesozoici e Terziari sono interessati in parte, da una particolare struttura tettonica denominata "Dorsale Ferrarese": tale struttura risulta costituita da una serie di pieghe associate a faglie, con orientamento WNW-ESE, che formano nel complesso una struttura fortemente sollevata. La presenza di queste strutture ha evidentemente influenzato la morfologia, la geometria e l'evoluzione della rete idrografica.

Il Comune di Mantova fa parte del media pianura alluvionale mantovana, le cui unità geologiche affioranti sono esclusivamente di ambiente continentale e costituite da alluvioni di età compresa tra il Pleistocene e l'Olocene (Quaternario). L'origine, e l'imponente spessore di tali depositi, è legato al fenomeno di sedimentazione con subsidenza, avvenuta nelle avanfosse alpina e appenninica della Pianura Padana. Durante il Pliocene e parte del Pleistocene tale area corrispondeva ad un ampio golfo occupato da acque marine e caratterizzato da un profilo asimmetrico, con inclinazione del lato settentrionale minore del lato meridionale. Solo successivamente al lento sollevamento orogenetico dell'area montuosa, e all'insorgere di processi erosivi, ebbero origine quei detriti che, trasportati verso il bacino subsidente, lo colmarono fino alla sua attuale configurazione.

Nel corso del Pleistocene medio-superiore il bacino mantovano risultava formato da:

- Depositi morenici (zona collinare comprendente parte del vasto Sistema Morenico Frontale del Garda), costituiti da materiali detritici (massi, ciottoli, ghiaie e sabbie immersi in una matrice limosa-argillosa) trasportati dai ghiacciai prevalentemente nel corso dell'ultima glaciazione detta wurmiana (75.000-15.000 anni fa);
- Depositi fluvioglaciali (zona pedecollinare, a Sud della precedente area) costituiti da depositi detritici di varia natura i cui elementi, traslati dalla zona di origine, formano un complesso ciottoloso-ghiaioso-sabbioso;
- Depositi alluvionali (zona della media e bassa pianura), con materiali a granulometria prevalentemente fine, di natura limosa-argillosa.

Alla base di questi depositi quaternari troviamo formazioni pre-plioceniche di natura carbonatica. Il territorio indagato è caratterizzato da alluvioni pleistoceniche ed oloceniche, la cui genesi è in prevalenza riconducibile all'attività degli scaricatori fluvioglaciali alimentati dal ghiacciaio gardesano, il cui ultimo fronte si attestava in corrispondenza delle attuali Colline Moreniche dell'Alto Mantovano. I suddetti scaricatori hanno contribuito alla costruzione di un sistema di depositi preferenzialmente allineati secondo le direzioni Nord-Sud e Nord/Nord/Ovest-Sud/Sud/Est. In dettaglio, l'area è caratterizzata da terreni continentali sabbiosi, limosi e cretosi, che dal punto di vista stratigrafico sono ricompresi in un intervallo di tempo che va dall'Interglaciale Mindel-Riss al Postglaciale Würm. Nel settore settentrionale della Provincia di Mantova è individuata, immediatamente a valle dell'Unità delle Colline Moreniche, l'Unità geologica dell'Alta Pianura: questa è contraddistinta da terreni

prevalentemente ghiaioso-sabbiosi. Più a Sud, in corrispondenza dell'area oggetto di studio, a tali depositi succedono materiali più fini (sabbie, limi ed argille), accumulati dai corsi d'acqua della Media Pianura.

Secondo dati litostratigrafici di letteratura, nella zona circostante Mantova la coltre alluvionale raggiunge uno spessore di oltre 350 m ed è formata prevalentemente da spesse bancate sabbiose con intercalazioni di strati argilloso-torbosi anche di notevole potenza.

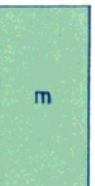
Con riferimento alla Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 - Foglio 62 Mantova - l'area in studio ricade nei depositi sk descritti come "Terreni leggeri di sabbie fini siliceo-calcarei".

ESTRATTO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA A SCALA 1:100.000 - FOGLIO 62 MANTOVA



Legenda:

 area oggetto di studio

Mindel-Riss		Terreni cretosi, tenaci, giallastri, non ferrettizzati, impermeabili, con frequenti concrezioni calcari o bambole, dagli agricoltori chiamate <i>castracan</i> .
		Terreni leggeri di sabbie fine siliceo-calcarei, spesso ferrettizzati, sovrapposte allo strato cretoso ck od incassatevi in esso.
Postglaciale		Bassure in ex alvei fluviali abbandonati che sono o furono paludi. Sede principale delle zone bonificate. Sabbie fine più o meno miste ad argille e ad humus.

La generalizzata diminuzione della granulometria (e quindi della permeabilità) dei terreni cui si assiste procedendo da monte verso valle, è la diretta conseguenza della progressiva riduzione della capacità di trasporto alla quale erano soggetti i suddetti scaricatori mano a mano che si allontanavano dal ghiacciaio sorgente.

In questo ambito si ebbero fasi di impaludamento, particolarmente estese nei periodi interglaciali, e la formazione di un reticolo idrografico articolato e complesso che si è evoluto sino a costituire l'attuale sistema Fiume Mincio - Laghi di Mantova.

La transizione dall'Alta alla Media Pianura è evidenziata da una caratteristica successione di fontanili naturali o antropici comunemente denominata linea delle risorgive. Alcuni chilometri a Sud del capoluogo provinciale si entra altresì nell'area di influenza del Fiume Po, contraddistinta da sedimenti prevalentemente argilloso-limosi ed identificata come Bassa Pianura.

L'area oggetto di studio fa parte della Media Pianura mantovana, complesso di terreni medio-fini che raccorda l'alta pianura ghiaiosa alla riva sinistra del Po. Si tratta di un territorio caratterizzato da una debole pendenza (valori dell'ordine dell'1÷3 ‰), generalmente orientata da Nord-Nord-Ovest verso Sud-Sud-Est.

La città di Mantova, in particolare, sorge in posizione rilevata sulla sponda destra del Fiume Mincio, là dove il letto di questo si amplia dando luogo ai Laghi Superiore, di Mezzo e Inferiore. Il principale elemento di interesse morfologico è rappresentato dalla valle del Mincio e dal sistema di terrazzi fluviali che la delimitano.

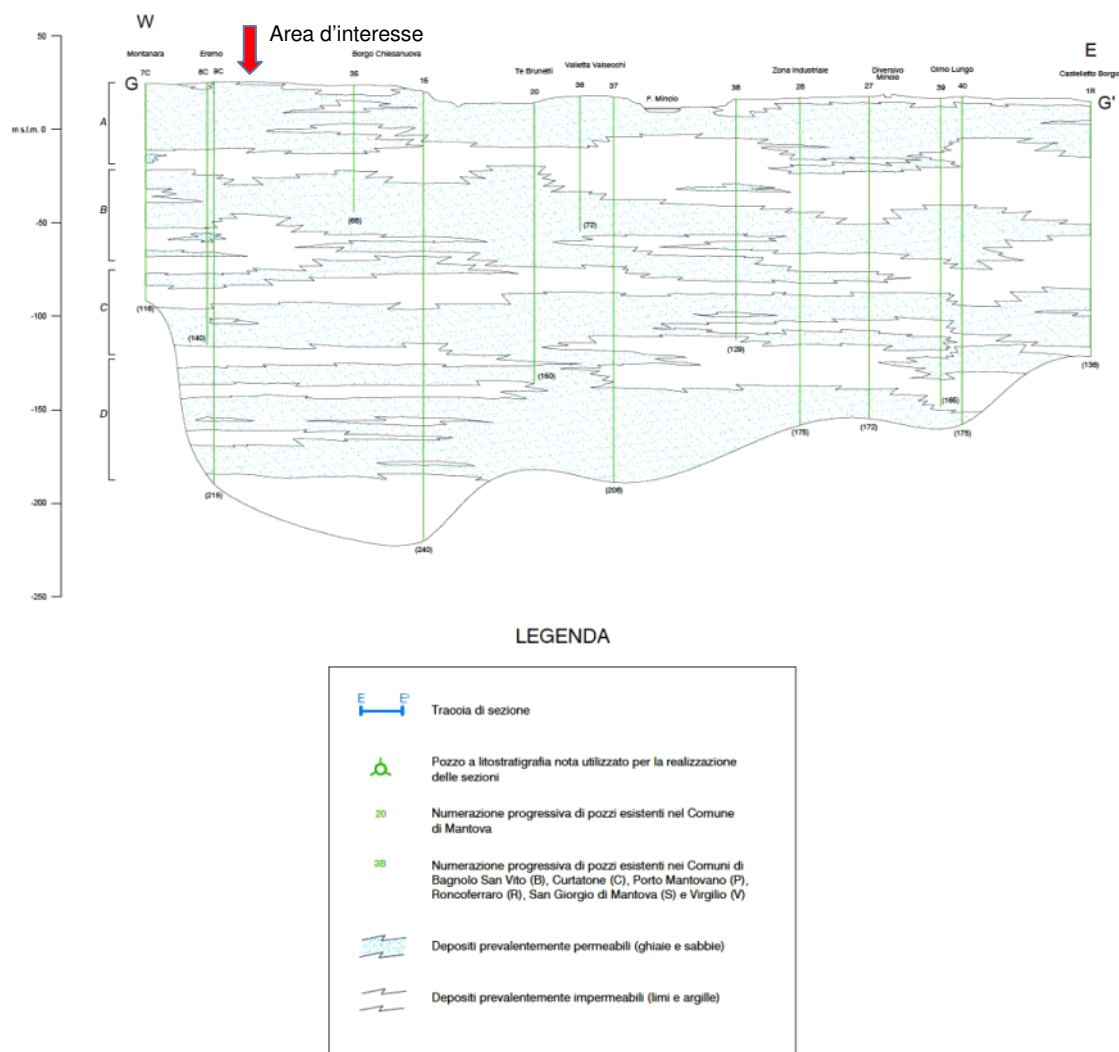
Gli agenti descritti hanno portato alla formazione di una topografia pianeggiante blandamente ondulata, con quote medie nell'ordine dei 25 metri s.l.m. e pendenze dello 0,5-1%. Dal punto di vista geomorfologico il comparto in oggetto, considerata la collocazione e l'assetto del piano campagna, non presenta alcun processo morfologico destabilizzante in atto e/o in potenziale evoluzione; l'area si presenta perciò stabile.

2.2 - Inquadramento idrogeologico ed idrografico

Il sottosuolo della pianura alluvionale mantovana, contiene a differenti profondità, abbondanti falde idriche da tempo sfruttate per soddisfare i fabbisogni potabili, industriali e agricoli. La disponibilità di rilevanti risorse idriche e il loro continuo rinnovamento sono garantiti da una situazione geologica che consente l'infiltrazione e l'immagazzinamento temporaneo delle acque superficiali nel sottosuolo e da condizioni idrogeologiche che assicurano la periodica ricarica degli acquiferi. La situazione idrogeologica del sottosuolo è condizionata dalle caratteristiche granulometriche e strutturali del materasso alluvionale e soprattutto dalla differente distribuzione dei materiali ghiaiosi da monte a valle.

L'assetto idrogeologico del territorio studiato, descritto complessivamente dalle sezioni, è quello di un monostrato variamente compartimentato dalla presenza di orizzonti limosi e argillosi, poco permeabili o impermeabili, discontinui sia in senso verticale che areale.

Al suo interno si distinguono alcuni corpi idrici di notevole sviluppo facilmente individuabili la cui sede è costituita da livelli sabbiosi eterometrici (talora con piccole percentuali di ghiaia medio-fine) a permeabilità variabile, localmente interconnessi.



Nell'elaborazione dei profili si è proceduto ad una semplificazione, effettuando una suddivisione basata essenzialmente sulle caratteristiche granulometriche e di permeabilità dei materiali alluvionali: depositi prevalentemente permeabili, costituiti da ghiaie e sabbie, e depositi prevalentemente impermeabili, rappresentati da limi ed argille.

L'acquifero più superficiale (A), intercettato dalle trivellazioni fino alla quota di -15/-20 m s.l.m., è di tipo semiconfinato. In alcuni settori si rilevano in prossimità della superficie topografica materiali di tipo limoso o argilloso ma altrove, quando tale copertura è presente, pare non avere uno sviluppo areale sufficiente a determinare il confinamento dell'acquifero medesimo.

Ad una quota compresa tra -20 e -70 m s.l.m. si rinviene l'acquifero B. Il banco costituito prevalentemente da limi ed argille, potente anche 35 m, che lo separa dal corpo idrico superficiale, sembra in taluni settori ridursi sino a consentire locali comunicazioni.

Anche il terzo livello permeabile (acquifero C) è caratterizzato da geometria complessa (numerosi setti impermeabili individuano varie sottounità) e, tuttavia, è possibile considerare il suo sviluppo verticale compreso tra -80 e -120 m s.l.m. I materiali argilloso-limosi che separano l'acquifero B da C sembrano essere dotati di discreta continuità ed indicano, quindi, un isolamento certo rispetto alla superficie.

La falda ospitata nell'orizzonte C viene attualmente emunta da numerosi impianti sia pubblici che privati; ciò attesta elevata produttività e buone potenzialità per tale acquifero sabbioso.

Le trivellazioni più profonde raggiungono un quarto importante acquifero (D) tra la quota di -120 e -180 m s.l.m. Talune sezioni lo descrivono come un potente, omogeneo pacco di materiali sabbiosi ma, molto più probabilmente, al suo interno alcuni setti impermeabili, talvolta dotati di apprezzabile sviluppo orizzontale e verticale, ne articolano la struttura. In alcuni tratti si evidenzia un collegamento con l'acquifero C.

Le precipitazioni certamente forniscono un contributo alla ricarica dell'acquifero superficiale nei settori privi di copertura impermeabile.

Analogamente è probabile che il corso d'acqua, mediante le dispersioni di subalveo, eserciti una significativa azione di alimentazione nei confronti dei corpi idrici con esso direttamente comunicanti.

Il primo livello di acqua, presente sotto la superficie del suolo, viene definito invece falda freatica. Essa è caratterizzata da una superficie del pelo dell'acqua "libera" di abbassarsi o elevarsi all'interno della formazione idrogeologica che la contiene.

L'analisi sull'assetto idrogeologico della falda freatica evidenzia quindi una sostanziale conservatività delle principali strutture idrogeologiche sotterranee.

La litologia è molto variabile ma complessivamente limo-sabbiosa e/o sabbio-limosa (in superficie) con intercalazioni sabbiose più in profondità, ne consegue quindi una permeabilità discreta ed una vulnerabilità media del sottostante acquifero da eventuali agenti inquinanti.

La rete idrografica locale è dominata dalla presenza del Fiume Mincio. Ad esso confluiscono buona parte dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore, sia direttamente che come confluenza di altri canali.

Tali canali attraversano buona parte del territorio comunale e svolgono una importante funzione sia di drenaggio delle acque superficiali che come distributori delle acque irrigue.

L'area in esame, in virtù dei frequenti scoli di acque superficiali che allontanano facilmente le acque legate ad eventi meteorici si presenta quindi ben drenata, sono pertanto da escludersi (in condizioni normali), per la porzione di territorio interessata dagli interventi in progetto, eventuali esondazioni.

Più che da veri e propri fenomeni di esondazione per tracimazione di cavi o canali, l'area in studio potrebbe eventualmente essere interessata da locali allagamenti per difficoltà di scolo e per ristagno delle acque in occasione di eventi climatici di pioggia critica.

Dal punto di vista del drenaggio superficiale le pendenze del terreno, mediamente comprese tra 0,5 e 1% evidenziano un drenaggio di tipo lento; ne consegue quindi che le opere di sistemazione esterna, dovranno prevedere opportune linee di scolo e smaltimento delle acque meteoriche che suppliscano a tale situazione, in funzione anche ad un incremento delle superfici impermeabilizzate.

2.3 - Soggiacenza della falda freatica

A verifica delle condizioni strutturali della falda freatica, al termine delle prove penetrometriche effettuate è stato misurato all'interno di ogni foro d'indagine il livello della falda freatica, il cui valore rispetto al piano d'esecuzione delle prova è da riferirsi alla data in cui è stato eseguito il lavoro (23/05/2015); i valori rilevati sono:

- Perforo SCPTU1 : -2,60 m da piano cantiere e/o piano prova
- Perforo CPTU2 : -2,40 m da piano cantiere e/o piano prova

È opportuno segnalare come tali valori risultino fortemente influenzati, sia dalle variazioni meteoriche che dal litotipo riscontrato, nonché da fenomeni di evapotraspirazione e di differente quota topografica; tali fattori possono determinare in determinati periodi dell'anno, possibili venute d'acqua in fase di scavo per la realizzazione delle strutture fondali, in particolar modo nel caso di piani interrati e/o fondazioni con un piano di posa profondo.

Nelle stagioni secca e nelle annate meno piovose possono infatti registrarsi abbassamenti dell'ordine di qualche metro; al contrario nelle annate e nei mesi più piovosi possono registrarsi valori prossimi al piano campagna, la cui presenza dovrà essere comunque opportunamente valutata in fase esecutiva.

In tali condizioni sarebbe necessario prevedere adeguati interventi finalizzati all'abbattimento del livello freatico e/o all'isolamento idraulico di pavimenti e muri esterni interrati; dette peculiarità dovrebbero essere eseguite con metodologie che non alterino sensibilmente l'assetto strutturale della falda freatica; ciò poiché l'abbattimento delle pressioni neutre eventualmente causato da dette operazioni potrebbe determinare incrementi sia delle velocità che nelle entità dei cedimenti dei litotipi sottostanti le opere fondali e la comparsa e/o ripresa di lesioni nelle strutture in elevazione indipendentemente dal periodo di costruzione delle stesse.

2.4 - Prove penetrometrie statiche

Per la caratterizzazione litologica dei terreni di fondazione dell'area in esame, sono state realizzate n°2 prove penetrometriche statiche eseguite con punta elettrica (CPTU2) e cono sismico (SCPTU1); le indagini suddette risultano ubicate come di seguito riportato.



UBICAZIONE INDAGINI

Legenda:

-  Ubicazione indicativa capannone in progetto
-  Ubicazione indicativa prove penetrometriche statiche eseguite con punta elettrica (CPTU) e cono sismico (SCPTU)

Le prove penetrometriche sono state eseguite utilizzando un penetrometro GeoMill da 200 kN di spinta massima, dotato di punta elettrica, montato su autocarro Mercedes Unimog 4X4. La prova SCPTU (S = Seismic; CPT = Cone Penetration Test; U = con misura della pressione neutra U) consiste, come per le prove CPTU standard, nell'infissione nel terreno del piezocono per la misura, ogni 2 cm, dei classici parametri qc (resistenza di punta), fs (resistenza laterale) ed U (pressione neutra).

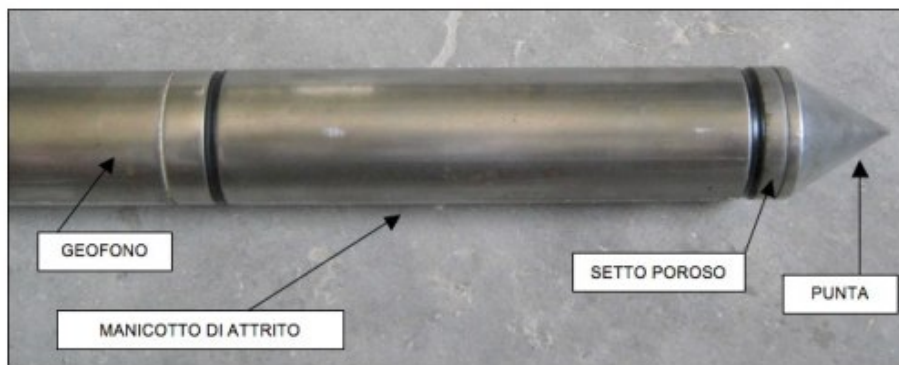
Ad ogni metro di profondità (od eventualmente a profondità prestabilite a seconda delle necessità progettuali) viene sospesa l'infissione del piezocono ed a piano campagna, tramite adeguato sistema di energizzazione, vengono generate delle vibrazioni artificiali nel terreno.

Tramite i sensori sismici (geofoni) presenti all'interno del piezocono ed adeguato acquisitore sismico è possibile quindi rilevare e registrare tali segnali sismici e di conseguenza determinare i tempi necessari alle onde sismiche per percorrere il tratto da piano campagna fino alla profondità a cui si trova il piezocono (tempi di arrivo). Grazie alla presenza di tre geofoni o accelerometri disposti all'interno del piezocono lungo le tre direzioni X, Y e Z ed al tipo di sistema di energizzazione utilizzato è possibile discriminare nei sismogrammi i segnali generati dalle onde di taglio S e dalle onde di compressione P (solo in terreni privi di falda freatica). Ottenuti i tempi di arrivo è possibile quindi calcolare la velocità di propagazione delle onde S e P.

La prova penetrometrica statica SCPTU consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta elettrica dotata di piezocono, di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($V = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$). La punta sismica è una punta penetrometrica elettrica dotata, oltre che dei geofoni succitati, di un trasduttore di

pressione per la misura della pressione interstiziale dei pori, cioè il carico idraulico istantaneo presente nell'intorno della punta.

La pressione dell'acqua interstiziale del terreno viene trasmessa al trasduttore attraverso un filtro, che è posto tra la base dell'estremità conica della punta ed il manicotto di attrito. La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta, che agisce su una batteria di aste (aste cave con il cavo di trasmissione dati all'interno), alla cui estremità inferiore è collegata la punta con piezocono.



Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura estensimetrico collegato alla punta ed al manicotto dell'attrito laterale, e da un trasduttore di pressione che registra le pressioni dell'acqua di falda durante l'infissione della punta, attraverso un setto poroso opportunamente saturato e disareato.

I dati delle resistenze alla punta, al manicotto laterale, della pressione dei pori e dell'inclinazione della punta vengono registrate su supporti magnetici ed elaborati. Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

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

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

- $q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza alla punta (conica);}$
- $f_s \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza laterale (manicotto);}$
- $U \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \text{pressione dei pori (setto poroso);}$
- $f_s/q_c \text{ (\%)} = \text{rapporto attrito laterale / resistenza alla punta;}$
- $\Delta U/q_c = \text{variazione pressione dei pori in funzione della resistenza alla punta.}$

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite anche utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati (stratigrafia), in base al rapporto q_c/f_s fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro, ovvero in base ai valori di q_c e del rapporto $FR = (f_s/q_c) \text{ \%}$.

Con riferimento ai dati acquisiti durante la campagna geognostica si riportano di seguito le risultanze dei test penetrometrici.

PROVA SCPTU1 (lettura dati ogni 2 cm)



elietipi s.r.l.

Sede operativa ed ammi. via: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elietipi.it sito: www.elietipi.it

P.IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014 art. 59 del D.P.R. 380/2001 Circolari Ministeriali 78/8/STC





COMMITTENTE

dott. **geol. Alessandro Boni - Via Giulio Romano 54 - CAP 46035 Ostiglia (MN)**

CANTIERE

Via Siena - Mantova (MN)

CPT N°

SCPTU1

DATA

23/05/16

COMMESSA

13030/14

PROF. FALDA (m da p.c.)

2.60

PREFORO (m da p.c.)

C. SITO N°:

S160260 del 23.05.16

TIPO PUNTA

piezocono G1 - CPL2IN

Lat.

45.141281°

Long.

10.737355°

prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.
m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi
0.02	0.97	5.44	8.79	0.51	2.02	13.62	85.58	78.31	0.78	4.02	3.66	119.38	82.37	1.34	6.02	3.17	94.17	355.07	2.25
0.04	1.48	5.43	0.65	0.64	2.04	13.70	85.69	83.19	0.79	4.04	3.60	97.26	181.68	1.37	6.04	3.37	77.73	582.99	2.25
0.06	2.34	7.43	0.16	0.37	2.06	13.35	81.35	81.56	0.79	4.06	3.82	104.15	371.35	1.40	6.06	3.80	83.73	863.00	2.25
0.08	2.80	11.43	10.74	0.91	2.08	12.57	77.24	66.09	0.79	4.08	4.02	104.70	522.75	1.42	6.08	3.90	75.73	###	2.24
0.10	3.30	15.66	8.30	1.01	2.10	12.04	74.35	56.33	0.80	4.10	3.94	109.03	523.56	1.43	6.10	3.82	79.28	###	2.22
0.12	3.80	19.88	5.86	0.71	2.12	11.69	48.94	111.68	0.80	4.12	3.04	100.13	434.83	1.42	6.12	3.41	86.17	538.21	2.24
0.14	3.03	24.23	0.16	0.08	2.14	11.34	23.52	167.03	0.81	4.14	2.57	77.24	395.77	1.46	6.14	3.08	93.61	434.02	2.21
0.16	3.06	34.47	9.61	0.33	2.16	11.28	70.16	88.07	0.81	4.16	2.55	78.35	416.11	1.45	6.16	2.86	103.05	511.35	2.23
0.18	3.08	44.71	19.37	0.58	2.18	10.64	81.73	71.79	0.81	4.18	2.30	80.79	501.59	1.44	6.18	3.03	108.50	639.97	2.26
0.20	3.04	50.83	25.07	0.67	2.20	10.38	86.61	66.09	0.82	4.20	2.42	74.02	603.33	1.46	6.20	3.46	92.50	771.02	2.25
0.22	2.74	60.50	16.93	0.44	2.22	9.47	92.38	51.44	0.82	4.22	2.46	67.90	652.17	1.46	6.22	4.52	85.72	989.17	2.25
0.24	2.68	67.07	20.19	0.48	2.24	8.14	93.38	36.21	0.83	4.24	2.39	40.69	537.77	1.51	6.24	6.19	91.72	###	2.28
0.26	2.52	71.86	22.63	0.49	2.26	6.52	92.27	5.86	0.83	4.26	2.62	69.02	657.06	1.46	6.26	7.98	103.83	393.32	2.29
0.28	2.36	73.73	31.59	0.45	2.28	5.61	87.60	0.65	0.83	4.28	2.55	58.02	616.36	1.47	6.28	9.52	96.27	206.91	2.31
0.30	2.27	75.43	27.51	0.44	2.30	5.38	81.82	2.28	0.84	4.30	2.45	49.46	577.29	1.49	6.30	10.18	94.61	123.07	2.28
0.32	2.16	73.77	34.31	0.42	2.32	5.28	89.37	1.47	0.84	4.32	2.52	51.90	543.91	1.58	6.32	10.35	102.60	93.77	2.30
0.34	2.15	70.00	29.15	0.40	2.34	4.71	96.48	7.98	0.84	4.34	2.20	35.24	504.03	1.50	6.34	9.94	118.05	75.86	2.27
0.36	1.99	62.56	31.59	0.41	2.36	77	99.14	12.05	0.85	4.36	2.10	36.69	471.47	1.53	6.36	9.42	142.16	64.27	2.30
0.38	1.96	56.34	32.40	0.39	2.38	3.18	92.48	17.75	0.85	4.38	2.08	38.80	461.70	1.54	6.38	9.20	160.71	65.28	2.33
0.40	1.93	50.13	33.21	0.37	2.40	3.06	71.25	19.37	0.86	4.40	1.95	35.47	458.44	1.53	6.40	9.87	170.49	101.91	2.36
0.42	2.05	46.69	38.10	0.43	2.42	2.93	63.25	19.37	0.86	4.42	1.85	34.25	475.53	1.54	6.42	10.82	100.82	295.64	2.34
0.44	2.07	46.47	38.91	0.49	2.44	2.72	57.47	21.01	0.86	4.44	1.89	32.81	502.40	1.55	6.44	11.12	104.49	288.31	2.34
0.46	2.08	48.92	37.29	0.44	2.46	2.64	51.35	18.56	0.87	4.46	1.93	33.81	539.03	1.55	6.46	11.29	108.82	285.06	2.34
0.48	1.92	52.04	37.29	0.45	2.48	2.70	49.91	11.23	0.87	4.48	1.81	37.01	512.98	1.52	6.48	11.48	105.93	298.09	2.37
0.50	1.75	56.04	38.10	0.45	2.50	2.43	60.46	1.47	0.88	4.50	2.59	51.24	485.11	1.53	6.50	11.69	95.60	317.62	2.38
0.52	1.52	57.04	37.29	0.42	2.52	2.41	62.35	15.63	0.88	4.52	2.42	53.56	477.17	1.52	6.52	12.12	82.93	370.53	2.37
0.54	1.27	55.49	35.65	0.45	2.54	2.66	63.91	27.02	1.04	4.54	2.47	53.79	482.86	1.54	6.54	12.83	68.59	445.42	2.38
0.56	1.30	53.38	36.47	0.42	2.56	3.06	64.79	48.19	0.95	4.56	2.43	51.68	512.98	1.56	6.56	13.36	61.59	502.40	2.40
0.58	1.16	48.38	41.35	0.45	2.58	3.16	64.79	48.19	0.95	4.58	2.52	51.90	543.91	1.58	6.58	13.98	66.59	551.24	2.42
0.60	1.28	45.94	39.73	0.42	2.60	4.95	63.01	125.51	0.93	4.60	2.74	50.24	593.57	1.58	6.60	14.29	67.70	575.66	2.43
0.62	1.16	43.05	39.73	0.43	2.62	6.50	55.02	186.57	0.97	4.62	2.85	47.80	634.27	1.60	6.62	14.41	62.14	572.40	2.44
0.64	1.23	40.40	38.10	0.41	2.64	7.65	45.02	244.36	0.97	4.64	2.85	46.02	679.85	1.63	6.64	14.11	67.14	518.68	2.46
0.66	1.23	38.07	38.91	0.27	2.66	8.09	42.46	270.41	0.93	4.66	2.75	42.46	744.15	1.62	6.66	14.18	105.93	298.09	2.37
0.68	1.33	36.74	39.73	0.37	2.68	8.57	40.02	289.13	0.99	4.68	2.66	48.79	768.57	1.61	6.68	12.51	80.24	354.25	2.45
0.70	1.22	35.19	42.17	0.39	2.70	8.75	35.79	307.04	0.98	4.70	2.62	44.80	758.81	1.64	6.70	11.39	83.57	282.62	2.50
0.72	1.28	36.30	44.61	0.40	2.72	8.89	36.24	313.55	1.00	4.72	2.62	54.47	784.04	1.65	6.72	10.77	87.35	253.31	2.50
0.74	1.44	36.08	40.54	0.40	2.74	8.87	39.57	311.92	1.02	4.74	2.66	54.80	828.00	1.68	6.74	10.52	86.79	264.71	2.51
0.76	1.42	33.42	47.05	0.39	2.76	8.80	38.69	306.23	1.01	4.76	2.93	57.02	895.56	1.68	6.76	10.41	84.34	274.48	2.54
0.78	1.46	31.87	45.43	0.40	2.78	8.83	41.03	307.85	1.03	4.78	3.24	57.69	937.07	1.67	6.78	10.17	81.67	279.36	2.53
0.80	1.63	30.21	43.79	0.44	2.80	8.96	41.25	315.18	1.01	4.80	3.71	57.91	986.73	1.68	6.80	9.67	79.00	258.20	2.54
0.82	1.64	27.88	46.24	0.42	2.82	8.77	47.15	294.83	1.06	4.82	5.05	64.68	###	1.69	6.82	9.63	74.44	269.59	2.55
0.84	1.76	26.55	42.98	0.44	2.84	9.16	51.92	324.13	1.07	4.84	7.79	72.80	604.15	1.66	6.84	9.88	70.44	214.37	2.57
0.86	2.00	25.44	40.54	0.41	2.86	9.38	53.82	348.55	1.03	4.86	9.22	67.14	85.63	1.69	6.86	9.93	69.99	330.65	2.59
0.88	2.15	23.89	42.98	0.45	2.88	9.70	57.38	372.16	1.04	4.88	9.79	61.79	69.35	1.69	6.88	9.79	72.21	329.01	2.60
0.90	2.15	22.17	38.10	0.45	2.90	9.77	61.82	373.79	1.08	4.90	10.05	59.80	62.84	1.69	6.90	9.40	69.54	299.71	2.61
0.92	2.11	29.68	36.47	0.45	2.92	9.84	63.60	378.67	1.11	4.92	9.92	50.24	68.53	1.68	6.92	9.14	64.53	289.95	2.63
0.94	2.06	29.13	32.40	0.46	2.94	9.79	60.93	384.37	1.11	4.94	9.60	45.91	65.28	1.69	6.94	9.02	61.75	283.43	2.67
0.96	2.47	29.25	11.23	0.46	2.96	9.89	57.49	385.18	1.12	4.96	9.80	50.25	80.75	1.70	6.96	8.87	63.20	285.06	2.68
0.98	2.67	30.69	8.30	0.44	2.98	9.79	56.83	386.81	1.13	4.98	9.99	52.68	105.98	1.70	6.98	8.75	65.42	282.62	2.70
1.00	2.72	30.47	9.11	0.44	3.00	9.87	58.71	399.83	1.11	5.00	10.03	65.58	112.49	1.70	7.00	8.91	64.64	311.92	</

elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA

Tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it

P.IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001. Circolari Ministeriali 7618/STC

la saatchi & saatchi

CERTIFICAZIONE
ISO 9001:2008
ISO 14001:2004
ISO 45001:2018
SISTEMI DI GESTIONE
CERTIFICATI

COMMITTENTE dott. geol. Alessandro Boni - Via Giulio Romano 54 - CAP 46035 Ostiglia (MN)

CANTIERE Via Siena - Mantova (MN)

CPT N°

SCPTU 1

PROF. FALDA (m da p.c.) 2.60

TIPO PUNTA

piezometro G1 - CPL2IN

DATA

23/05/16

PREFORO (m da p.c.)

Lat.

45.141281°

COMMESSA

13030/14

C. SITO N°:

S160260 del 23.05.16

Long.

10.737355°

prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.
m	mpa	kPa	gradi	m	m	mpa	kPa	gradi	m	m	mpa	kPa	gradi	m	m	mpa	kPa	gradi	m	m	mpa	kPa	gradi	m
10.02	3.83	19.84	377.04	3.72	12.02	12.93	88.10	118.19	4.96	14.02	8.57	28.99	37.61	6.38	16.02	17.89	50.73	263.08	7.11	18.02	16.80	92.88	257.39	6.65
10.04	5.19	21.61	398.21	3.71	12.04	12.56	88.54	110.87	5.01	14.04	8.58	28.55	39.23	6.37	16.04	18.38	52.62	259.83	7.15	18.04	16.63	91.10	272.03	6.66
10.06	6.19	22.39	179.24	3.72	12.06	12.35	86.31	108.42	5.01	14.06	8.70	27.99	41.67	6.38	16.06	18.88	53.61	264.71	7.16	18.06	16.60	89.87	285.06	6.68
10.08	6.96	19.95	229.71	3.73	12.08	12.38	80.75	114.12	5.03	14.08	9.00	26.77	46.56	6.38	16.08	19.05	56.05	287.50	7.17	18.08	16.66	88.64	304.59	6.73
10.10	7.45	22.40	254.94	3.73	12.10	12.42	76.19	122.26	5.04	14.10	9.50	25.55	55.51	6.42	16.10	19.25	60.27	316.81	7.19	18.10	16.80	86.31	324.13	6.72
10.12	7.90	22.84	289.13	3.72	12.12	12.51	70.74	132.03	5.05	14.12	10.10	24.77	67.72	6.42	16.12	19.51	65.27	326.57	7.18	18.12	16.97	84.97	209.36	6.73
10.14	8.24	31.84	311.11	3.73	12.14	12.60	65.41	140.17	5.08	14.14	10.40	23.55	74.23	6.44	16.14	20.07	70.71	310.29	7.24	18.14	17.22	83.29	209.36	6.79
10.16	8.65	34.18	351.81	3.75	12.16	12.73	61.74	153.19	5.08	14.16	10.08	22.99	70.17	6.42	16.16	20.77	76.27	259.01	7.26	18.16	17.62	83.62	245.99	6.80
10.18	9.52	37.63	434.83	3.74	12.18	12.92	60.51	164.59	5.11	14.18	9.63	24.33	62.84	6.42	16.18	21.37	80.38	227.27	7.27	18.18	18.16	84.39	294.01	6.80
10.20	10.50	42.07	540.65	3.76	12.20	13.13	59.95	181.68	5.13	14.20	9.70	24.11	64.47	6.43	16.20	21.96	84.48	195.52	7.28	18.20	18.74	84.17	360.76	6.83
10.22	11.70	47.07	347.37	3.79	12.22	13.49	59.73	204.47	5.14	14.22	10.05	24.33	72.61	6.45	16.22	22.18	89.15	278.55	7.30	18.22	19.66	86.71	371.35	6.84
10.24	12.83	50.85	354.25	3.79	12.24	13.92	59.06	234.59	5.17	14.24	10.61	25.44	86.45	6.44	16.24	22.69	96.03	251.69	7.32	18.24	20.56	88.38	328.20	6.87
10.26	13.67	53.52	333.90	3.81	12.26	14.38	58.94	271.22	5.20	14.26	11.41	26.94	105.98	6.45	16.26	23.63	101.03	324.95	7.33	18.26	20.96	92.48	343.67	6.89
10.28	14.55	56.96	321.69	3.85	12.28	15.04	59.01	313.55	5.21	14.28	12.17	28.10	129.59	6.46	16.28	24.87	104.13	332.27	7.35	18.28	21.34	99.47	349.37	6.91
10.30	15.36	62.74	320.87	3.85	12.30	15.69	61.05	290.76	5.21	14.30	12.88	29.33	150.75	6.50	16.30	25.87	106.80	298.09	7.38	18.30	20.79	104.21	277.73	6.89
10.32	15.84	59.34	232.97	3.84	12.32	16.58	64.27	304.59	5.24	14.32	13.41	29.66	167.85	6.50	16.32	26.53	110.57	297.27	7.39	18.32	20.34	108.95	206.10	6.87
10.34	16.83	67.90	294.01	3.87	12.34	17.58	68.16	320.87	5.26	14.34	13.67	31.77	178.43	6.51	16.34	26.04	106.22	244.36	7.35	18.34	21.55	115.77	290.76	6.91
10.36	17.78	77.34	326.57	3.85	12.36	18.82	71.94	327.39	5.30	14.36	13.61	33.33	178.43	6.52	16.36	25.56	101.88	191.45	7.31	18.36	21.66	124.77	302.15	6.94
10.38	18.84	85.90	340.41	3.84	12.38	20.56	75.82	362.39	5.31	14.38	12.90	34.77	158.07	6.55	16.38	26.77	121.33	252.50	7.38	18.38	21.61	105.25	295.64	6.92
10.40	19.61	92.56	341.23	3.89	12.40	22.35	79.60	337.97	5.32	14.40	11.42	36.72	181.68	6.47	16.40	26.87	131.66	259.01	7.42	18.40	21.81	142.92	338.79	6.98
10.42	19.95	99.78	337.97	3.90	12.42	23.56	83.89	256.57	5.29	14.42	10.80	37.61	152.38	6.49	16.42	27.31	140.65	276.55	7.44	18.42	21.94	134.63	251.99	6.90
10.44	19.86	106.06	319.25	3.96	12.44	24.20	93.67	276.92	5.31	14.44	10.24	39.05	135.29	6.49	16.44	27.66	147.53	286.69	7.47	18.44	22.66	134.18	409.60	6.94
10.46	19.29	111.88	274.48	3.96	12.46	24.46	103.33	297.27	5.35	14.46	9.87	39.83	137.73	6.51	16.46	27.74	151.07	280.99	7.49	18.46	22.38	133.72	461.69	6.97
10.48	18.36	114.65	254.13	3.97	12.48	24.50	113.77	302.97	5.36	14.48	9.63	39.38	125.51	6.53	16.48	27.56	154.74	269.59	7.51	18.48	24.44	129.16	452.75	6.99
10.50	17.19	116.98	224.01	4.02	12.50	24.42	124.77	311.92	5.39	14.50	9.66	37.72	127.96	6.54	16.50	27.37	154.17	273.67	7.53	18.50	24.79	128.04	420.19	6.91
10.52	15.97	118.64	193.89	4.02	12.52	24.22	133.99	303.78	5.38	14.52	9.72	34.83	134.47	6.56	16.52	27.19	153.61	277.74	7.55	18.52	25.09	128.70	404.72	6.93
10.54	14.67	118.74	162.15	4.06	12.54	23.92	140.64	306.23	5.38	14.54	9.71	31.83	137.73	6.56	16.54	27.34	156.94	254.94	7.60	18.54	25.12	128.58	385.99	6.96
10.56	13.30	117.73	127.15	4.11	12.56	23.71	142.74	305.41	5.42	14.56	9.69	31.05	140.98	6.54	16.56	27.17	158.60	273.67	7.62	18.56	25.11	127.91	369.71	6.98
10.58	12.23	115.72	110.05	4.10	12.58	23.29	141.85	302.97	5.45	14.58	9.60	30.60	141.79	6.57	16.58	26.98	159.38	285.87	7.65	18.58	24.92	127.68	349.37	6.92
10.60	12.19	111.93	126.33	4.13	12.60	23.07	140.61	306.23	5.43	14.60	9.45	30.38	139.35	6.57	16.60	26.93	158.37	306.23	7.69	18.60	24.81	126.13	345.29	6.91
10.62	13.05	111.17	204.59	4.18	12.62	22.87	137.49	315.18	5.46	14.62	9.26	29.81	137.73	6.58	16.62	26.00	148.93	271.22	7.70	18.62	23.74	105.25	295.64	6.92
10.64	14.10	109.47	108.67	4.16	12.64	22.67	135.15	315.18	5.40	14.64	9.13	29.81	136.91	6.60	16.64	26.88	140.60	263.08	7.72	18.64	23.70	107.00	213.43	6.23
10.66	15.04	106.25	395.77	4.18	12.66	22.77	130.25	341.23	5.50	14.66	9.14	29.81	139.35	6.60	16.66	26.59	139.71	239.47	7.72	18.66	23.49	100.81	193.08	6.28
10.68	16.32	105.79	542.29	4.17	12.68	22.88	125.25	361.57	5.54	14.68	9.09	28.92	143.43	6.61	16.68	26.11	141.93	221.57	7.74	18.68	23.28	100.92	172.73	6.95
10.70	17.74	103.89	678.22	4.21	12.70	23.15	121.57	390.88	5.55	14.70	9.24	28.69	149.12	6.63	16.70	25.60	142.49	207.73	7.78	18.70	22.77	100.82	160.52	6.29
10.72	20.05	94.21	590.31	4.23	12.72	23.23	117.45	400.65	5.58	14.72	9.47	27.35	162.15	6.63	16.72	24.99	143.14	192.27	7.80	18.72	22.34	97.60	152.36	6.28
10.74	21.44	91.32	399.83	4.26	12.74	23.26	113.44	404.72	5.63	14.														



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
Tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P.IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001. Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE dott. geol. Alessandro Boni - Via Giulio Romano 54 - CAP 46035 Ostiglia (MN)

CANTIERE Via Siena - Mantova (MN)

CPT N°

SCPTU 1

DATA

23/05/16

COMMESSA 13030/14

PROF. FALDA (m da p.c.) 2.60

PREFORO (m da p.c.)

C. SITO N°:

S160260 del 23.05.16

TIPO PUNTA

piezocono G1 - CPL2IN

Lat. 45.141281°

Long. 10.737355°

m	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.															
m	mpa	kPa	gradi	m	mpa	kPa	gradi	m	mpa	kPa	gradi	m	mpa	kPa	gradi	m	mpa	kPa	gradi	m	mpa	kPa	gradi	m	mpa	kPa	gradi	m	mpa	kPa	gradi	m	mpa	kPa	gradi														
20.02	14.32	55.36	132.03	9.85	22.02	19.77	114.51	310.29	10.81	24.02	16.65	46.70	230.52	11.89	26.02	18.67	81.95	295.64	13.28	28.02	16.14	71.96	244.36	14.30	20.04	14.01	54.25	127.15	9.87	22.04	19.89	115.84	332.27	10.81	24.04	16.18	56.15	214.24	11.90	26.04	19.15	87.38	310.29	13.30	28.04	15.90	72.07	240.29	14.33
20.06	13.64	53.47	121.45	9.87	22.06	20.14	113.83	360.76	10.84	24.06	15.22	58.59	186.57	11.91	26.06	19.79	93.50	319.25	13.33	28.06	15.74	72.07	237.85	14.36	20.08	12.85	45.16	190.63	9.87	22.08	20.39	110.60	395.77	10.85	24.08	13.75	59.58	153.19	11.93	26.08	20.06	100.39	316.81	13.34	28.08	15.68	74.96	245.17	14.39
20.10	12.43	43.83	148.31	9.88	22.10	20.88	105.93	427.51	10.87	24.10	12.40	62.14	133.65	11.93	26.10	20.12	106.60	306.23	13.35	28.10	15.78	78.85	259.83	14.39	20.12	11.88	42.39	124.70	9.89	22.12	21.46	108.26	463.33	10.89	24.12	11.46	61.13	125.51	11.99	26.12	20.19	111.83	298.09	13.38	28.12	15.53	74.62	253.31	14.42
20.14	11.21	42.50	109.23	9.88	22.14	22.18	108.03	499.95	10.92	24.14	10.68	60.91	123.07	11.97	26.14	20.67	114.49	314.37	13.37	28.14	15.10	74.51	232.97	14.44	20.16	10.51	41.95	97.03	9.87	22.16	22.81	108.91	508.09	10.93	24.16	9.98	60.90	123.07	12.01	26.16	21.28	114.16	333.90	13.37	28.16	14.03	78.72	204.47	14.47
20.18	10.10	38.84	95.40	9.89	22.18	23.13	110.52	475.53	10.96	24.18	9.51	62.45	131.21	12.01	26.18	21.60	114.82	332.27	13.39	28.18	13.49	81.62	196.33	14.49	20.20	9.79	35.73	96.21	9.90	22.20	23.17	114.12	451.11	10.98	24.20	9.44	62.34	144.24	12.03	26.20	22.00	115.48	343.67	13.43	28.20	12.62	81.94	185.75	14.47
20.22	9.67	33.28	99.47	9.89	22.22	23.20	117.78	438.09	10.99	24.22	9.20	61.23	154.82	12.04	26.22	22.60	118.81	367.27	13.44	28.22	11.51	83.27	169.97	14.48	20.24	9.65	31.39	104.35	9.90	22.24	23.05	120.33	419.37	11.01	24.24	9.04	61.00	161.33	12.05	26.24	23.31	119.92	387.63	13.45	28.24	10.76	83.71	162.96	14.50
20.26	9.56	29.73	105.17	9.91	22.26	22.99	124.77	413.67	11.03	24.26	8.80	61.66	165.40	12.08	26.26	23.79	123.13	381.11	13.47	28.26	11.01	82.49	172.73	14.49	20.28	9.65	27.13	109.23	9.91	22.28	22.86	129.65	405.53	11.05	24.28	8.52	62.99	164.59	12.09	26.28	24.16	126.02	366.02	13.47	28.28	10.04	78.27	184.94	14.52
20.30	9.58	26.96	109.23	9.91	22.30	22.92	133.09	407.97	11.08	24.30	8.56	63.99	172.73	12.10	26.30	24.23	133.46	353.43	13.48	28.30	10.14	73.37	203.66	14.51	20.32	9.63	25.98	169.47	9.85	22.32	23.09	135.31	425.07	11.09	24.32	8.77	65.10	184.94	12.11	26.32	24.12	135.68	329.83	13.49	28.32	10.14	67.15	224.01	14.53
20.34	9.66	27.20	170.29	9.86	22.34	23.36	125.41	250.06	11.08	24.34	8.85	67.31	189.82	12.10	26.34	23.98	138.34	315.18	13.52	28.34	11.48	60.70	255.75	14.53	20.36	9.71	28.65	175.99	9.86	22.36	22.86	129.65	405.53	11.05	24.36	8.52	62.99	164.59	12.09	26.36	24.16	126.02	366.02	13.47	28.36	10.04	78.27	184.94	14.52
20.38	9.86	28.98	184.13	9.88	22.38	23.45	127.52	260.64	11.12	24.38	8.57	70.97	193.08	12.13	26.38	22.66	130.41	232.15	13.53	28.38	13.25	61.93	280.99	14.56	20.40	10.01	29.32	192.27	9.90	22.40	23.07	131.52	245.17	11.15	24.40	8.95	73.19	193.08	12.16	26.40	22.62	134.41	228.89	13.53	28.40	14.08	48.04	287.49	14.59
20.42	10.00	29.98	179.24	9.90	22.42	22.85	134.18	253.31	11.16	24.42	8.93	68.92	232.97	12.14	26.42	22.09	137.74	217.50	13.55	28.42	13.00	51.14	228.89	14.57	20.44	10.30	29.87	197.99	9.90	22.44	22.64	136.84	261.45	11.16	24.44	9.22	68.37	229.71	12.19	26.44	21.36	139.74	205.29	13.57	28.44	12.27	56.48	201.22	14.58
20.46	10.58	29.87	176.80	9.91	22.46	22.47	134.71	261.45	11.21	24.46	9.42	69.03	226.45	12.16	26.46	20.61	140.18	193.89	13.58	28.46	13.01	60.01	229.71	14.55	20.48	10.71	28.97	167.03	9.93	22.48	22.02	136.26	250.06	11.24	24.48	9.51	71.26	224.83	12.16	26.48	19.65	136.28	178.43	13.60	28.48	11.32	63.45	219.94	14.54
20.50	10.77	28.53	180.87	9.93	22.50	21.62	134.14	246.80	11.24	24.50	9.43	70.37	211.80	12.20	26.50	18.24	132.93	155.63	13.60	28.50	11.11	67.34	219.13	14.55	20.52	10.83	28.19	178.43	9.94	22.52	21.22	132.02	243.54	11.24	24.52	9.33	69.48	206.91	12.20	26.52	16.53	130.15	135.29	13.63	28.52	11.01	68.57	215.05	14.56
20.54	10.85	29.19	175.99	9.94	22.54	21.70	123.36	278.55	11.26	24.54	9.29	68.81	200.41	12.23	26.54	15.00	126.14	127.15	13.64	28.54	11.04	67.67	217.50	14.58	20.56	10.77	29.19	180.87	9.96	22.56	21.93	122.35	299.71	11.28	24.56	9.05	64.91	206.91	12.26	26.56	14.00	120.36	127.96	13.67	28.56	10.59	62.34	219.13	14.57
20.60	10.65	31.07	180.87	9.95	22.60	22.12	122.79	309.48	11.32	24.60	8.88	66.69	197.15	12.27	26.60	13.03	106.13	145.05	13.67	28.60	10.60	51.23	215.05	14.60	20.62	10.55	31.07	180.87	9.95	22.62	22.12	122.79	309.48	11.32	24.62	9.05	64.91	206.91	12.26	26.62	13.03	106.13	145.05	13.67	28.62	10.60	51.23	215.05	14.60
20.62	10.55	31.41	170.29	9.99	22.62	22.12	120.92	322.51	11.32	24.62	9.05	64.91	206.91	12.26	26.62	13.03	106.13	145.05	13.67	28.62	10.59	48.56	222.38	14.61	20.64	10.62	31.18	177.61	9.98	22.64	21.93	109.81	228.08	11.32	24.64	9.17	62.79	211.80	12.29	26.64	13.47	88.56	192.27	13.72	28.64	10.53	45.78	226.45	14.59
20.66	10.62	31.18	177.61	9.98	22.66	21.93	109.81	228.08	11.32	24.66	9.17	62.79	211.80	12.29	26.66	13.47	88.56	192.27	13.72	28.66	10.53	45.78	226.45	14.59	20.68	10.70	31.06	174.35	9.99	22.66	22.09	110.04	197.96	11.34	24.68	9.30	62.68	217.50	12.29	26.68	14.22	77.68	228.89	13.77	28.66	10.57	42.55	232.97	14.58
20.70	10.79	30.29	168.66	10.01	22.68	22.16	110.04	187.38	11.35	24.68	9.38	62.12	219.13	12.32	26.68	14.96	68.89	258.20	13.76	28.68	10.56	38.88	231.73	14.61	20.70	10.79	29.19	178.43	9.94	22.70	22.17	110.04	176.80	11.36	24.70	9.33	62.78	213.43	12.32	26.70	14.76	54.01	263.08	13.77	28.70	10.53	36.99	235.41	14.57
20.72	11.00	29.39	162.15	10.01	22.72	22.13	109.26	172.73	11.36	24.72	9.21	63.45	202.03	12.34	26.72	15.26	53.58	237.03	13.78	28.72	10.51	35.66	233.78	14.59	20.74	11.01	29.16	165.40	10.04	22.74	21.97	105.82	164.59	11.40	24.74	9.09	64.11	197.96	12.35	26.74	15.29	54.81	219.13	13.79	28.74	10.47	35.92	237.85	14.60
20.76	11.06	30.38	171.91	10.03	22.76	21.50	104.71	148.31	11.41	24.76	9.06	65.78	199.59	12.36	26.76	14.25	60.48	176.80	13.80	28.76	10.57	35.32	245.17	14.59	20.78	11.13	29.38	171.10	10.06	22.78	21.51	102.48	139.35	11.42	24.78	9.10	67.66	205.29	12.36	26.78	12.85	60.63	151.57	13.83	28.78	10.63	35.10	250.06	14.63
20.80	11.13	28.15	184.94	10.08	22.80	20.20	101.37	124.70	11.42	24.80	9.20	68.99	208.55	12.38	26.80	11.85	69.59	145.05	13.82	28.80	10.80	35.21	255.75	14.60	20.84	11.26	31.24	189.01	10.06	22.82	19.02	98.59	106.79	11.44	24.82	9.35	69.66	215.05	12.41	26.82	11.25	67.71	149.12	13.84	28.82	10.84	34.21	255.75	14.63
20.84	12.30	29.03	181.68	10.08	22.84	17.65	97.36	92.14	11.45	24.84	9.57	70.88	223.19	12.43	26.84	10.65	65.82	166.21	13.85	28.84	11.22	35.21	245.17	14.63	20.86	13.19	30.25	177.61	10.07	22.86	16.41	97.81	87.26	11.47	24.86	9.74	70.99	228.0											



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
 tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
 P.IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE dott. geol. Alessandro Boni - Via Giulio Romano 54 - CAP 46035 Ostiglia (MN)

CANTIERE Via Siena - Mantova (MN)

CPT N° SCPTU 1 PROF. FALDA (m da p.c.) 2.60 TIPO PUNTA piezocono G1 - CPL2IN

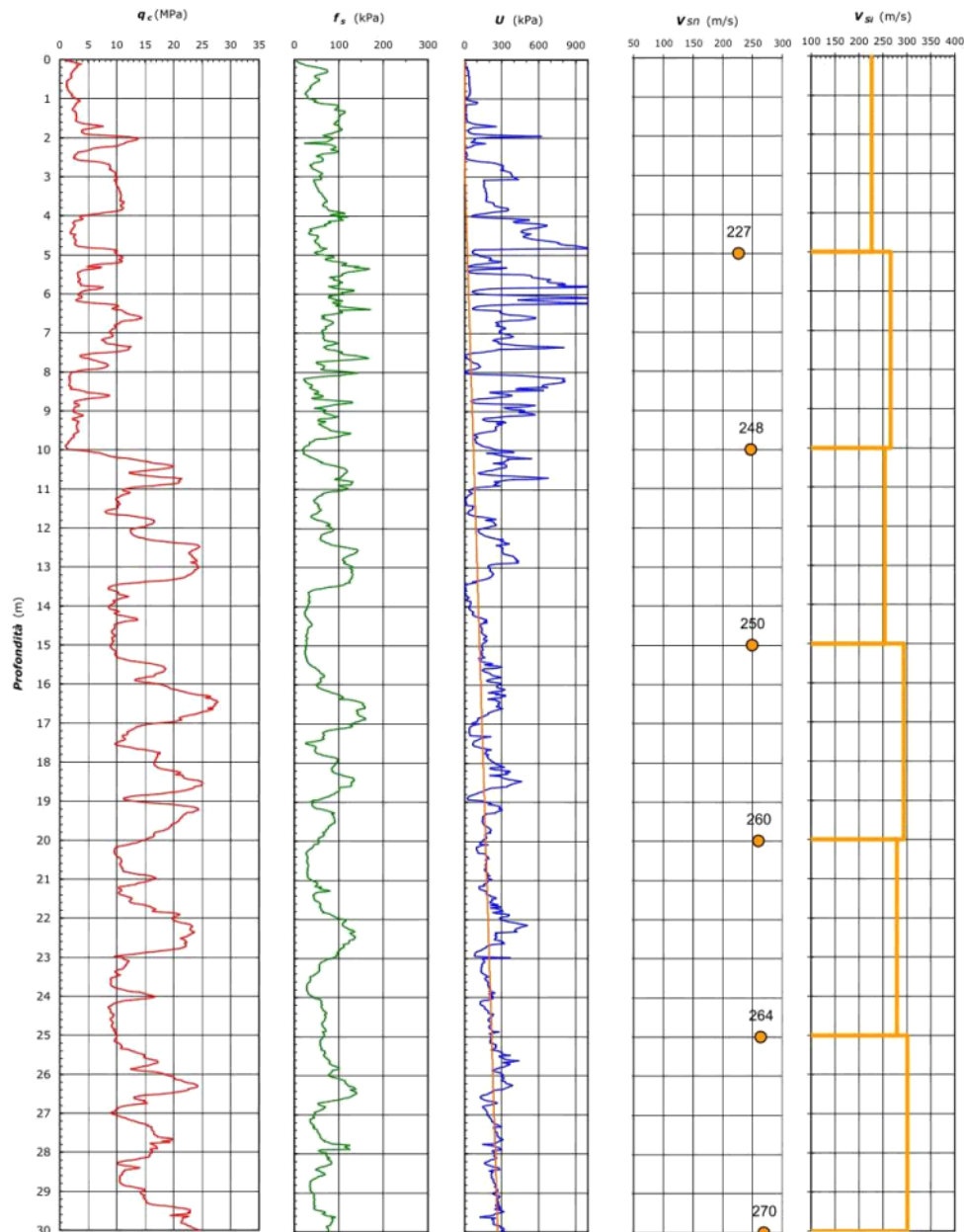
DATA 23/05/16 PREFORO (m da p.c.)

Lat. 45.141281°

COMMESSA 13030/14

C. SITO N°: S160260 del 23.05.16

Long. 10.737355°



Lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

S160260_SCPTU1.xls - pag 4 di 6

Il Direttore Settore Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P.IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE dott. geol. Alessandro Boni - Via Giulio Romano 54 - CAP 46035 Ostiglia (MN)

CANTIERE

Via Siena - Mantova (MN)

CPT N°

SCPTU 1

PROF. FALDA (m da p.c.) 2.60

TIPO PUNTA

piezocono G1 - CPL2IN

DATA

23/05/16

PREFORO (m da p.c.)

Lat.

45.141281°

COMMESSA

13030/14

C. SITO N°:

S160260 del 23.05.16

Long.

10.737355°

UBICAZIONE

Località: Via Siena - Mantova (MN)



Lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

S160260_SCPTU1.xls - pag 6 di 6

Il Direttore Settore Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

PROVA CPTU2 (lettura dati ogni 2 cm)



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed ammi. via: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P.IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio aut. dal Ministero Infrastrutture e Trasporti P.C.S. LL.PP. S.T.C. in base al D.P.R. n. 360/01 art. 59 circ. n. 349/98 Dec. n° 53362 del 06/05/2005



COMMITTENTE: **dott. geol. Alessandro Boni - Via Giulio Romano 54 - CAP 46035 Ostiglia (MN)**

CANTIERE: **Via Siena - Mantova (MN)**

PROVA N°: CPTU 2 PROF. FALDA (m da p.c.): 2.40

DATA: 23/05/16

COMMESSA: 13030/14

C. SITO N°: S160261 del 23.05.16

LAT. (WGS 84): 45.141076°

piezocono G1 - CPL2IN

LONG. (WGS 84): 10.737587°

OPERATORE: L. Zanirato

m	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.	prof.	qc	fs	U	incl.
m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi	m	Mpa	kPa	kPa	gradi
0.02	2.69	4.48	22.14	0.41	2.02	9.35	196.66	60.39	0.70	4.02	6.54	30.52	52.25	1.23	6.02	8.48	54.63	180.87	2.06
0.04	4.35	6.59	38.42	0.89	2.04	7.78	195.10	18.07	0.73	4.04	6.90	33.41	49.81	1.30	6.04	8.27	55.41	173.54	2.05
0.06	4.89	12.59	75.05	0.38	2.06	6.45	212.76	5.54	0.70	4.06	7.18	38.52	41.67	1.26	6.06	7.93	56.18	157.26	2.06
0.08	4.81	16.37	123.07	0.05	2.08	5.44	182.89	18.07	0.74	4.08	7.43	42.07	42.49	1.25	6.08	7.61	56.52	143.43	2.10
0.10	4.49	19.48	117.37	0.41	2.10	4.70	209.67	2.60	0.74	4.10	7.60	44.74	42.49	1.23	6.10	7.26	58.63	125.51	2.08
0.12	4.06	26.14	127.15	0.67	2.12	4.12	226.22	6.35	0.75	4.12	7.82	46.74	44.11	1.24	6.12	6.93	62.18	109.23	2.10
0.14	3.89	39.48	123.89	0.83	2.14	3.62	229.55	11.23	0.74	4.14	7.96	47.96	47.37	1.23	6.14	6.87	67.51	114.12	2.10
0.16	3.70	56.70	105.98	0.36	2.16	3.40	214.55	15.31	0.74	4.16	7.96	48.86	40.86	1.26	6.16	6.96	75.84	131.21	2.11
0.18	3.75	75.37	104.35	0.76	2.18	3.15	223.77	19.37	0.74	4.18	8.04	48.86	37.61	1.26	6.18	6.95	65.72	177.61	2.19
0.20	3.74	88.25	97.84	0.29	2.20	2.88	223.77	18.56	0.73	4.20	8.08	48.97	36.79	1.24	6.20	6.80	76.06	152.38	2.18
0.22	3.55	98.69	64.00	0.71	2.22	2.89	191.21	14.49	0.73	4.22	8.02	47.41	32.72	1.26	6.22	6.57	85.06	137.73	2.18
0.24	3.34	106.36	72.61	0.69	2.24	2.63	154.98	12.87	0.73	4.24	8.01	45.08	28.65	1.24	6.24	6.31	84.28	113.31	2.24
0.26	3.24	112.13	70.98	0.59	2.26	2.82	130.43	7.17	0.73	4.26	7.94	41.41	27.83	1.26	6.26	6.11	68.84	100.28	2.24
0.28	3.16	113.02	71.79	0.58	2.28	2.84	117.87	0.97	0.75	4.28	7.79	39.19	22.95	1.24	6.28	5.91	47.84	93.77	2.20
0.30	3.06	111.89	76.67	0.61	2.30	2.71	112.86	9.11	0.72	4.30	7.57	37.63	19.69	1.24	6.30	5.95	39.06	97.03	2.24
0.32	3.01	112.11	84.81	0.61	2.32	2.40	109.41	6.67	0.73	4.32	7.49	39.74	25.39	1.24	6.32	6.13	34.05	116.56	2.21
0.34	3.19	115.77	96.21	0.58	2.34	2.07	109.19	2.60	0.75	4.34	7.29	48.08	20.51	1.26	6.34	6.49	37.05	147.49	2.28
0.36	3.39	118.54	118.19	0.61	2.36	2.11	100.19	8.30	0.75	4.36	7.66	54.52	32.72	1.29	6.36	6.78	43.05	173.54	2.20
0.38	3.52	116.31	140.98	0.61	2.38	2.18	89.19	34.35	0.78	4.38	7.76	63.64	40.05	1.29	6.38	7.08	52.17	199.96	2.24
0.40	3.74	105.96	166.21	0.61	2.40	2.30	77.97	84.00	0.77	4.40	7.90	76.41	44.11	1.30	6.40	7.25	55.27	224.83	2.27
0.42	3.90	92.29	187.38	0.61	2.42	2.63	65.30	119.01	0.79	4.42	8.09	83.96	61.21	1.29	6.42	7.43	45.60	245.17	2.32
0.44	3.99	78.95	202.85	0.57	2.44	3.01	49.30	145.05	0.80	4.44	8.29	84.96	71.79	1.31	6.44	7.50	31.38	258.20	2.30
0.46	3.92	67.05	215.05	0.54	2.46	3.61	36.53	193.08	0.81	4.46	8.13	62.74	71.79	1.34	6.46	7.55	25.27	266.34	2.36
0.48	3.93	58.49	250.52	0.57	2.48	5.28	37.97	368.09	0.83	4.48	7.76	56.07	60.39	1.36	6.48	7.66	34.04	289.95	2.34
0.50	3.76	28.43	145.87	0.48	2.50	7.17	46.87	606.59	0.83	4.50	7.29	59.95	53.07	1.32	6.50	7.91	43.04	324.95	2.39
0.52	3.63	30.76	137.73	0.53	2.52	8.25	52.76	654.61	0.84	4.52	7.23	67.84	60.39	1.34	6.52	8.03	50.04	356.69	2.39
0.54	3.59	31.87	144.24	0.51	2.54	8.87	61.10	260.64	0.87	4.54	7.22	72.28	88.07	1.37	6.54	8.15	55.49	370.53	2.41
0.56	3.55	30.43	150.75	0.51	2.56	9.40	69.66	146.68	0.87	4.56	7.78	88.28	87.26	1.38	6.56	8.09	59.26	354.25	2.44
0.58	3.38	28.34	150.75	0.51	2.58	9.88	70.32	93.77	0.87	4.58	7.36	100.83	73.42	1.35	6.58	8.10	61.71	366.46	2.42
0.60	3.28	26.31	154.01	0.52	2.60	9.88	73.89	64.47	0.92	4.60	6.64	110.38	43.30	1.36	6.60	8.27	64.48	399.32	2.43
0.62	3.16	25.87	150.75	0.51	2.62	9.84	74.56	58.77	0.92	4.62	5.32	107.71	9.11	1.39	6.62	8.65	65.37	439.72	2.44
0.64	2.87	27.31	136.10	0.48	2.64	9.82	69.12	66.09	0.93	4.64	4.41	78.93	9.61	1.40	6.64	8.84	66.26	455.19	2.44
0.66	2.67	32.75	132.03	0.51	2.66	9.67	65.02	68.53	0.93	4.66	5.88	66.81	22.63	1.44	6.66	8.82	67.25	463.79	2.46
0.68	2.46	38.64	123.89	0.50	2.68	9.65	71.25	75.05	0.94	4.68	3.00	67.58	23.45	1.40	6.68	8.62	66.92	427.51	2.47
0.70	2.29	48.88	113.31	0.45	2.70	9.90	75.58	95.40	0.95	4.70	2.65	73.25	26.70	1.45	6.70	8.54	67.25	421.81	2.49
0.72	2.05	52.86	101.09	0.46	2.72	10.17	79.92	121.45	0.97	4.72	2.46	88.13	4.73	1.42	6.72	8.50	67.91	429.14	2.48
0.74	1.86	60.86	94.59	0.48	2.74	10.10	86.14	132.03	0.97	4.74	2.47	93.13	40.05	1.46	6.74	8.53	70.25	431.58	2.49
0.76	1.84	65.98	91.33	0.45	2.76	10.30	92.48	158.07	0.96	4.76	2.54	90.57	57.95	1.45	6.76	8.24	73.13	404.72	2.53
0.78	2.08	74.53	101.09	0.47	2.78	10.65	95.48	194.71	0.98	4.78	2.30	102.89	69.35	1.45	6.78	7.90	74.91	359.95	2.53
0.80	2.18	79.76	105.98	0.43	2.80	10.78	87.82	223.19	1.00	4.80	2.16	97.78	91.33	1.46	6.80	7.73	76.46	346.93	2.53
0.82	2.19	79.75	110.87	0.48	2.82	10.77	70.71	241.11	0.98	4.82	2.06	89.33	129.59	1.51	6.82	8.00	75.79	411.23	2.54
0.84	2.16	81.09	110.05	0.49	2.84	10.73	67.49	253.31	0.99	4.84	2.07	88.44	202.03	1.50	6.84	8.34	78.79	417.91	2.57
0.86	2.08	79.87	105.17	0.48	2.86	10.66	65.38	265.53	1.01	4.86	1.94	82.43	248.43	1.50	6.86	8.73	85.23	413.93	2.58
0.88	1.90	77.31	95.40	0.48	2.88	10.72	64.27	283.43	1.02	4.88	1.99	74.32	283.43	1.50	6.88	9.29	90.22	420.29	2.59
0.90	1.63	73.53	79.12	0.45	2.90	10.55	63.93	285.06	1.01	4.90	2.26	66.32	346.93	1.50	6.90	10.01	88.34	264.71	2.60
0.92	1.52	73.19	73.42	0.47	2.92	10.20	63.26	268.78	1.05	4.92	2.56	65.32	440.53	1.52	6.92	10.61	60.78	358.32	2.62
0.94	1.48	76.97	70.17	0.48	2.94	9.87	67.93	259.01	1.02	4.94	2.70	63.43	464.14	1.56	6.94	11.25	52.77	464.95	2.62
0.96	1.53	83.53	71.79	0.50	2.96	9.72	69.04	257.39	1.04	4.96	2.81	69.65	480.42	1.52	6.96	11.77	55.88	561.01	2.63
0.98	1.67	87.19	74.23	0.46	2.98	9.55	73.93	254.13	1.06	4.98	2.76	72.87	451.93	1.54	6.98	12.22	63.33	632.64	2.65
1.00	1.70	92.86	78.31	0.50	3.00	9.37	76.48	255.75	1.06	5.00	2.67	78.87	431.58	1.55	7.00	12.60	76.10	664.26	2.65
1.02	1.75	91.08	74.23	0.47	3.02	9.03	65.49	268.78	1.05	5.02	2.55	85.09	421.81	1.57	7.02	12.60	84.66	651.57	2.66
1.04	1.72	88.64	70.98	0.47	3.04	9.01	65.94	267.15	1.04	5.04	2.53	90.98	440.53	1.57	7.04	11.67	91.65	62.84	2.66
1.06	1.71	88.75	67.72	0.47	3.06	9.01	70.83	259.83	1.06	5.06	2.51	88.53	482.86	1.60	7.06	9.00	96.10	3.41	2.69
1.08	1.74	90.30	68.53	0.49	3.08	8.90	71.27	262.27	1.04	5.08	2.63	82.98	522.75	1.63	7.08	7.08	105.65	35.65	2.70
1.10	1.84	93.53	68.12	0.47	3.10	8.79	70.39	241.11	1.07	5.10	2.63	79.20	576.47	1.63	7.10	5.57	129.06	46.24	2.69
1.12	1.88	106.22	48.19	0.47	3.12	8.86	72.22	211.80	1.07	5.12	2.97	78.08	684.73	1.64	7.12	5.33	156.53	46.24	2.71
1.14	1.83	108.11	48.81	0.51	3.14	8.08	77.60	181.06	1.06	5.14	3.12	78.08	781.60	1.69	7.14	5.88	163.83	46.24	2.73
1.16	1.82	104.00	53.89	0.50	3.16	7.66	77.60	181.06	1.06	5.16	3.70	78.42	781.60	1.69	7.16	6.40	107.26	286.55	2.72
1.18	2.05	101.44	51.44	0.54	3.18	6.66	78.61	92.14	1.08	5.18	3.93	76.86	789.74	1.72	7.18	8.09	144.74	41.67	2.74
1.20	2.02	101.22	53.07	0.55	3.20	6.34	96.16	15.10	1.10	5.20	3.63	94.45	804.14	1.64	7.20	8.62	133.96	62.03	2.76
1.22	2.02	96.55	49.81	0.53															



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed am.m. via: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P.IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio aut. dal Ministero Infrastrutture e Trasporti P.C.S. LL.PP. S.T.C. in base al D.P.R. n. 360/01 art. 59, circ. n. 348/99 Dec. n° 53362 del 06/05/2005



COMMITTENTE: dott. geol. Alessandro Boni - Via Giulio Romano 54 - CAP 46035 Ostiglia (MN)

CANTIERE: Via Siena - Mantova (MN)

PROVA N°: CPTU 2

PROF. FALDA (m da p.c.): 2.40

DATA: 23/05/16

LAT. (WGS 84): 45.141076°

piezocono G1 - CPL2IN

LONG. (WGS 84): 10.737587°

COMMESSA: 13030/14

C. SITO N°: S160261 del 23.05.16

OPERATORE: L. Zanirato

m	qc	fs	U	incl.	prof.	m	qc	fs	U	incl.	prof.	m	qc	fs	U	incl.	prof.	m	qc	fs	U	incl.	prof.	m	qc	fs	U	incl.					
m	kPa	kPa	kPa	gradi	m	kPa	kPa	kPa	gradi	m	kPa	kPa	kPa	kPa	gradi	m	kPa	kPa	kPa	kPa	gradi	m	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	gradi	m	kPa	kPa	kPa	gradi
10.02	14.88	109.85	166.21	4.05	12.02	21.88	109.85	221.57	5.19	14.02	10.09	45.95	16.44	6.06	16.02	20.03	70.53	285.06	6.52	18.02	11.93	32.22	180.05	8.05									
10.04	15.55	117.18	166.21	4.06	12.04	21.94	106.29	232.97	5.19	14.04	10.24	42.28	22.95	6.07	16.04	19.83	74.75	283.43	6.53	18.04	13.41	32.22	224.01	8.05									
10.06	14.50	93.96	192.27	4.09	12.06	22.00	102.73	244.37	5.20	14.06	10.37	39.17	28.65	6.08	16.06	19.53	78.63	278.55	6.53	18.06	15.23	32.77	178.43	8.06									
10.08	15.16	95.08	182.49	4.10	12.08	21.57	97.46	155.63	5.23	14.08	10.28	37.72	31.91	6.09	16.08	18.89	80.76	238.66	6.53	18.08	16.47	33.33	148.31	8.06									
10.10	16.89	89.97	238.66	4.11	12.10	21.65	100.24	154.01	5.24	14.10	10.10	36.72	31.09	6.07	16.10	18.93	83.43	211.80	6.54	18.10	17.13	35.89	175.99	8.08									
10.12	17.90	89.53	277.73	4.12	12.12	22.00	101.35	173.54	5.25	14.12	9.96	32.91	105.17	6.02	16.12	19.15	84.65	214.24	6.54	18.12	17.69	39.00	193.08	8.10									
10.14	17.99	88.97	230.52	4.14	12.14	22.19	99.91	192.27	5.26	14.14	10.48	33.81	112.49	5.99	16.14	19.29	85.98	216.69	6.54	18.14	18.19	44.11	183.31	8.11									
10.16	17.99	94.75	189.01	4.16	12.16	22.33	97.24	212.61	5.25	14.16	11.50	34.92	139.35	5.99	16.16	19.51	88.09	215.05	6.55	18.16	18.51	49.66	212.61	8.11									
10.18	16.97	85.30	145.87	4.17	12.18	22.48	97.45	237.85	5.26	14.18	12.66	35.14	138.54	5.99	16.18	19.56	90.43	215.05	6.55	18.18	19.01	51.89	249.25	8.12									
10.20	16.08	82.74	106.79	4.19	12.20	22.61	100.23	254.94	5.28	14.20	13.22	33.36	109.23	6.00	16.20	19.70	91.43	216.69	6.55	18.20	19.75	60.33	250.06	8.15									
10.22	15.63	86.07	107.73	4.21	12.22	22.76	102.77	276.11	5.28	14.22	13.38	32.70	118.19	6.02	16.22	19.82	92.65	219.94	6.56	18.22	20.45	65.22	273.67	8.17									
10.24	15.29	92.85	108.42	4.21	12.24	23.00	104.33	306.23	5.31	14.24	13.67	32.92	115.75	6.02	16.24	19.95	93.87	218.31	6.56	18.24	20.49	67.12	254.13	8.15									
10.26	15.40	88.40	136.91	4.24	12.26	23.20	106.77	254.94	5.30	14.26	13.99	33.92	121.45	6.01	16.26	20.15	94.54	225.64	6.56	18.26	21.11	74.57	247.61	8.16									
10.28	16.15	82.73	232.97	4.24	12.28	23.37	109.32	212.61	5.33	14.28	14.31	35.14	132.03	6.02	16.28	20.30	95.87	226.45	6.57	18.28	21.30	82.35	241.92	8.18									
10.30	17.02	79.39	236.22	4.25	12.30	23.57	110.09	224.83	5.32	14.30	14.18	37.36	135.29	6.01	16.30	20.40	96.98	224.83	6.57	18.30	21.18	89.90	224.83	8.20									
10.32	17.58	78.16	207.73	4.27	12.32	23.65	111.75	215.87	5.36	14.32	13.88	39.36	125.51	6.02	16.32	21.30	99.32	262.27	6.57	18.32	21.07	97.90	222.38	8.23									
10.34	18.46	74.37	247.61	4.27	12.34	23.80	112.08	232.15	5.36	14.34	13.24	41.47	111.68	6.03	16.34	22.30	100.76	312.73	6.58	18.34	20.89	104.90	255.05	8.24									
10.36	18.89	74.37	225.64	4.29	12.36	23.98	114.97	237.03	5.37	14.36	12.64	43.13	97.03	6.03	16.36	23.40	102.08	340.41	6.58	18.36	20.77	109.56	222.38	8.25									
10.38	18.92	77.03	219.13	4.28	12.38	24.24	117.41	247.61	5.39	14.38	11.96	44.46	84.81	6.04	16.38	24.20	106.19	361.57	6.58	18.38	20.65	114.23	225.71	8.26									
10.40	19.02	79.81	235.41	4.30	12.40	24.45	119.85	251.69	5.39	14.40	11.52	45.13	79.12	6.04	16.40	24.52	110.63	349.37	6.59	18.40	20.58	112.88	232.97	8.27									
10.42	19.21	83.91	245.17	4.30	12.42	24.39	122.84	252.50	5.40	14.42	11.07	44.24	70.98	6.04	16.42	24.72	116.62	337.97	6.98	18.42	20.40	111.87	237.97	8.29									
10.44	19.31	89.69	226.45	4.28	12.44	24.27	126.62	250.06	5.42	14.44	10.85	42.68	75.05	6.07	16.44	25.01	122.62	353.43	7.07	18.44	20.28	110.54	238.66	8.30									
10.46	18.84	96.02	201.22	4.31	12.46	24.21	128.84	246.80	5.41	14.46	10.77	36.57	77.49	6.08	16.46	25.46	129.73	366.46	7.10	18.46	20.18	107.64	245.17	8.32									
10.48	17.79	103.14	144.24	4.30	12.48	24.32	130.28	256.57	5.44	14.48	10.47	40.57	75.86	6.10	16.48	26.06	135.17	387.63	7.15	18.48	20.08	105.48	245.99	8.33									
10.50	16.68	110.01	101.09	4.29	12.50	24.47	130.83	258.20	5.45	14.50	10.32	39.23	77.49	6.11	16.50	27.09	137.60	429.14	7.15	18.50	19.80	103.07	237.85	8.37									
10.52	15.83	114.78	75.86	4.18	12.52	24.62	131.38	259.83	5.46	14.52	10.23	38.00	79.93	6.15	16.52	27.52	138.38	383.55	7.17	18.52	19.38	101.95	224.01	8.37									
10.54	15.39	116.22	68.53	4.12	12.54	24.68	126.63	158.07	5.44	14.54	10.30	36.44	87.26	6.14	16.54	27.37	140.26	370.53	7.20	18.54	18.66	101.95	194.71	8.39									
10.56	14.42	107.33	154.01	4.22	12.56	23.42	127.30	132.03	5.44	14.56	10.42	37.00	96.21	6.14	16.56	26.40	144.81	298.90	7.22	18.56	17.98	101.50	177.61	8.41									
10.58	14.54	101.77	128.77	4.39	12.58	23.69	125.97	127.96	5.45	14.58	10.52	38.00	103.54	6.16	16.58	25.44	147.47	258.20	7.23	18.58	17.61	100.27	169.47	8.44									
10.60	14.75	94.45	128.77	4.37	12.60	23.97	124.64	123.89	5.47	14.60	10.65	36.55	110.87	6.16	16.60	24.35	150.24	204.47	7.26	18.60	17.44	97.04	175.99	8.45									
10.62	14.95	87.12	101.09	4.44	12.62	24.35	127.30	101.09	5.44	14.62	10.82	37.75	123.11	6.17	16.62	23.75	151.68	154.01	7.27	18.62	17.34	92.14	184.94	8.47									
10.64	16.49	75.88	210.17	4.39	12.64	23.64	127.87	84.81	5.44	14.64	10.83	38.35	114.93	6.11	16.64	21.47	152.45	110.05	7.30	18.64	17.11	87.04	184.94	8.48									
10.66	17.59	66.44	222.38	4.42	12.66	23.66	128.99	77.49	5.44	14.66	11.11	34.57	117.37	6.09	16.66	20.27	149.00	86.45	7.31	18.66	16.95	84.02	184.13	8.51									
10.68	16.05	60.33	209.36	4.45	12.68	23.58	130.34	67.72	5.44	14.68	11.04	34.46	121.45	6.09	16.68	19.07	145.55	62.85	7.31	18.68	16.66	79.46	177.61	8.55									
10.70	18.10	58.22	197.15	4.46	12.70	23.48	132.10	57.95	5.45	14.70	11.58	34.35	125.51	6.09	16.70	17.13	116.10	158.07	7.36	18.70	16.05	70.03	171.61	8.56									
10.72	17.87	58.21	175.99	4.45	12.72	23.43	135.77	36.79	5.45	14.72	11.73	34.13	131.21	6.10	16.72	15.59	109.43	109.23	7.39	18.72	15.80	70.82	143.43	8.57									
10.74	17.40	59.99	146.68	4.41	12.74	23.25	139.00	26.21	5.46	14.74	12.09	34.68	138.54	6.11	16.74	14.05	102.77	60.39	7.41	18.74	15.54	70.49	123.07	8.59									
10.76	16.67	63.63	114.93	4.40	12.76	22.96	141.89	20.51	5.45	14.76	12.44	35.80	141.79	6.11	16.76	12.70	96.44	34.35	7.43	18.76	15.33	69.94	112.49	8.60									
10.78	15.82	68.66	84.81	4.44	12.78	22.52	143.10	10.74	5.47	14.78	12.77	37.13	141.79	6.09	16.78	11.91	88.32	24.58	7.42	18.78	15.08	67.60	105.98	8.62									
10.80	14.85	74.32	55.51	4.43	12.80	22.30	143.55	7.94	5.48	14.80	13.03	38.13	104.35	6.10	16.80	11.27	81.77	18.88	7.46	18.80	14.92	65.60	101.91	8.63									
10.82	14.52	79.12	55.51	4.43	12.82	22.30	143.55	7.94	5.48	14.82	13.03	38.13	104.35	6.10	16.82																		



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
 tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
 P.IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio aut. dal Ministero Infrastrutture e Trasporti P.C.S. LL.PP. S.T.C. in base al D.P.R. n. 380/01 art. 59 circ. n. 349/99 Dec. n° 53362 del 06/05/2005



COMMITTENTE: dott. geol. Alessandro Boni - Via Giulio Romano 54 - CAP 46035 Ostiglia (MN)

CANTIERE: Via Siena - Mantova (MN)

PROVA N°: CPTU 2

PROF. FALDA (m da p.c.): 2.40

piezometro G1 - CPL2IN

DATA: 23/05/16

PREFORO (m da p.c.):

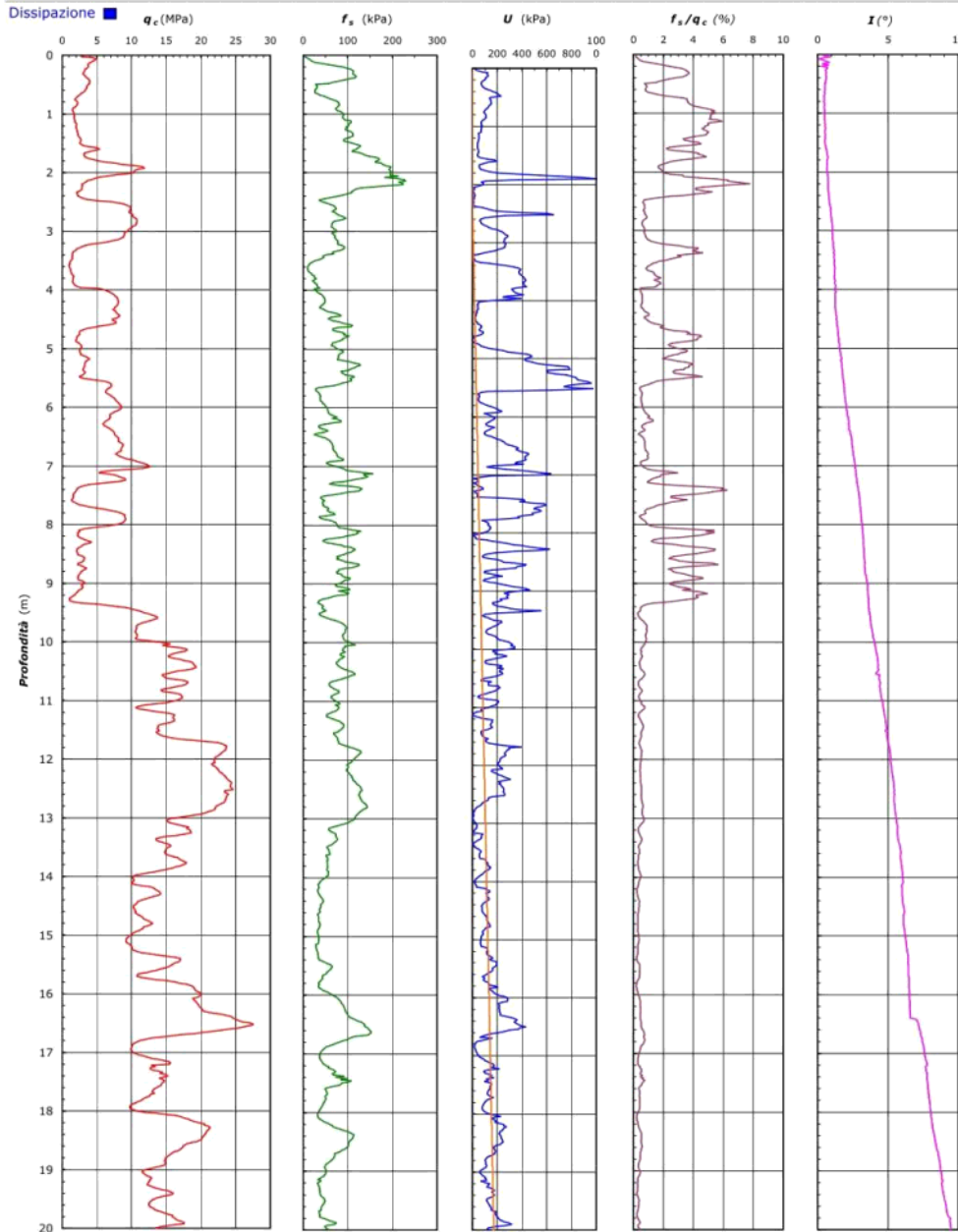
LAT. (WGS 84): 45.141076°

LONG. (WGS 84): 10.737587°

COMMESSA: 13030/14

C. SITO N°: S160261 del 23.05.16

OPERATORE: L. Zanirato



Lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

S160261_CPTU2.xls - pag 3 di 4

Il Direttore Settore Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P.IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio aut. dal Ministero Infrastrutture e Trasporti P.C.S. LL.PP. S.T.G. in base al D.P.R. n. 360/91 art. 59 circ. n. 349/99 Dec. n° 53362 del 06/05/2005



COMMITTENTE: dott. geol. Alessandro Boni - Via Giulio Romano 54 - CAP 46035 Ostiglia (MN)

CANTIERE: Via Siena - Mantova (MN)

PROVA N°: CPTU 2 PROF. FALDA (m da p.c.): 2.40

DATA: 23/05/16 PREFORO (m da p.c.): LAT. (WGS 84): 45.141076°

COMMESSA: 13030/14 C. SITO N°: S160261 del 23.05.16 OPERATORE: L. Zanirato

piezocono G1 - CPL2IN
LONG. (WGS 84): 10.737587°

UBICAZIONE

Località: Via Siena - Mantova (MN)



NOTE: Utilizzato 1 anello allargatore da inizio prova

Lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

S160261_CPTU2.xls - pag 4 di 4

Il Direttore Settore Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

2.5 - Caratterizzazione litostratigrafica

Per la caratterizzazione litologica dei terreni di fondazione dell'area in esame, sono state prese in considerazione le prove penetrometriche statiche di cui sopra effettuate con punta elettrica (CPTU2) e sismocono (SCPTU1); esse risultano ubicate come riportato a pagina 10. L'elaborazione dei valori di resistenza all'infissione, caratteristici dei vari livelli del substrato, forniscono utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni investigati, sulla base del rapporto R_p/R_l , fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale (Rapporto Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero sulla base dei valori di R_p e del rapporto $FR = R_l/R_p$ % (esperienze di Schmertmann 1978).

Sotto il profilo litostratigrafico, l'area investigata è caratterizzata da depositi appartenenti alle classi granulometriche che vanno dalle sabbie ai limi; in particolare si tratta di terreni variamente combinati tra loro, costituiti per i primi 10 m da un'alternanza di sabbie limose e limi sabbiosi; localmente si riscontra qualche livello caratterizzato da limi argillosi con subordinata presenza di sabbia. Dalla profondità di circa 9,60/10,40 m e sino alla massima profondità raggiunta dai test penetrometrici (30 m) si riscontra un banco caratterizzato da sabbie mediamente addensate.

Sulla scorta dei dati restituiti dalle indagini di cui sopra è stato possibile ricostruire le seguenti successioni stratigrafiche di riferimento:

INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA SCPTU1



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 9072 del 07/10/2014, art. 69 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE dott. geol. Alessandro Boni - Via Giulio Romano 54 - CAP 46035 Ostiglia (MN)

CANTIERE Via Siena - Mantova (MN)

CPT N° SCPTU 1 PROF. FALDA (m da p.c.) 2.60 TIPO PUNTA piezocono G1 - CPL2IN
DATA 23/05/16 PREFORO (m da p.c.) 0.00 Lat. 45.141281°
COMMESSA 13030/14 Long. 10.737355°

Prof. (m) da a	Prof. media (m)	Pot. strato (m)	Litologia	q _u media (kg/cm ²)	γ' (t/m ³)	σ'vo (kg/cm ²)	C _u media (kg/cm ²)	φ' (1) (gradi)	φ' (2) (gradi)
0.00 - 0.02	0.01	0.02	limi e limi sabbiosi	9.520773	1.3-1.8	0.00	0.6	>45	53
0.02 - 0.20	0.11	0.18	sabbie limose	28.2	1.3-1.8	0.04	-	>45	45
0.20 - 0.28	0.24	0.08	limi e limi sabbiosi	25.2	1.3-1.8	0.05	1.7	43	40
0.28 - 0.36	0.32	0.08	limi argillosi e argille limose	21.0	1.3-1.8	0.06	1.4	-	-
0.36 - 0.48	0.42	0.12	limi e limi sabbiosi	19.6	1.3-1.8	0.09	1.3	40	36
0.48 - 0.52	0.50	0.04	limi argillosi e argille limose	16.0	1.3-1.8	0.09	1.1	-	-
0.52 - 0.54	0.53	0.02	argille	12.5	0.7-1.3	0.10	0.8	-	-
0.54 - 0.56	0.55	0.02	limi argillosi e argille limose	12.7	1.3-1.8	0.10	0.8	-	-
0.56 - 0.58	0.57	0.02	argille	11.4	0.7-1.3	0.10	0.8	-	-
0.58 - 0.72	0.65	0.14	limi argillosi e argille limose	12.2	1.3-1.8	0.13	0.8	-	-
0.72 - 0.86	0.79	0.14	limi e limi sabbiosi	15.9	1.3-1.8	0.15	1.1	37	31
0.86 - 0.90	0.88	0.04	sabbie limose	21.1	1.3-1.8	0.16	-	38	32
0.90 - 0.94	0.92	0.04	limi e limi sabbiosi	20.4	1.3-1.8	0.17	1.4	38	32
0.94 - 1.10	1.02	0.16	sabbie limose	29.9	1.3-1.8	0.20	-	39	33
1.10 - 1.16	1.13	0.06	limi e limi sabbiosi	27.8	1.3-1.8	0.21	1.8	38	32
1.16 - 1.42	1.29	0.26	limi argillosi e argille limose	25.5	1.3-1.8	0.25	1.7	-	-
1.42 - 1.48	1.45	0.06	limi e limi sabbiosi	29.2	1.3-1.8	0.26	1.9	37	31
1.48 - 1.56	1.52	0.08	limi argillosi e argille limose	27.8	1.3-1.8	0.28	1.8	-	-
1.56 - 1.62	1.59	0.06	limi e limi sabbiosi	32.5	1.3-1.8	0.29	2.1	37	31
1.62 - 1.76	1.69	0.14	sabbie limose	59.9	1.3-1.8	0.31	-	40	34
1.76 - 1.88	1.82	0.12	limi e limi sabbiosi	40.1	1.3-1.8	0.34	2.6	38	32
1.88 - 1.92	1.90	0.04	sabbie limose	48.1	1.3-1.8	0.34	-	38	32
1.92 - 2.24	2.08	0.32	sabbie	110.7	1.3-1.8	0.40	-	41	36
2.24 - 2.34	2.29	0.10	sabbie limose	53.9	1.3-1.8	0.42	-	38	32
2.34 - 2.56	2.45	0.22	limi e limi sabbiosi	28.1	1.3-1.8	0.46	1.8	34	28
2.56 - 2.60	2.58	0.04	sabbie limose	42.7	0.8-1.1	0.47	-	36	33
2.60 - 3.90	3.25	1.30	sabbie	98.1	0.8-1.1	0.68	-	38	36
3.90 - 3.98	3.94	0.08	sabbie limose	63.7	0.8-1.1	0.63	-	36	33
3.98 - 4.16	4.07	0.18	limi e limi sabbiosi	34.2	0.8-1.1	0.65	2.2	32	29
4.16 - 4.18	4.17	0.02	limi argillosi e argille limose	22.6	0.8-1.1	0.65	1.5	-	-
4.18 - 4.46	4.32	0.28	limi e limi sabbiosi	22.1	0.8-1.1	0.69	1.4	<32	26
4.46 - 4.48	4.47	0.02	sabbie limose	27.5	0.8-1.1	0.68	-	<32	27
4.48 - 4.62	4.55	0.14	limi e limi sabbiosi	25.2	0.8-1.1	0.70	1.6	<32	27
4.62 - 4.64	4.63	0.02	sabbie limose	27.9	0.8-1.1	0.70	-	<32	27
4.64 - 4.76	4.70	0.12	limi e limi sabbiosi	26.6	0.8-1.1	0.71	1.7	<32	27
4.76 - 4.82	4.79	0.06	sabbie limose	39.2	0.8-1.1	0.72	-	32	29
4.82 - 5.22	5.02	0.40	sabbie	99.2	0.8-1.1	0.78	-	36	34
5.22 - 5.28	5.25	0.06	sabbie limose	61.6	0.8-1.1	0.77	-	34	31
5.28 - 5.30	5.29	0.02	limi e limi sabbiosi	47.4	0.8-1.1	0.77	3.1	32	29
5.30 - 5.34	5.32	0.04	sabbie limose	70.4	0.8-1.1	0.78	-	34	31
5.34 - 5.40	5.37	0.06	limi e limi sabbiosi	49.2	0.8-1.1	0.78	3.2	32	29
5.40 - 5.42	5.41	0.02	limi argillosi e argille limose	35.6	0.8-1.1	0.78	2.3	-	-
5.42 - 5.44	5.43	0.02	limi e limi sabbiosi	33.9	0.8-1.1	0.79	2.2	<32	27
5.44 - 5.48	5.46	0.04	limi argillosi e argille limose	30.7	0.8-1.1	0.79	2.0	-	-
5.48 - 5.78	5.63	0.30	limi e limi sabbiosi	33.5	0.8-1.1	0.84	2.2	<32	27
5.78 - 5.82	5.80	0.04	sabbie limose	56.6	0.8-1.1	0.83	-	32	30
5.82 - 5.84	5.83	0.02	sabbie	74.7	0.8-1.1	0.83	-	34	31
5.84 - 5.88	5.86	0.04	sabbie limose	66.6	0.8-1.1	0.84	-	33	31
5.88 - 6.06	5.97	0.18	limi e limi sabbiosi	37.7	0.8-1.1	0.86	2.4	<32	27
6.06 - 6.08	6.07	0.02	sabbie limose	38.3	0.8-1.1	0.86	-	<32	27
6.08 - 6.14	6.11	0.06	limi e limi sabbiosi	33.7	0.8-1.1	0.87	2.2	<32	27
6.14 - 6.18	6.16	0.04	limi argillosi e argille limose	28.9	0.8-1.1	0.87	1.8	-	-
6.18 - 6.20	6.19	0.02	limi e limi sabbiosi	34.0	0.8-1.1	0.87	2.2	<32	27
6.20 - 6.26	6.23	0.06	sabbie limose	61.1	0.8-1.1	0.88	-	32	30
6.26 - 6.34	6.30	0.08	sabbie	98.0	0.8-1.1	0.89	-	35	32

S160260_SCPTU1.xls - Interpretazioni - pag 1 di 2



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
 tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
 P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 9072 del 07/10/2014, art. 69 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE dott. geol. Alessandro Boni - Via Giulio Romano 54 - CAP 46035 Ostiglia (MN)

CANTIERE Via Siena - Mantova (MN)

CPT N° SCPTU 1 PROF. FALDA (m da p.c.) 2.60 TIPO PUNTA piezocono G1 - CPL2IN
 DATA 23/05/16 PREFORO (m da p.c.) 0.00 Lat. 45.141281°
 COMMESSA 13030/14 Long. 10.737355°

Prof. (m)	Prof. media	Pot. strato	Litologia	q _s media	γ'	σ' _{ve}	C _u media	Φ' (1)	Φ (2)	
da	a	(m)		(kg/cm ²)	(t/m ³)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(gradi)	(gradi)	
6.34	- 6.40	6.37	0.06	sabbie limose	93.1	0.8-1.1	0.90	-	35	32
6.40	- 7.50	6.95	1.10	sabbie	102.3	0.8-1.1	1.07	-	35	32
7.50	- 7.54	7.52	0.04	sabbie limose	56.4	0.8-1.1	1.02	-	<32	28
7.54	- 7.56	7.55	0.02	limi e limi sabbiosi	43.2	0.8-1.1	1.02	2.8	<32	27
7.56	- 7.64	7.60	0.08	limi argillosi e argille limose	37.4	0.8-1.1	1.04	2.4	-	-
7.64	- 7.68	7.66	0.04	limi e limi sabbiosi	51.7	0.8-1.1	1.04	3.3	<32	28
7.68	- 7.72	7.70	0.04	sabbie limose	60.4	0.8-1.1	1.04	-	<32	29
7.72	- 7.92	7.82	0.20	sabbie	76.4	0.8-1.1	1.07	-	32	30
7.92	- 7.94	7.93	0.02	sabbie limose	50.1	0.8-1.1	1.07	-	<32	27
7.94	- 7.98	7.96	0.04	limi e limi sabbiosi	34.6	0.8-1.1	1.07	2.2	<32	25
7.98	- 8.00	7.99	0.02	argille	24.9	0.4-0.8	1.07	1.6	-	-
8.00	- 8.06	8.03	0.06	torbe	19.3	0.4-0.8	1.08	1.2	-	-
8.06	- 8.08	8.07	0.02	argille	17.7	0.4-0.8	1.08	1.1	-	-
8.08	- 8.12	8.10	0.04	limi argillosi e argille limose	16.8	0.8-1.1	1.08	1.0	-	-
8.12	- 8.46	8.29	0.34	limi e limi sabbiosi	18.1	0.8-1.1	1.14	1.1	<32	21
8.46	- 8.52	8.49	0.06	sabbie limose	41.9	0.8-1.1	1.13	-	<32	26
8.52	- 8.68	8.60	0.16	sabbie	72.1	0.8-1.1	1.15	-	32	29
8.68	- 8.70	8.69	0.02	sabbie limose	44.2	0.8-1.1	1.15	-	<32	26
8.70	- 8.72	8.71	0.02	limi e limi sabbiosi	35.9	0.8-1.1	1.15	2.3	<32	25
8.72	- 8.76	8.74	0.04	limi argillosi e argille limose	28.0	0.8-1.1	1.16	1.7	-	-
8.76	- 8.78	8.77	0.02	argille	24.9	0.4-0.8	1.16	1.5	-	-
8.78	- 8.80	8.79	0.02	limi argillosi e argille limose	25.0	0.8-1.1	1.16	1.6	-	-
8.80	- 9.54	9.17	0.74	limi e limi sabbiosi	29.2	0.8-1.1	1.28	1.8	<32	24
9.54	- 9.70	9.62	0.16	limi argillosi e argille limose	24.6	0.8-1.1	1.27	1.5	-	-
9.70	- 9.84	9.77	0.14	limi e limi sabbiosi	16.2	0.8-1.1	1.28	0.9	<32	20
9.84	- 9.90	9.87	0.06	limi argillosi e argille limose	11.0	0.8-1.1	1.28	0.6	-	-
9.90	- 9.98	9.94	0.08	limi e limi sabbiosi	12.0	0.8-1.1	1.29	0.7	<32	18
9.98	- 10.00	9.99	0.02	sabbie limose	23.7	0.8-1.1	1.29	-	<32	22
10.00	- 30.30	20.15	20.30	sabbie	151.0	0.8-1.1	4.56	-	<32	28

S160260_SCPTU1.xls - Interpretazioni - pag 2 di 2

INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA PROVA CPTU2



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio aut. dal Ministero Infrastrutture e Trasporti P.C.S. LL.PP. S.T.C. in base al D.P.R. n. 386/01 art. 59 circ. n. 349/99 Dec. n° 53362 del 06/05/2005



COMMITTENTE: dott. geol. Alessandro Boni - Via Giulio Romano 54 - CAP 46035 Ostiglia (MN)

CANTIERE: Via Siena - Mantova (MN)

PROVA N°: CPTU 2 PROF. FALDA (m da p.c.): 2.40

DATA: 23/05/16 PREFORO (m da p.c.): 0.00

LAT. (WGS 84): 45.141076° LONG. (WGS 84): 10.737587°

COMMESSA: 13030/14

OPERATORE: L. Zanirato

piezocono G1 - CPL2IN

Prof. (m) da	Prof. media a	Pot. strato (m)	Litologia	q _u media (kg/cm ²)	γ' (t/m ³)	σ' _{ve} (kg/cm ²)	C _u media (kg/cm ²)	φ' (1) (gradi)	φ (2) (gradi)
0.00 - 0.02	0.01	0.02	sabbie limose	26.3892	1.3-1.8	0.00	-	>45	58
0.02 - 0.10	0.06	0.08	sabbie	45.5	1.3-1.8	0.02	-	>45	51
0.10 - 0.16	0.13	0.06	sabbie limose	38.1	1.3-1.8	0.03	-	>45	46
0.16 - 0.26	0.21	0.10	limi e limi sabbiosi	34.6	1.3-1.8	0.05	2.3	>45	43
0.26 - 0.34	0.30	0.08	limi argillosi e argille limose	30.5	1.3-1.8	0.06	2.0	-	-
0.34 - 0.42	0.38	0.08	limi e limi sabbiosi	35.7	1.3-1.8	0.08	2.4	43	40
0.42 - 0.66	0.54	0.24	sabbie limose	34.1	1.3-1.8	0.12	-	41	37
0.66 - 0.72	0.69	0.06	limi e limi sabbiosi	22.2	1.3-1.8	0.13	1.5	39	34
0.72 - 0.88	0.80	0.16	limi argillosi e argille limose	20.0	1.3-1.8	0.16	1.3	-	-
0.88 - 1.24	1.06	0.36	argille	17.5	0.7-1.3	0.21	1.2	-	-
1.24 - 1.28	1.26	0.04	limi argillosi e argille limose	20.5	1.3-1.8	0.21	1.4	-	-
1.28 - 1.36	1.32	0.08	argille	21.9	0.7-1.3	0.22	1.4	-	-
1.36 - 1.42	1.39	0.06	limi argillosi e argille limose	24.4	1.3-1.8	0.23	1.6	-	-
1.42 - 1.44	1.43	0.02	limi e limi sabbiosi	26.5	1.3-1.8	0.24	1.8	37	31
1.44 - 1.54	1.49	0.10	limi argillosi e argille limose	26.6	1.3-1.8	0.26	1.8	-	-
1.54 - 1.58	1.56	0.04	limi e limi sabbiosi	45.3	1.3-1.8	0.26	3.0	39	33
1.58 - 1.60	1.59	0.02	sabbie limose	52.8	1.3-1.8	0.27	-	40	34
1.60 - 1.64	1.62	0.04	limi e limi sabbiosi	43.8	1.3-1.8	0.27	2.9	39	33
1.64 - 1.76	1.70	0.12	limi argillosi e argille limose	32.6	1.3-1.8	0.29	2.2	-	-
1.76 - 1.82	1.79	0.06	limi e limi sabbiosi	52.0	1.3-1.8	0.31	3.4	39	33
1.82 - 1.90	1.86	0.08	sabbie limose	93.5	1.3-1.8	0.32	-	42	36
1.90 - 1.92	1.91	0.02	sabbie	116.4	1.3-1.8	0.32	-	42	37
1.92 - 2.04	1.98	0.12	sabbie limose	97.1	1.3-1.8	0.35	-	41	36
2.04 - 2.08	2.06	0.04	limi e limi sabbiosi	58.3	1.3-1.8	0.35	3.9	39	33
2.08 - 2.10	2.09	0.02	limi argillosi e argille limose	46.1	1.3-1.8	0.36	3.1	-	-
2.10 - 2.12	2.11	0.02	argille	40.4	0.7-1.3	0.36	2.7	-	-
2.12 - 2.22	2.17	0.10	torbe	31.3	0.7-1.3	0.37	2.1	-	-
2.22 - 2.24	2.23	0.02	argille	27.8	0.7-1.3	0.37	1.8	-	-
2.24 - 2.32	2.28	0.08	limi argillosi e argille limose	26.4	1.3-1.8	0.39	1.7	-	-
2.32 - 2.36	2.34	0.04	argille	20.5	0.7-1.3	0.39	1.3	-	-
2.36 - 2.40	2.38	0.04	limi argillosi e argille limose	22.0	0.8-1.1	0.40	1.4	-	-
2.40 - 2.42	2.41	0.02	limi e limi sabbiosi	25.8	0.8-1.1	0.41	1.7	34	30
2.42 - 2.46	2.44	0.04	sabbie limose	32.4	0.8-1.1	0.41	-	35	32
2.46 - 3.16	2.81	0.70	sabbie	92.6	0.8-1.1	0.52	-	39	37
3.16 - 3.22	3.19	0.06	sabbie limose	52.9	0.8-1.1	0.50	-	36	33
3.22 - 3.26	3.24	0.04	limi e limi sabbiosi	31.2	0.8-1.1	0.50	2.0	33	30
3.26 - 3.36	3.31	0.10	limi argillosi e argille limose	19.6	0.8-1.1	0.51	1.3	-	-
3.36 - 3.38	3.37	0.02	argille	14.6	0.4-0.8	0.51	0.9	-	-
3.38 - 3.46	3.42	0.08	limi argillosi e argille limose	14.5	0.8-1.1	0.52	0.9	-	-
3.46 - 3.94	3.70	0.48	limi e limi sabbiosi	13.7	0.8-1.1	0.60	0.9	<32	24
3.94 - 3.96	3.95	0.02	sabbie limose	25.4	0.8-1.1	0.58	-	<32	27
3.96 - 4.56	4.26	0.60	sabbie	74.1	0.8-1.1	0.67	-	36	33
4.56 - 4.66	4.61	0.10	sabbie limose	53.6	0.8-1.1	0.66	-	34	31
4.66 - 4.70	4.68	0.04	limi e limi sabbiosi	27.7	0.8-1.1	0.66	1.8	<32	27
4.70 - 4.88	4.79	0.18	limi argillosi e argille limose	21.8	0.8-1.1	0.69	1.4	-	-
4.88 - 5.00	4.94	0.12	limi e limi sabbiosi	25.8	0.8-1.1	0.70	1.7	<32	26
5.00 - 5.06	5.03	0.06	limi argillosi e argille limose	24.8	0.8-1.1	0.70	1.6	-	-
5.06 - 5.16	5.11	0.10	limi e limi sabbiosi	30.2	0.8-1.1	0.72	1.9	<32	27
5.16 - 5.18	5.17	0.02	sabbie limose	38.6	0.8-1.1	0.71	-	<32	28
5.18 - 5.24	5.21	0.06	limi e limi sabbiosi	33.9	0.8-1.1	0.72	2.2	<32	28
5.24 - 5.32	5.28	0.08	limi argillosi e argille limose	31.5	0.8-1.1	0.73	2.0	-	-
5.32 - 5.44	5.38	0.12	limi e limi sabbiosi	30.9	0.8-1.1	0.75	2.0	<32	27
5.44 - 5.50	5.47	0.06	limi argillosi e argille limose	26.0	0.8-1.1	0.75	1.7	-	-
5.50 - 5.52	5.51	0.02	limi e limi sabbiosi	34.4	0.8-1.1	0.75	2.2	<32	27
5.52 - 5.60	5.56	0.08	sabbie limose	60.9	0.8-1.1	0.76	-	33	30

S160261_CPTU2.xls - Interpretazioni - pag 1 di 2



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
P.IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio aut. dal Ministero Infrastrutture e Trasporti P.C.S. LL.PP. S.T.C. in base al D.P.R. n. 380/01 art. 59 circ. n. 349/99 Dec. n° 53362 del 06/05/2009



COMMITTENTE: dott. geol. Alessandro Boni - Via Giulio Romano 54 - CAP 46035 Ostiglia (MN)

CANTIERE: Via Siena - Mantova (MN)

PROVA N°: CPTU 2

PROF. FALDA (m da p.c.): 2.40

piezometro G1 - CPL2IN

DATA: 23/05/16

PREFORO (m da p.c.): 0.00

LAT. (WGS 84): 45.141076°

LONG. (WGS 84): 10.737587°

COMMESSA: 13030/14

OPERATORE: L. Zanirato

Prof. (m)	Prof. media	Pot. strato	Litologia	q _s media	γ'	σ' _{vo}	C _s media	Φ' (1)	Φ (2)	
da	a	(m)	(m)	(kg/cm ²)	(t/m ³)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(gradi)	(gradi)	
5.60	- 6.18	5.89	0.58	sabbie	72.2	0.8-1.1	0.85	-	34	31
6.18	- 6.26	6.22	0.08	sabbie limose	63.2	0.8-1.1	0.84	-	33	30
6.26	- 7.06	6.66	0.80	sabbie	84.7	0.8-1.1	0.96	-	34	31
7.06	- 7.10	7.08	0.04	sabbie limose	62.0	0.8-1.1	0.93	-	32	29
7.10	- 7.12	7.11	0.02	limi e limi sabbiosi	52.3	0.8-1.1	0.93	3.4	<32	28
7.12	- 7.20	7.16	0.08	sabbie limose	76.5	0.8-1.1	0.94	-	33	30
7.20	- 7.28	7.24	0.08	sabbie	83.5	0.8-1.1	0.95	-	34	31
7.28	- 7.30	7.29	0.02	sabbie limose	51.4	0.8-1.1	0.95	-	<32	28
7.30	- 7.34	7.32	0.04	limi e limi sabbiosi	33.7	0.8-1.1	0.96	2.1	<32	26
7.34	- 7.36	7.35	0.02	limi argillosi e argille limose	26.4	0.8-1.1	0.96	1.7	-	-
7.36	- 7.38	7.37	0.02	torbe	21.4	0.4-0.8	0.96	1.3	-	-
7.38	- 7.40	7.39	0.02	argille	21.3	0.4-0.8	0.96	1.3	-	-
7.40	- 7.42	7.41	0.02	torbe	19.6	0.4-0.8	0.96	1.2	-	-
7.42	- 7.46	7.44	0.04	argille	17.9	0.4-0.8	0.97	1.1	-	-
7.46	- 7.50	7.48	0.04	limi argillosi e argille limose	15.8	0.8-1.1	0.97	1.0	-	-
7.50	- 7.54	7.52	0.04	limi e limi sabbiosi	15.4	0.8-1.1	0.98	0.9	<32	21
7.54	- 7.60	7.57	0.06	limi argillosi e argille limose	14.0	0.8-1.1	0.98	0.8	-	-
7.60	- 7.66	7.63	0.06	limi e limi sabbiosi	20.4	0.8-1.1	0.99	1.3	<32	23
7.66	- 7.72	7.69	0.06	sabbie limose	39.0	0.8-1.1	1.00	-	<32	26
7.72	- 8.00	7.86	0.28	sabbie	82.4	0.8-1.1	1.04	-	33	30
8.00	- 8.04	8.02	0.04	sabbie limose	58.5	0.8-1.1	1.03	-	<32	28
8.04	- 8.08	8.06	0.04	limi e limi sabbiosi	34.6	0.8-1.1	1.04	2.2	<32	25
8.08	- 8.10	8.09	0.02	argille	23.5	0.4-0.8	1.04	1.5	-	-
8.10	- 8.12	8.11	0.02	limi argillosi e argille limose	24.5	0.8-1.1	1.04	1.5	-	-
8.12	- 8.16	8.14	0.04	argille	22.4	0.4-0.8	1.04	1.4	-	-
8.16	- 8.20	8.18	0.04	limi argillosi e argille limose	22.0	0.8-1.1	1.05	1.4	-	-
8.20	- 8.24	8.22	0.04	limi e limi sabbiosi	26.3	0.8-1.1	1.05	1.6	<32	24
8.24	- 8.32	8.28	0.08	sabbie limose	37.4	0.8-1.1	1.06	-	<32	25
8.32	- 8.36	8.34	0.04	limi e limi sabbiosi	29.6	0.8-1.1	1.07	1.9	<32	24
8.36	- 8.38	8.37	0.02	limi argillosi e argille limose	25.9	0.8-1.1	1.07	1.6	-	-
8.38	- 8.46	8.42	0.08	argille	21.1	0.4-0.8	1.08	1.3	-	-
8.46	- 8.52	8.49	0.06	limi argillosi e argille limose	21.9	0.8-1.1	1.08	1.3	-	-
8.52	- 8.62	8.57	0.10	limi e limi sabbiosi	30.2	0.8-1.1	1.10	1.9	<32	24
8.62	- 8.64	8.63	0.02	limi argillosi e argille limose	27.4	0.8-1.1	1.09	1.7	-	-
8.64	- 8.68	8.66	0.04	argille	22.5	0.4-0.8	1.10	1.4	-	-
8.68	- 8.72	8.70	0.04	limi argillosi e argille limose	28.1	0.8-1.1	1.10	1.8	-	-
8.72	- 8.82	8.77	0.10	limi e limi sabbiosi	30.3	0.8-1.1	1.12	1.9	<32	24
8.82	- 8.94	8.88	0.12	limi argillosi e argille limose	23.2	0.8-1.1	1.13	1.4	-	-
8.94	- 9.08	9.01	0.14	limi e limi sabbiosi	29.1	0.8-1.1	1.15	1.8	<32	24
9.08	- 9.14	9.11	0.06	limi argillosi e argille limose	24.4	0.8-1.1	1.15	1.5	-	-
9.14	- 9.18	9.16	0.04	argille	20.2	0.4-0.8	1.15	1.2	-	-
9.18	- 9.22	9.20	0.04	limi argillosi e argille limose	16.4	0.8-1.1	1.16	1.0	-	-
9.22	- 9.26	9.24	0.04	argille	11.6	0.4-0.8	1.16	0.6	-	-
9.26	- 9.30	9.28	0.04	limi argillosi e argille limose	10.9	0.8-1.1	1.17	0.6	-	-
9.30	- 9.32	9.31	0.02	limi e limi sabbiosi	15.4	0.8-1.1	1.17	0.9	<32	20
9.32	- 9.36	9.34	0.04	sabbie limose	37.4	0.8-1.1	1.17	-	<32	25
9.36	- 20.00	14.68	10.64	sabbie	154.5	0.8-1.1	2.88	-	<32	30

S160261_CPTU2.xls - Interpretazioni - pag 2 di 2

Nei diagrammi d'interpretazione litologica allegati alle pagine successive, vengono riportati, con passo 20 cm, i valori e le successioni stratigrafiche dedotte dai dati strumentali di campagna.

PROVA SCPTU1 (lettura dati ogni 20 cm)

Studio di Geologia e Geotecnica di Dott. Geol. Alessandro Boni

Via Giulio Romano n.54 - Ostiglia (MN)
Tel e Fax 0386.31727 - Cell 335.8470747

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI**

CPT

1

riferimento **23-05-2016**

Committente: **BOTTOLI SPA PANIFICAZIONE INDUSTRIALE**

Cantiere: **Costruzione nuovo capannone prefabbricato in c.a.**

Località: **Via Siena 18, Mantova (Z.I. Loc. Villaggio Eremo)**

U.M.: **kg/cm²**

Data exec.: **23/05/2016**

Pagina: **1**

Elaborato: **Falda: -2,60 m da quota inizio**

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	27,0	31,0		27,0	0,22	121	0,8	15,20	96,0	100,0		96,0	0,26	374	0,3
0,40	23,0	33,0		23,0	0,67	34	2,9	15,40	107,0	111,0		107,0	0,28	386	0,3
0,60	17,0	25,0		17,0	0,52	33	3,1	15,60	169,0	175,0		169,0	0,41	417	0,2
0,80	14,0	19,0		14,0	0,37	38	2,6	15,80	179,0	189,0		179,0	0,63	285	0,4
1,00	22,0	26,0		22,0	0,29	77	1,3	16,00	150,0	159,0		150,0	0,58	259	0,4
1,20	31,0	41,0		31,0	0,68	46	2,2	16,20	201,0	211,0		201,0	0,66	303	0,3
1,40	26,0	42,0		26,0	1,05	25	4,0	16,40	256,0	272,0		256,0	1,09	235	0,4
1,60	30,0	45,0		30,0	1,01	30	3,4	16,60	279,0	302,0		279,0	1,57	178	0,6
1,80	56,0	71,0		56,0	1,01	55	1,8	16,80	256,0	278,0		256,0	1,46	175	0,6
2,00	69,0	82,0		69,0	0,84	82	1,2	17,00	210,0	233,0		210,0	1,50	140	0,7
2,20	123,0	134,0		123,0	0,73	169	0,6	17,20	140,0	156,0		140,0	1,07	131	0,8
2,40	56,0	70,0		56,0	0,91	61	1,6	17,40	117,0	127,0		117,0	0,66	176	0,6
2,60	31,0	40,0		31,0	0,61	51	2,0	17,60	107,0	113,0		107,0	0,42	254	0,4
2,80	86,0	92,0		86,0	0,42	203	0,5	17,80	158,0	165,0		158,0	0,52	305	0,3
3,00	98,0	107,0		98,0	0,58	169	0,6	18,00	173,0	187,0		173,0	0,94	185	0,5
3,20	101,0	108,0		101,0	0,51	198	0,5	18,20	175,0	189,0		175,0	0,89	198	0,5
3,40	105,0	114,0		105,0	0,54	195	0,5	18,40	214,0	231,0		214,0	1,11	194	0,5
3,60	109,0	119,0		109,0	0,67	162	0,6	18,60	247,0	267,0		247,0	1,32	187	0,5
3,80	112,0	122,0		112,0	0,70	160	0,6	18,80	224,0	239,0		224,0	1,00	224	0,4
4,00	84,0	97,0		84,0	0,92	91	1,1	19,00	133,0	142,0		133,0	0,63	210	0,5
4,20	33,0	47,0		33,0	0,96	34	2,0	19,20	208,0	215,0		208,0	0,47	439	0,2
4,40	24,0	32,0		24,0	0,51	47	2,1	19,40	231,0	244,0		231,0	0,87	266	0,4
4,60	24,0	31,0		24,0	0,46	52	1,9	19,60	211,0	224,0		211,0	0,90	235	0,4
4,80	29,0	37,0		29,0	0,53	55	1,8	19,80	190,0	201,0		190,0	0,73	260	0,4
5,00	93,0	102,0		93,0	0,60	154	0,6	20,00	164,0	173,0		164,0	0,60	272	0,4
5,20	109,0	122,0		109,0	0,87	126	0,8	20,20	123,0	130,0		123,0	0,46	266	0,4
5,40	63,0	84,0		63,0	1,40	45	2,2	20,40	99,0	103,0		99,0	0,30	336	0,3
5,60	33,0	49,0		33,0	1,07	31	3,2	20,60	108,0	113,0		108,0	0,30	359	0,3
5,80	37,0	52,0		37,0	0,98	38	2,7	20,80	111,0	116,0		111,0	0,31	363	0,3
6,00	53,0	70,0		53,0	1,11	48	2,1	21,00	151,0	156,0		151,0	0,33	463	0,2
6,20	35,0	48,0		35,0	0,91	38	2,6	21,20	139,0	147,0		139,0	0,52	268	0,4
6,40	89,0	107,0		89,0	1,19	75	1,3	21,40	108,0	116,0		108,0	0,58	188	0,5
6,60	125,0	139,0		125,0	0,88	142	0,7	21,60	125,0	132,0		125,0	0,50	250	0,4
6,80	120,0	132,0		120,0	0,80	150	0,7	21,80	158,0	167,0		158,0	0,61	258	0,4
7,00	95,0	106,0		95,0	0,69	138	0,7	22,00	200,0	213,0		200,0	0,89	226	0,4
7,20	87,0	98,0		87,0	0,68	128	0,8	22,20	218,0	235,0		218,0	1,14	192	0,5
7,40	103,0	115,0		103,0	0,83	125	0,8	22,40	236,0	256,0		236,0	1,30	182	0,5
7,60	78,0	95,0		78,0	1,13	69	1,4	22,60	225,0	245,0		225,0	1,33	170	0,6
7,80	62,0	78,0		62,0	1,01	61	1,6	22,80	222,0	238,0		222,0	1,11	201	0,5
8,00	64,0	76,0		64,0	0,80	80	1,2	23,00	142,0	156,0		142,0	0,96	148	0,7
8,20	18,0	29,0		18,0	0,74	24	4,1	23,20	119,0	128,0		119,0	0,64	186	0,5
8,40	18,0	23,0		18,0	0,34	54	1,9	23,40	109,0	117,0		109,0	0,56	196	0,5
8,60	49,0	57,0		49,0	0,51	96	1,0	23,60	98,0	104,0		98,0	0,38	258	0,4
8,80	50,0	63,0		50,0	0,86	58	1,7	23,80	94,0	99,0		94,0	0,30	316	0,3
9,00	28,0	39,0		28,0	0,71	39	2,5	24,00	141,0	146,0		141,0	0,35	401	0,2
9,20	32,0	44,0		32,0	0,80	40	2,5	24,20	128,0	137,0		128,0	0,60	212	0,5
9,40	30,0	39,0		30,0	0,63	48	2,1	24,40	90,0	100,0		90,0	0,67	135	0,7
9,60	30,0	45,0		30,0	0,98	31	3,3	24,60	94,0	104,0		94,0	0,70	134	0,7
9,80	21,0	31,0		21,0	0,68	31	3,3	24,80	94,0	104,0		94,0	0,66	143	0,7
10,00	14,0	18,0		14,0	0,27	53	1,9	25,00	99,0	109,0		99,0	0,69	144	0,7
10,20	76,0	80,0		76,0	0,29	267	0,4	25,20	100,0	110,0		100,0	0,61	164	0,6
10,40	160,0	170,0		160,0	0,67	240	0,4	25,40	114,0	124,0		114,0	0,64	179	0,6
10,60	166,0	184,0		166,0	1,15	144	0,7	25,60	147,0	158,0		147,0	0,72	205	0,5
10,80	184,0	201,0		184,0	1,09	168	0,6	25,80	167,0	180,0		167,0	0,87	191	0,5
11,00	171,0	189,0		171,0	1,20	142	0,7	26,00	154,0	167,0		154,0	0,87	177	0,6
11,20	116,0	127,0		116,0	0,73	158	0,6	26,20	208,0	223,0		208,0	1,06	196	0,5
11,40	104,0	111,0		104,0	0,49	211	0,5	26,40	239,0	259,0		239,0	1,31	182	0,5
11,60	95,0	103,0		95,0	0,57	167	0,6	26,60	177,0	197,0		177,0	1,31	135	0,7
11,80	131,0	138,0		131,0	0,46	285	0,4	26,80	143,0	153,0		143,0	0,70	203	0,5
12,00	159,0	171,0		159,0	0,78	204	0,5	27,00	101,0	110,0		101,0	0,55	182	0,5
12,20	129,0	140,0		129,0	0,75	171	0,6	27,20	114,0	120,0		114,0	0,40	286	0,3
12,40	172,0	182,0		172,0	0,67	256	0,4	27,40	155,0	162,0		155,0	0,46	341	0,3
12,60	244,0	263,0		244,0	1,24	196	0,5	27,60	169,0	178,0		169,0	0,57	295	0,3
12,80	236,0	255,0		236,0	1,23	192	0,5	27,80	185,0	198,0		185,0	0,86	214	0,5
13,00	244,0	262,0		244,0	1,22	201	0,5	28,00	169,0	182,0		169,0	0,88	193	0,5
13,20	240,0	260,0		240,0	1,32	183	0,5	28,20	153,0	165,0		153,0	0,78	197	0,5
13,40	198,0	218,0		198,0	1,28	154	0,6	28,40	117,0	127,0		117,0	0,70	168	0,6
13,60	97,0	109,0		97,0	0,78	125	0,8	28,60	116,0	125,0		116,0	0,62	189	0,5
13,80	110,0	115,0		110,0	0,34	328	0,3	28,80	108,0	114,0		108,0	0,40	272	0,4
14,00	97,0	102,0		97,0	0,33	295	0,3	29,00	135,0	140,0		135,0	0,38	360	0,3
14,20	96,0	100,0		96,0	0,26	365	0,3	29,20	149,0	156,0		149,0	0,45	328	0,3
14,40	125,0	129,0		125,0	0,31	408	0,2	29,40	167,0	174,0		167,0	0,46	365	0,3
14,60	100,0	106,0		100,0	0,36	279	0,4	29,60	226,0	236,0		226,0	0,66	342	0,3
14,80	95,0	100,0		95,0	0,29	330	0,3	29,80	219,0	232,0		219,0	0,87	253	0,4
15,00	94,0	98,0		94,0	0,28	336	0,3	30,00	235,0	246,0		235,0	0,78	302	0,3

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

nota:

FON016

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

E-mail: bonialessandro@tiscali.it

Studio di Geologia e Geotecnica di Dott. Geol. Alessandro Boni

Via Giulio Romano n.54 - Ostiglia (MN)
Tel e Fax 0386.31727 - Cell 335.8470747

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA**

CPT

1

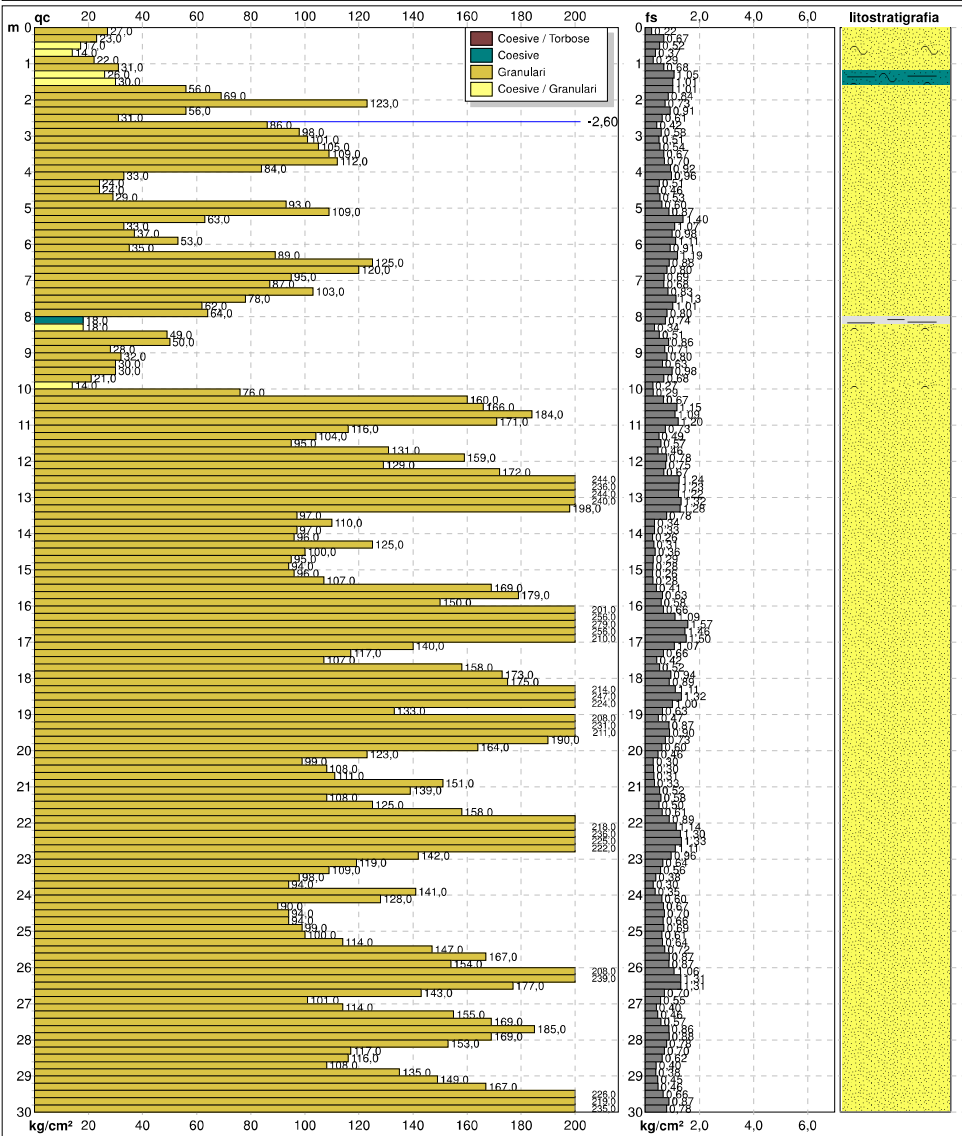
riferimento

23-05-2016

Committente: **BOTTOLI SPA PANIFICAZIONE INDUSTRIALE**
Cantiere: **Costruzione nuovo capannone prefabbricato in c.a.**
Località: **Via Siena 18, Mantova (Z.I. Loc. Villaggio Eremo)**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:150**
Pagina: **1**
Elaborato:

Data esec.: **23/05/2016**
Quota inizio: **Piano Cantiere**
Falda: **-2,60 m** da quota inizio



Litologia:	Begemann ridotto [qc]	Preforo:	m
Penetrometro:	TG63-200	Corr.astine:	kg/ml
Responsabile:		Cod. punta:	
Assistente:			

nota:

FON016

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

E-mail: bonialessandro@tiscali.it

Studio di Geologia e Geotecnica di Dott. Geol. Alessandro Boni

Via Giulio Romano n.54 - Ostiglia (MN)
Tel e Fax 0386.31727 - Cell 335.8470747

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA**

CPT

1

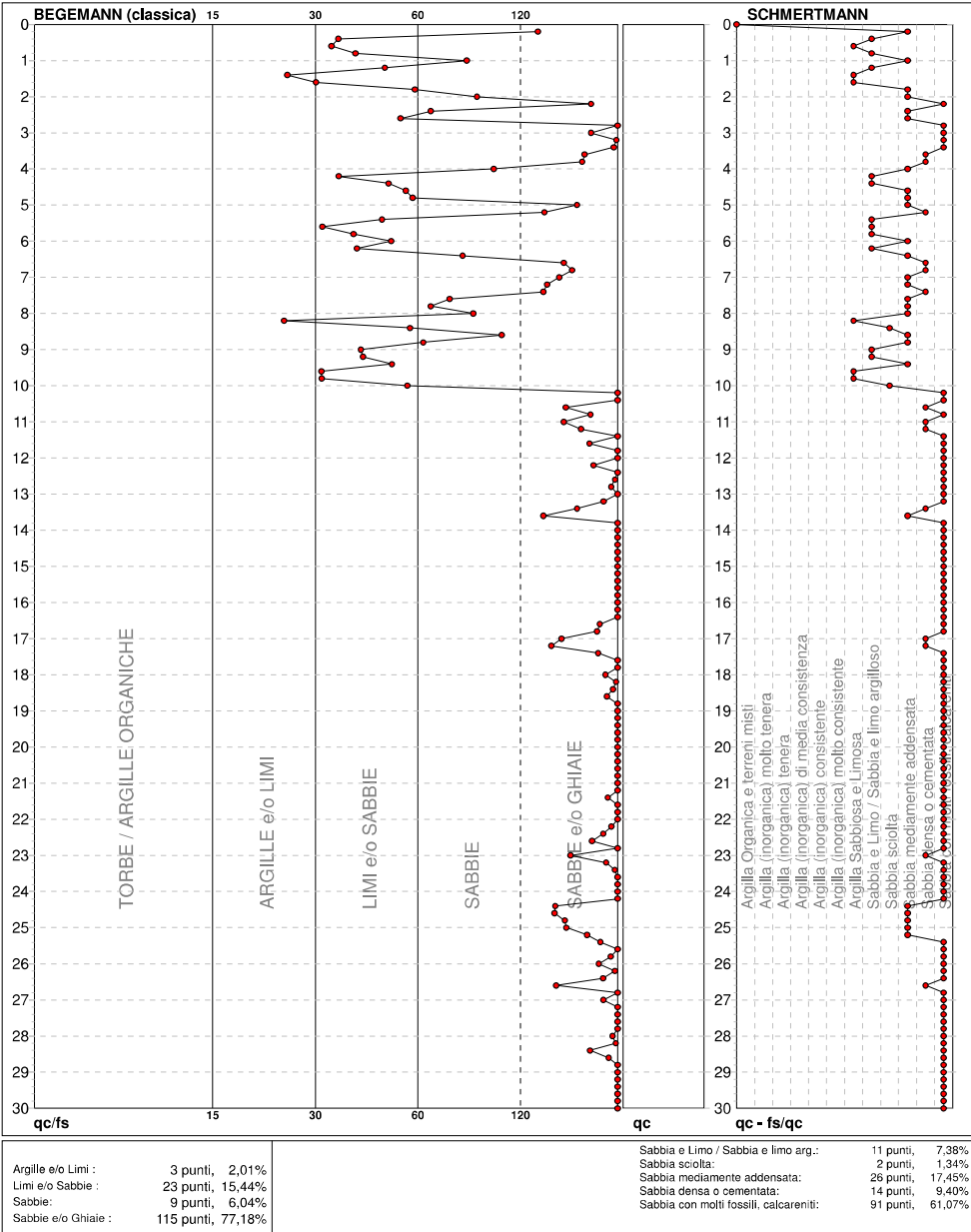
riferimento

23-05-2016

Committente: **BOTTOLI SPA PANIFICAZIONE INDUSTRIALE**
Cantiere: **Costruzione nuovo capannone prefabbricato in c.a.**
Località: **Via Siena 18, Mantova (Z.I. Loc. Villaggio Eremo)**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:150**
Pagina: **1**
Elaborato:

Data esec.: **23/05/2016**
Falda: **-2,60 m da quota inizio**



nota:

FON016

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

E-mail: bonialessandro@tiscali.it

PROVA CPTU2 (lettura dati ogni 20 cm)

Studio di Geologia e Geotecnica di Dott. Geol. Alessandro Boni

Via Giulio Romano n.54 - Ostiglia (MN)
Tel e Fax 0386.31727 - Cell 335.8470747

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI

CPT

2

riferimento

23-05-2016

Committente: **BOTTOLI SPA PANIFICAZIONE INDUSTRIALE**

Cantiere: **Costruzione nuovo capannone prefabbricato in c.a.**

Località: **Via Siena 18, Mantova (Z.I. Loc. Villaggio Eremo)**

U.M.: **kg/cm²**

Data esec.: **23/05/2016**

Pagina: **1**

Elaborato: **Falda: -2,40 m da quota inizio**

H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Lt	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%	m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0,20	41,0	46,0	-	41,0	0,35	116	0,9	15,20	97,0	102,0	-	97,0	0,33	293	0,3
0,40	34,0	51,0	-	34,0	1,13	30	3,3	15,40	130,0	135,0	-	130,0	0,34	386	0,3
0,60	38,0	45,0	-	38,0	0,48	79	1,3	15,60	159,0	168,0	-	159,0	0,59	272	0,4
0,80	24,0	32,0	-	24,0	0,52	47	2,2	15,80	128,0	135,0	-	128,0	0,44	293	0,3
1,00	18,0	31,0	-	18,0	0,82	22	4,6	16,00	193,0	200,0	-	193,0	0,48	406	0,2
1,20	19,0	34,0	-	19,0	0,99	19	5,2	16,20	198,0	211,0	-	198,0	0,85	234	0,4
1,40	22,0	38,0	-	22,0	1,06	21	4,8	16,40	221,0	236,0	-	221,0	1,01	218	0,5
1,60	34,0	51,0	-	34,0	1,13	30	3,3	16,60	265,0	285,0	-	265,0	1,39	191	0,5
1,80	39,0	61,0	-	39,0	1,47	27	3,8	16,80	170,0	188,0	-	170,0	1,22	140	0,7
2,00	100,0	129,0	-	100,0	1,91	52	1,9	17,00	104,0	111,0	-	104,0	0,52	200	0,5
2,20	52,0	84,0	-	52,0	2,16	24	4,1	17,20	136,0	142,0	-	136,0	0,42	322	0,3
2,40	26,0	44,0	-	26,0	1,22	21	4,7	17,40	140,0	151,0	-	140,0	0,71	198	0,5
2,60	69,0	78,0	-	69,0	0,58	120	0,8	17,60	146,0	158,0	-	146,0	0,82	178	0,6
2,80	103,0	115,0	-	103,0	0,81	127	0,8	17,80	129,0	137,0	-	129,0	0,53	246	0,4
3,00	104,0	115,0	-	104,0	0,70	149	0,7	18,00	105,0	111,0	-	105,0	0,41	254	0,4
3,20	82,0	93,0	-	82,0	0,74	111	0,9	18,20	171,0	177,0	-	171,0	0,42	404	0,2
3,40	24,0	36,0	-	24,0	0,80	30	3,3	18,40	213,0	227,0	-	213,0	0,94	227	0,4
3,60	13,0	17,0	-	13,0	0,27	47	2,1	18,60	196,0	212,0	-	196,0	1,06	185	0,5
3,80	14,0	17,0	-	14,0	0,18	77	1,3	18,80	164,0	176,0	-	164,0	0,77	212	0,5
4,00	26,0	31,0	-	26,0	0,29	89	1,1	19,00	144,0	152,0	-	144,0	0,54	268	0,4
4,20	77,0	84,0	-	77,0	0,44	175	0,5	19,20	125,0	131,0	-	125,0	0,43	293	0,3
4,40	79,0	87,0	-	79,0	0,51	155	0,6	19,40	140,0	146,0	-	140,0	0,37	374	0,3
4,60	78,0	90,0	-	78,0	0,81	96	1,0	19,60	138,0	145,0	-	138,0	0,47	297	0,3
4,80	31,0	45,0	-	31,0	0,88	35	2,9	19,80	145,0	151,0	-	145,0	0,39	368	0,3
5,00	24,0	36,0	-	24,0	0,77	31	3,2	20,00	164,0	173,0	-	164,0	0,60	273	0,4
5,20	31,0	44,0	-	31,0	0,85	36	2,7								
5,40	33,0	49,0	-	33,0	1,11	30	3,4								
5,60	44,0	59,0	-	44,0	1,02	43	2,3								
5,80	68,0	74,0	-	68,0	0,40	170	0,6								
6,00	81,0	88,0	-	81,0	0,45	181	0,6								
6,20	76,0	85,0	-	76,0	0,64	119	0,8								
6,40	66,0	74,0	-	66,0	0,56	118	0,8								
6,60	80,0	87,0	-	80,0	0,48	167	0,6								
6,80	86,0	97,0	-	86,0	0,71	121	0,8								
7,00	105,0	116,0	-	105,0	0,74	142	0,7								
7,20	85,0	103,0	-	85,0	1,24	68	1,5								
7,40	54,0	70,0	-	54,0	1,03	52	1,9								
7,60	17,0	27,0	-	17,0	0,66	26	3,9								
7,80	48,0	56,0	-	48,0	0,54	89	1,1								
8,00	90,0	99,0	-	90,0	0,62	146	0,7								
8,20	34,0	49,0	-	34,0	1,06	32	3,1								
8,40	32,0	44,0	-	32,0	0,75	42	2,4								
8,60	26,0	40,0	-	26,0	0,94	28	3,6								
8,80	30,0	45,0	-	30,0	1,03	29	3,4								
9,00	27,0	40,0	-	27,0	0,92	29	3,4								
9,20	25,0	39,0	-	25,0	0,91	27	3,7								
9,40	31,0	37,0	-	31,0	0,44	70	1,4								
9,60	121,0	128,0	-	121,0	0,47	259	0,4								
9,80	117,0	130,0	-	117,0	0,92	128	0,8								
10,00	113,0	128,0	-	113,0	0,96	118	0,8								
10,20	167,0	181,0	-	167,0	0,97	173	0,6								
10,40	176,0	188,0	-	176,0	0,83	212	0,5								
10,60	170,0	186,0	-	170,0	1,04	164	0,6								
10,80	171,0	181,0	-	171,0	0,69	249	0,4								
11,00	166,0	177,0	-	166,0	0,73	229	0,4								
11,20	130,0	142,0	-	130,0	0,76	171	0,6								
11,40	161,0	172,0	-	161,0	0,72	222	0,4								
11,60	142,0	154,0	-	142,0	0,81	175	0,6								
11,80	208,0	221,0	-	208,0	0,89	233	0,4								
12,00	233,0	251,0	-	233,0	1,24	187	0,5								
12,20	225,0	240,0	-	225,0	1,03	218	0,5								
12,40	241,0	258,0	-	241,0	1,13	213	0,5								
12,60	246,0	265,0	-	246,0	1,30	189	0,5								
12,80	237,0	258,0	-	237,0	1,38	172	0,6								
13,00	206,0	225,0	-	206,0	1,27	162	0,6								
13,20	169,0	182,0	-	169,0	0,83	204	0,5								
13,40	163,0	174,0	-	163,0	0,74	221	0,5								
13,60	154,0	163,0	-	154,0	0,60	256	0,4								
13,80	171,0	179,0	-	171,0	0,55	310	0,3								
14,00	139,0	147,0	-	139,0	0,56	249	0,4								
14,20	111,0	117,0	-	111,0	0,38	293	0,3								
14,40	135,0	141,0	-	135,0	0,39	344	0,3								
14,60	108,0	114,0	-	108,0	0,40	270	0,4								
14,80	120,0	125,0	-	120,0	0,36	337	0,3								
15,00	114,0	120,0	-	114,0	0,35	328	0,3								

H = profondità
L1 = prima lettura (punta)
L2 = seconda lettura (punta + laterale)
Lt = terza lettura (totale)
CT = 10,00 costante di trasformazione

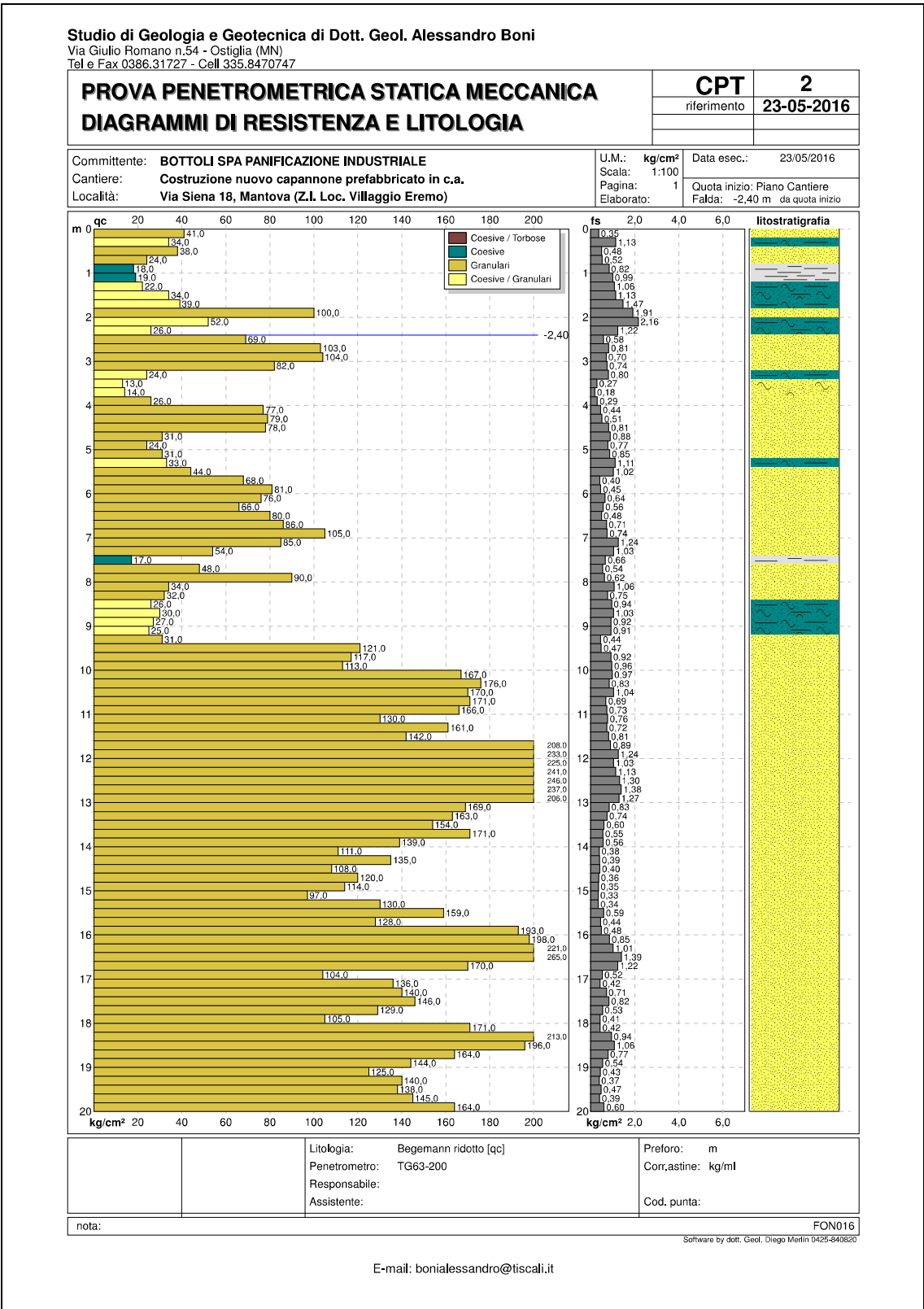
qc = resistenza di punta
fs = resistenza laterale calcolata
alla stessa quota di qc
F = rapporto Begemann (qc / fs)
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

nota:

FON016

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

E-mail: bonialessandro@tiscali.it



Studio di Geologia e Geotecnica di Dott. Geol. Alessandro Boni

Via Giulio Romano n.54 - Ostiglia (MN)
Tel e Fax 0386.31727 - Cell 335.8470747

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
DIAGRAMMI LITOLOGIA**

CPT

2

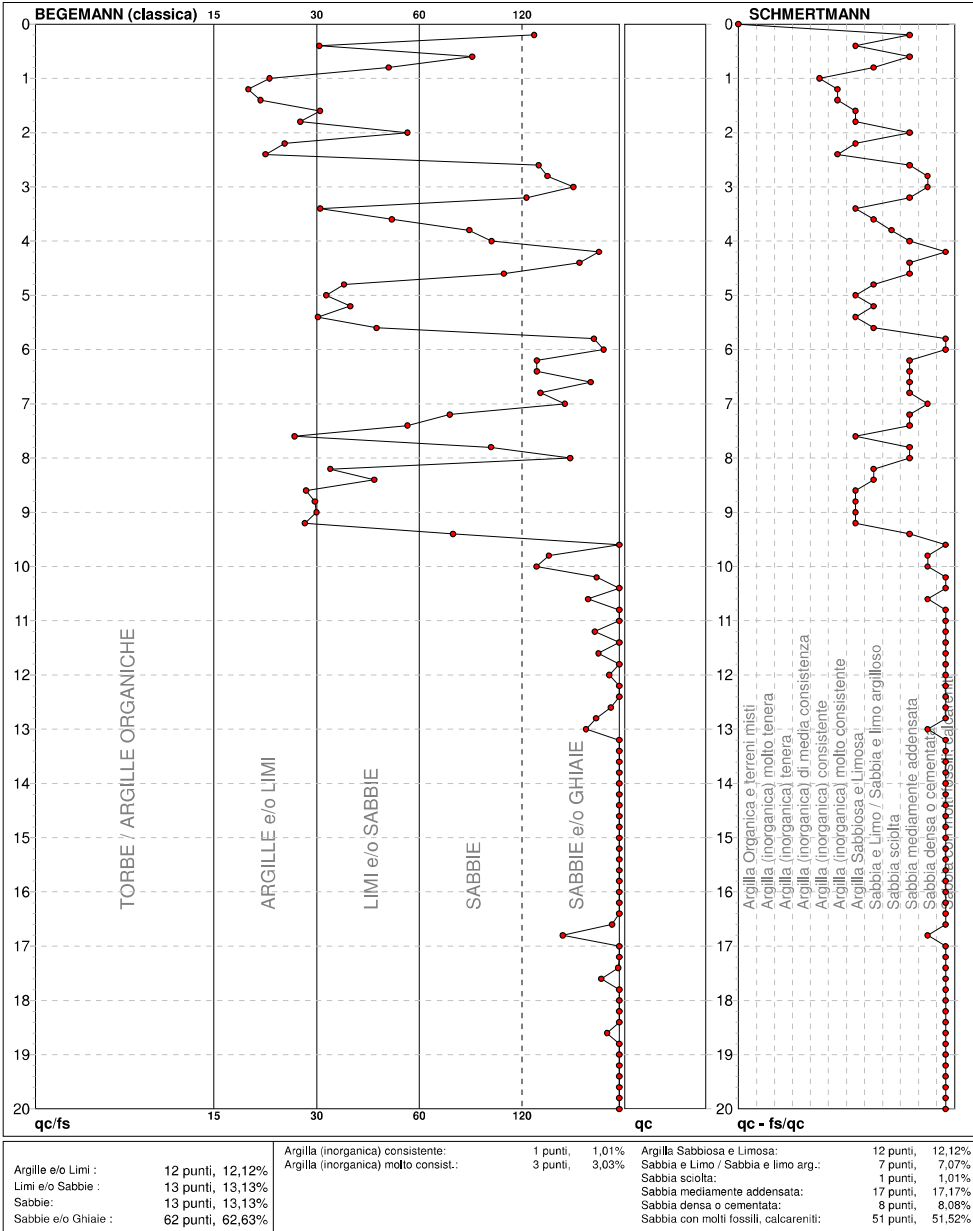
riferimento

23-05-2016

Committente: **BOTTOLI SPA PANIFICAZIONE INDUSTRIALE**
Cantiere: **Costruzione nuovo capannone prefabbricato in c.a.**
Località: **Via Siena 18, Mantova (Z.I. Loc. Villaggio Eremo)**

U.M.: **kg/cm²**
Scala: **1:100**
Pagina: **1**
Elaborato:

Data esec.: **23/05/2016**
Falda: **-2,40 m da quota inizio**



nota:

FON016

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-440820

E-mail: bonialessandro@tiscali.it

ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA DI BASE:

3 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO DI COSTRUZIONE

La zona in esame ricade nel settore di raccordo tra il bordo Nord-occidentale delle Pieghe Ferraresi, prolungamento delle strutture appenniniche nell'antistante area di pianura, e la Omoclinale Pedevalpina, la quale costituisce la continuazione sepolta del margine alpino. In particolare l'ambito è caratterizzato dalla presenza di un supposto elemento tettonico, la Faglia dei Laghi di Mantova, la quale in passato ha esercitato un'azione, determinando la deviazione del corso del Fiume Mincio dell'VIII secolo a.C..

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di interesse.

Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A) con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R . Per ogni Comune d'Italia a_g (intesa come accelerazione di picco orizzontale del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni) è definita mediante l'OPCM n.3274/2003 e successive modifiche, che stabilisce i "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

Secondo tale classificazione, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Lombardia dell'11 luglio 2014 n.2129 entrata in vigore il 10 aprile 2016, il Comune di Mantova ricade nella classe 3, indicativa di zona a bassa pericolosità sismica. In riferimento alle "Norme Tecniche" contenute nell'OPCM 3274/2003, il valore massimo di a_g/g (accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico) corrispondente alla classe 3 è pari a 0,15.

Con l'introduzione del D.M. del 14.01.2008 "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", per la valutazione della pericolosità sismica di base, è stato redatto un documento in cui sono riportati, a seconda delle coordinate geografiche (latitudine e longitudine), i valori di accelerazione massima orizzontale al suolo e gli spettri rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per un generico sito del territorio Nazionale.

Recentemente la Delibera suddetta (DGR n°2129 dell'11/07/2014) ha riclassificato, dal punto di vista sismico, tutto il territorio comunale Lombardo, attribuendo al Comune di Mantova un'accelerazione A_{gmax} pari a 0,096652.

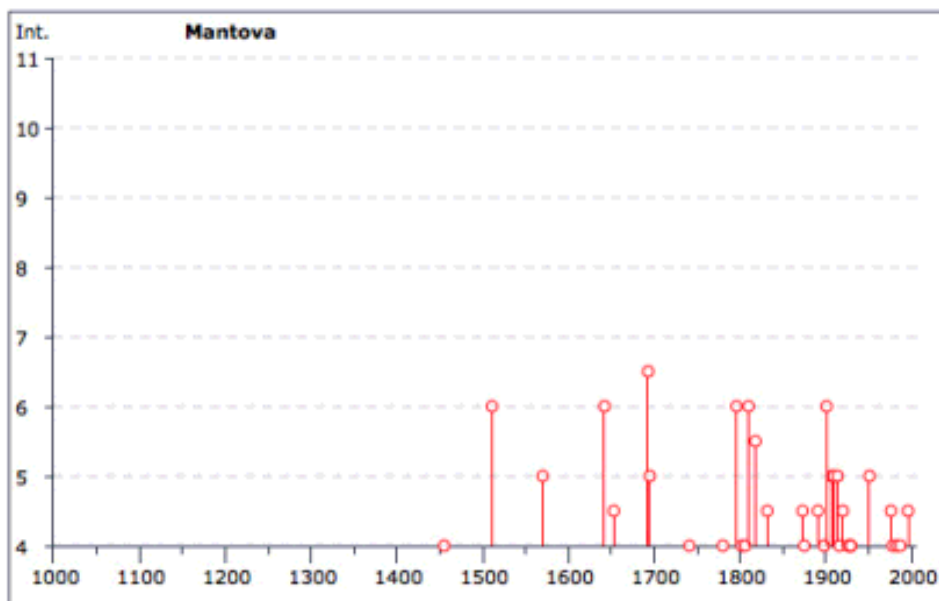
Dalla consultazione dei cataloghi sismici redatti dall'Istituto di Geofisica e Vulcanologia per gli studi di pericolosità risulta che:

- l'area comunale di Mantova, nel loro complesso, sono caratterizzate da eventi sismici piuttosto sporadici e di intensità massima rilevata dell'ordine del VI grado della scala Mercalli;
- le località epicentrali per gli eventi che hanno prodotto i maggiori risentimenti/danni (osservazioni macrosismiche) provengono da zone appartenenti alle province vicine,

corrispondenti al Veronese, al Reggiano e soprattutto, all'Appennino Emiliano-Romagnolo.

Tale fatto è compatibile con la storia sismica locale così come deducibile dal catalogo DBMI11. Il database utilizzato è quello del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI11) aggiornato al 2011 (a cura di M. Stucchi et al.), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative al Comune di Mantova.

Nella tabella sottostante sono riportati i terremoti più intensi verificatisi nei pressi e non, del sito oggetto di studio:



Dal catalogo si nota come nessun evento (fatto salvo qualche rara eccezione) risulti localizzato entro il territorio del Comune di Mantova o da Comuni subito ad esso limitrofi, mentre ne sono evidenziati diversi nelle aree di Cremona, Brescia, Lago di Garda, Verona e Monte Baldo.

Le osservazioni sismiche di maggiore intensità sono relative ad eventi provenienti più che altro dal margine alpino meridionale o da quello settentrionale appenninico.

Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio in esame hanno origine, nella maggior parte dei casi, nei primi 15 ÷ 25 km del sottosuolo ed evidenziano la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo superficiale o crostale.

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata dal Gruppo di Lavoro (2004), attribuisce l'ambito territoriale in oggetto vicino la zona sismogenetica ZS912: "Dorsale Ferrarese" a cui corrisponde una magnitudo massima di 6,14.

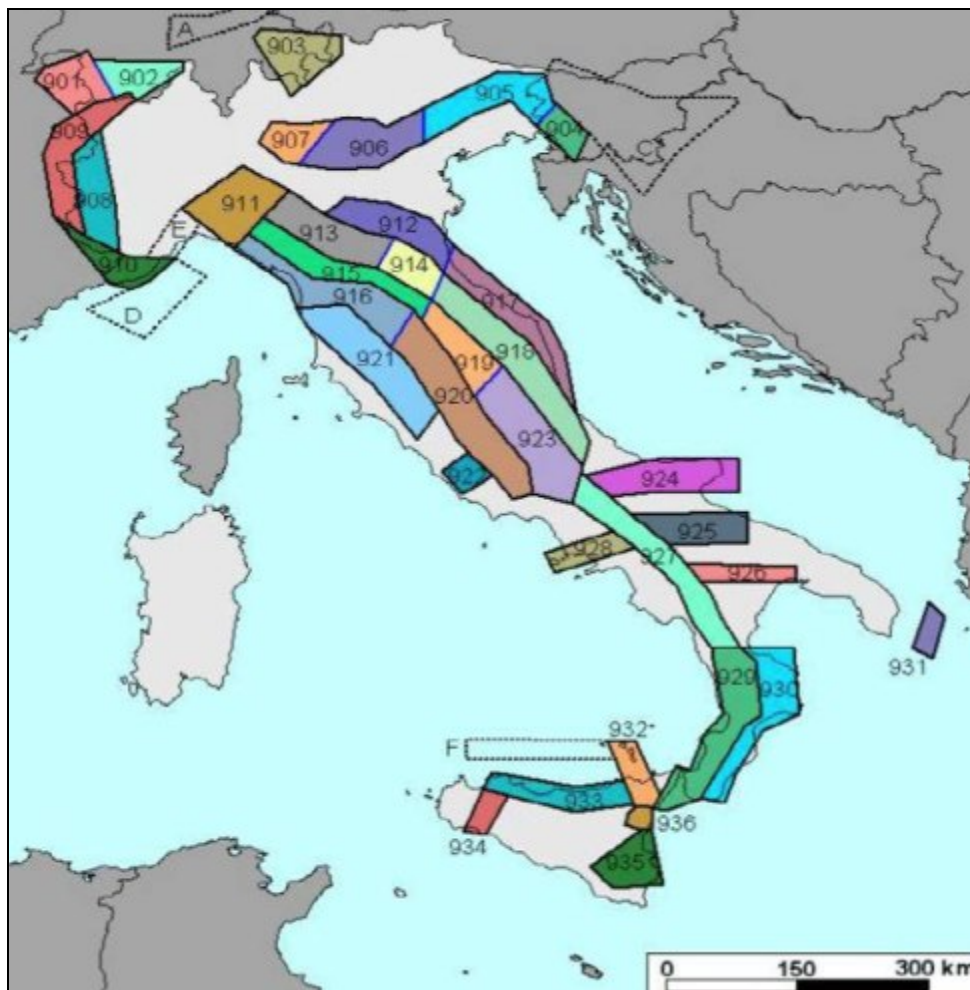


Figura 1 – Magnitudo di Riferimento: Gruppo di Lavoro (2004), Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003.

Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, appendice 2

Ben altri riflessi (sul territorio mantovano) hanno avuto invece i recenti eventi del maggio 2012, connessi all'attività tettonica delle Pieghe Ferraresi citate nelle pagine precedenti.

Il giorno 20 maggio la scossa ha avuto magnitudo 5,9 gradi della scala Richter ed ipocentro alla profondità di 6,3 Km, con Finale Emilia (Provincia di Modena) e S. Agostino (Provincia di Ferrara) come centri abitati più colpiti: si sono avuti vittime, feriti e popolazione sfollata; in Provincia di Mantova si sono contati danni specialmente a edifici monumentali e chiese, in particolar modo a Moglia, mentre presso il capoluogo cittadino qualche segno tutto sommato limitato è stato lasciato in ambienti di Palazzo Ducale.

Gli effetti più disastrosi per il Basso Mantovano si sono avuti il successivo 29 maggio, allorché un'onda sismica di magnitudo 5,8 gradi della scala Richter ed ipocentro alla profondità di 10,2 Km ha coinvolto il distretto di Mirandola (Provincia di Modena); alla prima scossa sono seguite numerose repliche (la principale il 3 giugno con epicentro a Novi di Modena), fortissime nelle ore immediatamente successive e poi via via decrescenti per intensità e frequenza.

Anche in occasione del terremoto del giorno 29 maggio si sono avuti feriti e vittime, mentre nel territorio della Provincia di Mantova fortunatamente si sono verificati esclusivamente danni di tipo materiale. Questi ultimi hanno riguardato soprattutto l'edilizia monumentale, fra le altre le chiese di Moglia, Quistello, Schivenoglia e Quingentole, ma anche parte dei moderni fabbricati ad uso produttivo e residenziale. Nel Comune di Mantova le scosse hanno causato danni quasi esclusivamente al patrimonio artistico e monumentale.

3.1 - Categoria sismica dei suoli di fondazione

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274, il Testo Unico sulle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica, l'Ordinanza del P.C.M. n.3431 e la recente Delibera della Giunta Regionale n°2129 dell'11/07/2014, prescrivono che deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. In mancanza di tali studi si può utilizzare una classificazione che riguardi i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed il substrato rigido di riferimento (bedrock) o comunque un substrato commisurato all'estensione ed all'importanza dell'opera da realizzarsi (-30 m da piano posa fondazioni).

L'O.P.C.M. n°3274 contempla, per la definizione dell'azione sismica di progetto, cinque categorie principali di terreno di fondazione, individuate dai valori della velocità media (V_{s30}) delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo o della resistenza penetrometrica (N_{spt}) o della coesione non drenata (C_u).

La classificazione viene quindi effettuata principalmente sulla base del valore V_{s30} valutato dalla seguente espressione:

$$V_{s30} = 30 / \sum (h_i / W_i)$$

Con h_i e W_i rispettivamente spessore e velocità dello strato i -esimo degli N strati nei primi 30 m. di sottosuolo; in assenza di informazioni sulle velocità delle onde di taglio, potranno essere presi in considerazione i valori di N_{spt} o C_u ; ad ogni modo per l'identificazione della categoria di sottosuolo, quando è possibile, viene raccomandata la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s (paragrafo 3.2.2 delle NTC).

In particolare, fatta salva la necessità di estendere le indagini geotecniche nel volume significativo di terreno interagente con l'opera, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} , definita mediante l'equazione di cui sopra.

La velocità equivalente è ottenuta imponendo l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio in un terreno omogeneo equivalente, di spessore pari a 30 m, e nel terreno stratificato in esame, di spessore complessivo ancora pari a 30 m. Essa assume quindi valori differenti da quelli ottenuti dalla media delle velocità dei singoli strati pesata sui relativi spessori, soprattutto in presenza di strati molto deformabili di limitato spessore. Lo scopo della definizione adottata è quello di privilegiare il contributo degli strati più deformabili. Le categorie definite sono quelle riportate di seguito:

3.1 Categorie di suolo di fondazione

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

A - Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore max pari a 5 m.

B - Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica N SPT > 50, o coesione non drenata cu > 250 kPa).

C - Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s (15 < N SPT < 50, 70 < cu < 250 kPa).

D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di Vs30 < 180 m/s (N SPT < 15, cu < 70 kPa).

E - Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs30 > 800 m/s.

In aggiunta a queste categorie, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

S1 - Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (PI > 40) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di Vs30 < 100 m/s (10 < cu < 20 kPa)

S2 - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti

Nelle definizioni precedenti Vs30 è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata determinando la Vs relativamente ad ogni singola lettura della prova CPT (h 0,20m)

La formula utilizzata per ottenere la VS(30) é:

$$V_s = 55,3 q_c^{0.377}$$

lyisan 1996

Cat.	Descrizione	Vs	Nspt	qc	cu
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi	>800	--	--	--
B	Sabbie o ghiaie molto addensate	>360	>50	>20	>250
C	Sabbie e ghiaie mediamente addensate	>180	>15	>6	>70
D	Terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi	<180	<15	<6	<70
E	Strati superficiali alluvionali, con Vs tra C o D, spessore 5/20m	<360	<50	<20	<250
S1	Depositi includenti, strato di almeno 10 m di argille/limi	<100	--	<10	<20
S2	Terreni soggetti a liquefazione, argille sensitive, o altro	--	--	--	--

Vs (m/sec)

qc (MPa)

rapporto qc - Nspt: indicativamente 4 - 1 (per terreni di natura granulare)

Nspt (colpi)

cu (kPa)

rapporto qc - Nspt: indicativamente 2 - 1 (per terreni di natura coesiva)

3.2 - Caratterizzazione e classificazione sismica del terreno

La diversa entità dei danni prodotti dal terremoto nello stesso ambito territoriale dimostra che le azioni sismiche possono assumere, anche a distanze di poche decine di metri, caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni geologiche che definiscono un determinato ambito territoriale (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso, presenza e profondità della falda, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie, ecc...). La microzonazione sismica si propone quindi di studiare e valutare quantitativamente l'influenza che le condizioni geologiche locali hanno sui movimenti del suolo durante un evento

sismico. Il risultato di uno studio di questo tipo si traduce in una carta di dettaglio (carta della microzonazione sismica) che pone limitazioni di natura urbanistica e fornisce prescrizioni di progetto per le costruzioni che, in alcuni casi, possono anche risultare più gravose di quelle contemplate dalle normative vigenti.

L'elemento base della microzonazione sismica è la valutazione della "risposta sismica locale (RSL). Con tale termine s'intende l'insieme delle modifiche in intensità, ampiezza e frequenza che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), posta ad una certa profondità nel sottosuolo, subisce attraverso gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie. In questa logica le indagini geognostiche assumono grande rilevanza per la caratterizzazione dei terreni dal punto di vista fisico (strato di compattezza ed addensamento) e dal punto di vista meccanico rispetto alle sollecitazioni indotte.

Per calcolare i fattori di amplificazione richiesti dall'analisi semplificata richiesta e ritenuta sufficiente per gli ambiti suscettibili di urbanizzazione e per gli interventi sul territorio urbanizzato, nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti devono essere realizzate indagini geotecniche che permettano la definizione dello spessore del deposito di copertura e della profondità del "bedrock" e della velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_{SH} e V_{S30}) del deposito di copertura secondo le formule già riportate e descritte al paragrafo precedente. In riferimento a quanto sopra, la classificazione delle categorie dei suoli di fondazione, come da *Allegato 2 (cfr. Ord. Pres. Consiglio dei Ministri 3274 del 20/03/2003)*, deve essere associata alla successione stratigrafica riscontrata fino alla profondità di 30 m dal piano di posa delle fondazioni.

Per la caratterizzazione sismica dei suoli di fondazione dell'area oggetto di studio si fa riferimento alle indagini geognostiche compiute dallo scrivente in data 23/05/2106, in particolare è stata realizzata una prova penetrometrica statica, equipaggiata con punta elettrica e sismocono (SCPTU1), spinta sino alla profondità massima di -30 m da p.c.

L'indagine con cono sismico o sismocono viene realizzata grazie a una punta metallica opportunamente attrezzata con una terna geofonica.

Tale prova viene svolta successivamente ad una prova penetrometrica statica, allo scopo di determinare, oltre ai valori di V_s , anche le caratteristiche meccaniche del sito.

Il cono sismico utilizza lo stesso principio della prova down-hole; vengono misurati i tempi di percorrenza delle onde sismiche che si propagano dal piano campagna alla terna geofonica all'interno della punta sismica posta a profondità diverse.

La prova è affidabile, economica e veloce permettendo, analogamente alla prova down-hole, di avere un profilo molto dettagliato della velocità delle onde sismiche senza dover ricorrere all'esecuzione di sondaggi. I risultati di questo tipo di indagine vengono riportati alla pagina successiva.

INDAGINE SISMICA EFFETTUATA SULLA PROVA SCPTU1



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed am.m. via: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
 tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
 P.IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



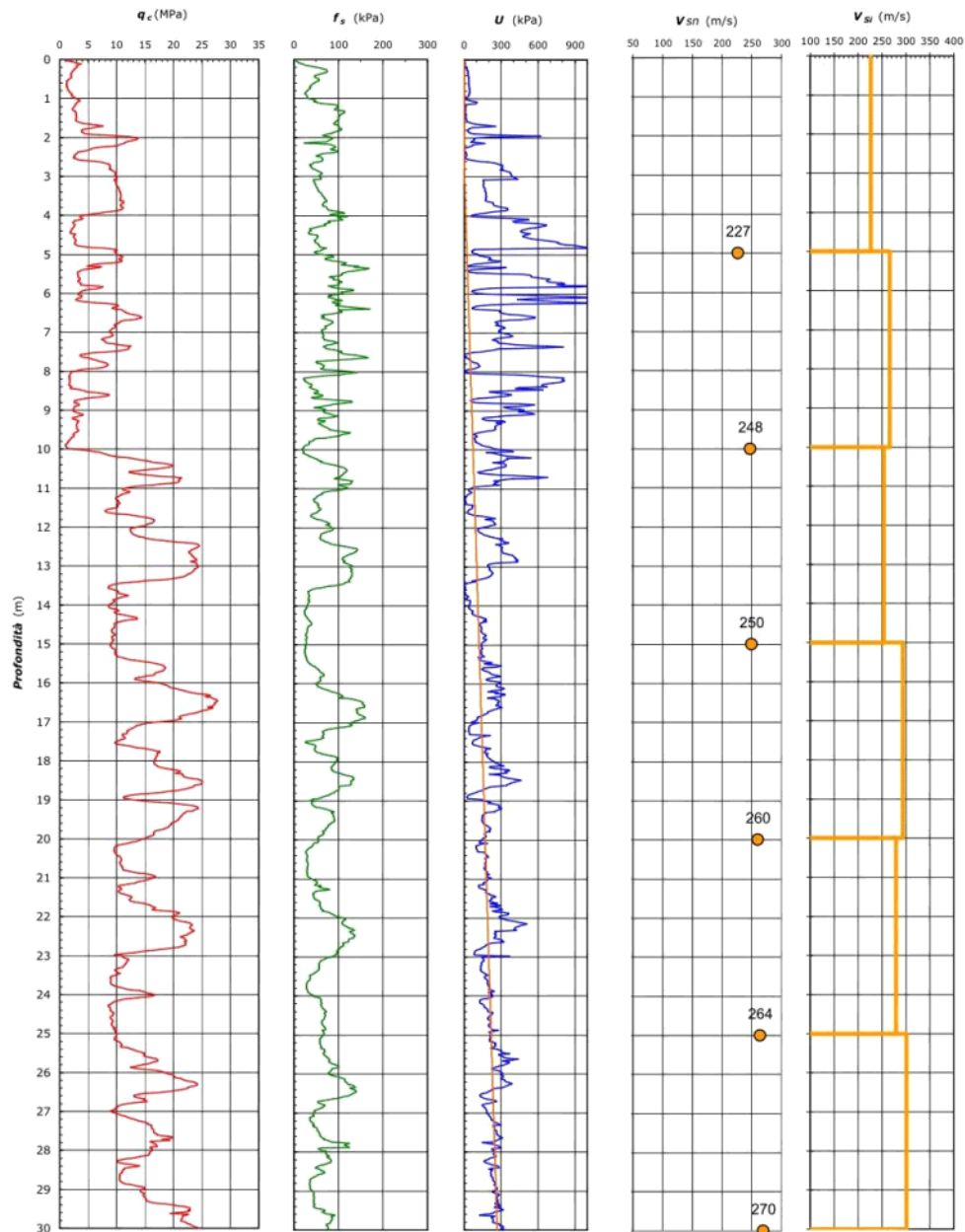
COMMITTENTE dott. geol. Alessandro Boni - Via Giulio Romano 54 - CAP 46035 Ostiglia (MN)

CANTIERE Via Siena - Mantova (MN)

CPT N° SCPTU 1 **PROF. FALDA (m da p.c.)** 2.60 **TIPO PUNTA** piezocono G1 - CPL2IN

DATA 23/05/16 **PREFORO (m da p.c.)** **Lat.** 45.141281°

COMMESSA 13030/14 **C. SITO N°:** S160260 del 23.05.16 **Long.** 10.737355°



Lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

S160260_SCPTU1.xls - pag 4 di 6

Il Direttore Settore Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli



elletipi s.r.l.

Sede operativa ed amm.va: Via Annibale Zucchini, 69 - 44100 FERRARA
 tel. 0532/56771; fax 0532/56119 e-mail: info@elletipi.it sito: www.elletipi.it
 P.IVA e Codice Fiscale n. 00174600387

Laboratorio Geotecnico autorizzato con Dec. n. 6572 del 07/10/2014, art. 59 del D.P.R. 380/2001, Circolari Ministeriali 7618/STC



COMMITTENTE dott. geol. Alessandro Boni - Via Giulio Romano 54 - CAP 46035 Ostiglia (MN)

CANTIERE Via Siena - Mantova (MN)

CPT N° SCPTU 1

DATA 23/05/16

COMMESSA 13030/14

PROF. FALDA (m da p.c.) 2.60

PREFORO (m da p.c.)

C. SITO N°:

2.60

S160260 del 23.05.16

TIPO PUNTA

Lat.

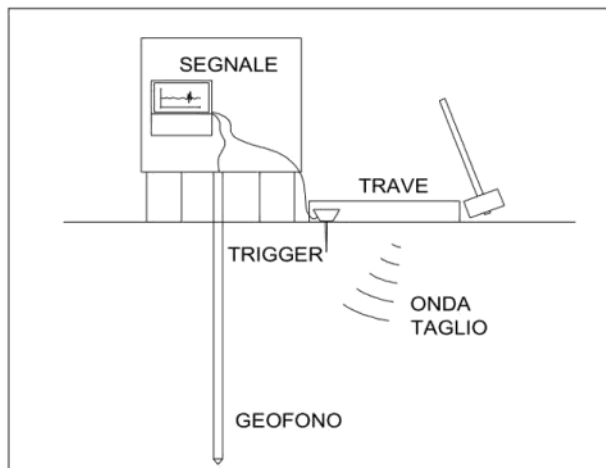
Long.

piezocono G1 - CPL2IN

45.141281°

10.737355°

Prova Down Hole ASTM D 7400



Profondità (m)	Ts (ms)	L (m)	Vs (m/s)	Vis (m/s)
1.0	T0	1.41	-	-
				227
5	16.26	5.10	227	
				266
10	34.85	10.05	248	
				254
15	54.46	15.03	250	
				293
20	71.47	20.02	260	
				279
25	89.37	25.02	264	
				301
30	105.97	30.02	270	

CATEGORIA SOTTOSUOLO
C
V_{s,30} = 270 m/s

- D = Distanza centro trave generatrice ond
- Profondità = Profondità punta da piano campagna
- Ts = Tempo percorrenza onda di taglio
- L = Lunghezza percorso onda di taglio
- Vs = Velocità onde di taglio da piano campagna alla profondità indic = 1.00 m
- Vis = Velocità onde di taglio nello strato di terreno compreso fra le due profondità indicate

Lo Sperimentatore:
dott. Luciano Rossi

S160260_SCPTU1.xls - pag 5 di 6

Il Direttore Settore Prove in Sito:
dott. Massimo Romagnoli

Dal punto di vista sismico, in base ai dati emersi nel corso della campagna geognostica, si può considerare il profilo stratigrafico del sottosuolo di fondazione dell'area investigata appartenente alla **classe C** ($V_{S30} \text{ SCPTU1} = 270 \text{ m/s}$), ossia: "depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argilla di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$; $70 < C_u < 250 \text{ kPa}$)".

Di seguito vengono fornite alcune tabelle recanti la classificazione del sito; tale condizione corrisponde allo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV secondo NTC).

CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008

Località: Via Siena 18, Mantova

Coordinate ED50: Latitudine: 45,142118 ; Longitudine: 10,738464

Vita nominale della costruzione (V_N): 50 anni

Classe d'uso della costruzione: II

Coefficiente d'uso della costruzione (C_U): 1

Stato limite considerato: (SLV)

$a_g = 0,096 \text{ g}$ (D.G.R. n°2129 dell'11/07/2014)

Categorie di suolo di fondazione

		S_s	C_c	$S = S_s \times S_T$
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1,000	1,000	1,000
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).	1,200	1,391	1,200
C	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 $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu_{30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).	1,500	1,547	1,500
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).	1,800	2,249	1,800
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800 \text{ m/s}$).	1,600	1,840	1,600
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{S30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < Cu_{30} < 20 \text{ kPa}$), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	Servono studi specifici		
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g , F_0 e T^*_c vengono forniti dalla normativa

Categorie Topografiche

		S_T	
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,00	
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,20	Valore alla sommità del pendio
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \approx i \leq 30^\circ$	1,20	Valore della cresta del rilievo
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1,40	Valore della cresta del rilievo

Le sovraespresse categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

3.3 - Valutazione della liquefacibilità dei terreni

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio, con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

I fenomeni di liquefazione interessano i depositi sabbiosi saturi e dipendono da:

- proprietà geotecniche dei terreni;
- caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata;
- genesi e storia geologica dei terreni;
- fattori ambientali.

Un terreno incoerente saturo, in assenza di sollecitazioni sismiche è soggetto soltanto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti (in campo libero e con superficie piana). Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante.

Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno è soggetto ad una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza.

Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Di conseguenza, maggiore è la durata di un terremoto (maggior numero di cicli), più alta è la possibilità che si arrivi alla liquefazione.

Inoltre, maggiore è l'ampiezza della vibrazione e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione.

Il terreno può essere però soggetto a sforzi di taglio statici dovuti alla presenza di strutture in superficie o alla sua particolare posizione (per esempio al di sotto di un versante).

In questo caso l'instaurarsi del fenomeno della liquefazione dipende, oltre che dalle caratteristiche del sisma, anche dal rapporto che si stabilisce tra le tensioni di taglio indotte da quest'ultimo e quelle statiche preesistenti al terremoto.

La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso.

Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

Anche la distribuzione, la forma delle particelle e il grado di uniformità influenzano notevolmente il fenomeno, per le implicazioni che questi fattori hanno sulla resistenza al taglio e per il modo di dissiparsi della pressione interstiziale in eccesso.

Per quanto riguarda la storia delle sollecitazioni sismiche, si può affermare che precedenti deformazioni moderate influiscano positivamente sulla resistenza del deposito, mentre una storia caratterizzata da alti livelli di deformazione (deposito già soggetto a

liquefazione) ha effetti negativi sul potenziale di riliquifazione. I depositi sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono i più recenti.

A parità di composizione e di altre condizioni lo stesso deposito, se più antico, avrà sviluppato legami intergranulari e cementazioni sempre più forti con il tempo. Inoltre, la struttura di un deposito antico sarà resa più stabile e omogenea per gli effetti delle vibrazioni indotte da precedenti terremoti di piccola entità.

La stima del potenziale di liquefazione è stata eseguita con metodi semplificati applicati ai dati delle prove penetrometriche effettuate (SCPTU1, CPTU2); in particolare si è utilizzato il metodo di Robertson & Wride (1998) appositamente calibrato per la prova penetrometrica statica, e consigliato negli atti di indirizzo per la micro zonazione sismica. Per il calcolo del MSF si è invece utilizzata la correlazione proposta da Idriss e Boulanger (2007). Il metodo suddetto richiede che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie e della magnitudo di riferimento.

L'accelerazione utilizzata per il calcolo del Cyclic Stress Ratio (CSR) è quella ricavata dalla mappa di pericolosità sismica dell'INGV per lo SLV, moltiplicata per S (coefficiente correttore $S = S_S \times S_T = 1,500 \times 1,00$) e corrispondente a 0,144 ($0,096 \times 1,500$), mentre la magnitudo del sisma di progetto, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'ambito territoriale in oggetto vicino alla zona sismogenetica ZS912 a cui corrisponde una magnitudo massima di 6,14. In sintesi:

a_g (accelerazione di picco su suolo rigido) = 0,096

S_S (coefficiente di amplificazione stratigrafica) = 1,500

S_T (coefficiente topografico) = 1,00

S (coefficiente correttore) = $S_S \times S_T = 1,500$

a_{gmax} (accelerazione di picco nel sito) = $0,096 \times 1,500 = 0,144$

L'indice del potenziale di liquefazione IP_L del terreno (Iwasaki et. al. 1978), come da allegato alle pagine successive, è risultato, per le verticali investigate pari a:

- SCPTU1: $IP_L = 0,014$ (a cui corrisponde un rischio molto basso)
- CPTU2: $IP_L = 0,000$ (a cui corrisponde un rischio nullo)

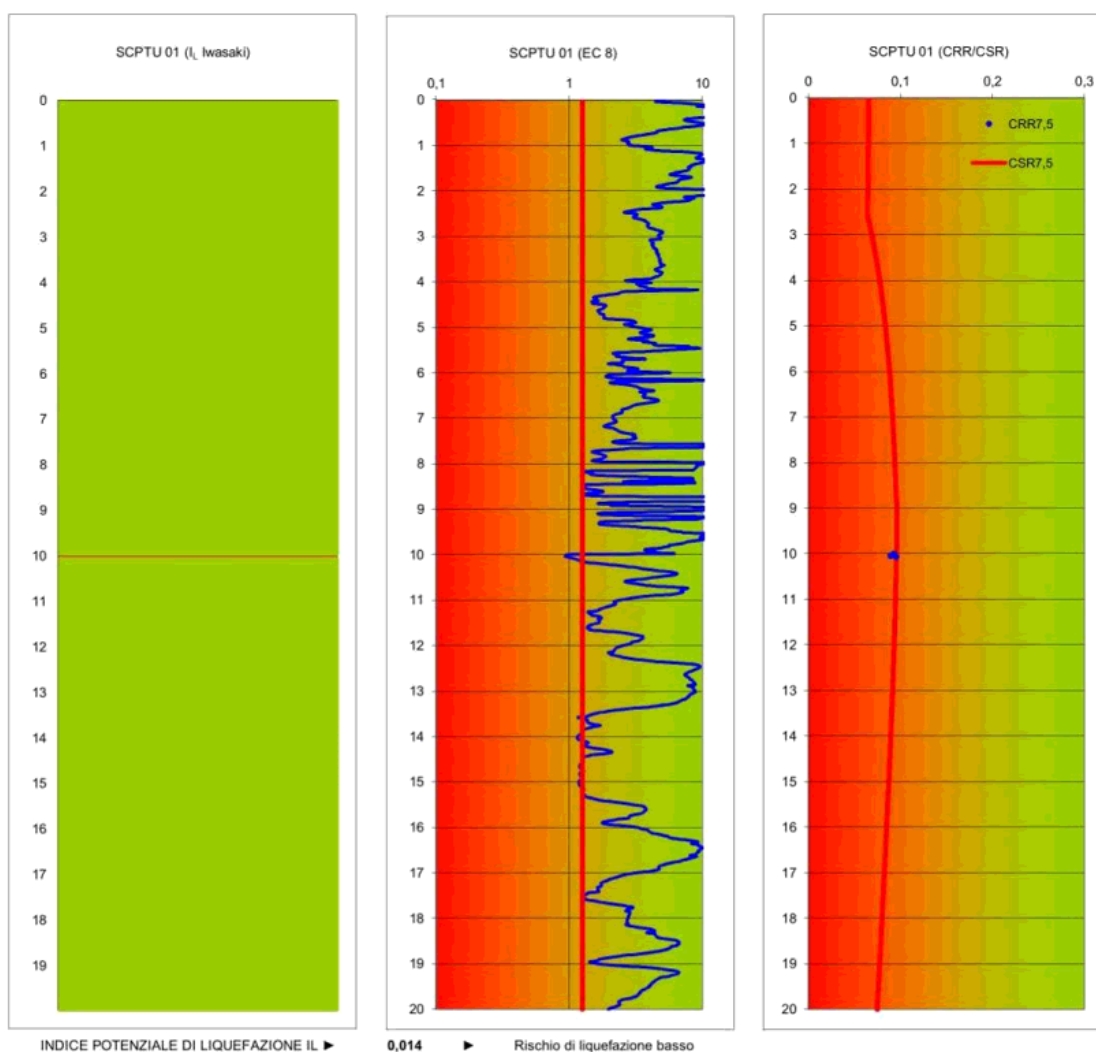
Tabella 1 - Correlazione tra l'indice del potenziale di liquefazione (IP_L Iwasaki et. al. 1978) e quello (IP_L), di Sonmez H. 2003

Valore IP_L (Iwasaki et. al. 1978)	Potenziale di liquefazione		Valore IP_L (Sonmez H. 2003)
$IP_L = 0$	Molto basso / Nullo		$IP_L = 0$
$0 < IP_L \leq 5$	Basso	Basso	$0 \leq IP_L < 2$
		Moderato	$2 \leq IP_L < 5$
$5 < IP_L \leq 15$	Alto		$5 \leq IP_L < 15$
$IP_L > 15$	Molto alto		$IP_L \geq 15$

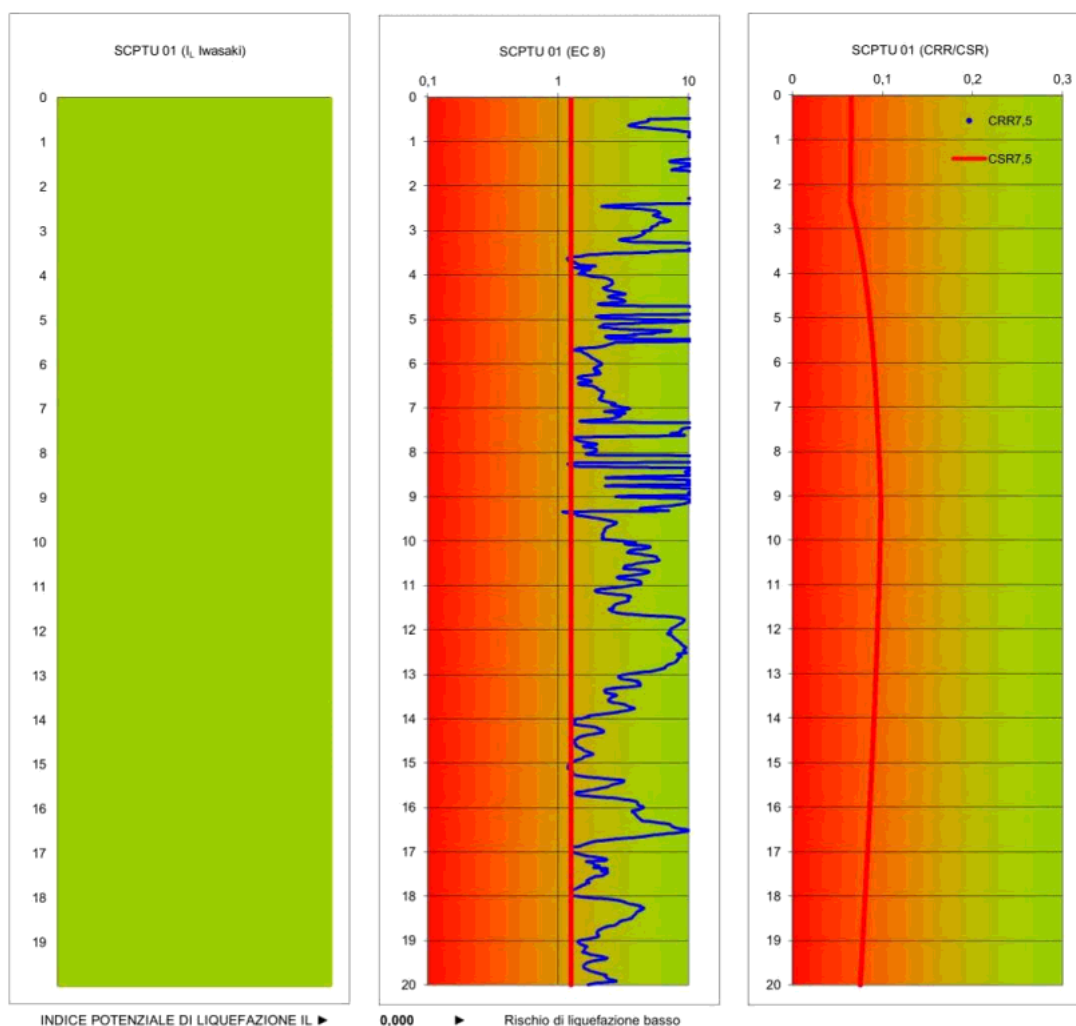
Nei grafici sotto riportati, gli orizzonti in cui FL (fattore di sicurezza alla liquefazione) è inferiore all'unità sono contraddistinti dal colore rosso, e come si può notare nel primo elaborato grafico (colonna di sinistra), sono presenti solo pochissimi livelli (o nessuno) potenzialmente

liquefacibili (tra l'altro di modestissimo spessore). Il secondo grafico, che mostra l'andamento del fattore di sicurezza confrontato con la soglia di attenzione di 1.25, indicata dall'Eurocodice 8, conferma la presenza di solo pochissimi orizzonti con possibilità di liquefazione. Il grafico più a destra evidenzia invece la posizione relativa della resistenza alla liquefazione dei livelli sabbiosi CRR, rispetto alla sollecitazione sismica di progetto CSR, dei soli livelli sabbiosi il cui fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione è inferiore a 1. Si riportano di seguito le risultanze delle analisi effettuate.

VALUTAZIONE DELLA LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI EFFETTUATA SULLA PROVA SCPTU1



VALUTAZIONE DELLA LIQUEFACIBILITA' DEI TERRENI EFFETTUATA SULLA PROVA CPTU2



Da segnalare come l'effetto di liquefazione nei sedimenti granulari è funzione della magnitudo del sisma ed anche della distanza dall'epicentro del terremoto; quest'ultima costituisce infatti un importante parametro di stima della liquefacibilità (P. Galli, 2000). Ciò detto, per eventi di magnitudo inferiore a 6.0 la distanza dalla zona epicentrale per produrre liquefazione deve essere molto modesta, dell'ordine della decina di chilometri. Per l'elaborazione dei dati suddetti è stato impiegato un software di calcolo che permette di verificare la liquefazione dei terreni, basandosi sulla teoria di Robertson e Wride (1998) appositamente calibrata da Idriss e Boulanger (2008). In assenza di prove geotecniche di laboratorio le suddette indicazioni hanno validità orientativa.

RELAZIONE GEOTECNICA:

4 - INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

La caratterizzazione geotecnica consiste nell'individuazione, in funzione del tipo di opera e/o intervento, delle caratteristiche fisiche e meccaniche del terreno, necessarie alla definizione del modello geotecnico, alla valutazione della sicurezza, della funzionalità in relazione alle prestazioni attese, curabilità e robustezza delle opere.

Per la caratterizzazione e determinazione dei parametri geomeccanici del terreno di fondazione dell'area in esame sono state realizzate n°2 prove penetrometriche statiche eseguite con punta elettrica (CPTU2) e cono sismico (SCPTU1), ubicate come indicato a pagina 10.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, determinata con prove penetrometriche statiche, è stata definita mediante l'utilizzo di un penetrometro GeoMill da 200 kN di spinta massima, montato su autocarro Mercedes Unimog 4X4.

I valori vengono determinati attraverso l'infissione nel terreno di una punta conica strumentata con sensori elettrici, collegata tramite cavo ad una unità di acquisizione in superficie. La punta elettrica utilizzata, presenta le seguenti caratteristiche:

- | | | |
|---------------------------------|---------|---------------------|
| - diametro di base del cono | $f =$ | 35.7 mm |
| - area della punta conica | $A_p =$ | 10 cm ² |
| - angolo apertura del cono | $B =$ | 60° |
| - superficie laterale manicotto | $A_m =$ | 150 cm ² |

4.1 - Metodologia d'esecuzione ed interpretazione delle CPTU

Scopo delle prove penetrometriche è quello di fornire i valori di resistenza degli strati di terreno attraversati dalla batteria di perforazione.

Le prove penetrometriche statiche con punta elettrica CPTU (CPT = Cone Penetration Test; U = con misura della pressione neutra U) consistono nell'infissione nel terreno del punta (piezocono) strumentata di celle di carico, per la misura dei parametri di resistenza di punta (qc), di resistenza all'attrito laterale (fs) e delle sovrappressioni interstiziali (u).

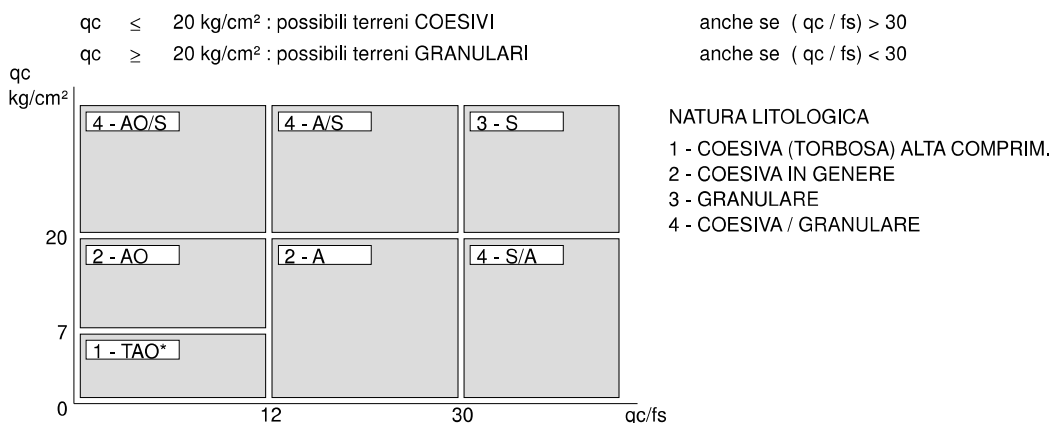
4.2 - Elaborazione dati prove penetrometriche statiche

L'elaborazione dei valori di resistenza all'infissione, caratteristici dei vari livelli del substrato, forniscono utili informazioni relativi i principali parametri geotecnici stimati: coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace ϕ , densità relativa D_r , peso di volume γ' , ecc).

Le elaborazioni sopra citate fanno riferimento ad esperienze e ricerche condotte in vari Paesi da diversi Autori, nonché a conoscenze personali da parte di chi scrive. In assenza di prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati le suddette correlazioni hanno validità orientativa. Con riferimento ai dati acquisiti durante la campagna geognostica si riportano di seguito le risultanze (ogni 20 cm.) dei principali parametri geotecnici riscontrati.

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

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



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

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - qc - natura]
 (Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - qc]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
 (Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [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' - qc]
 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 ed altri 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - qc - natura]
 Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari 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 - qc - σ'_{vo}]
 ϕ'_{Ca} - Caquot (1948) ϕ'_{Ko} - Koppejan (1948)
 ϕ'_{DB} - De Beer (1965) ϕ'_{Sc} - Schmertmann (1978)
 ϕ'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) ϕ'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = fattore di liquefazione (F.L.s = Sabbie Pulite, F.L.l = Sabbie Limose)
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVA SCPTU1 (letture medie ogni 20 cm)

Studio di Geologia e Geotecnica di Dott. Geol. Alessandro Boni
Via Giulio Romano n.54 - Ostiglia (MN)
Tel e Fax 0386.31727 - Cell 335.8470747

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	1
referimento	23-05-2016

Committente: **BOTTOLI SPA PANIFICAZIONE INDUSTRIALE**

Cantiere: **Costruzione nuovo capannone prefabbricato in c.a.**

Località: **Via Siena 18, Mantova (Z.I. Loc. Villaggio Eremo)**

U.M.: **kg/cm²**

Data exec.: **23/05/2016**

Pagina: **1**

Elaborato: **Falda: -2,60 m da quota inizio**

NATURA COESIVA												NATURA GRANULARE											
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FL1	FL2	E'50	E'25	Mo
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)			U.M.	U.M.	U.M.
0,20	27,0	120,5	3	1,85	0,04	192	--	--	--	--	--	100	43	42	40	37	45	28	--	--	45,0	67,5	81,0
0,40	23,0	34,1	3	1,85	0,07	180	--	--	--	--	--	85	41	38	36	33	42	28	--	--	38,3	57,5	69,0
0,60	17,0	32,7	4	1,85	0,11	161	0,72	65,4	123,0	184,5	54,1	65	39	35	32	30	39	27	--	--	28,3	42,5	51,0
0,80	14,0	38,0	4	1,85	0,15	150	0,64	38,9	108,2	162,3	48,2	51	37	32	29	28	37	26	--	--	23,3	35,0	42,0
1,00	22,0	76,9	3	1,85	0,19	177	--	--	--	--	--	61	39	34	31	29	38	28	--	--	36,7	55,0	66,0
1,20	31,0	45,8	3	1,85	0,22	202	--	--	--	--	--	68	39	34	31	29	39	29	--	--	51,7	77,5	93,0
1,40	26,0	24,7	4	1,85	0,26	185	0,93	31,0	157,9	236,8	78,0	59	38	33	30	28	37	28	--	--	43,3	65,0	78,0
1,60	30,0	29,6	4	1,85	0,30	199	1,00	28,8	170,0	255,0	90,0	60	38	33	30	28	37	29	--	--	50,0	75,0	90,0
1,80	56,0	55,4	3	1,85	0,33	252	--	--	--	--	--	79	41	35	32	30	39	31	--	--	93,3	140,0	168,0
2,00	69,0	82,0	3	1,85	0,37	273	--	--	--	--	--	83	41	36	33	31	40	32	--	--	115,0	172,5	207,0
2,20	123,0	168,7	3	1,85	0,41	339	--	--	--	--	--	100	43	38	35	33	42	35	--	--	205,0	307,5	369,0
2,40	56,0	61,3	3	1,85	0,44	252	--	--	--	--	--	72	40	34	31	29	38	31	--	--	93,3	140,0	168,0
2,60	31,0	50,6	3	0,88	0,46	202	--	--	--	--	--	51	37	31	28	26	35	29	--	--	51,7	77,5	93,0
2,80	86,0	203,3	3	0,88	0,48	297	--	--	--	--	--	85	41	36	33	31	40	33	--	--	143,3	215,0	258,0
3,00	98,0	168,7	3	1,00	0,50	311	--	--	--	--	--	88	42	36	33	31	40	34	--	--	200	293,3	350,0
3,20	101,0	198,0	3	1,00	0,52	315	--	--	--	--	--	88	42	36	33	31	40	34	--	--	200	293,3	350,0
3,40	105,0	194,8	3	1,01	0,54	320	--	--	--	--	--	89	42	36	33	31	40	34	--	--	200	293,3	350,0
3,60	109,0	162,0	3	1,01	0,56	324	--	--	--	--	--	89	42	36	33	31	40	34	--	--	200	293,3	350,0
3,80	112,0	159,5	3	1,02	0,58	328	--	--	--	--	--	89	42	36	33	31	40	34	--	--	200	293,3	350,0
4,00	84,0	91,2	3	0,97	0,60	294	--	--	--	--	--	78	41	34	31	29	39	33	--	--	140,0	210,0	252,0
4,20	33,0	34,2	3	0,88	0,62	207	--	--	--	--	--	46	37	30	26	25	33	29	--	--	167	240,0	285,0
4,40	24,0	46,9	3	0,86	0,64	183	--	--	--	--	--	34	35	28	25	23	32	28	--	--	147	200,0	240,0
4,60	24,0	52,3	3	0,86	0,65	183	--	--	--	--	--	33	35	28	25	23	31	28	--	--	143	200,0	240,0
4,80	29,0	54,6	3	0,87	0,67	197	--	--	--	--	--	39	36	28	25	24	32	29	--	--	150	200,0	240,0
5,00	93,0	154,7	3	0,89	0,69	298	--	--	--	--	--	79	41	34	31	29	38	33	--	--	200	293,3	350,0
5,20	109,0	125,6	3	1,01	0,71	324	--	--	--	--	--	83	41	35	32	30	39	34	--	--	200	293,3	350,0
5,40	63,0	45,0	3	0,94	0,73	264	--	--	--	--	--	64	39	32	29	27	36	32	--	--	200	293,3	350,0
5,60	33,0	30,8	3	0,88	0,75	207	--	--	--	--	--	41	36	29	25	24	32	29	--	--	146	200,0	240,0
5,80	37,0	37,6	3	0,89	0,77	216	--	--	--	--	--	44	37	29	26	24	33	30	--	--	147	200,0	240,0
6,00	53,0	47,7	3	0,92	0,78	247	--	--	--	--	--	56	38	31	28	26	35	31	--	--	175	200,0	240,0
6,20	35,0	38,4	3	0,89	0,80	211	--	--	--	--	--	41	36	29	25	24	32	29	--	--	141	200,0	240,0
6,40	89,0	74,9	3	0,98	0,82	300	--	--	--	--	--	73	40	33	30	28	37	33	--	--	200	293,3	350,0
6,60	125,0	142,0	3	1,04	0,84	341	--	--	--	--	--	84	41	35	32	30	39	35	--	--	200	293,3	350,0
6,80	120,0	149,6	3	1,03	0,86	336	--	--	--	--	--	82	41	34	31	29	39	35	--	--	200	293,3	350,0
7,00	95,0	137,9	3	0,99	0,88	308	--	--	--	--	--	73	40	33	30	28	37	34	--	--	200	293,3	350,0
7,20	87,0	127,8	3	0,98	0,90	298	--	--	--	--	--	70	40	32	29	27	36	33	--	--	200	293,3	350,0
7,40	103,0	124,8	3	1,00	0,92	317	--	--	--	--	--	75	40	33	30	28	38	34	--	--	200	293,3	350,0
7,60	78,0	69,0	3	0,96	0,94	286	--	--	--	--	--	65	39	32	29	27	36	33	--	--	200	293,3	350,0
7,80	62,0	61,3	3	0,94	0,96	262	--	--	--	--	--	57	38	30	27	26	35	32	--	--	167	200,0	240,0
8,00	64,0	80,1	3	0,94	0,98	265	--	--	--	--	--	57	38	31	28	26	35	32	--	--	169	200,0	240,0
8,20	18,0	24,2	2	0,98	1,00	164	0,75	4,4	278,6	417,9	56,2	13	33	24	21	20	27	27	--	--	30,0	45,0	54,0
8,40	18,0	53,7	4	0,91	1,02	164	0,75	4,3	283,8	425,8	56,2	13	33	24	21	20	27	27	--	--	30,0	45,0	54,0
8,60	49,0	95,9	3	0,92	1,03	240	--	--	--	--	--	47	37	29	26	24	33	31	--	--	136	200,0	171,2
8,80	50,0	94,0	3	0,92	1,03	242	--	--	--	--	--	47	37	29	26	24	33	31	--	--	136	200,0	171,2
9,00	28,0	39,4	3	0,87	1,07	194	--	--	--	--	--	27	34	26	23	21	29	28	--	--	11,1	16,8	20,0
9,20	32,0	39,9	3	0,88	1,09	204	--	--	--	--	--	31	35	27	23	22	30	29	--	--	11,5	17,4	21,0
9,40	30,0	47,9	3	0,88	1,11	199	--	--	--	--	--	28	35	26	23	22	30	29	--	--	11,1	16,8	20,0
9,60	30,0	30,7	3	0,88	1,12	199	--	--	--	--	--	28	35	26	23	22	30	29	--	--	11,1	16,8	20,0
9,80	21,0	30,7	3	0,85	1,14	174	--	--	--	--	--	15	33	24	21	20	28	27	--	--	9,9	15,0	18,0
10,00	14,0	52,8	3	0,89	1,16	150	0,84	3,0	315,4	473,1	48,2	1	31	22	19	18	25	26	--	--	23,3	35,0	42,0
10,20	76,0	266,7	3	0,96	1,18	253	--	--	--	--	--	59	38	30	27	26	35	33	--	--	167	200,0	240,0
10,40	160,0	239,9	3	1,09	1,20	375	--	--	--	--	--	84	41	34	31	29	38	36	--	--	200	293,3	350,0
10,60	166,0	143,8	3	1,10	1,22	380	--	--	--	--	--	85	41	34	31	29	39	37	--	--	200	293,3	350,0
10,80	184,0	168,2	3	1,13	1,24	395	--	--	--	--	--	88	42	35	32	30	39	37	--	--	200	293,3	350,0
11,00	171,0	142,0	3	1,11	1,24	395	--	--	--	--	--	85	41	34	31	29	38	37	--	--	200	293,3	350,0
11,20	116,0	158,3	3	1,02	1,29	332	--	--	--	--	--	71	40	32	29	27	36	35	--	--	200	293,3	350,0
11,40	104,0	210,5	3	1,01	1,31	319	--	--	--	--	--	67	39	32	29	27	36	34	--	--	200	293,3	350,0
11,60	95,0	167,0	3	0,99	1,33	308	--	--	--	--	--	63	39	31	28	26	35	34	--	--	185	200,0	240,0
11,80	131,0	284,8	3	1,05	1,35	347	--	--	--	--	--	74	40	33	30	28	37	35	--	--	200	293,3	350,0
12,00	159,0	204,1	3	1,09	1,37	374	--	--	--	--	--	80	41	33	31	29	38	36	--	--	200	293,3	350,0
12,20	129,0	171,3	3	1,04	1,39	345	--	--	--	--	--	73	40	32	29	27	37	35	--	--	200	293,3	350,0
12,40	172,0	256,3	3	1,11	1,41	385	--	--	--	--	--	82	41	34	31	29	38	37	--	--	200	293,3	350,0
12,60	244,0	200,8	3	1,13	1,43	415	--	--	--	--	--	84	41	34	31	29	38	37	--	--	200	293,3	350,0
12,80	236,0	191,6	3	1,15	1,46	434	--	--	--	--	--	92	42	35	32	30	39	39	--	--	200	293,3	350,0
13,00	244,0	200,8	3	1,15	1,48	439	--	--	--	--	--	93	42	35	32								

Studio di Geologia e Geotecnica di Dott. Geol. Alessandro Boni
Via Giulio Romano n.54 - Ostiglia (MN)
Tel e Fax 0386.31727 - Cell 335.8470747

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	1
riferimento	23-05-2016

Committente:	BOTTOLI SPA PANIFICAZIONE INDUSTRIALE	U.M.:	kg/cm ²	Data exec.:	23/05/2016
Cantiere:	Costruzione nuovo capannone prefabbricato in c.a.	Pagina:	2		
Località:	Via Siena 18, Mantova (Z.I. Loc. Villaggio Eremito)	Elaborato:		Falda:	-2,60 m da quota inizio

NATURA COESIVA												NATURA GRANULARE											
Prof. m	qc U.M.	qc/fs	zone	γ' t/m³	σ'vo U.M.	Vs m/s	Cu U.M.	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	FL1 U.M.	FL2 U.M.	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.
20.00	164.0	271.5	3	1.10	2.26	378	--	--	--	--	--	69	40	31	28	26	35	37	>2.00	>2.00	273.3	410.0	492.0
20.20	123.0	266.2	3	1.03	2.28	339	--	--	--	--	--	59	38	30	27	25	34	35	1.66	>2.00	205.0	307.5	369.0
20.40	99.0	335.6	3	1.00	2.30	313	--	--	--	--	--	51	37	28	25	24	32	34	1.39	>2.00	165.0	247.5	297.0
20.60	108.0	358.8	3	1.01	2.32	323	--	--	--	--	--	54	38	29	26	24	33	34	1.48	>2.00	180.0	270.0	324.0
20.80	111.0	362.7	3	1.02	2.34	326	--	--	--	--	--	55	38	29	26	24	33	34	1.50	>2.00	185.0	277.5	333.0
21.00	151.0	463.2	3	1.08	2.36	367	--	--	--	--	--	65	39	30	27	26	34	36	1.92	>2.00	251.7	377.5	453.0
21.20	139.0	267.8	3	1.06	2.39	355	--	--	--	--	--	62	39	30	27	25	34	36	1.79	>2.00	231.7	347.5	417.0
21.40	108.0	187.5	3	1.01	2.41	323	--	--	--	--	--	53	38	29	26	24	33	34	1.45	>2.00	180.0	270.0	324.0
21.60	125.0	249.5	3	1.04	2.43	341	--	--	--	--	--	58	38	29	26	25	33	35	1.62	>2.00	208.3	312.5	375.0
21.80	158.0	258.2	3	1.09	2.45	373	--	--	--	--	--	66	39	30	27	26	35	36	1.95	>2.00	263.3	395.0	474.0
22.00	200.0	225.7	3	1.15	2.47	408	--	--	--	--	--	74	40	32	29	27	36	38	>2.00	>2.00	333.3	500.0	600.0
22.20	218.0	191.9	3	1.15	2.49	421	--	--	--	--	--	76	40	32	29	27	36	38	>2.00	>2.00	363.3	545.0	654.0
22.40	236.0	182.1	3	1.15	2.52	434	--	--	--	--	--	79	41	32	29	28	37	39	>2.00	>2.00	393.3	590.0	708.0
22.60	225.0	169.8	3	1.15	2.54	426	--	--	--	--	--	77	41	32	29	27	36	39	>2.00	>2.00	375.0	562.5	675.0
22.80	222.0	200.5	3	1.15	2.56	424	--	--	--	--	--	76	40	32	29	27	36	38	>2.00	>2.00	370.0	555.0	666.0
23.00	142.0	148.2	3	1.06	2.58	358	--	--	--	--	--	61	39	30	27	25	34	36	1.74	>2.00	236.7	355.0	426.0
23.20	119.0	185.6	3	1.03	2.60	335	--	--	--	--	--	55	38	29	26	24	33	35	1.50	>2.00	196.3	297.5	357.0
23.40	109.0	196.0	3	1.01	2.63	324	--	--	--	--	--	51	37	28	25	24	32	34	1.39	>2.00	181.7	272.5	327.0
23.60	98.0	257.9	3	1.00	2.64	311	--	--	--	--	--	48	37	28	25	23	31	34	1.29	1.97	163.3	245.0	294.0
23.80	94.0	316.5	3	0.99	2.66	307	--	--	--	--	--	46	37	27	24	23	31	34	1.25	1.93	156.7	235.0	282.0
24.00	141.0	400.6	3	1.06	2.69	357	--	--	--	--	--	60	38	29	26	25	33	36	1.69	>2.00	235.0	352.5	423.0
24.20	128.0	212.3	3	1.04	2.71	344	--	--	--	--	--	56	38	29	26	24	33	35	1.55	>2.00	213.3	320.0	384.0
24.40	90.0	134.5	3	0.98	2.73	302	--	--	--	--	--	44	37	27	24	23	31	33	1.21	1.88	150.0	225.0	270.0
24.60	94.0	133.9	3	0.99	2.75	307	--	--	--	--	--	45	37	27	24	23	31	34	1.23	1.91	156.7	235.0	282.0
24.80	94.0	142.9	3	0.99	2.77	307	--	--	--	--	--	45	37	27	24	23	31	34	1.23	1.90	156.7	235.0	282.0
25.00	99.0	144.3	3	1.00	2.79	313	--	--	--	--	--	47	37	28	24	23	31	34	1.26	1.94	165.0	247.5	297.0
25.20	100.0	164.5	3	1.00	2.81	314	--	--	--	--	--	47	37	28	24	23	31	34	1.26	1.95	166.7	250.0	300.0
25.40	114.0	179.0	3	1.02	2.83	330	--	--	--	--	--	51	37	28	25	23	32	34	1.38	>2.00	190.0	285.0	342.0
25.60	147.0	205.3	3	1.07	2.85	363	--	--	--	--	--	60	38	29	26	25	33	36	1.69	>2.00	245.0	367.5	441.0
25.80	167.0	191.1	3	1.10	2.87	381	--	--	--	--	--	64	39	30	27	25	34	37	1.86	>2.00	278.3	417.5	501.0
26.00	154.0	177.2	3	1.08	2.89	369	--	--	--	--	--	61	39	30	26	25	33	36	1.74	>2.00	256.7	385.0	462.0
26.20	208.0	196.2	3	1.15	2.91	414	--	--	--	--	--	71	40	31	28	26	35	38	>2.00	>2.00	346.7	520.0	624.0
26.40	239.0	182.0	3	1.15	2.94	436	--	--	--	--	--	76	40	32	29	27	36	39	>2.00	>2.00	396.3	597.5	717.0
26.60	177.0	135.3	3	1.12	2.96	389	--	--	--	--	--	65	39	30	27	25	34	37	1.92	>2.00	295.0	442.5	531.0
26.80	143.0	203.4	3	1.06	2.98	359	--	--	--	--	--	58	38	29	26	24	33	36	1.61	>2.00	238.3	357.5	429.0
27.00	101.0	182.3	3	1.00	3.00	315	--	--	--	--	--	46	37	27	24	23	31	34	1.24	1.91	168.3	252.5	303.0
27.20	114.0	236.4	3	1.02	3.02	330	--	--	--	--	--	50	37	28	25	23	32	34	1.34	>2.00	190.0	285.0	342.0
27.40	155.0	340.7	3	1.06	3.04	370	--	--	--	--	--	60	38	29	26	25	33	36	1.70	>2.00	256.3	387.5	465.0
27.60	169.0	295.5	3	1.10	3.07	383	--	--	--	--	--	63	39	30	27	25	34	37	1.81	>2.00	281.7	422.5	507.0
27.80	185.0	214.4	3	1.13	3.09	396	--	--	--	--	--	66	39	30	27	25	34	37	1.95	>2.00	308.3	462.5	555.0
28.00	169.0	193.1	3	1.10	3.11	383	--	--	--	--	--	62	39	30	27	25	34	37	1.80	>2.00	281.7	422.5	507.0
28.20	153.0	197.2	3	1.08	3.13	368	--	--	--	--	--	59	38	29	26	24	33	36	1.66	>2.00	255.0	382.5	459.0
28.40	117.0	167.6	3	1.03	3.15	333	--	--	--	--	--	49	37	28	25	23	31	35	1.34	>2.00	195.0	292.5	351.0
28.60	116.0	188.6	3	1.02	3.17	332	--	--	--	--	--	49	37	28	25	23	31	35	1.33	>2.00	193.3	290.0	348.0
28.80	108.0	272.0	3	1.01	3.19	323	--	--	--	--	--	46	37	27	24	23	31	34	1.27	1.94	180.0	270.0	324.0
29.00	135.0	360.0	3	1.05	3.21	351	--	--	--	--	--	54	38	28	25	24	32	35	1.50	>2.00	225.0	337.5	405.0
29.20	149.0	328.2	3	1.07	3.24	365	--	--	--	--	--	57	38	29	26	24	33	36	1.62	>2.00	248.3	372.5	447.0
29.40	167.0	364.6	3	1.10	3.26	381	--	--	--	--	--	61	39	29	26	25	33	37	1.78	>2.00	278.3	417.5	501.0
29.60	226.0	342.4	3	1.15	3.28	427	--	--	--	--	--	71	40	31	28	26	35	39	>2.00	>2.00	376.7	565.0	678.0
29.80	219.0	252.9	3	1.15	3.30	422	--	--	--	--	--	70	40	31	28	26	35	38	>2.00	>2.00	365.0	547.5	657.0
30.00	235.0	302.1	3	1.15	3.33	433	--	--	--	--	--	72	40	31	28	26	35	39	>2.00	>2.00	391.7	587.5	705.0

FON016

Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820

E-mail: bonialessandro@tiscali.it

PROVA CPTU2 (letture medie ogni 20 cm)

Studio di Geologia e Geotecnica di Dott. Geol. Alessandro Boni

Via Giulio Romano n.54 - Ostiglia (MN)
Tel e Fax 0386.31727 - Cell 335.8470747

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA
PARAMETRI GEOTECNICI

CPT	2
riferimento	23-05-2016

Committente: BOTTOLI SPA PANIFICAZIONE INDUSTRIALE

Cantiere: Costruzione nuovo capannone prefabbricato in c.a.

Località: Via Siena 18, Mantova (Z.I. Loc. Villaggio Eremo)

U.M.: kg/cm²

Data exec.: 23/05/2016

Pagina: 1

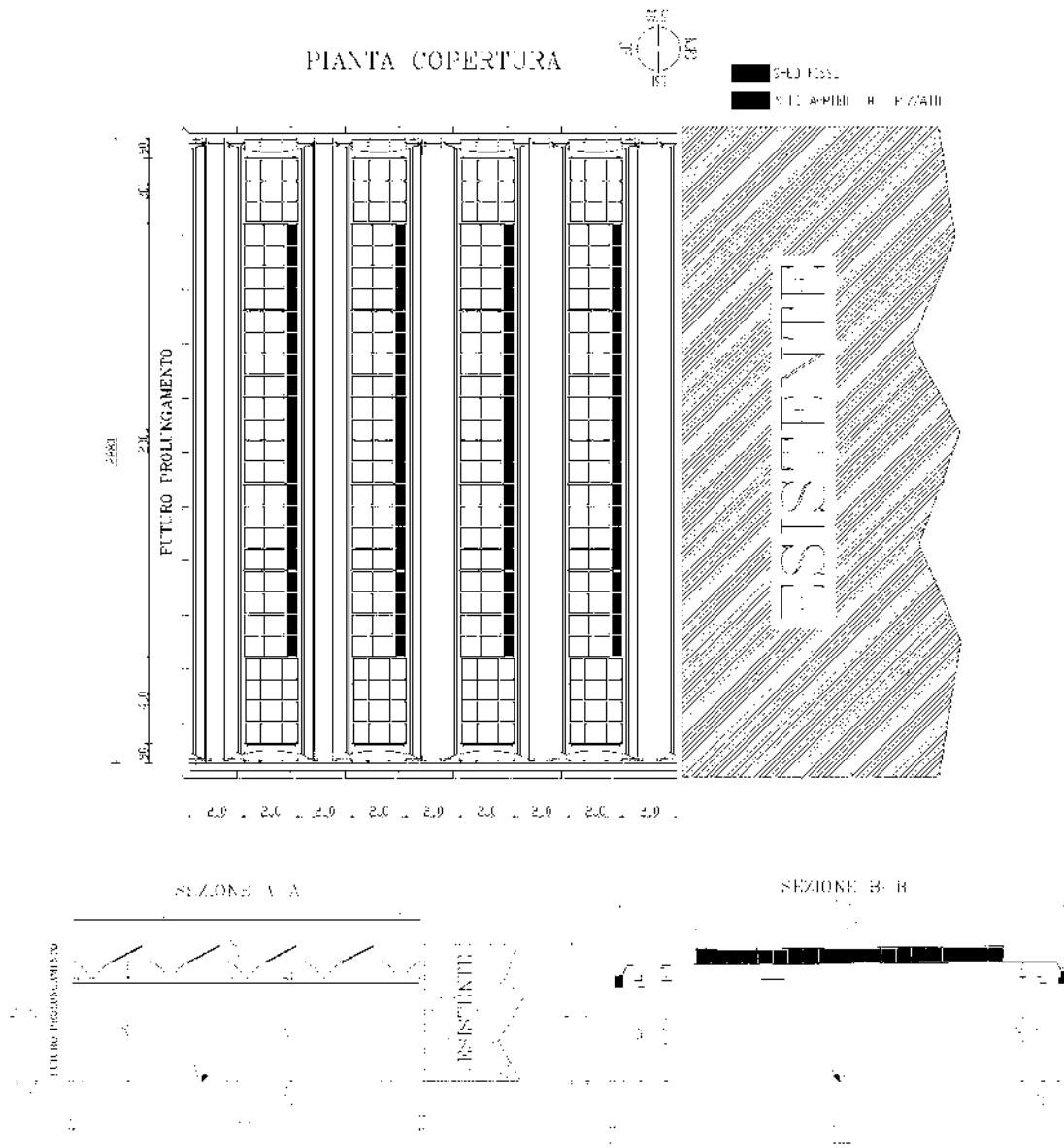
Elaborato:

Falda: -2,40 m da quota inizio

NATURA COESIVA																									NATURA GRANULARE									
Prof.	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	FL1	FL2	E50	E25	Mo											
m	U.M.			U.M.	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.	U.M.	U.M.											
0,20	41,0	116,5	3	1,85	0,04	224	--	--	--	--	--	100	43	45	42	39	45	30	--	--	66,3	102,5	123,0											
0,40	34,0	30,0	3	1,85	0,07	209	--	--	--	--	--	98	43	40	38	35	44	29	--	--	56,7	85,0	102,0											
0,60	38,0	78,8	3	1,85	0,11	218	--	--	--	--	--	92	42	39	36	34	42	30	--	--	63,3	95,0	114,0											
0,80	24,0	46,5	3	1,85	0,15	183	--	--	--	--	--	70	40	35	32	30	39	28	--	--	40,0	60,0	72,0											
1,00	18,0	21,9	2	1,85	0,19	164	0,75	36,1	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--											
1,20	19,0	19,2	2	1,85	0,22	168	0,78	30,0	131,8	197,8	58,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--											
1,40	22,0	20,7	4	1,85	0,26	177	0,85	27,6	143,8	215,8	66,0	53	38	32	29	27	36	28	--	--	36,7	55,0	66,0											
1,60	34,0	30,2	3	1,85	0,30	209	--	--	--	--	--	65	39	33	30	28	38	29	--	--	56,7	85,0	102,0											
1,80	39,0	26,5	4	1,85	0,33	221	1,30	34,5	221,0	331,5	117,0	82	41	35	31	29	38	34	--	--	65,0	97,5	117,0											
2,00	100,0	52,4	3	1,85	0,37	314	--	--	--	--	--	96	43	38	35	33	41	34	--	--	166,7	250,0	300,0											
2,20	52,0	24,1	4	1,85	0,41	245	1,73	38,4	294,7	442,0	156,0	71	40	34	31	29	38	31	--	--	86,7	130,0	156,0											
2,40	26,0	21,4	2	0,95	0,43	189	0,93	16,6	157,9	236,8	78,0	47	37	30	27	25	34	28	--	--	43,3	65,0	78,0											
2,60	69,0	188,7	3	0,95	0,45	273	--	--	--	--	--	79	41	35	32	30	39	32	>2,00	>2,00	115,0	172,5	207,0											
2,80	103,0	126,7	3	1,00	0,47	317	--	--	--	--	--	92	42	37	34	32	41	34	>2,00	>2,00	171,7	257,5	309,0											
3,00	104,0	149,4	3	1,01	0,49	319	--	--	--	--	--	91	42	36	34	31	40	34	>2,00	>2,00	173,3	260,0	312,0											
3,20	82,0	111,1	3	0,97	0,50	291	--	--	--	--	--	82	41	35	32	30	38	33	>2,00	>2,00	136,7	205,0	246,0											
3,40	24,0	30,2	3	0,86	0,52	183	--	--	--	--	--	39	36	29	26	24	33	28	1,66	>2,00	40,0	60,0	72,0											
3,60	13,0	47,4	4	0,88	0,54	145	0,60	7,2	133,7	200,5	46,5	17	33	26	22	21	29	26	--	--	21,7	32,5	39,0											
3,80	14,0	77,3	4	0,89	0,56	150	0,64	7,4	136,9	205,4	48,2	19	33	26	23	21	29	26	--	--	23,3	35,0	42,0											
4,00	26,0	99,0	3	0,87	0,57	189	--	--	--	--	--	39	36	29	26	24	33	28	1,55	>2,00	43,3	65,0	78,0											
4,20	77,0	175,4	3	0,96	0,59	284	--	--	--	--	--	76	40	34	31	29	38	33	>2,00	>2,00	128,3	192,5	231,0											
4,40	79,0	155,2	3	0,97	0,61	287	--	--	--	--	--	76	40	34	31	29	38	33	>2,00	>2,00	131,7	197,5	237,0											
4,60	78,0	96,3	3	0,96	0,63	286	--	--	--	--	--	75	40	34	31	29	38	33	>2,00	>2,00	130,0	195,0	234,0											
4,80	31,0	35,1	3	0,88	0,65	202	--	--	--	--	--	42	36	29	26	24	33	29	1,50	>2,00	51,7	77,5	93,0											
5,00	24,0	31,3	3	0,86	0,67	183	--	--	--	--	--	33	35	28	24	23	31	28	1,34	>2,00	40,0	60,0	72,0											
5,20	31,0	36,5	3	0,88	0,68	202	--	--	--	--	--	41	36	29	26	24	33	29	1,44	>2,00	51,7	77,5	93,0											
5,40	33,0	29,8	3	0,87	0,70	207	1,10	11,0	187,0	280,5	99,0	42	35	29	26	24	33	29	--	--	55,0	82,5	99,0											
5,60	44,0	43,1	3	0,91	0,72	230	--	--	--	--	--	52	37	30	27	25	34	31	1,59	>2,00	73,3	110,0	132,0											
5,80	68,0	170,0	3	0,95	0,74	271	--	--	--	--	--	66	39	32	29	27	37	32	>2,00	>2,00	113,3	170,0	204,0											
6,00	81,0	180,8	3	0,97	0,76	290	--	--	--	--	--	71	40	33	30	28	37	33	>2,00	>2,00	135,0	202,5	243,0											
6,20	76,0	119,5	3	0,96	0,78	283	--	--	--	--	--	69	39	33	30	28	37	33	>2,00	>2,00	126,7	190,0	228,0											
6,40	66,0	118,5	3	0,94	0,80	268	--	--	--	--	--	63	39	32	29	27	36	32	1,98	>2,00	110,0	165,0	198,0											
6,60	80,0	166,7	3	0,97	0,82	289	--	--	--	--	--	69	40	33	30	28	37	33	>2,00	>2,00	133,3	200,0	240,0											
6,80	86,0	121,3	3	0,98	0,84	297	--	--	--	--	--	71	40	33	30	28	37	33	>2,00	>2,00	143,3	215,0	258,0											
7,00	105,0	141,5	3	1,01	0,86	320	--	--	--	--	--	77	41	34	31	29	38	34	>2,00	>2,00	175,0	262,5	315,0											
7,20	85,0	68,4	3	0,98	0,88	295	--	--	--	--	--	70	40	32	30	28	37	33	>2,00	>2,00	141,7	212,5	255,0											
7,40	54,0	52,4	3	0,92	0,90	249	--	--	--	--	--	54	38	30	27	25	34	31	1,54	>2,00	90,0	135,0	162,0											
7,60	17,0	25,7	2	0,97	0,91	161	0,72	4,7	254,4	381,6	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--											
7,80	48,0	88,7	3	0,91	0,93	238	--	--	--	--	--	48	37	29	26	25	33	31	1,39	>2,00	80,0	120,0	144,0											
8,00	90,0	146,3	3	0,98	0,95	302	--	--	--	--	--	70	40	32	29	28	37	33	>2,00	>2,00	150,0	225,0	270,0											
8,20	34,0	32,2	3	0,89	0,97	209	--	--	--	--	--	36	36	27	24	23	31	29	1,21	1,83	56,7	85,0	102,0											
8,40	32,0	42,4	3	0,88	0,99	204	--	--	--	--	--	73	40	33	30	28	37	34	1,17	1,77	56,7	85,0	102,0											
8,60	26,0	27,6	4	0,95	1,01	189	0,93	5,7	270,8	406,2	78,0	26	34	26	23	21	29	28	--	--	43,3	65,0	78,0											
8,80	30,0	29,2	4	0,96	1,03	199	1,00	6,1	270,5	405,8	90,0	30	35	27	23	22	30	29	--	--	50,0	75,0	90,0											
9,00	27,0	29,5	4	0,95	1,05	192	0,95	5,6	282,6	423,9	81,0	26	34	26	23	21	29	28	--	--	45,0	67,5	81,0											
9,20	25,0	27,4	4	0,94	1,06	186	0,91	5,2	292,2	438,4	75,0	23	34	25	22	21	29	28	--	--	41,7	62,5	75,0											
9,40	31,0	69,8	3	0,88	1,08	202	--	--	--	--	--	30	35	26	23	22	30	29	1,11	1,68	51,7	77,5	93,0											
9,60	121,0	259,1	3	1,03	1,10	337	--	--	--	--	--	76	40	33	30	28	38	35	>2,00	>2,00	201,7	302,5	363,0											
9,80	117,0	127,9	3	1,03	1,12	333	--	--	--	--	--	75	40	33	30	28	37	35	>2,00	>2,00	195,0	292,5	351,0											
10,00	113,0	118,3	3	1,02	1,14	329	--	--	--	--	--	73	40	33	30	28	37	34	>2,00	>2,00	188,3	282,5	339,0											
10,20	167,0	172,9	3	1,10	1,17	381	--	--	--	--	--	86	42	34	32	30	39	37	>2,00	>2,00	278,3	417,5	501,0											
10,40	176,0	212,3	3	1,11	1,19	388	--	--	--	--	--	87	42	35	32	30	39	37	>2,00	>2,00	293,3	440,0	528,0											
10,60	170,0	163,9	3	1,11	1,21	383	--	--	--	--	--	86	42	34	32	29	38	37	>2,00	>2,00	283,3	425,0	510,0											
10,80	171,0	149,3	3	1,11	1,23	384	--	--	--	--	--	85	41	34	31	29	38	37	>2,00	>2,00	285,0	427,5	513,0											
11,00	166,0	228,7	3	1,10	1,25	380	--	--	--	--	--	84	41	34	31	29	38	37	>2,00	>2,00	276,7	415,0	498,0											
11,20	130,0	171,1	3	1,05	1,27	346	--	--	--	--	--	75	40	33	30	28	37	35	>2,00	>2,00	216,7	325,0	390,0											
11,40	161,0	222,4	3	1,09	1,30	376	--	--	--	--	--	82	41	34	31	29	38	36	>2,00	>2,00	268,3	402,5	483,0											
11,60	142,0	174,9	3	1,06	1,32	358	--	--	--	--	--	77	41	33	30	28	37	36	>2,00	>2,00	236,7	355,0	426,0											
11,80	208,0	232,9	3	1,15	1,34	414	--	--	--	--	--	90	42	35	32	30	39	38	>2,00	>2,00	346,7	520,0	630,0											
12,00	233,0	187,3	3	1,15	1,36	432	--	--	--	--	--	93	42	35	33	30	39	39	>2,00	>2,00	388,3	582,5	699,0											
12,20	225,0	217,8	3	1,15	1,39	426	--	--	--	--	--	92	42	35	32	30	39	39	>2,00	>2,00	375,0	562,5	675,0											
12,40	241,0	213,1	3	1,15	1,41	437	--	--	--	--	--	94																						

5 - TIPOOGIA FONDALE E DIMENSIONAMENTO IPOTIZZATO

L'intervento in progetto prevede la costruzione di un capannone prefabbricato in c.a.v. e c.a.p. dalle dimensioni in pianta di circa 692 mq (30,02 x 23,06 m) ed un'altezza fuori terra di circa 8,90 m.



In funzione del carattere puntuale delle prove eseguite, in rapporto all'ampiezza dell'intervento in progetto e della possibile variabilità laterale e verticale dei parametri geotecnici riscontrabili nel sottosuolo dell'area in esame, il valore del carico limite ultimo è da ritenersi indicativo. In relazione a ciò, tale valore dovrà essere verificato in funzione dei cedimenti del terreno di fondazione, che dovranno essere tollerati dalla struttura in elevazione (carico limite di esercizio). Nella presente relazione si è optato quindi per una definizione del comportamento di massima dei terreni investigati; in quest'ottica sono state fatte delle assunzioni indicative sia per quanto riguarda la profondità del piano di posa sia per quanto riguarda le dimensioni delle strutture fondali, in quanto al momento della stesura della presente relazione non è conosciuto l'esatto carico d'esercizio trasmesso dalle strutture in elevazione.

Dal progetto di massima ed in considerazione della litostratigrafia emersa dalle indagini effettuate, si è ipotizzato per la struttura in progetto un sistema fondale del tipo plinto isolato a sezione quadrata. I carichi verticali trasmessi al terreno dalla struttura in elevazione risultano necessari, esclusivamente ai fini di una più corretta valutazione della portanza e dei cedimenti.

Nel seguente caso il piano di posa della fondazione è stato considerato orizzontale ed il carico statico è centrato e verticale.

La soluzione progettuale suddetta prevede le seguenti caratteristiche tecniche:

STRUTTURA FONDALE TIPO PLINTO ISOLATO

A SEZIONE QUADRATA

- Plinto quadrato con B variabile a seconda dei carichi ipotizzati: (2,50 x 2,50 m) ; (3,00 x 3,00 m) ; (3,50 x 3,50 m).
- Profondità di posa $D \geq -1,80$ m. da piano prove o piano cantiere (si rende noto a tal proposito che il p.c. e/o piano prove si trova a circa -10 cm dall'attuale piano piazzale esterno in c.a. del capannone esistente).

Per la realizzazione delle strutture fondali sarebbe opportuno, in via cautelativa, adottare i seguenti accorgimenti tecnici:

- il piano di posa della fondazione deve essere situato sempre al di sotto della coltre di terreno vegetale e/o di riporto, nonché sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua;
- allontanare eventuali ristagni idrici dagli sbancamenti di fondazione al momento della posa in opera dei manufatti ed evitare permanenze d'acqua all'interno degli scavi per periodi di tempo lunghi;
- operare in modo che il tempo intercorso tra l'apertura degli sbancamenti di fondazione e la costruzione delle fondazioni sia breve per limitare al massimo il rilassamento del fondo dello scavo e le infiltrazioni d'acqua all'interno dello stesso;
- regolarizzare e proteggere i piani di posa delle opere fondali con getto di conglomerato magro;

6 - VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI (SLU-SLE) IN BASE AL D.M. DEL 14/01/2008 : TESTO UNICO - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) vanno effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure, illustrati nei paragrafi successivi. I calcoli, nel caso in esame, sono stati condotti applicando i criteri della progettazione geotecnica secondo quanto contenuto nel nuovo Testo Unico: D.M. del 14 Gennaio 2008 (Norme Tecniche per le costruzioni) e Circolare n.617 del 02.02.2009.

6.1 - Verifiche nei confronti degli stati limiti ultimi (SLU)

La verifica nei confronti degli Stati Limiti Ultimi (SLU) richiede che l'effetto delle azioni di progetto (o i loro effetti) non superi la resistenza di progetto.

Deve essere quindi rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

Dove:

E_d = valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni

R_d = valore di progetto della resistenza del terreno

Nella verifica della suddetta condizione, si richiama quanto specificato nel T.U. ovvero che il Progettista e/o il Committente possono utilizzare modelli di calcolo diversi da quelli indicati nel seguito, purché vengano rispettati i livelli di sicurezza e di prestazioni attese nel capitolo 6 del nuovo T.U. La resistenza R_d è determinata:

- in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_m specificato nella successiva tabella 6.2.II e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera (nel ns. caso trattandosi di fondazioni superficiali si prende come riferimento la Tab. 6.4.I del N.T.U.);
- sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_m	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	C'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	C_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1.0	1.0

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

Verifica	Coefficiente parziale (R1)	Coefficiente parziale (R2)	Coefficiente parziale (R3)
Capacità portante	$\gamma_R=1.0$	$\gamma_R=1.8$	$\gamma_R=2.3$
Scorrimento	$\gamma_R=1.0$	$\gamma_R=1.1$	$\gamma_R=1.1$

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

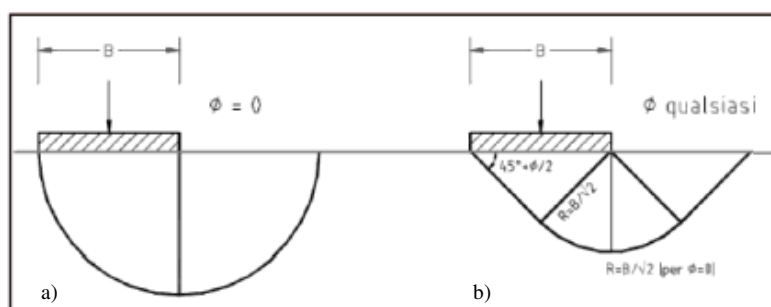
6.2 - Valore caratteristico della resistenza (R_k)

Con il D.M. dell'11/03/1988 eravamo abituati a suddividere il sottosuolo in vari elementi, separandoli in base alla variazione dei parametri geotecnici e assegnando a ogni elemento valori medi. Il T.U. ci impone di cambiare sistema, poiché non considera cautelativi i dati medi.

Oggi ci viene richiesto di ricavare il “valore caratteristico della resistenza”, che sia c_u (come nel nostro caso), ϕ o qualunque altro parametro.

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato. Nel nostro caso abbiamo a disposizione n°2 prove da cui ricavare il “valore caratteristico della resistenza” (R_k) dell'angolo di attrito interno ϕ .

In questo paragrafo si vuole suggerire un modo per trattare statisticamente i dati penetrometrici a disposizione. Per quali dati trattare è necessario esaminare preliminarmente i possibili meccanismi di rottura delle fondazioni superficiali.



Possibili meccanismi di collasso plastico per fondazioni superficiali

Le geometrie di collasso plastico possibili in condizioni drenate sono quelle rappresentate nella figura soprastante (caso b).

Nota la geometria e la profondità della fondazione, si può ricavare facilmente lo spessore del terreno potenzialmente interessato dalla rottura.

Il valore caratteristico della resistenza del terreno, in questo caso ϕ , viene ricavato analizzando statisticamente i dati penetrometrici che stanno tra la base della fondazione e la base del cerchio o del ventaglio di rottura. Così facendo, si ottiene il valore caratteristico dell'angolo di attrito interno:

$$\phi_k \approx 28^\circ$$

6.3 - Stato limite ultimo (SLU) ed approcci progettuali

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per azioni (A1 e A2), vedi tabella 6.2.I, per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3), specifiche per ogni tipo di opera.

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale γ_r (o γ_e)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali*	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

**Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad esempio i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.*

Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi. Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico. Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

6.4 - Combinazioni e verifiche agli stati limite ultimi (SLU)

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnica (GEO)
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
 - collasso per scorrimento sul piano di posa
 - stabilità globale
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1, Combinazione 2 ($A2+M2+R2$) tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I per le azioni, 6.2.II per i parametri geotecnici, nella tabella 6.4.I per le resistenze globali.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I, seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: ($A1+M1+R1$)
- Combinazione 2: ($A2+M2+R2$)

Approccio 2:

- Combinazione unica: ($A1+M1+R3$)

Nelle verifiche effettuate con l'Approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale, il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

6.5 - Calcolo del carico limite ultimo $q_{d(SLU)}$

Per la determinazione dei valori teorici del carico limite ultimo $q_{d(SLU)}$ è stata utilizzata la relazione proposta da Terzaghi per terreni granulari in condizioni drenate:

$$q_{d(SLU)} = q_0 \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

Dove:

$q_{d(SLU)}$ = carico limite ultimo;

q_0 = peso dell'unità di volume del terreno ($18,5 \text{ kN/m}^3$) per la profondità di scavo (1,80 m)

N_q = coefficiente capacità portante in funzione dell'angolo d'attrito interno $\phi = 28^\circ$

γ = peso dell'unità di volume del terreno ($18,5 \text{ kN/m}^3$)

B = larghezza fondazione ($B_{IPOTIZZATO} = 3,00 \text{ m}$)

N_γ = coefficiente capacità portante in funzione dell'angolo d'attrito interno $\phi = 28^\circ$

Piano d'imposta fondazione ipotizzato $\geq -1,80 \text{ m}$ da piano prove o piano cantiere.

Per cui, assumendo quali parametri geotecnici quelli ricavati dalle terebrazioni precedenti, si sono potuti ricavare (a seconda degli Approcci e delle combinazioni possibili) i seguenti valori teorici del carico limite ultimo $q_{d(SLU)}$:

Approccio Progettuale		y_M	y_R	$\phi (^\circ)$	N_q	N_γ	$q_{d(SLU)}$ (Kg/cm ²)
A1C1	A1M1R1	1,00	1,00	28	17	14	9,54*
A1C2	A2M2R2	1,25	1,80	23	10	7	2,92*
A2	A1M1R3	1,00	2,30	28	17	14	4,15*

*valore già diviso per y_R

I suddetti calcoli sono stati eseguiti considerando una fondazione superficiale tipo plinto isolato (sezione quadrata), con base (B) variabile a seconda dei carichi applicati, posta ad una profondità (D) $\geq 1,80 \text{ m}$ dall'attuale piano cantiere e/o piano prove.

6.6 - Stima dei cedimenti, ovvero lo stato limite di esercizio (SLE)

Le opere interagenti con i terreni devono essere verificate nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE). Il progetto deve quindi indicare l'entità degli spostamenti e delle distorsioni, compatibili con la funzionalità delle strutture in elevato, e deve essere sviluppato in modo che gli spostamenti attesi e le distorsioni risultino inferiori a quelle compatibili. Prendendo spunto da studi di vari autori si riportano di seguito alcune tabelle di riferimento (MacDonald e Skempton 1955 - Sowers 1962 - Wilun e Starzewski 1975) in cui vengono indicati i cedimenti assoluti e differenziali ammissibili per vari tipi di struttura.

Tabella cedimenti differenziali tollerabili da edifici (in mm.) - MacDonald e Skempton 1955			
Criterio	Fondazioni isolate		Fondazioni a platea
Distorsione angolare (fessure)		0,1	
Massimo cedimento differenziale			
Argille		45 (35)	
Sabbie		30 (25)	
Massimo cedimento			

Argille	75 (60)		75-125 (35-100)
Sabbie	50 (35)		50-75 (35-60)

fra parentesi i valori massimi raccomandabili

Tabella cedimenti ammissibili delle strutture - Sowers 1962		
Tipi di movimento	Fattore di limitazione	Valore ammissibile
	Collegamento a reti di servizi	15 ÷ 30 cm
	Accesso	30 ÷ 60 cm
Cedimento	Probabilità di cedimento differenziale	
	- murature portanti	2,5 ÷ 5 cm
	- strutture intelaiate	5 ÷ 10 cm
	- ciminiera, silos	7,5 ÷ 30 cm
	Stabilità al ribaltamento	Dipende dall'altezza e dal peso
		0,04 H
	Rotazione di ciminiera, torri	0,003 L
Rotazione rigida (tilt)	Operatività di macchine	0,0002 L
	- macchine utensili	
	- turbogeneratori	
	Binari di carro ponte	0,003 L
	Drenaggio di superfici pavimentate	0,01 ÷ 0,02 L
	Murature portanti multipiano	0,0005 ÷ 0,001 L
	Murature portanti ad un piano	0,001 ÷ 0,02 L
	Lesione di intonaci	0,001 L
Cedimenti differenziali	Telai in c.a.	0,0025 ÷ 0,004 L
	Pareti di strutture a telaio in c.a.	0,003 L
	Telaio in acciaio	0,002 L
	Strutture semplici in acciaio	0,005 L

L = distanza tra due pilastri adiacenti

Tabella cedimenti ammissibili totali e differenziali - Wilun e Starzewski 1975			
Classe edificio e struttura	Tipo di edificio e struttura	Cedimento massimo ammissibile (mm.)	Deformazione angolare massima ammissibile calcolata per tre punti allineati e connessi della fondazione di una struttura ($\alpha_{amm.}$)
1	Strutture massicce di notevole rigidità rispetto agli assi orizzontali, con fondazioni massicce in cls non armato o fondazioni cellulari o graticci rigidi in cls armato	150 ÷ 200	Le differenze massime tra i cedimenti dei vari punti della struttura non dovrebbero causare inclinazioni della fondazione maggiori di 1/100 ÷ 1/200 del rapporto tra la dimensione minore in pianta della fondazione e l'altezza della struttura
2	Strutture isostatiche con giunti e cerniere e strutture in legno	100 ÷ 150	1/100 ÷ 1/200
3	Strutture iperstatiche in acciaio e strutture portanti in laterizio con cordoli in c.a. ad ogni piano, con fondazioni continue in c.a. e con pareti trasversali di almeno 25 cm.	80 ÷ 100	1/200 ÷ 1/300

	di spessore con interassi minori di 6 m. e strutture a telaio in cls armato con le colonne ad interassi minori di 6 m., con fondazioni continue o a platea		
4	Strutture della classe 3 ma che non soddisfano una delle condizioni imposte e strutture in c.a. con fondazioni a plinti	60 ÷ 80	1/300 ÷ 1/500
5	Strutture prefabbricate costituite da grandi pareti o elementi a blocchi	50 ÷ 60	1/500 ÷ 1/700

I valori minimi si riferiscono ad edifici pubblici, abitazioni o edifici con parti strutturali o finiture sensibili a cedimenti differenziali; i valori maggiori si riferiscono ad edifici alti di considerevole rigidità rispetto gli assi orizzontali o a strutture che possono accettare eventuali movimenti. I casi speciali (gru a portale, autoclavi ad alte pressioni, serbatoi, silo soggetti a carichi differenziali) il massimo cedimento ammissibile o i cedimenti differenziali od entrambe dovrebbero essere assunti in base a specifiche fornite dagli ingegneri utenti dell'impianto o dai produttori.

Considerando questi valori come riferimento per la “stabilità” delle strutture, occorrerà calcolare il carico limite di esercizio del terreno, alla profondità del piano di posa ipotizzato, per la quale i cedimenti rientrino nell'ordine dei valori riportati in tabella. Tale carico sarà la massima pressione (consigliata) che la fondazione potrà scaricare al suolo, alla profondità del piano di posa considerato. Si deduce quindi che i valori del carico limite ultimo, determinati nel paragrafo precedente sono da considerarsi come valori indicativi delle caratteristiche dei terreni investigati. In relazione a ciò, il valore del carico limite di esercizio $q_{d(SLE)}$, dovrà essere verificato in funzione dei cedimenti del terreno di fondazione che dovranno essere tollerati dalla struttura in elevazione. Poiché per gli SLE il T.U. non obbliga a ricavare un valore caratteristico unico del parametro di riferimento, per il calcolo dei cedimenti può essere adottato il classico metodo di Boussinesq per strati, sino alla profondità dove l'incremento di pressione verticale diventa trascurabile. Il calcolo di previsione dei cedimenti può essere quindi eseguito puntualmente su ogni singola prova, considerando le proprietà geomeccaniche riscontrate. Il calcolo di tali cedimenti (esteso all'intera profondità H_c del banco comprimibile) viene condotto per strati successivi (spessore $h = 20$ cm.), valutando per ciascuno strato la tensione verticale σ_v (al centro della superficie di carico), nonché il relativo valore del modulo edometrico M_o , in base all'espressione:

$$\text{cedimento } S = n \sum (h \sigma_v / M_o)$$

dove n = eventuale coefficiente di riduzione ($n \leq 1$) che tiene conto della rigidità strutturale. I calcoli sono stati condotti ipotizzando le impronte fondali suddette, ed un incremento netto sul piano di posa pari alla pressione massima ipotizzata (1,50 Kg/cm²); il piano di posa è stato ipotizzato ad una profondità $\geq -1,80$ m dall'attuale piano cantiere e/o piano prove. Come accennato in precedenza nella valutazione dei calcoli si è fatto ricorso alla teoria dell'elasticità (Boussinesq), ciò è lecito quando, come nel nostro caso, le pressioni applicate al terreno sono inferiori alla pressione critica ed escludono quindi la presenza di fenomeni di plasticizzazione locale.

Di seguito vengono riportate le risultanze dei calcoli geotecnici ottenuti dalle singole prove penetrometriche effettuate (SCPTU1-CPTU2), evidenziando i valori teorici del carico limite di esercizio $q_{d(SLE)}$ ed il relativo cedimento.

Studio di Geologia e Geotecnica di Dott. Geol. Alessandro Boni

Via Giulio Romano n.54 - Ostiglia (MN)
 Tel e Fax 0386.31727 - Cell 335.8470747

LEGENDA CAPACITA' PORTANTE / CEDIMENTI FONDAZIONI

CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONI SUPERFICIALI (Validità orientativa)

Prefissato lo spessore H_c del banco comprimibile (entro il quale condurre le valutazioni della capacità portante dei cedimenti), viene condotta la verifica allo schiacciamento dei diversi strati del sottosuolo (spessore 20 cm) nei confronti delle tensioni verticali indotte dal carico agente in superficie e valutate secondo la teoria dell'elasticità (Boussinesq).

La pressione ammissibile del terreno di fondazione q_{amm} è quel valore che determina nel sottosuolo tensioni verticali massime (al centro della superficie di carico) compatibili con la resistenza allo schiacciamento R_{amm} dei vari strati del banco comprimibile.

La resistenza allo schiacciamento R_{amm} (ammissibile) del generico livello (spessore 20cm) viene valutata con le usuali correlazioni del tipo :

(L'Herminier 1953 - Meyerhof 1956/65 - Sanglerat 1972)

$$R_{amm} = q_c / K \quad (K \text{ funzione di } q_c)$$

Il programma consente inoltre :

- di variare i valori di K proposti dagli Autori sopra citati,
- di valutare il minimo assoluto di R_{amm} (e quindi di q_{amm}),
- stimare la profondità adeguata alla quale spingere le prove penetrometriche.

CEDIMENTI FONDAZIONI SUPERFICIALI (valutazioni orientative)

IPOTESI :

- consolidazione monodimensionale (schema edometrico)
- tensioni verticali nel sottosuolo secondo la teoria dell'elasticità (Boussinesq)
- valutazione dei cedimenti nell'ambito della profondità H_c del banco comprimibile
- modulo edometrico $M_o = \alpha q_c$ valutato in base alla natura litologica (presunta) .

Il calcolo dei cedimenti (esteso all'intera profondità H_c del banco comprimibile) viene condotto per strati successivi (spessore $h = 20$ cm) , valutando per ciascuno strato la tensione verticale σ_v (al centro della superficie di carico), nonché il relativo valore del modulo edometrico M_o , in base all'espressione :

$$\text{cedimento } S = n \sum (h \sigma_v / M_o)$$

ove : n = eventuale Coefficiente di riduzione ($n \leq 1$) che tiene conto della rigidità strutturale .

E-mail: bonialessandro@tiscali.it

Prova SCPTU1

Studio di Geologia e Geotecnica di Dott. Geol. Alessandro Boni Via Giulio Romano n.54 - Ostiglia (MN) Tel e Fax 0386.31727 - Cell 335.8470747				CPT 1	
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA VERIFICA CAPACITA' PORTANTE E CEDIMENTI				riferimento 23-05-2016	
Committente: BOTTOLI SPA PANIFICAZIONE INDUSTRIALE Cantiere: Costruzione nuovo capannone prefabbricato in c.a. Località: Via Siena 18, Mantova (Z.I. Loc. Villaggio Eremo)				U.M.: kg/cm² Pagina: 1 Elaborato:	Data esec.: 23/05/2016 Falda: -2,60 m da quota inizio
[1] Fondazione tipo: PLINTO - Larghezza: (B) 2,50 m - Banco compress.: (Hc) 6,80 m - Carico Lit.: (σvo) 0,33 kg/cm² - q.amm.: Δ 1,50 kg/cm² - Lunghezza: (L) 2,50 m - Rigidezza fondazione: (n) 75,00% - Tot. q.amm.: 1,83 kg/cm² - Cedimento: (s) 1,41 cm - Piano Posa: (D) -1,80 m - Coeff. sicurezza: (Gs) 3,00 - Portata: (Q) 93,80 t					
[2] Fondazione tipo: PLINTO - Larghezza: (B) 3,00 m - Banco compress.: (Hc) 7,80 m - Carico Lit.: (σvo) 0,33 kg/cm² - q.amm.: Δ 1,50 kg/cm² - Lunghezza: (L) 3,00 m - Rigidezza fondazione: (n) 75,00% - Tot. q.amm.: 1,83 kg/cm² - Cedimento: (s) 1,70 cm - Piano Posa: (D) -1,80 m - Coeff. sicurezza: (Gs) 3,00 - Portata: (Q) 135,00 t					
[3] Fondazione tipo: PLINTO - Larghezza: (B) 3,50 m - Banco compress.: (Hc) 8,80 m - Carico Lit.: (σvo) 0,33 kg/cm² - q.amm.: Δ 1,50 kg/cm² - Lunghezza: (L) 3,50 m - Rigidezza fondazione: (n) 75,00% - Tot. q.amm.: 1,83 kg/cm² - Cedimento: (s) 2,08 cm - Piano Posa: (D) -1,80 m - Coeff. sicurezza: (Gs) 3,00 - Portata: (Q) 183,80 t					
CORRELAZIONI ADOTTATE: Modulo edometrico Natuta TORBOSA α = 1,50 Natuta COESIVA α = 5,00 4,00 3,30 3,00 Natuta GRANULARE α = 3,00 R.amm = qc/K = resistenza ammiss. schiacciamento [K=12(<qc=10) - K=18(>qc=30)]					
N.B.: Tot. q.amm.= Carico Lit. + Δq.amm Portata (Q) = B x L x Δ q.amm Portata trave (Q) per metro lineare					
FON016 Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820					
E-mail: bonialessandro@tiscali.it					

Prova CPTU2

Studio di Geologia e Geotecnica di Dott. Geol. Alessandro Boni Via Giulio Romano n.54 - Ostiglia (MN) Tel e Fax 0386.31727 - Cell 335.8470747					
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA VERIFICA CAPACITA' PORTANTE E CEDIMENTI				CPT riferimento	2 23-05-2016
Committente: BOTTOLI SPA PANIFICAZIONE INDUSTRIALE Cantiere: Costruzione nuovo capannone prefabbricato in c.a. Località: Via Siena 18, Mantova (Z.I. Loc. Villaggio Eremo)				U.M.: kg/cm² Pagina: 1 Elaborato:	Data esec.: 23/05/2016 Falda: -2,40 m da quota inizio
[1] Fondazione tipo: PLINTO - Larghezza: (B) 2,50 m - Banco compress.: (Hc) 6,80 m - Carico Lit.: (σvo) 0,33 kg/cm² - q.amm.: Δ 1,50 kg/cm² - Lunghezza: (L) 2,50 m - Rigidezza fondazione: (n) 75,00% - Tot. q.amm.: 1,83 kg/cm² - Cedimento: (s) 2,11 cm - Piano Posa: (D) -1,80 m - Coeff. sicurezza: (Gs) 3,00 - Portata: (Q) 93,80 t					
[2] Fondazione tipo: PLINTO - Larghezza: (B) 3,00 m - Banco compress.: (Hc) 7,80 m - Carico Lit.: (σvo) 0,33 kg/cm² - q.amm.: Δ 1,50 kg/cm² - Lunghezza: (L) 3,00 m - Rigidezza fondazione: (n) 75,00% - Tot. q.amm.: 1,83 kg/cm² - Cedimento: (s) 2,54 cm - Piano Posa: (D) -1,80 m - Coeff. sicurezza: (Gs) 3,00 - Portata: (Q) 135,00 t					
[3] Fondazione tipo: PLINTO - Larghezza: (B) 3,50 m - Banco compress.: (Hc) 8,80 m - Carico Lit.: (σvo) 0,33 kg/cm² - q.amm.: Δ 1,50 kg/cm² - Lunghezza: (L) 3,50 m - Rigidezza fondazione: (n) 75,00% - Tot. q.amm.: 1,83 kg/cm² - Cedimento: (s) 3,02 cm - Piano Posa: (D) -1,80 m - Coeff. sicurezza: (Gs) 3,00 - Portata: (Q) 183,80 t					
CORRELAZIONI ADOTTATE: Modulo edometrico Natuta TORBOSA α = 1,50 Natuta COESIVA α = 5,00 4,00 3,30 3,00 Natuta GRANULARE α = 3,00 R.amm = qc/K = resistenza ammiss. schiacciamento [K=12(<qc=10) - K=18(>qc=30)]					
				N.B.: Tot. q.amm.= Carico Lit. + Δq.amm Portata (Q) = B x L x Δ q.amm Portata trave (Q) per metro lineare	
				FON016 Software by dott. Geol. Diego Merlin 0425-840820	
E-mail: bonialessandro@tiscali.it					

Nella scelta del $q_{d(SLE)}$ andranno quindi presi in considerazione i cedimenti totali e differenziali che potrebbero pregiudicare la statica dei fabbricati in elevazione. Cedimenti assoluti di queste entità, in terreni soggetti a carichi equivalenti a quelli ipotizzati e per aree di impronta delle fondazioni analoghe a quelle considerate, sono usuali per litotipi con proprietà geomeccaniche simili a quelle riscontrate nel sottosuolo dell'area studiata. Qualora tali cedimenti risultassero troppo elevati per il tipo di struttura in elevato si dovrà necessariamente ridurre il valore del carico limite suddetto. Sarà compito pertanto del Tecnico Progettista, una volta eseguita l'accurata determinazione dei carichi effettivamente imposti ai terreni di fondazione, definire con esattezza, il tipo ed il dimensionamento definitivo delle opere fondali, nonché il relativo carico massimo che le strutture in elevazione potranno scaricare sul terreno.

Per l'elaborazione dei dati geotecnici è stato impiegato un software di calcolo che permette di determinare la distribuzione tensionale secondo la teoria proposta da Boussinesq e conseguentemente elabora il calcolo dei cedimenti con il metodo " α , Q_c " ed il metodo Edometrico. In assenza di prove geotecniche di laboratorio le suddette indicazioni hanno validità orientativa.

6.7 - Stima dei cedimenti permanenti post-sismici

La stima dei cedimenti permanenti nei terreni dell'area in esame è stata effettuata, a titolo puramente orientativo, con riferimento all'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c.1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di micro zonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" del 2 maggio 2007 (progr.112) dell'Assemblea legislativa della Regione Emilia-Romagna. A tale scopo è stata utilizzata la seguente formula:

$$\Delta H = \varepsilon_v H$$

dove: H = altezza dello strato liquefacibile

ε_v (%) = deformazione volumetrica, calcolabile nel seguente modo:

$$\varepsilon_v = \frac{\alpha C_r}{1 + e_0} \log \left(\frac{1}{1 - \frac{\Delta u}{\sigma'_0}} \right)$$

dove:

α = costante sperimentale in prima approssimazione uguale a 1

C_r = indice di riconsolidazione postciclica = 0,225 C_c

C_c = indice di compressione ottenuto in prove edometriche

e_0 = indice dei vuoti iniziale

$\Delta u / \sigma'_0$ = rapporto di pressione interstiziale (r_u), è stato valutato con la Tabella 2 dell'allegato A3 della norma, in funzione della deformazione massima γ_{max} indotta dal terremoto, dove:

$$\gamma_{max} = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \sigma_v r_d \frac{1}{MSF}$$

con:

$a_{\max}$ = accelerazione sismica massima;

g = accelerazione di gravità = 9.81 m/s^2 ;

σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;

σ'_{v0} = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;

r_d = coefficiente funzione della prof. dal p.c., valutabile secondo il seguente schema:

$r_d = 1 - 0.00765z$ per $z \leq 9.15 \text{ m}$

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

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

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

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma

La stima orientativa dei cedimenti sismici permanenti è stata eseguita per ogni singola verticale di prova realizzata nell'area oggetto di studio, tenendo conto dell'amplificazione locale della risposta sismica in accordo con quanto prescritto al punto (E) dell'allegato A3 della D.A.L. n°112/2007. Nei calcoli sono stati assunti valori prudenziali ricavati dalla letteratura geotecnica.

Per il calcolo dei cedimenti non è stato considerato il primo metro di terreno, in quanto interessato dallo scavo di fondazione. Inoltre, il calcolo ha interessato una profondità di indagine variabile da -5,20 (SCPTU1) a -5,00 (CPTU2) da p.c.

Dai calcoli effettuati in corrispondenza delle due verticali di prova si stima un cedimento totale post-sismico di circa 0,5 cm.

6.8 - Modulo di reazione o coefficiente di sottofondo

Nell'analisi strutturale dei componenti di una fondazione si fa largo uso del modulo di reazione (o coefficiente di sottofondo), che lega concettualmente la pressione sul terreno ai cedimenti. Tale coefficiente si calcola attraverso i dati ottenuti da una prova di carico su piastra come: $k_s = q/\delta$.

Poiché nel corso di tale studio non è stato eseguito nessun tipo di prova di carico su piastra per la determinazione del parametro k_s torna comodo disporre di altre formule approssimate che si rilevano soddisfacenti purché i cedimenti calcolati siano valori ragionevolmente accettabili.

Si è già avuto occasione di osservare in passato (da diversi autori) che la pressione sul terreno e i momenti flettenti calcolati sono poco sensibili al valore di k_s usato. Ciò deriva dal fatto che la rigidezza degli elementi strutturali è in genere pari come minimo a 10 volte la rigidezza del terreno misurata da k_s .

Tenuto conto di questo, alcuni autori propongono di calcolare approssimativamente k_s sulla base della capacità portante calcolata, con la formula seguente (Bowles 1974):

$$k_s = 40 \cdot (FS) \cdot q_{\text{amm.}}$$

dove:

k_s = coefficiente di sottofondazione espresso in kN/m^3 (valori indicativi in letteratura ipotizzano, per tipi di terreno come quelli riscontrati nell'area di studio, valori di k_s compresi tra $1,20 \div 2,40 \text{ kg/cm}^3$)

$q_{\text{amm.}}$ = carico ammissibile stimato, espresso in kPa, considerando $q_{\text{amm.}} = Q_{\text{lim.}}/FS$, dove la resistenza ultima del terreno corrisponde a un cedimento $\Delta H = 2,54 \text{ cm}$. (1 pollice) e che k_s è $q_{\text{ult.}}/\Delta H$

40 = coefficiente (uguale a 40 per $\Delta H = 2,54 \text{ cm}$). Per $\Delta H = 0,64 \div 1,27 \div 1,91 \text{ ecc... cm}$. ($1/4 \div 1/2 \div 3/4$ pollici), il coefficiente 40 va trasformato in $160 \div 80 \div 53,30 \text{ ecc...}$ Il valore 40 è ragionevolmente a favore di sicurezza, ma è sempre possibile utilizzare cedimenti ammissibili minori.

(FS) = fattore di sicurezza: 3

Ipotizzando un carico ammissibile: $q_{\text{amm.}} = 1,50 \text{ Kg/cm}^2 \approx 147 \text{ kPa}$ si ottiene un coefficiente di sottofondo:

$$k_s = 17.640 \text{ kN/m}^3 \approx 1,80 \text{ Kg/cm}^3$$

In assenza di prove specifiche le suddette indicazioni hanno validità orientativa. Si riportano di seguito alcuni valori indicativi del coefficiente di sottofondo ricavato dalla bibliografia.

Tabella 2. Valori indicativi del modulo di reazione K_s

Terreno		kN/m^3
Sabbia sciolta		4800 – 16000
Sabbia mediamente compatta		9600 – 80000
Sabbia compatta		64000 – 128000
Sabbia argillosa mediamente compatta		32000 – 80000
Sabbia limosa mediamente compatta		24000 – 48000
Terreno Argilloso:	$q_u \leq 200 \text{ kPa}$	12000 – 24000
	$200 < q_u \leq 400 \text{ kPa}$	24000 – 48000
	$q_u > 400 \text{ kPa}$	> 48000

I valori riportati si devono intendere come indicativi e servono per confronto con valori ricavati in base a formule approssimate

7 - CONCLUSIONI

L'analisi delle caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei terreni di fondazione siti all'interno dei confini Comunali di Mantova, lungo Via Siena, in cui è previsto la costruzione di capannone prefabbricato in c.a., hanno evidenziato le seguenti caratteristiche:

- Sotto il profilo litostratigrafico, l'area investigata è caratterizzata da depositi appartenenti alle classi granulometriche che vanno dalle sabbie ai limi; in particolare si tratta di terreni variamente combinati tra loro, costituiti per i primi 10 m da un'alternanza di sabbie limose e limi sabbiosi; localmente si riscontra qualche livello caratterizzato da limi argillosi con subordinata presenza di sabbia. Dalla profondità di circa 9,60/10,40 m e sino alla massima profondità raggiunta dai test penetrometrici (30 m) si riscontra un banco caratterizzato da sabbie mediamente addensate. Per una stratigrafia di dettaglio si vedano i diagrammi riportati in allegato da pag.22 a pag.31).

- La misurazione del livello piezometrico all'interno dei fori d'indagine (al momento della campagna geognostica 23.05.2016), ha evidenziato la presenza di acqua ad una profondità compresa tra -2,40 e -2,60 m dall'attuale piano cantiere e/o piano prove. È opportuno segnalare come tali valori risultino fortemente influenzati, sia dalle variazioni meteoriche che dal litotipo riscontrato, nonché da fenomeni di evapotraspirazione e di differente quota topografica; tali fattori possono determinare in determinati periodi dell'anno, possibili venute d'acqua in fase di scavo per la realizzazione delle strutture fondali, in particolar modo nel caso di piani interrati e/o fondazioni con un piano di posa profondo. Nelle stagioni secche e nelle annate meno piovose possono infatti registrarsi abbassamenti dell'ordine di qualche metro; al contrario nelle annate e nei mesi più piovosi possono registrarsi valori prossimi al piano campagna, la cui presenza dovrà essere comunque opportunamente valutata in fase esecutiva.
- Dal punto di vista sismico, in base ai dati emersi nel corso della campagna geognostica, si può considerare il profilo stratigrafico del sottosuolo di fondazione dell'area investigata appartenente alla classe C ($V_{S30}=270$ m/s), ossia: "depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argilla di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$; $70 < C_u < 250$ kPa)". La verifica della suscettibilità alla liquefazione dei terreni, eseguita sulle prove penetrometriche effettuate, secondo i metodi di "Robertson & Wride (1998)" ed "Idriss & Boulanger, ha fornito valori con un indice ed un rischio di liquefazione molto basso e/o nullo ($0,000 \leq IP_L \leq 0,014$).
- Per la caratterizzazione e determinazione delle caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione dell'area in studio sono state eseguite n°2 prove penetrometriche statiche (SCPTU1 e CPTU2) ubicate come riportato a pagina 10. Per le verifiche statiche del complesso terreno-fondazione sono state ipotizzate strutture fondali tipo plinto isolato a sezione quadrata, poste ad una profondità (D) $\geq -1,80$ m dall'attuale piano cantiere e/o piano prove. I calcoli, nel caso in esame, sono stati condotti secondo quanto contenuto nel nuovo Testo Unico: D.M. del 14 Gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" e nella Circolare n°617 del 02.02.09. Per cui, in relazione alle caratteristiche delle strutture in elevazione, ed assumendo quali parametri geotecnici quelli ricavati dai tabulati delle prove penetrometriche effettuate, si sono potuti ricavare (a seconda degli Approcci e delle combinazioni possibili) i seguenti valori teorici del carico limite ultimo $q_{d(SLU)}$:

Approccio Progettuale		Y_M	Y_R	$\varnothing (^{\circ})$	N_q	N_y	$q_{d(SLU)}$ (Kg/cm ²)
A1C1	A1M1R1	1,00	1,00	28	17	14	9,54*
A1C2	A2M2R2	1,25	1,80	23	10	7	2,92*
A2	A1M1R3	1,00	2,30	28	17	14	4,15*

*valore già diviso per Y_R

I suddetti calcoli sono stati eseguiti considerando una fondazione superficiale tipo plinto isolato (sezione quadrata), con base (B) variabile a seconda dei carichi applicati, posta ad una profondità (D) $\geq 1,80$ m dall'attuale piano cantiere e/o piano prove. In relazione a ciò, il valore del carico limite ultimo $q_{d(SLU)}$ dovrà essere verificato in funzione dei cedimenti dei terreni di sottofondazione che dovranno essere tollerati dalla struttura in elevazione (carico limite di esercizio). Le opere interagenti con i terreni dovranno quindi essere verificate nei confronti degli stati limite di esercizio $q_{d(SLE)}$. Ogni singolo progetto dovrà quindi indicare l'entità degli spostamenti e delle distorsioni, compatibili con la funzionalità delle strutture in elevato, e deve essere sviluppato in modo che gli spostamenti attesi e le distorsioni risultino inferiori a quelle compatibili. Di seguito vengono riportate le risultanze dei calcoli geotecnici ottenuti dalle singole prove penetrometriche effettuate, evidenziando i valori teorici del carico limite di esercizio $q_{d(SLE)}$ ed i relativi cedimenti.

STRUTTURA FONDALE TIPO PLINTO ISOLATO
 A SEZIONE QUADRATA

Prova	Dimensioni Plinto (B)x(L) m.	Profondità di posa (D) m.	$q_{d(SLE)}$ kg/cm ²	Cedimento cm.
SCPTU1	2,50 x 2,50	$\geq 1,80^*$	1,50	1,41
	3,00 x 3,00	$\geq 1,80^*$	1,50	1,70
	3,50 x 3,50	$\geq 1,80^*$	1,50	2,08
CPTU2	2,50 x 2,50	$\geq 1,80^*$	1,50	2,11
	3,00 x 3,00	$\geq 1,80^*$	1,50	2,54
	3,50 x 3,50	$\geq 1,80^*$	1,50	3,02

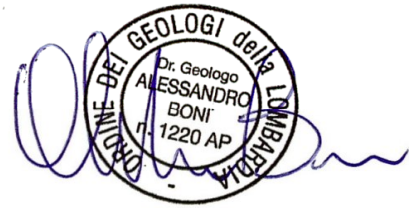
*da piano cantiere e/o piano prove. Tale piano si trova a circa -10 cm dall'attuale piano piazzale esterno in c.a. del capannone esistente

Nella scelta del $q_{d(SLE)}$ andranno quindi presi in considerazione i cedimenti totali e differenziali che potrebbero pregiudicare la statica dei fabbricati in elevazione. Cedimenti assoluti di queste entità, in terreni soggetti a carichi equivalenti a quelli ipotizzati e per aree di impronta delle fondazioni analoghe a quelle considerate, sono usuali per litotipi con proprietà geomeccaniche simili a quelle riscontrate nel sottosuolo dell'area studiata. Qualora tali cedimenti risultassero troppo elevati per il tipo di strutture in elevazione si dovrà necessariamente ridurre il valore del carico limite suddetto. Sarà compito pertanto del Tecnico Progettista, una volta eseguita l'accurata determinazione dei carichi effettivamente imposti ai terreni di fondazione, definire con esattezza, il tipo ed il dimensionamento definitivo delle opere fondali, nonché il relativo carico massimo che le strutture in elevazione potranno scaricare sul terreno.

- Dato il carattere puntuale delle indagini eseguite, qualora, durante gli scavi fondali emergessero situazioni non previste in questo lavoro, quali ad esempio la presenza di

terreni molli (materiale organico, torbe, ecc...), terreno di riporto non compattato o qualsiasi altra situazione che potrebbe influenzare la portanza dei terreni di fondazione, si prega di avvisare lo scrivente, il quale, previo sopralluogo, definirà eventuali modifiche ed interventi da eseguire. Si ricorda infine, qualora i dati costruttivi qui ipotizzati, dovessero variare significativamente, sarà opportuno effettuare ulteriori verifiche sulla stabilità dei terreni in funzione delle nuove condizioni assunte.

Il Geologo



Ostiglia, Maggio 2016

Dr. Alessandro Boni