Committente:

Sig.ra Cometti Marisa

Via Roma 108/B
30038 Spinea (VE)

COMUNE DI SPINEA

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE PRESSO IL SITO DENOMINATO "AREA COMETTI" IN VIA MONS. L. GIUSSANI – SPINEA (VE).

RELAZIONE GEOTECNICA AI SENSI DEL D.M. 17 GENNAIO 2018

Data: 28 marzo 2019

Estensori: A. Frison, J. Perin

GEODIS s.r.l. - N. REA: VE – 345850 – Codice Fiscale e Partita IVA: 03871990275
Mirano (VE) – via G. Matteotti, 20 – 30035 Tel/Fax 041-481046
www.geodisimpresa.com – email: info@geodisimpresa.com

INDICE

INTRODUZIONE 2
PREMESSE 2
OBIETTIVI DELLO STUDIO 2
NORMATIVA DI RIFERIMENTO 2
LIMITAZIONI DI RESPONSABILITÀ 2
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA 3
METODOLOGIE IMPIEGATE 4
INDAGINI GEOGNOSTICHE 4
Prove penetrometriche statiche di tipo meccanico (CPT) *4*
INDAGINI GEOFISICHE 5
ANALISI DEI DATI 8
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 8
Modello geotecnico preliminare dei terreni di fondazione *8*
Ricostruzione litologica del sito *9*
Stima parametri geotecnici *11*
VERIFICA DELLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI 13
Modello sismico preliminare dei terreni di fondazione *17*
Definizione della categoria del suolo di fondazione e delle condizioni topografiche 20
Condizioni topografiche 21
Accelerazione massima attesa in superficie: componente orizzontale *21*
Definizione della vita nominale v_n dell'opera da realizzare: 22
Classe d'uso 22
Accelerazione massima attesa in superficie: componente verticale *22*
Spostamento e velocità orizzontali del terreno *22*
VERIFICHE GEOTECNICHE 22
NOTE CONCLUSIVE 23
BIBLIOGRAFIA 28

APPENDICE 1

DIAGRAMMI PENETROMETRICI, LETTURE, VERIFICHE LITOLOGICHE, PARAMETRI GEOTECNICI

APPENDICE 2

ATLANTE FOTOGRAFICO

INTRODUZIONE

PREMESSE

Su incarico della Sig.ra Cometti Marisa, GEODIS Srl ha eseguito un'indagine geotecnica in sito relativa al terreno di fondazione per la realizzazione di complessi residenziali e delle opere di urbanizzazione di una lottizzazione presso il sito in via Mons. L. Giussani, nel comune di Spinea (VE).

L'ubicazione delle indagini geologiche (riportata in Figura 2) è stata individuata in accordo con la Committenza ed il Progettista.

Le attività di cantiere si sono svolte il giorno 15 marzo 2019 ed hanno previsto:

- l'esecuzione di 3 prove penetrometriche statiche (CPT) spinte fino a 30m di profondità;
- l'esecuzione di una prova geofisica HVSR.

OBIETTIVI DELLO STUDIO

L'obiettivo del presente studio è la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018, in ordine al progetto ingegneristico definito nelle premesse. Inoltre, si evidenzia che al momento dell'affidamento dell'incarico non sono state fornite dalla Committenza/Progettista indicazioni su carichi e tipologie fondazionali. In accordo con la Committenza, le opportune verifiche geotecniche verranno fatte eseguire a cura della Committenza stessa nel momento in cui saranno disponibili i dati necessari.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I riferimenti legislativi utilizzati per la redazione della presente relazione geologica sono:

- Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, 1977 Associazione Geotecnica Italiana;
- D.M. 17 gennaio 2018.

LIMITAZIONI DI RESPONSABILITÀ

Questo rapporto tecnico si fonda sull'applicazione di conoscenze e di leggi scientifiche riconosciute ma anche di calcoli e di valutazioni professionali circa eventi o fenomeni suscettibili di interpretazione. Le stime e le considerazioni ivi espresse sono basate su informazioni acquisite e fornite dalla Committenza/Progettista o comunque disponibili al momento dell'indagine e sono strettamente condizionate dai limiti imposti dalla tipologia e dalla consistenza dei dati utilizzabili, dalle risorse fruibili per il caso di specie, nonché dal programma di lavoro indicato dal Committente/Progettista. Si precisa che qualunque tecnica di geofisica applicata ha un margine di errore intrinseco variabile in funzione del tipo di tecnica usata, di strumentazione utilizzata e di problematiche incontrate durante la fase di acquisizione. I profili di Vs ricavati con questa metodologia, come tutti i metodi indiretti, non presentano una soluzione univoca e quindi più modelli possono fornire curve sintetiche simili tra loro. Questo rapporto si basa inoltre sulla conoscenza professionale degli attuali standard e codici, tecnologia e legislazione della Comunità Europea. Modifiche e aggiornamenti di quanto sopra citato potrebbero rendere inappropriate o scorrette le conclusioni, le raccomandazioni e le indicazioni stilate nel testo. Le conclusioni ed i suggerimenti operativi contenuti nel presente rapporto vanno intesi come proposte di intervento e non come azioni vincolanti, salvo ciò non sia specificatamente indicato. Si tiene a precisare, che le valutazioni contenute in questo rapporto sono state elaborate da tecnici e pertanto rivestono un carattere esclusivamente tecnico, non costituendo in alcun modo parere legale. Gli Autori rispondono unicamente al Committente circa la corrispondenza del rapporto emesso, in ordine agli obiettivi delle ricerche definite nell'ambito dell'incarico e non possono farsi carico di responsabilità per danni, rivendicazioni, perdite, azioni o spese, qualora subite anche da terzi, come risultato di decisioni prese o azioni condotte e basate sul rapporto stesso. Il tipo di indagine geologica e le quantità dei punti sono stati concordati con la Committenza; Geodis

S.r.l. non intende, pertanto, fornire alcuna garanzia, espressa o implicita, utilizzabile per qualsiasi finalità, relativa alle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni nei settori di proprietà non indagati.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

La zona interessata dal presente studio è situata in via Mons. L. Giussani, nel comune di Spinea (VE). Le coordinate del sito (riferite al centroide del sito d'indagine) sono, nel sistema di riferimento UTM WGS 84:

- Fuso 33T 278976m E – 5040842 m N

Figura 1 – Immagine satellitare dell'area di indagine.

In figura 2 è riportata l'ubicazione delle indagini eseguite:

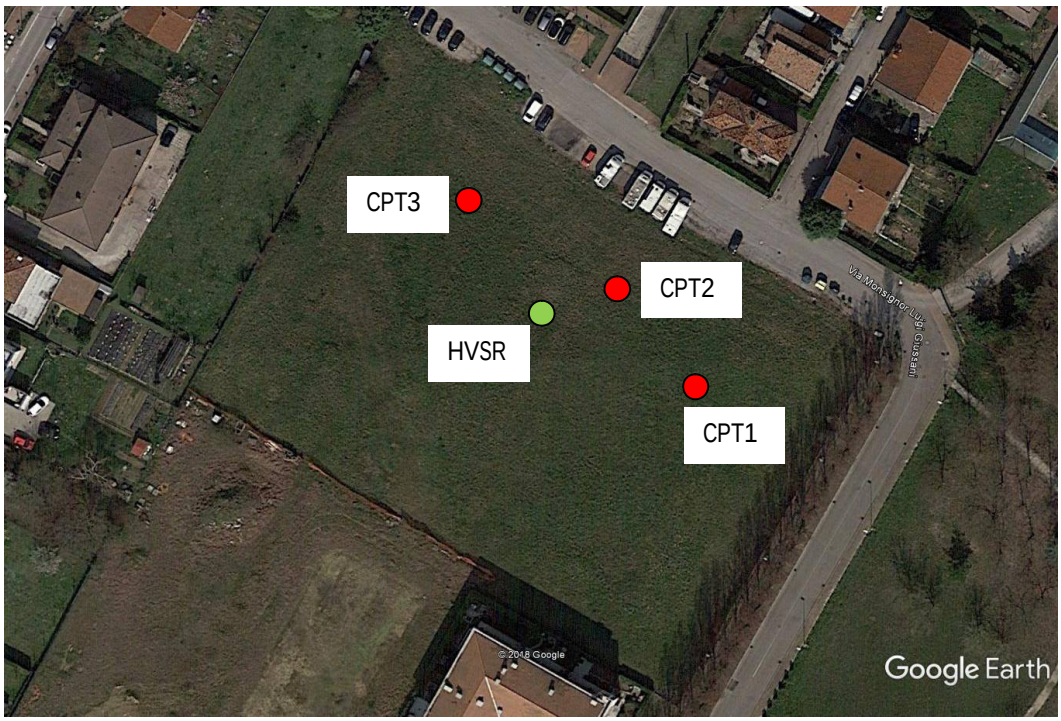


Figura 2 – Immagine riportante l'ubicazione delle indagini eseguite.

METODOLOGIE IMPIEGATE

Le attività in campagna hanno previsto:

- ✓ l'esecuzione di n. 3 prove penetrometriche statiche (CPT) spinte fino a 30 m di profondità;
- ✓ l'esecuzione di una prova geofisica HVSR.

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche è stato impiegato un penetrometro da 20 T di spinta, modello Pagani tipo TG 63-200 montato su cingoli, le cui caratteristiche tecniche principali sono le seguenti:

Motore	Tipo	Benzina; 2 cil.; V
	Potenza [HP (kW) RPM]	18 (13.5) - 3600
	Raffreddamento	Aria
Traslazione	Cingolato a trasmissione idrostatica	Cingolato
	Velocità di traslazione [km/h]	0 ÷ 2
	Pendenza Max %	30
Pompa Idraulica	Numero di Pompe	2
	Max. pressione operativa [bar]	240
Stabilizzatori	Numero	3
	Tipo	Idraulico

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE DI TIPO MECCANICO (CPT)

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante (v= 2 cm/s - 0,5 cm/s). La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo con coppie di coclee ad infissione, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta. La punta conica (del tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante, per la misura dell'attrito laterale: punta/manicotto tipo "Begemann". Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

diametro Punta Conica meccanica D = 35,7 mm

area di punta Ap = 10 cm2

angolo di apertura del cono $\alpha = 60°$

superficie laterale del manicotto Am = 150 cm2

Una cella di carico, che rileva gli sforzi di infissione, è montata all'interno di un'unità rimovibile, chiamata "selettore". I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico (qualora presente) o sui manometri.

I dati rilevati in campagna sono una coppia di valori per ogni intervallo di lettura (20 cm) costituiti da LP (Lettura alla punta) e LT (Lettura della punta + manicotto). I dati, sulla base di opportune costanti e dei valori specifici dell'area di base della punta e dell'area del manicotto di frizione laterale, vengono successivamente elaborati per ricavare i valori di resistenze specifiche Qc (Resistenza alla punta RP) e Ql (Resistenza Laterale RL o fs attrito laterale specifico che considera la superficie del manicotto di frizione). L'interpretazione e la visualizzazione grafica dei dati elaborati consente infine di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato.

I diagrammi della prove penetrometriche CPT1, CPT2 e CPT3 sono riportati nell'Appendice 1 della presente relazione.

INDAGINI GEOFISICHE

La tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali o H.V.S.R., Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non richiede nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la **frequenza caratteristica di risonanza del sito** che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nel costruire edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericoloso per la stabilità degli stessi;
- la **frequenza fondamentale di risonanza di un edificio**, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito *(free field)* e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la **velocità media delle onde di taglio Vs** calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. Sarà quindi possibile calcolare la Vs,30 e la relativa categoria di sottosuolo come esplicitamente richiesto dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008*;
- la **stratigrafia del sottosuolo** con un *range* di indagine compreso tra 0,5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostante per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Le basi teoriche della tecnica H.V.S.R. si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori. La forma di un'onda registrata in un sito *x* da uno strumento dipende:

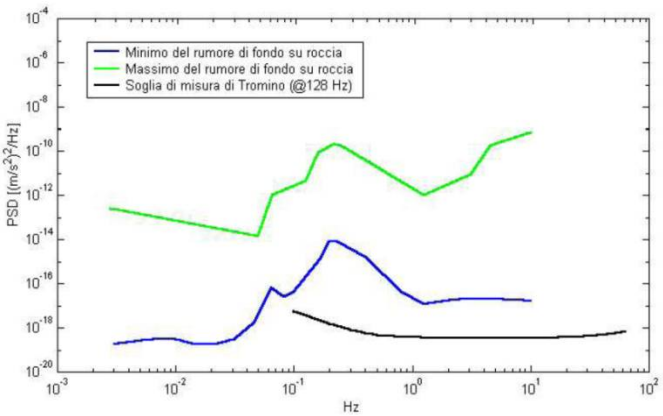
1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente *s*;
2. dal percorso dell'onda dalla sorgente *s* al sito *x* (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda);
3. dalla risposta dello strumento.

Possiamo scrivere questo come:

segnale registrazione al sito x = sorgente * effetti di percorso * funzione trasferimento strumento

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche *microtremore* poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi poiché il rumore non è generato *ad hoc*, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva. Nel tragitto dalla sorgente *s* al sito *x* le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione riguardante la sorgente è persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni concernenti il percorso del segnale e, in particolare, relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, H.V.S.R. che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali del sottosuolo; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale della ditta Micromed S.r.L. modello "*Tromino ENGY - PLUS"* che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra-leggeri e ultra-compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno due terne velocimetriche con i sensori ortogonali tra loro e con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz. Nella figura seguente si riporta la curva di rumore di *"Tromino"* a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.



Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (H.V.S.R.) basati sulla simulazione del campo d'onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981).

Operativamente si costruisce un modello teorico H.V.S.R. avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente, tramite uno specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde Vs. *Per eseguire la procedura sopra descritta in maniera univoca è necessario conoscere la profondità di un riflettore acustico individuabile nello spettro sismico registrato.*

La promulgazione dell'Ordinanza P.C.M. n°3274 del 20/3/2003 e successive modifiche ed integrazioni ha determinato sul panorama nazionale un grande rinnovamento sul fronte della normativa tecnica in zona sismica, rappresentata fino ad allora dai contenuti del D.M. 16 gennaio 1996. La principale novità introdotta dall'O.P.C.M. n°3274 è l'abbandono del carattere puramente prescrittivo e convenzionale che caratterizzava le norme tecniche di vecchia concezione, come il D.M. 16/01/1996, per abbracciare un'impostazione puramente prestazionale, in cui gli obiettivi della progettazione e quindi il livello di sicurezza sono esplicitamente dichiarati, a seconda della risposta sismica attesa per la struttura e il sito di costruzione, per un prefissato livello di severità dell'azione sismica.

Le attuali norme tecniche per le costruzioni (N.T.C. D.M. - 17 gennaio 2018) ereditano gran parte dei contenuti dell'O.P.C.M. n°3274 in merito alla progettazione in zone sismiche; tuttavia rispetto a quest'ultimo documento sono anche stati apportati importanti cambiamenti, di cui forse il più rilevante riguarda la definizione dell'**azione sismica**.

Per comprendere pienamente il significato della nuova normativa è necessario rifarsi al concetto di **risposta sismica locale**. Dal punto di vista strettamente fisico, per effetto di sito (risposta sismica locale) s'intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (R), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S). Nel presente lavoro si sfrutterà la teoria di Nakamura che relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale H / V = 1) con quello effettivamente misurato in superficie.

Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze che corrispondono alle frequenze naturali *fn* di vibrazione del deposito:

$$fn = 1 / Tn = (Vs*(2n - 1)) / (4*H) \quad con\ n = 1, 2, \ldots\ldots, \qquad [3.1]$$

mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno. Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito denominata frequenza fondamentale di risonanza:

$$f1 = 1 / T1 = Vs / 4H \quad [3.2]$$

E' quindi necessario porre estrema attenzione a fenomeni di "***doppia risonanza***", cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei manufatti ivi edificati in quanto le azioni sismiche su di essi sarebbero, a dir poco, gravose.

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt):

$$\text{freq. naturale edificio} \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani.} \quad [3.3]$$

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx \text{freq. fondamentale di risonanza del sito} \quad [3.4]$$

ad essere particolarmente pericolosa, poiché da luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

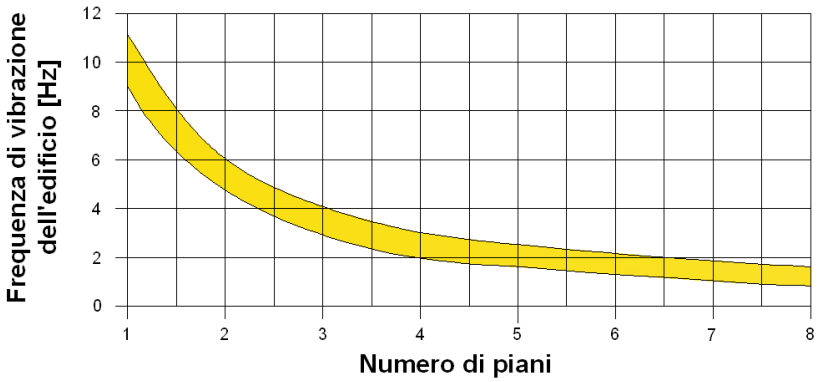


Figura *- Frequenza di vibrazione degli edifici rapportata al numero di piani*

Per una corretta ricostruzione sismica del sottosuolo e una buona stima delle onde Vs è necessario adottare una modellizzazione numerica che può essere rappresentata dalla seguente equazione:

$$\hat{v}_S = \frac{H}{\sum_{i=1}^{n} \frac{h_i}{v_i}} \quad [3.5]$$

Vs = valore di velocità delle onde di taglio [m/s];
H = profondità alla quale si desidera stimare Vs [m] (30 m in caso di Vs,30);
hi = spessore dello strato i – esimo [m];
vi = velocità delle onde Vs all'interno dello strato i – esimo [m/s].

In via puramente indicativa, al fine di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo, si riportano i valori tabulati da Borcherdt (1992; 1994) assieme a quelli ottenuti sperimentalmente in diversi ambienti sedimentari da altri autori (Budny, 1984; Ibs von Seht e Wohlenberg, 1999; Delgado et al., 2000 a, b; Parolai et al., 2002; Scherbaum et al., 2003; D'Amico et al., 2004, 2006; Hinzen et al., 2004).

TIPO DI SUOLO	Vs min [m/s]	Vs media [m/s]	Vs max [m/s]
ROCCE MOLTO DURE (es. rocce metamorfiche molto - poco fratturate)	1400	1620	-
ROCCE DURE (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturate)	700	1050	1400
SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE (es. rocce sedimentarie ignee tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con > 20% di ghiaia)	375	540	700

ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI - GHIAIOSI (es. ghiaie e suoli con < 20% di ghiaia, sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose)	200	290	375
TERRENI TENERI (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere)	100	150	200

ANALISI DEI DATI

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

MODELLO GEOTECNICO PRELIMINARE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

I dati registrati in campo sono stati elaborati utilizzando i software *StaticProbing* della Geostru® e *P.G.S Interpretazione di prove geotecniche in sito* della Flaccovio Editore®.

I programmi consentono di automatizzare le attività di calcolo e di interpretare i dati sulla base di correlazioni opportunamente selezionate, compatibili con il tipo di strumentazione utilizzata in campo e con le litologie rilevate.

Per la stima dei parametri geotecnici dei terreni incoerenti sono state utilizzate le formule dei seguenti autori:

PARAMETRI GEOTECNICI	*AUTORI*
Angolo di Attrito	Robertson & Campanella, 1983
Densità Relativa	Lancellotta, 1986
Peso di Volume Gamma	Meyerhof, 1951
Grado di Sovraconsolidazione OCR	Piacentini & Righi, 1978

Per la stima dei parametri geotecnici dei terreni coesivi sono state utilizzate le formule dei seguenti autori:

PARAMETRI GEOTECNICI	*AUTORI*
Coesione non drenata	Terzaghi
Peso di Volume terreni coesivi	Meyerhof, 1951
Peso di Volume saturo terreni coesivi	Meyerhof, 1951
Grado di Sovraconsolidazione OCR	Mayne, 1991

Appare doveroso evidenziare ancora una volta come i risultati esposti in questo studio siano frutto di interpretazioni ed assunzioni basate sui dati disponibili e non forniscano prova certa ed inoppugnabile del reale assetto geologico del sito. In particolare si ritiene necessario sottolineare come il grado di precisione ed affidabilità del modello siano maggiori ove più densa risulti la quantità di dati a disposizione. Il livello di dettaglio ottenibile è quindi direttamente proporzionale alla densità delle informazioni, ed un suo eventuale aumento richiederà necessariamente un conseguente infittimento della maglia di punti di indagine.

In Appendice1 vengono inserite la legenda e le tabelle riportanti, per le prove geognostiche, i parametri geotecnici stimati sulla scorta della bibliografia sopra citata. Dall'analisi delle prove penetrometriche svolte il giorno 15 marzo 2019, si evince la presenza di diversi distinti orizzonti geotecnici.

RICOSTRUZIONE LITOLOGICA DEL SITO

Per l'individuazione della natura dei terreni presenti in sito viene comunemente utilizzata una correlazione tra i valori di qc e fs misurati durante la prova. I valori di qc ed il rapporto di attrito Rf = $\frac{fs}{qc}$ [%] vengono plottati sul Grafico di Schmertmann per punta meccanica, permettendo di eseguire una stima delle diverse litologie.

Nella figura seguente vengono visualizzate le litologie per i vari strati secondo il modello teorico (Schmertmann 1978).

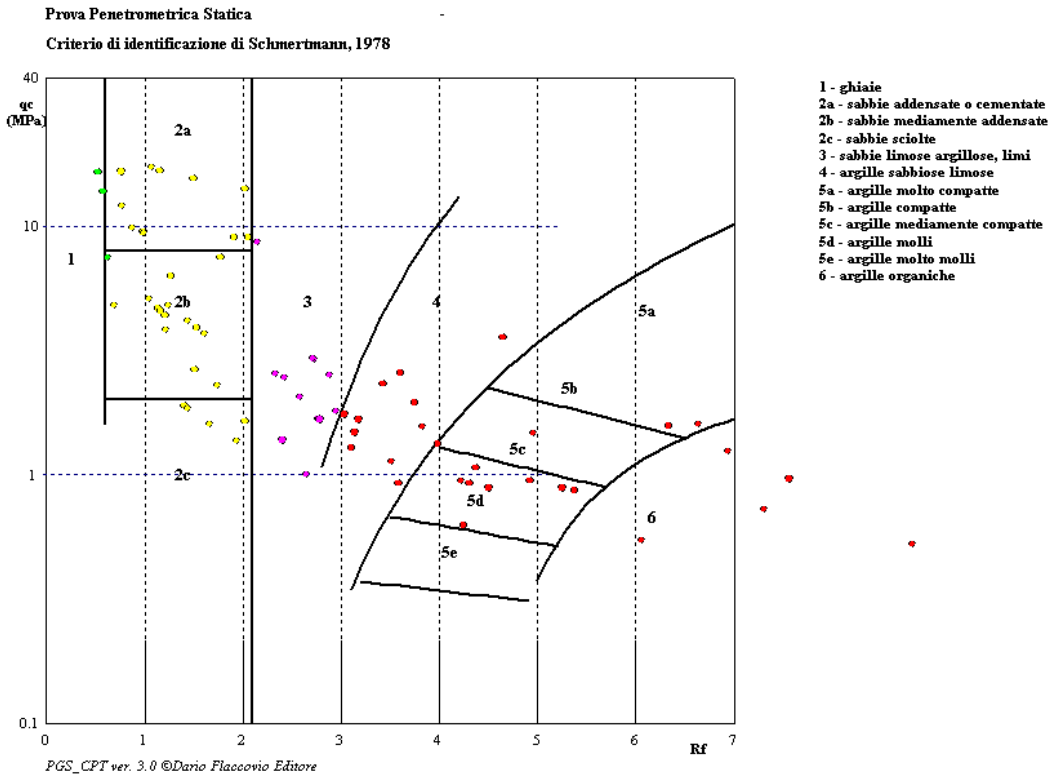
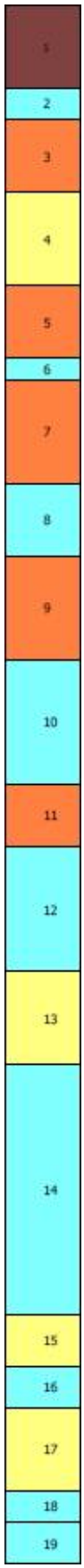
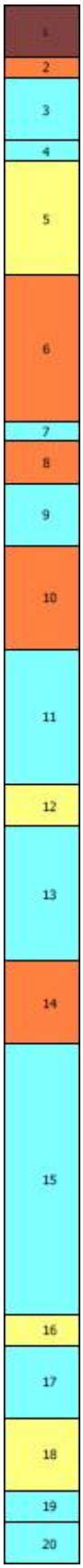


Figura – Grafico di Schmertmann per punta meccanica.

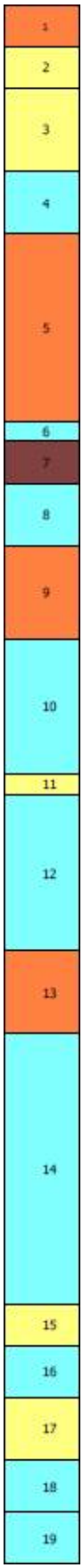
Nelle figure a lato è rappresentato il modello geotecnico semplificato del sito in oggetto ricavato dall'interpretazione delle prove statiche: in arancione e marrone sono evidenziati i terreni con comportamento geotecnico assimilabile al tipo coesivo (argille e limi e argille con contenuto organico), in azzurro i terreni aventi comportamento assimilabile al tipo incoerente (sabbie), in giallo terreni costituiti da due o più frazioni di tipo coesivo e/o incoerente aventi comportamento geotecnico assimilabile a quello della frazione prevalente (limi sabbiosi, sabbie limose, ecc.).



CPT1 (30,00 m)



CPT2 (30,00 m)



CPT3 (30,00 m)

Le indagini geognostiche eseguite nel sito hanno permesso la misura diretta della profondità della superficie piezometrica al momento delle indagini, che risulta essere:

	CPT1	CPT2	CPT3
Profondità falda da p.c. (m)	2,45 m	2,50 m	2,40 m

Tali valori sono rappresentativi delle interferenze tra le piezometrie dei diversi acquiferi incontrati durante l'esecuzione delle indagini in sito. Per la misura del reale livello piezometrico del primo acquifero confinato e per la valutazione di eventuali oscillazioni stagionali si consiglia l'installazione in foro di sondaggio di un piezometro a tubo aperto e l'esecuzione di un monitoraggio piezometrico annuale.

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Le tabelle che seguono riportano la stima dei parametri geotecnici secondo un modello geotecnico interpretativo sintetico. Per completezza, in Appendice 1 è possibile ritrovare i valori degli stessi parametri secondo un modello geotecnico ricavato per ogni intervallo di misura sulla scorta degli autori precedentemente citati.

Nr: Numero progressivo strato
Prof: Profondità strato (m)
Tipo: C: Coesivo I: Incoerente
C_u: Coesione non drenata (KPa)
F_i: Angolo di resistenza al taglio (°)
OCR: Grado di sovraconsolidazione
P_{uv}: Peso unità di volume (KN/m³)
P_{uvS}: Peso unità di volume saturo (KN/m³)
D_r: Densità relativa (%)

CPT1 (modello sintetico)

Nr.	Prof. da	Prof. a	Tipo	Cu	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi
1	0,00	1,60	C	12,7	0,8	15,9	16,7	--	--
2	1,60	2,20	I	--	>9	17,7	20,6	60,3	42,7
3	2,20	3,60	C	93,2	9,0	19,2	20,0	--	--
4	3,60	5,40	I	--	8,3	17,7	20,6	24,7	32,7
5	5,40	6,80	C	34,3	3,0	17,3	18,1	--	--
6	6,80	7,20	I	--	2,5	17,7	20,6	12,2	27,9
7	7,20	9,20	C	42,2	3,8	17,6	18,4	--	--
8	9,20	10,60	I	--	5,6	17,7	20,6	41,7	33,9
9	10,60	12,60	C	47,1	4,3	17,7	18,5	--	--
10	12,60	15,00	I	--	2,3	17,7	20,6	18,0	26,6
11	15,00	16,20	C	60,8	5,7	18,1	18,9	--	--
12	16,20	18,60	I	--	4,3	18,6	21,6	46,9	33,2
13	18,60	20,40	C	68,6	6,5	18,3	19,1	--	--
14	20,40	25,20	I	--	4,8	17,7	20,6	49,0	32,8
15	25,20	26,20	C	157,9	9,0	19,9	20,6	--	--
16	26,20	27,00	I	--	4,1	17,7	20,6	46,0	31,5
17	27,00	28,60	C	95,1	9,0	18,8	19,6	--	--
18	28,60	29,20	I	--	1,7	18,6	21,6	32,4	27,6
19	29,20	30,00	I	--	0,7	18,6	21,6	5,0	16,8

CPT2 (modello sintetico)

Nr.	Prof. da	Prof. a	Tipo	Cu	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi
1	0,00	1,00	C	31,4	2,7	17,5	18,2	--	--
2	1,00	1,40	C	84,3	8,1	19,1	19,9	--	--
3	1,40	2,60	I	--	>9	18,6	21,6	43,6	39,3
4	2,60	3,00	I	--	6,2	17,7	20,6	24,0	34,2
5	3,00	5,20	I	--	5,4	17,7	20,6	21,3	32,3
6	5,20	8,00	C	39,2	3,5	17,6	18,3	--	--
7	8,00	8,40	I	--	2,7	18,6	21,6	19,8	29,5
8	8,40	9,20	C	47,1	4,3	17,9	18,6	--	--
9	9,20	10,40	I	--	6,6	18,6	21,6	52,4	36,3
10	10,40	12,40	C	44,1	4,0	17,6	18,4	--	--
11	12,40	15,00	I	--	2,3	17,7	20,6	19,5	27,1
12	15,00	15,80	C	71,6	6,9	18,5	19,3	--	--
13	15,80	18,40	I	--	4,7	17,7	20,6	39,0	31,5
14	18,40	20,00	C	63,7	6,0	18,1	18,9	--	--
15	20,00	25,20	I	--	4,4	17,7	20,6	48,2	32,6
16	25,20	25,80	C	112,8	9,0	19,2	20,0	--	--
17	25,80	27,20	I	--	2,7	17,7	20,6	31,5	27,8
18	27,20	28,60	C	97,1	9,0	18,8	19,6	--	--
19	28,60	29,20	I	--	1,8	18,6	21,6	32,7	27,7
20	29,20	30,00	I	--	0,7	18,6	21,6	5,0	16,4

CPT3 (modello sintetico)

Nr.	Prof. da	Prof. a	Tipo	Cu	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi
1	0,00	0,80	C	39,2	3,5	17,8	18,6	--	--
2	0,80	1,60	C	121,6	9,0	19,7	20,5	--	--
3	1,60	3,20	I	--	>9	17,7	20,6	48,5	39,6
4	3,20	4,40	I	--	7,6	18,6	21,6	36,6	35,8
5	4,40	8,00	C	40,2	3,6	17,6	18,4	--	--
6	8,00	8,40	I	--	2,8	18,6	21,6	19,6	29,4
7	8,40	9,20	C	47,1	4,3	17,9	18,6	--	--
8	9,20	10,40	I	--	7,1	17,7	20,6	46,8	35,1
9	10,40	12,20	C	46,1	4,2	17,7	18,5	--	--
10	12,20	14,80	I	--	2,8	17,7	20,6	22,0	27,9
11	14,80	15,20	C	80,4	7,7	18,7	19,5	--	--
12	15,20	18,20	I	--	3,3	17,7	20,6	31,6	29,8
13	18,20	19,80	C	52,0	4,8	17,6	18,4	--	--
14	19,80	25,00	I	--	4,9	17,7	20,6	50,5	33,2
15	25,00	25,80	C	132,4	9,0	19,5	20,3	--	--
16	25,80	26,80	I	--	3,3	17,7	20,6	42,9	30,8
17	26,80	28,00	C	90,2	8,7	18,7	19,4	--	--
18	28,00	29,00	I	--	1,7	18,6	21,6	25,3	25,3
19	29,00	30,00	I	--	0,7	17,7	20,6	5,0	15,9

Si ricorda che i valori ottenuti sono indicativi e talvolta non paragonabili ai risultati di prove dirette di laboratorio. Si ricorda, inoltre, come i vari metodi di correlazione presenti in letteratura siano generalmente riferiti a determinati terreni presenti in determinati siti, e che non necessariamente sono in grado di restituire valori adeguati e corrispondenti alla realtà per altri terreni e per altri siti. I valori qui espressi vanno quindi intesi come indicazioni di massima e si raccomanda di procedere con determinazioni dirette in laboratorio qualora l'importanza dell'intervento lo richiedesse.

VERIFICA DELLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

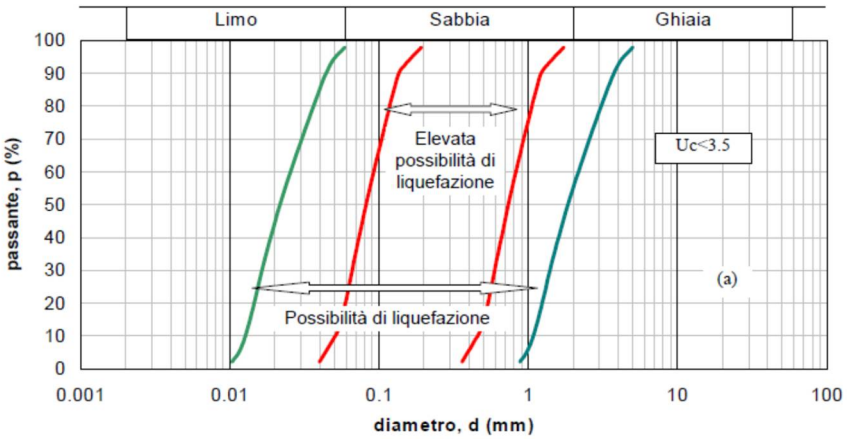
Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti, interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi. Durante un fenomeno sismico, infatti, le sollecitazioni indotte nel terreno, possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione litostatica, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione.

La probabilità che un deposito raggiunga tali condizioni dipende:

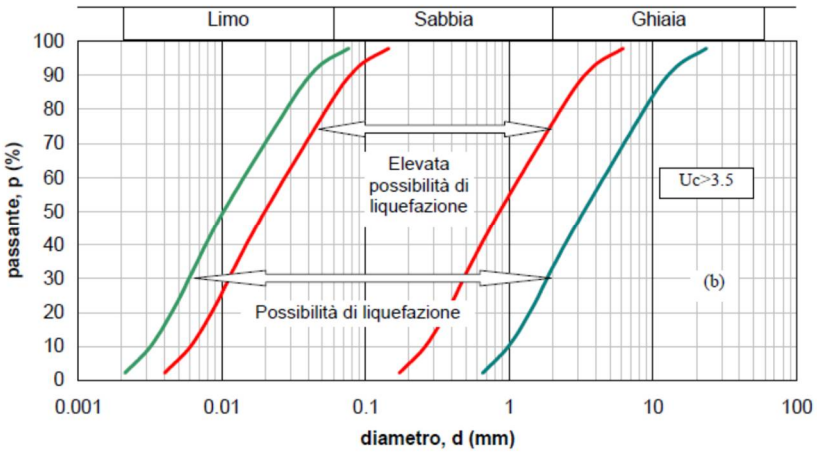
- ✓ dal grado di addensamento;
- ✓ dalla granulometria e forma dei granuli;
- ✓ dalle condizioni di drenaggio;
- ✓ dall'andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata;
- ✓ dall'età del deposito;
- ✓ dalla profondità della linea di falda (prossima alla superficie).

Dall'osservazione di zone colpite da liquefazione, si è notato che questa avviene nelle seguenti circostanze:

- terremoti di magnitudo uguale o superiore a 5,5, con accelerazioni superiori o uguali a 0,2g;
- al di sopra dei 15 m di profondità (oltre questa profondità non sono state osservate liquefazioni);
- la profondità della falda era posizionata in prossimità della superficie (inferiore a 3 m);
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60}>30$, oppure $q_{c1N}>180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate di seguito nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c<3.5$ (figura a) e nel caso di terreni con coefficienti di uniformità $U_c>3.5$ (figura b).



(a



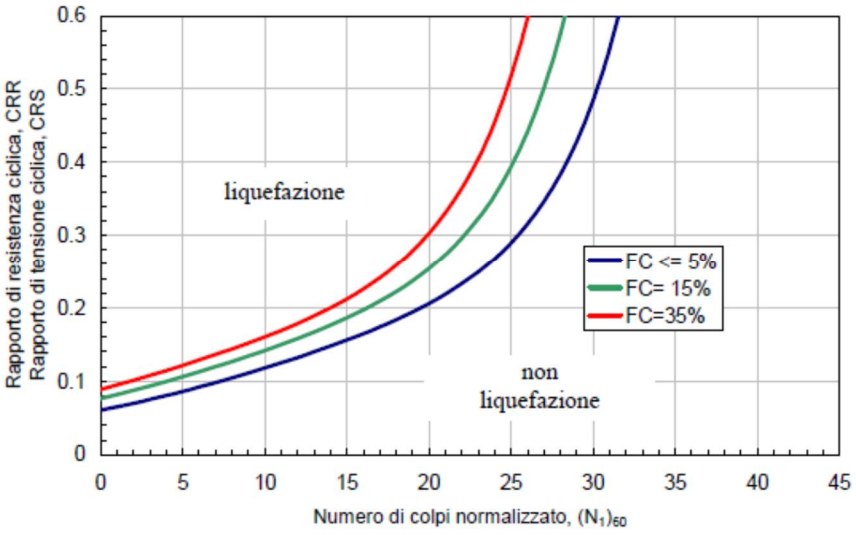
(b

Per verificare la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione vanno impiegate le procedure che nell'Ingegneria Geotecnica Sismica vengono denominati *metodi semplificati*. Tali metodi (si fa riferimento al *metodo di Robertson e Wride*, 1998) generalmente valutano la suscettibilità alla liquefazione dei depositi in funzione della profondità di falda, delle caratteristiche dell'evento sismico (magnitudo ed accelerazione al suolo), dello stato di addensamento dei terreni sabbiosi (ricavati da prove SPT, CPT e sismiche), da prove granulometriche (valutazione della percentuale di fine presente). Tali metodi, permettono di esprimere la suscettibilità di un deposito alla liquefazione, attraverso la definizione di un coefficiente di sicurezza F_S, espresso come rapporto

$$F_S = \frac{CRR}{CSR} \cdot MSF$$

dove

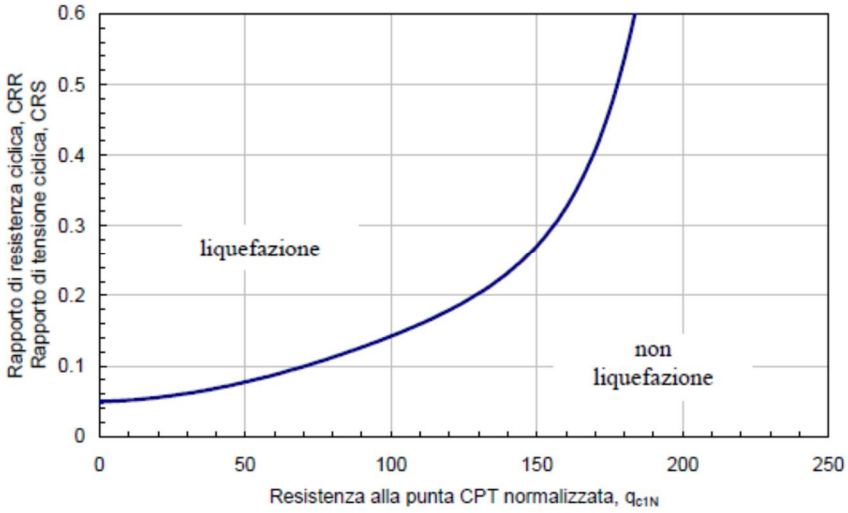
- CRR è la resistenza normalizzata che può essere valutata attraverso gli abachi di seguito riportati;



$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S$ dove:

$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v}\right)^{0.784-0.0768\sqrt{(N_1)_{60}}}$

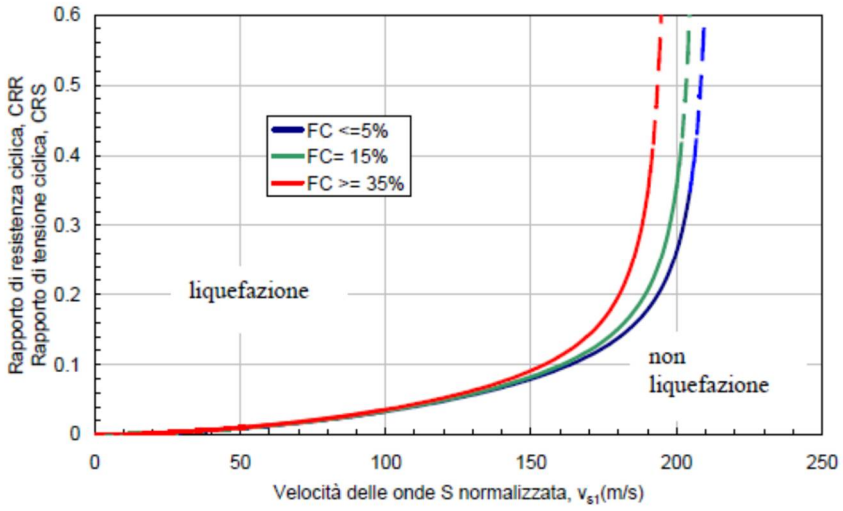
C_N non deve superare il valore di 1,7 e p_a (pressione atmosferica ≅ 100 kPa) e σ'_v devono avere le stesse unità di misura e $C_E C_B C_R C_S \approx 1$



$$q_{c1N} = C_Q \frac{q_c}{p_a}$$

dove p_a , q_c (pressione atmosferica di riferimento ≅ 100 kPa) e σ'_v sono espresse nelle stesse unità di misura ed è

$$C_Q = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v}\right)^{1.338-0.294(q_{c1N})^{0.264}}$$



$$v_{s1} = C_V v_s$$

dove p_a (pressione atmosferica di riferimento ≅ 100 kPa) e σ'_v sono espresse nelle stesse unità di misura ed è

$$C_V = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v}\right)^{0.25}$$

- CSR è la tensione indotta dal terremoto, calcolata attraverso la relazione

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \cdot \frac{a_{\max s}}{g} \cdot \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \cdot r_d$$

nella quale g è l'accelerazione di gravità; σ_v e σ'_v sono rispettivamente la tensione totale verticale e la tensione efficace verticale alla profondità considerata; r_d è un coefficiente riduttivo dall'azione sismica e può essere determinato attraverso la relazione semplificata

$$r_d = 1 - 0.0015 \cdot z$$

- MSF è un fattore di scala che può essere valutato mediante la tabella seguente in funzione della magnitudo.

Magnitudo	MSF
5.5	1.43
6.0	1.32
6.5	1.19

Se il fattore F_S> 1 la liquefazione è da escludere; se il fattore F_L< 1 è possibile che avvengano fenomeni di liquefazione.

A tali metodi, che prevedono il calcolo del fattore di sicurezza (F_S), è possibile associare un indice rappresentativo del rischio di liquefazione, definito da Iwasaki et al. (1978) come *Indice del Potenziale di Liquefazione* IP_L, esprimibile come

$$IP_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz$$

In cui z_{crit} = 20 m, che rappresenta la profondità oltre la quale è da escludersi fenomeni di liquefazione. In base al valore di IP_L è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione attraverso la tabella che segue:

Valore IP_L	Rischio di liquefazione
$IP_L = 0$	Molto basso
$0 < IP_L \leq 5$	Basso
$5 < IP_L \leq 15$	Alto
$IP_L > 15$	Molto alto

La scrivente ha scelto di valutare il potenziale di liquefazione utilizzando i dati ottenuti dall'indagine penetrometrica attraverso il metodo di Robertson & Wride(1998):

FORMULE

Per 0 < $(q_{c1n})_{CS}$< 50

$$CRR = 0{,}883 \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000}\right] + 0{,}05$$

Per 50 < (qc1n)CS< 160

$$CRR = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1n})_{CS}}{1000}\right]^3 + 0{,}08$$

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0{,}65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

Ipotizzando la magnitudo di riferimento pari a 6.8, desunta da dati storici, si ottiene quanto segue:

Metodo che utilizzano Prove Statiche (CPT)	Magnitudo di riferimento (M)	Indagine	Indice del Potenziale di Liquefazione (IP_L)	Rischio liquefazione
Robertson e Wide (1998)	6,8	CPT1	0,208	Basso
		CPT2	0,198	Basso
		CPT3	0,201	Basso

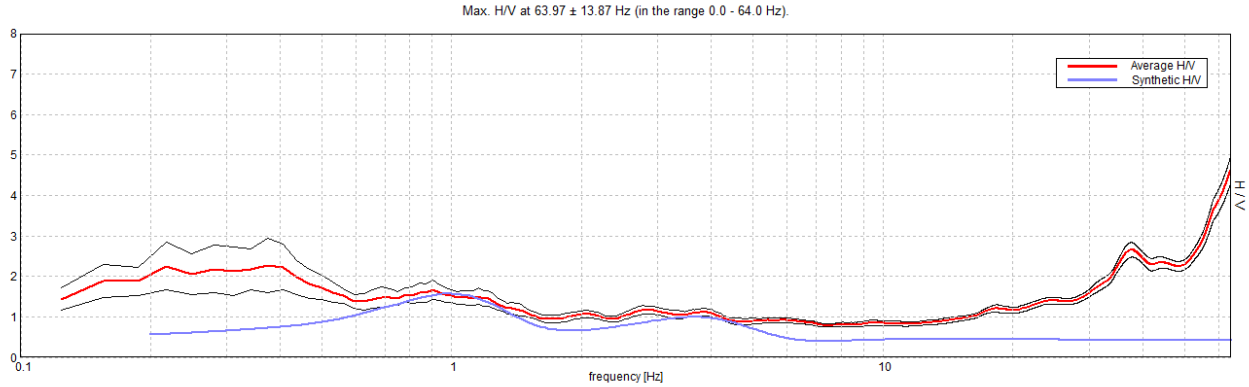
MODELLO SISMICO PRELIMINARE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Nel caso specifico del sito in esame, si è cercato di correlare i valori di picco dello spettro di risposta H.V.S.R. con le frequenze fondamentali di risonanza di sito. Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si sono potute ricavare le frequenze relative ad ogni discontinuità sismica.

Sapendo che i valori di picco sono proporzionali ai contrasti di rigidità e utilizzando le informazioni lito – stratigrafiche ricavate dalle prove penetrometriche effettuate nei pressi del punto investigato, si è estrapolata una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

La frequenza fondamentale di risonanza di sito è risultata di ≈ 64 Hz.

Frequenza fondamentale di risonanza di sito
63,97 ± 13,87 Hz



La curva spettrale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo.

E' ormai consolidata, sia a livello accademico sia professionale, l'ipotesi che le strutture subiscono le sollecitazioni sismiche maggiori quando c'è coincidenza tra la frequenza di vibrazione naturale del terreno investito da un'onda sismica e quella naturale dell'edificio. Si dovrà quindi porre estrema attenzione nell'edificare strutture aventi lo stesso periodo di vibrazione del terreno poiché il rapporto H/V calcolato è tale da ipotizzare un fattore di amplificazione del moto sismico in superficie.

Il rilievo nello specifico ha fornito i seguenti dati sismici (modello sismo – stratigrafico interpretativo):

Misura H.V.S.R.	**Velocità onde di taglio [m/s]**	**Spessori [m]**	**Profondità [m]**
I SISMOSTRATO	160	10	0,0 –10
II SISMOSTRATO	250	50	10 – 60
III SISMOSTRATO	370	Semisp.	60 – Semisp.

Nelle pagine seguenti viene illustrata la qualità del segnale acquisito in base ad un protocollo proposto nei recenti aggiornamenti degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica". Obiettivo della classificazione è fornire una indicazione immediata circa la qualità delle misure H/V. I criteri proposti sono più rigidi di quelli di SESAME in quanto includono elementi di giudizio non contemplati in precedenza, quali:

- durata complessiva della registrazione che deve essere tale da produrre stime "robuste" del campo medio delle vibrazioni ambientali;
- stazionarietà temporale dei rapporti spettrali;
- isotropia del segnale in termini dei rapporti spettrali;
- assenza di rumore elettromagnetico;
- andamento complessivo della curva H/V.

Vengono proposte tre classi di qualità.

Classe A: H/V affidabile e interpretabile; può essere utilizzata anche da sola.

1. la forma dell'H/V nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (*stazionarietà*)
2. le variazioni azimutali di ampiezza non superano il 30% del massimo (*isotropia*)
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (*assenza di disturbi*)
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (*plausibilità fisica*)
5. i criteri di SESAME per una curva H/V attendibile (primi 3 criteri) sono verificati (*robustezza statistica*)
6. la misura è durata almeno 15/20 minuti (*durata*)

ECCEZIONE: misure effettuate su roccia integra affiorante o in zone alluvionali fini con basamento sismico molto profondo (tipicamente >1 km) possono non mostrare alcun picco statisticamente significativo della curva H/V nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico, a causa dell'assenza di contrasti di impedenza sufficientemente marcati. In questi casi, in cui la curva H/V apparirà piatta e con *ampiezza circa pari a 1*, il criterio 5 risulterà non verificato anche se la misura è di fatto attendibile. In questo solo caso la misura può ricadere nella classe A ma si consiglia di ripetere la misura per confermare l'effettiva assenza di massimi significativi.

Classe B: curva H/V sospetta (da "interpretare"); va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze.

1. almeno una delle condizioni della classe A non è soddisfatta, a condizione che non si rientri nell'ECCEZIONE citata per la Classe A

Classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione; non va utilizzata.

1. misura di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (deriva), indice di un movimento dello strumento durante la misura
2. misura di tipo B nella quale si evidenza la presenza di rumore elettromagnetico nell'intervallo di frequenze di potenziale interesse

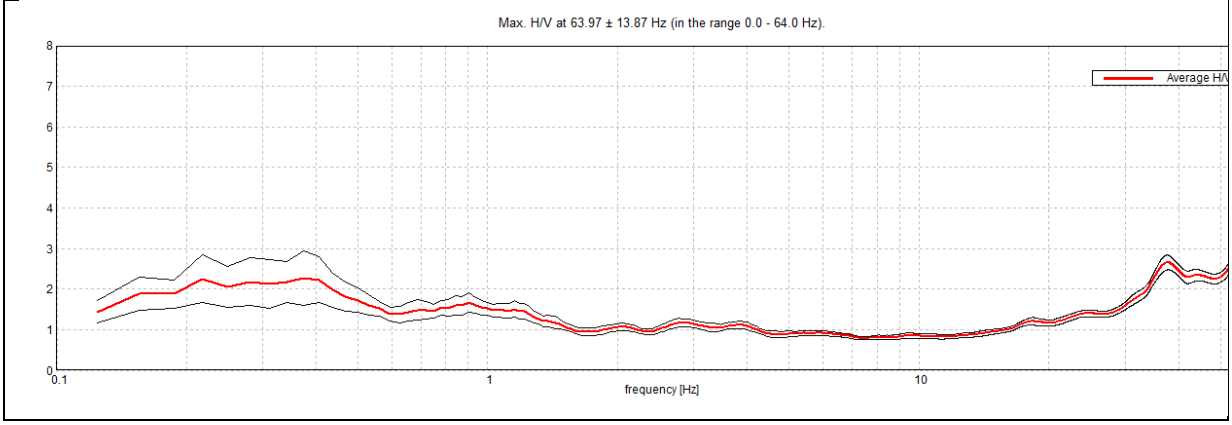
I criteri delineati sopra non riguardano l'interpretazione in chiave geologico-stratigrafica della curva, per la quale sono richiesti ulteriori criteri (per esempio i criteri SESAME per la "chiarezza" del picco).

Per le sole Classi A e B si possono pertanto definire due sottoclassi delle classi precedenti, ossia:

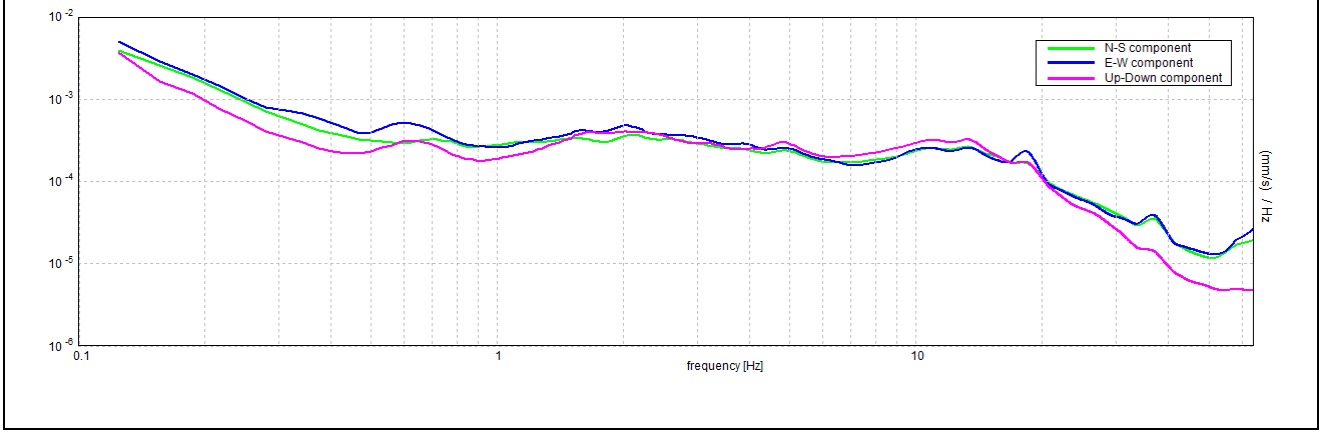
- Tipo 1. Presenta almeno un picco "chiaro" secondo i criteri di SESAME: possibile risonanza
- Tipo 2. Non presenta picchi "chiari" nell'intervallo di frequenze di interesse: assenza di risonanza

Classe A- Tipo2

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Picco H/V a 63.97 ± 13.87 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	23.75 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	14250.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Superato 0 volte su 1141	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	12.625 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.49 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.76903| < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	18.26453 < 1.1875		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1392 < 1.58	OK	

DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE E DELLE CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi o in rapporto ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di Categorie di Sottosuolo di riferimento. Per definire tali categorie, il D.M. 17/01/18 prevede, il calcolo del parametro Vs,30, ovvero della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio Vs entro 30 m di profondità dal piano di posa delle fondazioni.

Categoria	Descrizione
A	***Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*** caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti***, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti,*** con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	***Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,*** con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	***Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D***, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La stima, tramite la formula [3.5] del parametro Vs,30, è stata effettuata, come esplicitamente richiesto dalle N.T.C. del 17 gennaio 2018, per l'assegnazione della categoria di sottosuolo. Dall'indagine sismica effettuata e dal modello sismico ricavato è stato possibile calcolare le velocità di propagazione delle onde di taglio fino a 30 m dal piano di posa delle fondazioni. A seguire si riportano i valori di Vs,30:

Profondità piano di posa fondazioni	Vs,30
0 m da p.c.	Vs (0-30) ≈ 211 m/s

Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal presente studio e dalle indicazioni normative si prevede l'inserimento del sito d'indagine nella **Categoria di Sottosuolo denominata C**, così definita:

C	***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti,*** con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°	-	1.0
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove ST assume valore unitario.

Nel caso in esame, il terreno appartiene alla categoria **T1** con coefficiente di amplificazione topografica **S_T = 1.0**.

ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA IN SUPERFICIE: COMPONENTE ORIZZONTALE

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

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

in cui:

Categoria sottosuolo	S_S
A	1,00
B	$1{,}00 \leq 1{,}40 - 0{,}40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1{,}20$
C	$1{,}00 \leq 1{,}70 - 0{,}60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1{,}50$
D	$0{,}90 \leq 2{,}40 - 1{,}50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1{,}80$
E	$1{,}00 \leq 2{,}00 - 1{,}10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1{,}60$

dove

- S_S = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica
- S_T = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica
- a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A

I valori di a_g e F_0 sono riportati nella Relazione Geologica a corredo della presente relazione geotecnica e sintetizzati nella tabella che segue.

DEFINIZIONE DELLA VITA NOMINALE V_N DELL'OPERA DA REALIZZARE:

La vita nominale di un'opera strutturale **V_n** è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata ***(cap.2.4.1. del D.M. 17/01/2018)***.

L'opera, come stabilito dal Progettista, è un'opera ordinaria, e quindi ha una **Vn = 50 anni.**

CLASSE D'USO

La classe d'uso, come da scelta progettuale, è la **II** *(Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti...)*

Nel caso in esame assumendo una vita nominale dell'edificio di 50 anni e una classe d'uso II, si ha:

Vita Nominale	Classe d'Uso	Stato limite	Tempo di Ritorno	a_g	F_0	S_S	S_T	a_{max}
50	II	SLO	30	0,030	2,535	1,5	1	0,447
		SLD	50	0,037	2,564	1,5	1	0,544
		SLV	475	0,089	2,599	1,5	1	1,316
		SLC	975	0,116	2,595	1,5	1	1,701

ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA IN SUPERFICIE: COMPONENTE VERTICALE

Fv è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1.35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0.5}$$

Vita Nominale	Classe d'Uso	Stato limite	Tempo di Ritorno	Fv
50	II	SLO	30	0,060
		SLD	50	0,068
		SLV	475	0,107
		SLC	975	1,122

SPOSTAMENTO E VELOCITÀ ORIZZONTALI DEL TERRENO

I valori dello spostamento orizzontale d_g e della velocità orizzontale v_g massimi del terreno sono dati dalle seguenti espressioni:

$$d_g = 0.025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$$

$$v_g = 0.16 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C$$

tempo di ritorno	30	50	475	975
d_g (m)	0,009	0,011	0,027	0,042
v_g (m/s)	0,005	0,006	0,013	0,021

VERIFICHE GEOTECNICHE

Al momento dell'affidamento dell'incarico non sono state fornite dalla Committenza/Progettista indicazioni su carichi e tipologie fondazionali. In accordo con la Committenza, le opportune verifiche geotecniche verranno fatte eseguire a cura della Committenza stessa nel momento in cui saranno disponibili i dati necessari.

NOTE CONCLUSIVE

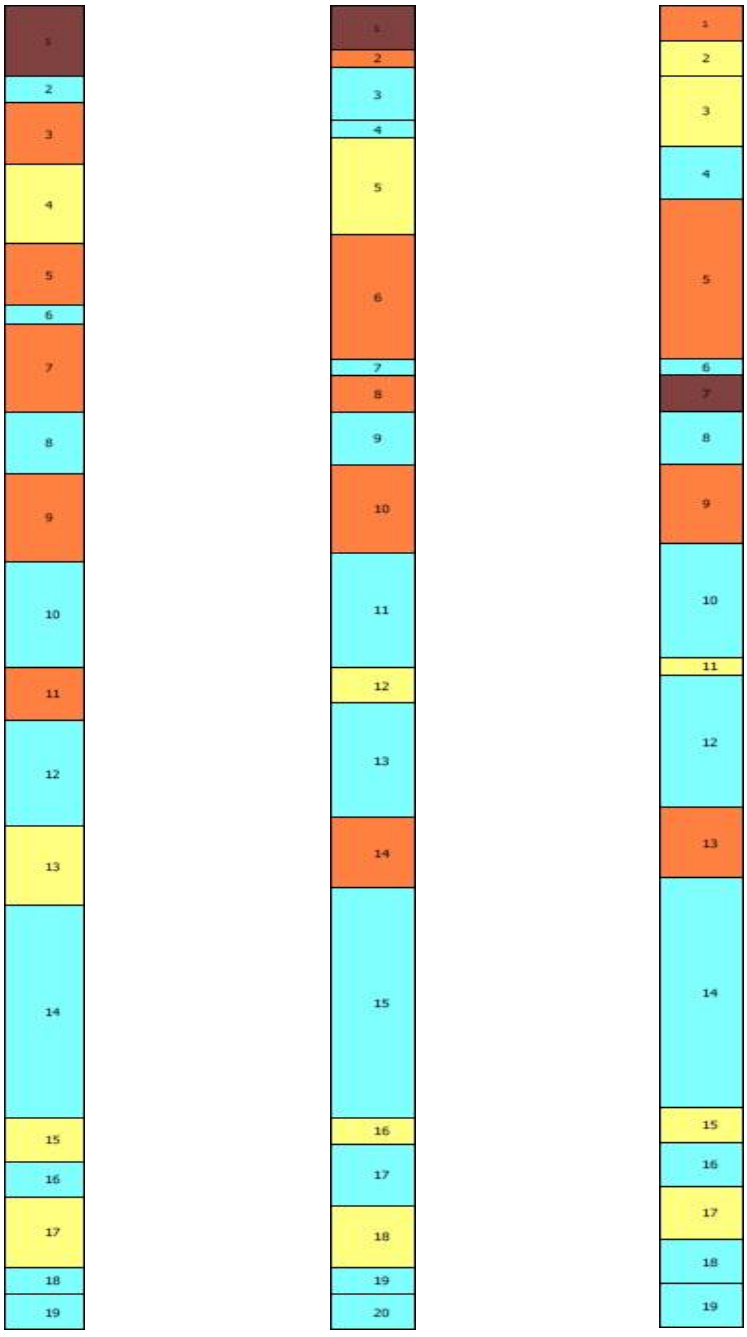
Su incarico della Sig.ra Cometti Marisa, GEODIS Srl ha eseguito un'indagine geotecnica in sito relativa al terreno di fondazione per la realizzazione di complessi residenziali e delle opere di urbanizzazione di una lottizzazione presso il sito in via Mons. L. Giussani, nel comune di Spinea (VE).

A supporto dell'indagine GEODIS Srl ha redatto la presente Relazione Geotecnica sulle indagini.

Nel presente studio è stata eseguita la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, secondo le caratteristiche tecniche fornite dal Progettista. Sulla base della richiesta della Committenza è stata eseguita la verifica secondo il D.M. 17 gennaio 2018.

MODELLO GEOTECNICO SINTETICO

Nella figura a lato è rappresentato il modello geotecnico semplificato del sito in oggetto ricavato dall'interpretazione della prova statica: in arancione e marrone sono evidenziati i terreni con comportamento geotecnico assimilabile al tipo coesivo (argille e limi e argille con contenuto organico), in azzurro i terreni aventi comportamento assimilabile al tipo incoerente (sabbie), in giallo terreni costituiti da due o più frazioni di tipo coesivo e/o incoerente aventi comportamento geotecnico assimilabile a quello della frazione prevalente (limi sabbiosi, sabbie limose, ecc.).



CPT1 (30,00 m) CPT2 (30,00 m) CPT3 (30,00 m)

CPT1 (modello sintetico)

Nr.	Prof. da	Prof. a	Tipo	Cu	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi
1	0,00	1,60	C	12,7	0,8	15,9	16,7	--	--
2	1,60	2,20	I	--	>9	17,7	20,6	60,3	42,7
3	2,20	3,60	C	93,2	9,0	19,2	20,0	--	--
4	3,60	5,40	I	--	8,3	17,7	20,6	24,7	32,7
5	5,40	6,80	C	34,3	3,0	17,3	18,1	--	--
6	6,80	7,20	I	--	2,5	17,7	20,6	12,2	27,9
7	7,20	9,20	C	42,2	3,8	17,6	18,4	--	--
8	9,20	10,60	I	--	5,6	17,7	20,6	41,7	33,9
9	10,60	12,60	C	47,1	4,3	17,7	18,5	--	--
10	12,60	15,00	I	--	2,3	17,7	20,6	18,0	26,6
11	15,00	16,20	C	60,8	5,7	18,1	18,9	--	--
12	16,20	18,60	I	--	4,3	18,6	21,6	46,9	33,2
13	18,60	20,40	C	68,6	6,5	18,3	19,1	--	--
14	20,40	25,20	I	--	4,8	17,7	20,6	49,0	32,8
15	25,20	26,20	C	157,9	9,0	19,9	20,6	--	--
16	26,20	27,00	I	--	4,1	17,7	20,6	46,0	31,5
17	27,00	28,60	C	95,1	9,0	18,8	19,6	--	--
18	28,60	29,20	I	--	1,7	18,6	21,6	32,4	27,6
19	29,20	30,00	I	--	0,7	18,6	21,6	5,0	16,8

CPT2 (modello sintetico)

Nr.	Prof. da	Prof. a	Tipo	Cu	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi
1	0,00	1,00	C	31,4	2,7	17,5	18,2	--	--
2	1,00	1,40	C	84,3	8,1	19,1	19,9	--	--
3	1,40	2,60	I	--	>9	18,6	21,6	43,6	39,3
4	2,60	3,00	I	--	6,2	17,7	20,6	24,0	34,2
5	3,00	5,20	I	--	5,4	17,7	20,6	21,3	32,3
6	5,20	8,00	C	39,2	3,5	17,6	18,3	--	--
7	8,00	8,40	I	--	2,7	18,6	21,6	19,8	29,5
8	8,40	9,20	C	47,1	4,3	17,9	18,6	--	--
9	9,20	10,40	I	--	6,6	18,6	21,6	52,4	36,3
10	10,40	12,40	C	44,1	4,0	17,6	18,4	--	--
11	12,40	15,00	I	--	2,3	17,7	20,6	19,5	27,1
12	15,00	15,80	C	71,6	6,9	18,5	19,3	--	--
13	15,80	18,40	I	--	4,7	17,7	20,6	39,0	31,5
14	18,40	20,00	C	63,7	6,0	18,1	18,9	--	--
15	20,00	25,20	I	--	4,4	17,7	20,6	48,2	32,6
16	25,20	25,80	C	112,8	9,0	19,2	20,0	--	--
17	25,80	27,20	I	--	2,7	17,7	20,6	31,5	27,8
18	27,20	28,60	C	97,1	9,0	18,8	19,6	--	--
19	28,60	29,20	I	--	1,8	18,6	21,6	32,7	27,7
20	29,20	30,00	I	--	0,7	18,6	21,6	5,0	16,4

CPT3 (modello sintetico)

Nr.	Prof. da	Prof. a	Tipo	Cu	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi
1	0,00	0,80	C	39,2	3,5	17,8	18,6	--	--
2	0,80	1,60	C	121,6	9,0	19,7	20,5	--	--
3	1,60	3,20	I	--	>9	17,7	20,6	48,5	39,6
4	3,20	4,40	I	--	7,6	18,6	21,6	36,6	35,8
5	4,40	8,00	C	40,2	3,6	17,6	18,4	--	--
6	8,00	8,40	I	--	2,8	18,6	21,6	19,6	29,4
7	8,40	9,20	C	47,1	4,3	17,9	18,6	--	--
8	9,20	10,40	I	--	7,1	17,7	20,6	46,8	35,1
9	10,40	12,20	C	46,1	4,2	17,7	18,5	--	--
10	12,20	14,80	I	--	2,8	17,7	20,6	22,0	27,9
11	14,80	15,20	C	80,4	7,7	18,7	19,5	--	--
12	15,20	18,20	I	--	3,3	17,7	20,6	31,6	29,8
13	18,20	19,80	C	52,0	4,8	17,6	18,4	--	--
14	19,80	25,00	I	--	4,9	17,7	20,6	50,5	33,2
15	25,00	25,80	C	132,4	9,0	19,5	20,3	--	--
16	25,80	26,80	I	--	3,3	17,7	20,6	42,9	30,8
17	26,80	28,00	C	90,2	8,7	18,7	19,4	--	--
18	28,00	29,00	I	--	1,7	18,6	21,6	25,3	25,3
19	29,00	30,00	I	--	0,7	17,7	20,6	5,0	15,9

Si ricorda che i valori ottenuti sono indicativi e talvolta non paragonabili ai risultati di prove dirette di laboratorio. Si ricorda, inoltre, come i vari metodi di correlazione presenti in letteratura siano generalmente riferiti a determinati terreni presenti in determinati siti, e che non necessariamente sono in grado di restituire valori adeguati e corrispondenti alla realtà per altri terreni e per altri siti. I valori qui espressi vanno quindi intesi come indicazioni di massima e si raccomanda di procedere con determinazioni dirette in laboratorio qualora l'importanza dell'intervento lo richiedesse.

Le indagini geognostiche eseguite nel sito hanno permesso la misura diretta della profondità della superficie piezometrica che è risultata essere al momento delle misure:

	CPT1	CPT2	CPT3
Profondità falda da p.c. (m)	2,45 m	2,50 m	2,40 m

Tali valori sono rappresentativi delle interferenze tra le piezometrie dei diversi acquiferi incontrati durante l'esecuzione delle indagini in sito. Per la misura del reale livello piezometrico del primo acquifero confinato e per la valutazione di eventuali oscillazioni stagionali si consiglia l'installazione in foro di sondaggio di un piezometro a tubo aperto e l'esecuzione di un monitoraggio piezometrico annuale.

VERIFICA DELLA LIQUEFACIBILITÀ

Metodo che utilizzano Prove Statiche (CPT)	Magnitudo di riferimento (M)	Indagine	Indice del Potenziale di Liquefazione (IP_L)	Rischio liquefazione
Robertson e Wide (1998)	6,8	CPT1	0,208	Basso
		CPT2	0,198	Basso
		CPT3	0,201	Basso

FREQUENZA FONDAMENTALE DI RISONANZA DI SITO

Frequenza fondamentale di risonanza di sito
63,97 ± 13,87 Hz

MODELLO SISMO – STRATIGRAFICO INTERPRETATIVO

Misura H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori [m]	Profondità [m]
I SISMOSTRATO	160	10	0,0 –10
II SISMOSTRATO	250	50	10 – 60
III SISMOSTRATO	370	Semisp.	60 – Semisp.

VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO FINO A 30 M DAL PIANO DI POSA DELLE FONDAZIONI

Profondità piano di posa fondazioni	Vs,30
0 m da p.c.	Vs (0-30) ≈ 211 m/s

CATEGORIA SISMICA DI SOTTOSUOLO

C	***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti,*** con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

CATEGORIA TOPOGRAFICA

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°	-	1.0

ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA IN SUPERFICIE: COMPONENTE ORIZZONTALE

Vita Nominale	Classe d'Uso	Stato limite	Tempo di Ritorno	a_g	F_0	S_S	S_T	a_{max}
50	II	SLO	30	0,030	2,535	1,5	1	0,447
		SLD	50	0,037	2,564	1,5	1	0,544
		SLV	475	0,089	2,599	1,5	1	1,316
		SLC	975	0,116	2,595	1,5	1	1,701

ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA IN SUPERFICIE: COMPONENTE VERTICALE

Vita Nominale	Classe d'Uso	Stato limite	Tempo di Ritorno	Fv
50	II	SLO	30	0,060
		SLD	50	0,068
		SLV	475	0,107
		SLC	975	1,122

SPOSTAMENTO E VELOCITÀ ORIZZONTALI DEL TERRENO

tempo di ritorno	45	75	712	1462
dg (m)	0,009	0,011	0,027	0,042
vg (m/s)	0,005	0,006	0,013	0,021

In relazione a quanto emerso dal presente studio e in base alle considerazioni riportate nell'elaborato, si consiglia di approfondire lo studio geologico e geotecnico, nelle fasi progettuali successive, attraverso almeno:

- l'esecuzione di altre prove penetrometriche statiche per verificare la presenza di eventuali variazioni stratigrafiche areali (dovute all'eventuale presenza di paleoalvei in corrispondenza del sito in oggetto);

- l'esecuzione di almeno 1 carotaggio continuo per la definizione della stratigrafia del sito, per l'individuazione di terreni particolarmente scadenti dal punto di visto geotecnico e per il prelievo di campioni indisturbati da sottoporre ad analisi di laboratorio geotecnico. Si ricorda come sia necessario porre particolare attenzione nel caso in cui si evidenzi la possibile presenza di livelli costituiti da argille organiche e/o torbe, in quanto sono terreni soggetti a fenomeni di compattazione, responsabili del verificarsi di cedimenti talvolta di una certa entità;

- l'installazione di almeno 1 piezometro per il rilevamento della quota di falda e per l'esecuzione di un monitoraggio dei livelli piezometrici.

Tali indagini integrative sono ritenute necessarie per verificare l'eventuale omogeneità stratigrafica areale, per determinare gli effettivi parametri geotecnici dei terreni e per misurare la reale profondità della superficie piezometrica. Con i dati sopra indicati è quindi possibile eseguire le opportune e corrette verifiche geotecniche per le fondazioni dell'opera, per la verifica dei relativi cedimenti e per la progettazione degli scavi in sicurezza.

Dr. Geol. Julien Perin

BIBLIOGRAFIA

Baldi, G. et al., 1981 – *Cone Resistance of a Dry Medium Sand, 10th ICSMFE*, Stockolm, vol. 2 pp. 427-432;

Baldi, G. et al., 1986 – *Drained penetration on sands*, Proc. IV Int. Geot. Seminar on Field Instrumentation and In Situ Measurements, Nanyang Tech. Inst., Singapore (2a parte);

Baldi, G. et al., 1986 – *Flat Dilatometers Tests in Calibration Chambers*, Proc. Spec. Conf. ASCE, in situ '86, Blacksburg (USA);

Baldi, G. et al., 1988 – *Stiffness of sands from CPT, SPT and DMT*. A critical review. Conference on Penetration Testing in the UK, Birmingham;

Begemann H. K., 1965 – *The friction jacket cone as an aid in determining the soil profile*, VI International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Montreal.

Bruschi A., 2010 – Prove Geotecniche in situ. Dario Flacovio Editore;

Cestari F., 2005 – *Prove geotecniche in sito*. Edizioni Geo-Graph – Segrate;

Cetraro F., 2007 – *Ingegneria geotecnica e geologia applicata*. EPC Libri;

Colombo P. e Coleselli F., 1996 – *Geotecnica*. Zanichelli

Di Francesco R., 2010 – *Geotecnica*. Ed. Dario Flaccovio;.

Di Francesco R., 2011 – *Analisi geotecniche di fondazioni superficiali e pali*. Ed. Dario Flaccovio;

Garbin F. e Ridolfi S. S., 2010 – *Geologia e geotecnica stradale*. Ed. Dario Flaccovio;

Imai T., Tonouchi K., 1982 – *Correlation of N value with S-wave velocity and shear modulus*, ESOPT 2, Amsterdam, 1, 67-72, Balkema;

Kulhawy F.H., Mayne P.W., 1990 – *Manual on estimating soil properties for foundation design*, Electric Power Research Institute, EL-6800, Research Project 1493-6;

Lancellotta R., 2006 – *Geotecnica*. Zanichelli

Lunne, P.K. Robertson and Powell J.J.M., 1977 – *Cone Penetration Test in Geotechnical Pratice* – B.A. & P;

Meyerhof G.G., 1951 – *The ultimate bearing capacity of foundations*, Geotechnique, 2, 301-332;

Monaco S.G., 2008 – *Liquefazione dei terreni in condizioni sismiche*. Ed. EPC libri;

Piacentini – Righi, 1988 – *Valutazione Compressibilità dei terreni e Consolidamento in base ai risultati di prove penetrometriche statiche* – Inarcos Bologna;

Regoliosi P. e Ridolfi S. S., 2005 – *Introduzione alla geotecnica*. Ed. Dario Flaccovio;

Reynolds John M., 2000 – *An introduction to applied and environmental geophysics*. Ed. Wiley;

Riga G., 2010 – G*eologia applicata e ingegneria geotecnica.*Ed. Dario Flaccovio;

Riga G., 2011 – E*sercizi risolti di ingegneria geotecnica e geologia applicata.* Vol. 1. EPC Editore;

Riga G., 2011 – E*sercizi risolti di ingegneria geotecnica e geologia applicata.*Vol. 2. EPC Editore;

Robertson P.K., 1990 – *Soil classification using the cone penetration test*, CGJ, vol. 20;

Robertson P.K. e Campanella R.G., 1983 – *Interpretation of Cone Penetration Tests*, CGJ, vol. 20, n. 4, pp.718-745;

Schmertmann J.H., 1977 – *Interpreting the Dynamics of the Standard Penetration Test*, Univ. of Florida, Gainesville (USA);

Schmertmann J.H., 1978 – *Guidelines forcone tests, performance and design*, Federal Highway Administration, report FHWA-TS-78-209;

Tanzini M., 2006 – *Fondazioni*. Ed. Dario Flaccovio;

Tanzini M., 2010 – *Manuale del geotecnico*. Vol. 1. Ed. Dario Flaccovio;

Tanzini M., 2010 – *Manuale del geotecnico*. Vol. 2. Ed. Dario Flaccovio;

Tanzini M., 2011 – *L'indagine geotecnica*. Ed. Dario Flaccovio;

Tanzini M., 2011 – *Fenomeni franosi ed opere di stabilizzazione*. Ed. Dario Flaccovio;

Veronese L., Garbari, T., 2004 – *Esperienze di misura Vs30 con la tecnica RefractionMicrotremor (ReMi)*. Atti del Convegno;

Wayne P.W., 1991 – *Determination of OCR in Clays By Piezocone Tests. Soils & Foundations*, Vol. 32 pp. 190-192;

Lambe T.W. e Whitman R.V., 1997. *Meccanica dei terreni*. Dario Flacovio Editore.

APPENDICE 1

GEODIS SRL
VIA G. MATTEOTTI. 20
30035 MIRANO (VE)
www.geodisimpresa.com - info@geodisimpresa.com

Probe CPT - Cone Penetration CPT1
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Sig.ra Cometti Marisa
Cantiere: Area Cometti
Località: via L. Giussani - Spinea (VE)

Data: 15/03/2019

PROVA CPT1

LETTURE E RESISTENZE

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0133	0,0	
0,40	3,00	5,0	0,3135	0,0133	23,6	4,2
0,60	4,00	6,0	0,4135	0,0133	31,1	3,2
0,80	5,00	7,0	0,5135	0,0133	38,6	2,6
1,00	3,00	5,0	0,3135	0,0133	23,6	4,2
1,20	2,00	4,0	0,2271	0,0333	6,8	14,7
1,40	5,00	10,0	0,5271	0,0333	15,8	6,3
1,60	8,00	13,0	0,8271	0,1267	6,5	15,3
1,80	37,00	56,0	3,7271	0,1333	28,0	3,6
2,00	49,00	69,0	4,9271	0,06	82,1	1,2
2,20	41,00	50,0	4,1406	0,0667	62,1	1,6
2,40	17,00	27,0	1,7406	0,08	21,8	4,6
2,60	25,00	37,0	2,5406	0,06	42,3	2,4
2,80	26,00	35,0	2,6406	0,0667	39,6	2,5
3,00	19,00	29,0	1,9406	0,04	48,5	2,1
3,20	13,00	19,0	1,3541	0,06	22,6	4,4
3,40	21,00	30,0	2,1541	0,0467	46,1	2,2
3,60	26,00	33,0	2,6541	0,04	66,4	1,5
3,80	35,00	41,0	3,5541	0,06	59,2	1,7
4,00	45,00	54,0	4,5541	0,1933	23,6	4,2
4,20	40,00	69,0	4,0677	0,14	29,1	3,4
4,40	32,00	53,0	3,2677	0,0533	61,3	1,6
4,60	19,00	27,0	1,9677	0,0867	22,7	4,4
4,80	15,00	28,0	1,5677	0,08	19,6	5,1
5,00	19,00	31,0	1,9677	0,0133	147,9	0,7
5,20	7,00	9,0	0,7812	0,04	19,5	5,1
5,40	23,00	29,0	2,3812	0,0333	71,5	1,4
5,60	6,00	11,0	0,6812	0,02	34,1	2,9
5,80	3,00	6,0	0,3812	0,0333	11,4	8,7
6,00	7,00	12,0	0,7812	0,0267	29,3	3,4
6,20	10,00	14,0	1,0947	0,0467	23,4	4,3
6,40	9,00	16,0	0,9947	0,04	24,9	4,0
6,60	7,00	13,0	0,7947	0,02	39,7	2,5
6,80	10,00	13,0	1,0947	0,04	27,4	3,7
7,00	18,00	24,0	1,8947	0,0267	71,0	1,4
7,20	13,00	17,0	1,4083	0,0333	42,3	2,4
7,40	8,00	13,0	0,9083	0,04	22,7	4,4
7,60	6,00	12,0	0,7083	0,04	17,7	5,6
7,80	7,00	13,0	0,8083	0,04	20,2	4,9
8,00	8,00	14,0	0,9083	0,0333	27,3	3,7
8,20	6,00	11,0	0,7218	0,0467	15,5	6,5
8,40	9,00	16,0	1,0218	0,04	25,5	3,9
8,60	13,00	19,0	1,4218	0,04	35,5	2,8
8,80	11,00	17,0	1,2218	0,0267	45,8	2,2
9,00	10,00	14,0	1,1218	0,0467	24,0	4,2
9,20	6,00	13,0	0,7353	0,0467	15,7	6,4
9,40	28,00	35,0	2,9353	0,0467	62,9	1,6
9,60	113,00	120,0	11,4353	0,0933	122,6	0,8
9,80	117,00	131,0	11,8353	0,1667	71,0	1,4
10,00	83,00	108,0	8,4353	0,0533	158,3	0,6
10,20	97,00	105,0	9,8489	0,22	44,8	2,2
10,40	68,00	101,0	6,9489	0,0267	260,3	0,4
10,60	23,00	27,0	2,4489	0,0467	52,4	1,9

10,80	7,00	14,0	0,8489	0,02	42,4	2,4
11,00	5,00	8,0	0,6489	0,0267	24,3	4,1
11,20	6,00	10,0	0,7624	0,02	38,1	2,6
11,40	7,00	10,0	0,8624	0,0333	25,9	3,9
11,60	11,00	16,0	1,2624	0,0333	37,9	2,6
11,80	10,00	15,0	1,1624	0,0333	34,9	2,9
12,00	16,00	21,0	1,7624	0,0333	52,9	1,9
12,20	11,00	16,0	1,2759	0,0333	38,3	2,6
12,40	12,00	17,0	1,3759	0,04	34,4	2,9
12,60	10,00	16,0	1,1759	0,06	19,6	5,1
12,80	37,00	46,0	3,8759	0,1	38,8	2,6
13,00	39,00	54,0	4,0759	0,0867	47,0	2,1
13,20	38,00	51,0	3,9895	0,0333	119,8	0,8
13,40	55,00	60,0	5,6895	0,0733	77,6	1,3
13,60	25,00	36,0	2,6895	0,0467	57,6	1,7
13,80	21,00	28,0	2,2895	0,04	57,2	1,7
14,00	10,00	16,0	1,1895	0,02	59,5	1,7
14,20	17,00	20,0	1,903	0,0333	57,1	1,7
14,40	19,00	24,0	2,103	0,0333	63,2	1,6
14,60	29,00	34,0	3,103	0,08	38,8	2,6
14,80	70,00	82,0	7,203	0,1	72,0	1,4
15,00	65,00	80,0	6,703	0,0467	143,5	0,7
15,20	15,00	22,0	1,7165	0,04	42,9	2,3
15,40	18,00	24,0	2,0165	0,02	100,8	1,0
15,60	12,00	15,0	1,4165	0,0467	30,3	3,3
15,80	7,00	14,0	0,9165	0,0267	34,3	2,9
16,00	8,00	12,0	1,0165	0,04	25,4	3,9
16,20	18,00	24,0	2,0301	0,18	11,3	8,9
16,40	85,00	112,0	8,7301	0,0933	93,6	1,1
16,60	113,00	127,0	11,5301	0,0733	157,3	0,6
16,80	99,00	110,0	10,1301	0,1467	69,1	1,4
17,00	101,00	123,0	10,3301	0,26	39,7	2,5
17,20	83,00	122,0	8,5436	0,1133	75,4	1,3
17,40	121,00	138,0	12,3436	0,3	41,1	2,4
17,60	89,00	134,0	9,1436	0,0467	195,8	0,5
17,80	138,00	145,0	14,0436	0,04	351,1	0,3
18,00	118,00	124,0	12,0436	0,06	200,7	0,5
18,20	100,00	109,0	10,2571	0,0733	139,9	0,7
18,40	81,00	92,0	8,3571	0,1267	66,0	1,5
18,60	40,00	59,0	4,2571	0,0333	127,8	0,8
18,80	14,00	19,0	1,6571	0,0267	62,1	1,6
19,00	12,00	16,0	1,4571	0,0267	54,6	1,8
19,20	11,00	15,0	1,3707	0,0533	25,7	3,9
19,40	8,00	16,0	1,0707	0,04	26,8	3,7
19,60	13,00	19,0	1,5707	0,0333	47,2	2,1
19,80	12,00	17,0	1,4707	0,0467	31,5	3,2
20,00	13,00	20,0	1,5707	0,0267	58,8	1,7
20,20	11,00	15,0	1,3842	0,04	34,6	2,9
20,40	16,00	22,0	1,8842	0,02	94,2	1,1
20,60	49,00	52,0	5,1842	0,0933	55,6	1,8
20,80	50,00	64,0	5,2842	0,0933	56,6	1,8
21,00	87,00	101,0	8,9842	0,1533	58,6	1,7
21,20	137,00	160,0	13,9977	0,0333	420,4	0,2
21,40	148,00	153,0	15,0977	0,2533	59,6	1,7
21,60	81,00	119,0	8,3977	0,04	209,9	0,5
21,80	147,00	153,0	14,9977	0,0933	160,7	0,6
22,00	189,00	203,0	19,1977	0,1933	99,3	1,0
22,20	202,00	231,0	20,5113	0,46	44,6	2,2

22,40	83,00	152,0	8,6113	0,4267	20,2	5,0
22,60	116,00	180,0	11,9113	0,2667	44,7	2,2
22,80	109,00	149,0	11,2113	0,1	112,1	0,9
23,00	94,00	109,0	9,7113	0,1733	56,0	1,8
23,20	99,00	125,0	10,2248	0,1333	76,7	1,3
23,40	156,00	176,0	15,9248	0,4	39,8	2,5
23,60	131,00	191,0	13,4248	0,3533	38,0	2,6
23,80	126,00	179,0	12,9248	0,18	71,8	1,4
24,00	104,00	131,0	10,7248	0,2133	50,3	2,0
24,20	129,00	161,0	13,2383	0,28	47,3	2,1
24,40	177,00	219,0	18,0383	0,4467	40,4	2,5
24,60	124,00	191,0	12,7383	0,1733	73,5	1,4
24,80	202,00	228,0	20,5383	0,2533	81,1	1,2
25,00	101,00	139,0	10,4383	0,0533	195,8	0,5
25,20	63,00	71,0	6,6519	0,1	66,5	1,5
25,40	17,00	32,0	2,0519	0,0667	30,8	3,3
25,60	26,00	36,0	2,9519	0,0467	63,2	1,6
25,80	18,00	25,0	2,1519	0,0867	24,8	4,0
26,00	36,00	49,0	3,9519	0,1	39,5	2,5
26,20	43,00	58,0	4,6654	0,0667	69,9	1,4
26,40	119,00	129,0	12,2654	0,38	32,3	3,1
26,60	105,00	162,0	10,8654	0,28	38,8	2,6
26,80	99,00	141,0	10,2654	0,1733	59,2	1,7
27,00	91,00	117,0	9,4654	0,0467	202,7	0,5
27,20	13,00	20,0	1,6789	0,0467	36,0	2,8
27,40	12,00	19,0	1,5789	0,0267	59,1	1,7
27,60	16,00	20,0	1,9789	0,04	49,5	2,0
27,80	17,00	23,0	2,0789	0,0333	62,4	1,6
28,00	19,00	24,0	2,2789	0,0867	26,3	3,8
28,20	22,00	35,0	2,5925	0,0333	77,9	1,3
28,40	19,00	24,0	2,2925	0,0267	85,9	1,2
28,60	18,00	22,0	2,1925	0,1333	16,4	6,1
28,80	37,00	57,0	4,0925	0,0333	122,9	0,8
29,00	99,00	104,0	10,2925	0,0533	193,1	0,5
29,20	61,00	69,0	6,506	0,08	81,3	1,2
29,40	14,00	26,0	1,806	0,0333	54,2	1,8
29,60	17,00	22,0	2,106	0,0533	39,5	2,5
29,80	22,00	30,0	2,606	0,04	65,2	1,5
30,00	28,00	34,0	3,206	0,0		0,0

INTERPRETAZIONE LITOLOGICA (SCHMERTMANN, 1978)

Prof. Strato (m)	qc Distribuzione normale R.C. (Mpa)	fs Distribuzione normale R.C. (Mpa)	Gamma (KN/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,60	0,2593	0,0325	14,6	Coesivo	Argille organiche e terreni misti
2,20	4,2649	0,0867	19,2	Incoerente	Sabbie
3,60	1,8593	0,0562	19,2	Coesivo	Argille sabbiose e limose
5,40	2,0327	0,0778	19,1	Incoerente	Argille sabbiose e limose
6,80	0,6842	0,0324	17,7	Coesivo	Argilla inorganica di media consistenza
7,20	1,6515	0,03	18,7	Incoerente	Sabbie Sciolte
9,20	0,8402	0,04	17,9	Coesivo	Argilla inorganica di media consistenza
10,60	5,5057	0,0933	19,4	Incoerente	Sabbie
12,60	0,9479	0,0333	17,9	Coesivo	Argille sabbiose e limose
15,00	2,8574	0,0578	18,8	Incoerente	Sabbie

16,20	1,2217	0,0589	18,5	Coesivo	Argilla inorganica compatta
18,60	8,8396	0,1139	19,6	Incoerente	Sabbie
20,40	1,3775	0,0348	18,1	Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
25,20	10,9788	0,2069	20,2	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
26,20	3,1546	0,0734	19,2	Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
27,00	10,7154	0,22	20,9	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
28,60	1,9022	0,0533	18,7	Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
29,20	6,9637	0,0555	19,0	Incoerente	Sabbie
30,00	2,431	0,0317	18,5	Incoerente	Sabbie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Nr: Numero progressivo strato
Prof: Profondità strato (m)
Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente.
Cu: Coesione non drenata (KPa)
OCR: Grado di sovraconsolidazione
Puv: Peso unità di volume (KN/m³)
PuvS: Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Dr: Densità relativa (%)
Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)

Nr.	Prof. da	Prof. a	Tipo	Cu	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi
1	0,00	1,60	C	12,7	0,8	15,9	16,7	--	--
2	1,60	2,20	I	--	>9	17,7	20,6	60,3	42,7
3	2,20	3,60	C	93,2	9,0	19,2	20,0	--	--
4	3,60	5,40	I	--	8,3	17,7	20,6	24,7	32,7
5	5,40	6,80	C	34,3	3,0	17,3	18,1	--	--
6	6,80	7,20	I	--	2,5	17,7	20,6	12,2	27,9
7	7,20	9,20	C	42,2	3,8	17,6	18,4	--	--
8	9,20	10,60	I	--	5,6	17,7	20,6	41,7	33,9
9	10,60	12,60	C	47,1	4,3	17,7	18,5	--	--
10	12,60	15,00	I	--	2,3	17,7	20,6	18,0	26,6
11	15,00	16,20	C	60,8	5,7	18,1	18,9	--	--
12	16,20	18,60	I	--	4,3	18,6	21,6	46,9	33,2
13	18,60	20,40	C	68,6	6,5	18,3	19,1	--	--
14	20,40	25,20	I	--	4,8	17,7	20,6	49,0	32,8
15	25,20	26,20	C	157,9	9,0	19,9	20,6	--	--
16	26,20	27,00	I	--	4,1	17,7	20,6	46,0	31,5
17	27,00	28,60	C	95,1	9,0	18,8	19,6	--	--
18	28,60	29,20	I	--	1,7	18,6	21,6	32,4	27,6
19	29,20	30,00	I	--	0,7	18,6	21,6	5,0	16,8

GEODIS SRL
VIA G. MATTEOTTI. 20
30035 MIRANO (VE)
www.geodisimpresa.com - info@geodisimpresa.com

Probe CPT - Cone Penetration CPT2
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Sig.ra Cometti Marisa
Cantiere: Area Cometti
Località: via L. Giussani - Spinea (VE)

Data: 15/03/2019

PROVA CPT2

LETTURE E RESISTENZE

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0267	0,0	
0,40	3,00	7,0	0,3135	0,0533	5,9	17,0
0,60	8,00	16,0	0,8135	0,0267	30,5	3,3
0,80	10,00	14,0	1,0135	0,0333	30,4	3,3
1,00	10,00	15,0	1,0135	0,04	25,3	3,9
1,20	19,00	25,0	1,9271	0,06	32,1	3,1
1,40	14,00	23,0	1,4271	0,0867	16,5	6,1
1,60	26,00	39,0	2,6271	0,04	65,7	1,5
1,80	28,00	34,0	2,8271	0,04	70,7	1,4
2,00	31,00	37,0	3,1271	0,04	78,2	1,3
2,20	28,00	34,0	2,8406	0,04	71,0	1,4
2,40	26,00	32,0	2,6406	0,0533	49,5	2,0
2,60	22,00	30,0	2,2406	0,0267	83,9	1,2
2,80	12,00	16,0	1,2406	0,0267	46,5	2,2
3,00	18,00	22,0	1,8406	0,0267	68,9	1,5
3,20	43,00	47,0	4,3541	0,04	108,9	0,9
3,40	25,00	31,0	2,5541	0,04	63,9	1,6
3,60	27,00	33,0	2,7541	0,04	68,9	1,5
3,80	19,00	25,0	1,9541	0,04	48,9	2,0
4,00	14,00	20,0	1,4541	0,0733	19,8	5,0
4,20	20,00	31,0	2,0677	0,04	51,7	1,9
4,40	15,00	21,0	1,5677	0,0533	29,4	3,4
4,60	20,00	28,0	2,0677	0,0333	62,1	1,6
4,80	22,00	27,0	2,2677	0,02	113,4	0,9
5,00	6,00	9,0	0,6677	0,0333	20,1	5,0
5,20	19,00	24,0	1,9812	0,02	99,1	1,0
5,40	6,00	9,0	0,6812	0,02	34,1	2,9
5,60	7,00	10,0	0,7812	0,02	39,1	2,6
5,80	8,00	11,0	0,8812	0,02	44,1	2,3
6,00	7,00	10,0	0,7812	0,0133	58,7	1,7
6,20	6,00	8,0	0,6947	0,0067	103,7	1,0
6,40	7,00	8,0	0,7947	0,0267	29,8	3,4
6,60	6,00	10,0	0,6947	0,02	34,7	2,9
6,80	11,00	14,0	1,1947	0,0333	35,9	2,8
7,00	9,00	14,0	0,9947	0,02	49,7	2,0
7,20	7,00	10,0	0,8083	0,02	40,4	2,5
7,40	6,00	9,0	0,7083	0,0267	26,5	3,8
7,60	9,00	13,0	1,0083	0,0267	37,8	2,6
7,80	7,00	11,0	0,8083	0,0133	60,8	1,6
8,00	9,00	11,0	1,0083	0,0267	37,8	2,6
8,20	11,00	15,0	1,2218	0,04	30,5	3,3
8,40	33,00	39,0	3,4218	0,0267	128,2	0,8
8,60	7,00	11,0	0,8218	0,0267	30,8	3,2
8,80	8,00	12,0	0,9218	0,0267	34,5	2,9
9,00	8,00	12,0	0,9218	0,04	23,0	4,3
9,20	10,00	16,0	1,1353	0,1267	9,0	11,2
9,40	64,00	83,0	6,5353	0,0867	75,4	1,3
9,60	105,00	118,0	10,6353	0,0733	145,1	0,7
9,80	123,00	134,0	12,4353	0,1	124,4	0,8
10,00	139,00	154,0	14,0353	0,1067	131,5	0,8
10,20	146,00	162,0	14,7489	0,1267	116,4	0,9
10,40	44,00	63,0	4,5489	0,02	227,4	0,4

10,60	10,00	13,0	1,1489	0,02	57,4	1,7
10,80	7,00	10,0	0,8489	0,02	42,4	2,4
11,00	6,00	9,0	0,7489	0,0133	56,3	1,8
11,20	5,00	7,0	0,6624	0,0133	49,8	2,0
11,40	7,00	9,0	0,8624	0,04	21,6	4,6
11,60	10,00	16,0	1,1624	0,0333	34,9	2,9
11,80	8,00	13,0	0,9624	0,0467	20,6	4,9
12,00	9,00	16,0	1,0624	0,04	26,6	3,8
12,20	12,00	18,0	1,3759	0,0333	41,3	2,4
12,40	9,00	14,0	1,0759	0,08	13,4	7,4
12,60	37,00	49,0	3,8759	0,04	96,9	1,0
12,80	28,00	34,0	2,9759	0,0333	89,4	1,1
13,00	27,00	32,0	2,8759	0,0867	33,2	3,0
13,20	38,00	51,0	3,9895	0,0467	85,4	1,2
13,40	13,00	20,0	1,4895	0,0733	20,3	4,9
13,60	47,00	58,0	4,8895	0,04	122,2	0,8
13,80	79,00	85,0	8,0895	0,04	202,2	0,5
14,00	13,00	19,0	1,4895	0,0467	31,9	3,1
14,20	22,00	29,0	2,403	0,06	40,1	2,5
14,40	31,00	40,0	3,303	0,08	41,3	2,4
14,60	52,00	64,0	5,403	0,1	54,0	1,9
14,80	55,00	70,0	5,703	0,04	142,6	0,7
15,00	28,00	34,0	3,003	0,0533	56,3	1,8
15,20	10,00	18,0	1,2165	0,0267	45,6	2,2
15,40	9,00	13,0	1,1165	0,0467	23,9	4,2
15,60	18,00	25,0	2,0165	0,02	100,8	1,0
15,80	12,00	15,0	1,4165	0,04	35,4	2,8
16,00	19,00	25,0	2,1165	0,1867	11,3	8,8
16,20	84,00	112,0	8,6301	0,1667	51,8	1,9
16,40	89,00	114,0	9,1301	0,1867	48,9	2,0
16,60	87,00	115,0	8,9301	0,0533	167,5	0,6
16,80	102,00	110,0	10,4301	0,1667	62,6	1,6
17,00	91,00	116,0	9,3301	0,38	24,6	4,1
17,20	65,00	122,0	6,7436	0,2	33,7	3,0
17,40	114,00	144,0	11,6436	0,1667	69,8	1,4
17,60	101,00	126,0	10,3436	0,1133	91,3	1,1
17,80	98,00	115,0	10,0436	0,2333	43,1	2,3
18,00	72,00	107,0	7,4436	0,06	124,1	0,8
18,20	36,00	45,0	3,8571	0,1	38,6	2,6
18,40	41,00	56,0	4,3571	0,0333	130,8	0,8
18,60	19,00	24,0	2,1571	0,02	107,9	0,9
18,80	8,00	11,0	1,0571	0,02	52,9	1,9
19,00	9,00	12,0	1,1571	0,0467	24,8	4,0
19,20	12,00	19,0	1,4707	0,0267	55,1	1,8
19,40	13,00	17,0	1,5707	0,0267	58,8	1,7
19,60	11,00	15,0	1,3707	0,0267	51,3	1,9
19,80	9,00	13,0	1,1707	0,0467	25,1	4,0
20,00	17,00	24,0	1,9707	0,08	24,6	4,1
20,20	53,00	65,0	5,5842	0,0733	76,2	1,3
20,40	50,00	61,0	5,2842	0,3	17,6	5,7
20,60	78,00	123,0	8,0842	0,0333	242,8	0,4
20,80	106,00	111,0	10,8842	0,04	272,1	0,4
21,00	46,00	52,0	4,8842	0,2867	17,0	5,9
21,20	69,00	112,0	7,1977	0,06	120,0	0,8
21,40	126,00	135,0	12,8977	0,1933	66,7	1,5
21,60	121,00	150,0	12,3977	0,1	124,0	0,8
21,80	170,00	185,0	17,2977	0,2133	81,1	1,2
22,00	109,00	141,0	11,1977	0,56	20,0	5,0

22,20	94,00	178,0	9,7113	0,26	37,4	2,7
22,40	153,00	192,0	15,6113	0,2467	63,3	1,6
22,60	101,00	138,0	10,4113	0,14	74,4	1,3
22,80	106,00	127,0	10,9113	0,0867	125,9	0,8
23,00	98,00	111,0	10,1113	0,3933	25,7	3,9
23,20	137,00	196,0	14,0248	0,12	116,9	0,9
23,40	147,00	165,0	15,0248	0,18	83,5	1,2
23,60	176,00	203,0	17,9248	0,14	128,0	0,8
23,80	183,00	204,0	18,6248	0,1267	147,0	0,7
24,00	128,00	147,0	13,1248	0,1667	78,7	1,3
24,20	167,00	192,0	17,0383	0,22	77,4	1,3
24,40	131,00	164,0	13,4383	0,3	44,8	2,2
24,60	102,00	147,0	10,5383	0,2333	45,2	2,2
24,80	163,00	198,0	16,6383	0,1333	124,8	0,8
25,00	156,00	176,0	15,9383	0,08	199,2	0,5
25,20	56,00	68,0	5,9519	0,0733	81,2	1,2
25,40	18,00	29,0	2,1519	0,1	21,5	4,6
25,60	23,00	38,0	2,6519	0,0467	56,8	1,8
25,80	16,00	23,0	1,9519	0,08	24,4	4,1
26,00	41,00	53,0	4,4519	0,0733	60,7	1,6
26,20	37,00	48,0	4,0654	0,2867	14,2	7,1
26,40	109,00	152,0	11,2654	0,18	62,6	1,6
26,60	121,00	148,0	12,4654	0,1333	93,5	1,1
26,80	89,00	109,0	9,2654	0,24	38,6	2,6
27,00	96,00	132,0	9,9654	0,0867	114,9	0,9
27,20	66,00	79,0	6,9789	0,0333	209,6	0,5
27,40	14,00	19,0	1,7789	0,0333	53,4	1,9
27,60	17,00	22,0	2,0789	0,0467	44,5	2,2
27,80	16,00	23,0	1,9789	0,0467	42,4	2,4
28,00	18,00	25,0	2,1789	0,0533	40,9	2,4
28,20	24,00	32,0	2,7925	0,04	69,8	1,4
28,40	17,00	23,0	2,0925	0,0333	62,8	1,6
28,60	16,00	21,0	1,9925	0,1333	14,9	6,7
28,80	42,00	62,0	4,5925	0,06	76,5	1,3
29,00	92,00	101,0	9,5925	0,1	95,9	1,0
29,20	65,00	80,0	6,906	0,0733	94,2	1,1
29,40	16,00	27,0	2,006	0,04	50,2	2,0
29,60	15,00	21,0	1,906	0,06	31,8	3,1
29,80	24,00	33,0	2,806	0,0467	60,1	1,7
30,00	22,00	29,0	2,606	0,0		0,0

INTERPRETAZIONE LITOLOGICA (SCHMERTMANN, 1978)

Prof. Strato (m)	qc Distribuzione normale R.C. (Mpa)	fs Distribuzione normale R.C. (Mpa)	Gamma (KN/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1,00	0,6308	0,036	14,1	Coesivo	Argille organiche e terreni misti
1,40	1,6771	0,0734	19,0	Coesivo	Argilla inorganica compatta
2,60	2,5361	0,04	18,6	Incoerente	Sabbie
3,00	1,5406	0,0267	18,1	Incoerente	Sabbie Sciolte
5,20	1,7176	0,0394	18,6	Incoerente	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
8,00	0,781	0,021	17,8	Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
8,40	2,3218	0,0334	18,5	Incoerente	Sabbie
9,20	0,9502	0,055	18,0	Coesivo	Argilla inorganica compatta
10,40	7,9555	0,0856	19,3	Incoerente	Sabbie

12,40	0,8846	0,034	18,0	Coesivo	Argilla inorganica di media consistenza
15,00	2,9981	0,0569	18,9	Incoerente	Sabbie
15,80	1,4415	0,0334	18,5	Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
18,40	6,6575	0,1574	19,8	Incoerente	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
20,00	1,2752	0,0367	18,1	Coesivo	Argille sabbiose e limose
25,20	10,6417	0,1831	20,0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
25,80	2,2519	0,0756	19,0	Coesivo	Argille sabbiose e limose
27,20	6,4665	0,1476	19,8	Incoerente	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
28,60	1,944	0,0552	18,8	Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
29,20	7,0303	0,0778	19,0	Incoerente	Sabbie
30,00	2,331	0,0367	18,7	Incoerente	Sabbie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Nr: Numero progressivo strato
Prof: Profondità strato (m)
Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente.
Cu: Coesione non drenata (KPa)
OCR: Grado di sovraconsolidazione
Puv: Peso unità di volume (KN/m³)
PuvS: Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Dr: Densità relativa (%)
Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)

Nr.	Prof. da	Prof. a	Tipo	Cu	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi
1	0,00	1,00	C	31,4	2,7	17,5	18,2	--	--
2	1,00	1,40	C	84,3	8,1	19,1	19,9	--	--
3	1,40	2,60	I	--	>9	18,6	21,6	43,6	39,3
4	2,60	3,00	I	--	6,2	17,7	20,6	24,0	34,2
5	3,00	5,20	I	--	5,4	17,7	20,6	21,3	32,3
6	5,20	8,00	C	39,2	3,5	17,6	18,3	--	--
7	8,00	8,40	I	--	2,7	18,6	21,6	19,8	29,5
8	8,40	9,20	C	47,1	4,3	17,9	18,6	--	--
9	9,20	10,40	I	--	6,6	18,6	21,6	52,4	36,3
10	10,40	12,40	C	44,1	4,0	17,6	18,4	--	--
11	12,40	15,00	I	--	2,3	17,7	20,6	19,5	27,1
12	15,00	15,80	C	71,6	6,9	18,5	19,3	--	--
13	15,80	18,40	I	--	4,7	17,7	20,6	39,0	31,5
14	18,40	20,00	C	63,7	6,0	18,1	18,9	--	--
15	20,00	25,20	I	--	4,4	17,7	20,6	48,2	32,6
16	25,20	25,80	C	112,8	9,0	19,2	20,0	--	--
17	25,80	27,20	I	--	2,7	17,7	20,6	31,5	27,8
18	27,20	28,60	C	97,1	9,0	18,8	19,6	--	--
19	28,60	29,20	I	--	1,8	18,6	21,6	32,7	27,7
20	29,20	30,00	I	--	0,7	18,6	21,6	5,0	16,4

GEODIS SRL
VIA G. MATTEOTTI. 20
30035 MIRANO (VE)
www.geodisimpresa.com - info@geodisimpresa.com

Probe CPT - Cone Penetration CPT3
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Sig.ra Cometti Marisa
Cantiere: Area Cometti
Località: via L. Giussani - Spinea (VE)

Data: 15/03/2019

PROVA CPT3

LETTURE E RESISTENZE

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,0	0,0467	0,0	
0,40	12,00	19,0	1,2135	0,04	30,3	3,3
0,60	10,00	16,0	1,0135	0,04	25,3	3,9
0,80	9,00	15,0	0,9135	0,0333	27,4	3,6
1,00	13,00	18,0	1,3135	0,0267	49,2	2,0
1,20	19,00	23,0	1,9271	0,0467	41,3	2,4
1,40	38,00	45,0	3,8271	0,0733	52,2	1,9
1,60	26,00	37,0	2,6271	0,1067	24,6	4,1
1,80	38,00	54,0	3,8271	0,08	47,8	2,1
2,00	48,00	60,0	4,8271	0,0933	51,7	1,9
2,20	31,00	45,0	3,1406	0,18	17,4	5,7
2,40	32,00	59,0	3,2406	0,0867	37,4	2,7
2,60	37,00	50,0	3,7406	0,12	31,2	3,2
2,80	28,00	46,0	2,8406	0,0733	38,8	2,6
3,00	43,00	54,0	4,3406	0,14	31,0	3,2
3,20	41,00	62,0	4,1541	0,1267	32,8	3,0
3,40	40,00	59,0	4,0541	0,0467	86,8	1,2
3,60	63,00	70,0	6,3541	0,04	158,9	0,6
3,80	50,00	56,0	5,0541	0,0733	69,0	1,5
4,00	54,00	65,0	5,4541	0,02	272,7	0,4
4,20	13,00	16,0	1,3677	0,08	17,1	5,8
4,40	21,00	33,0	2,1677	0,02	108,4	0,9
4,60	8,00	11,0	0,8677	0,04	21,7	4,6
4,80	11,00	17,0	1,1677	0,0267	43,7	2,3
5,00	14,00	18,0	1,4677	0,0333	44,1	2,3
5,20	11,00	16,0	1,1812	0,02	59,1	1,7
5,40	8,00	11,0	0,8812	0,02	44,1	2,3
5,60	4,00	7,0	0,4812	0,0533	9,0	11,1
5,80	19,00	27,0	1,9812	0,0467	42,4	2,4
6,00	10,00	17,0	1,0812	0,0267	40,5	2,5
6,20	9,00	13,0	0,9947	0,0133	74,8	1,3
6,40	6,00	8,0	0,6947	0,0267	26,0	3,8
6,60	5,00	9,0	0,5947	0,0267	22,3	4,5
6,80	7,00	11,0	0,7947	0,0267	29,8	3,4
7,00	5,00	9,0	0,5947	0,02	29,7	3,4
7,20	3,00	6,0	0,4083	0,0267	15,3	6,5
7,40	11,00	15,0	1,2083	0,02	60,4	1,7
7,60	7,00	10,0	0,8083	0,02	40,4	2,5
7,80	10,00	13,0	1,1083	0,0133	83,3	1,2
8,00	7,00	9,0	0,8083	0,04	20,2	4,9
8,20	15,00	21,0	1,6218	0,0333	48,7	2,1
8,40	29,00	34,0	3,0218	0,04	75,5	1,3
8,60	6,00	12,0	0,7218	0,0267	27,0	3,7
8,80	9,00	13,0	1,0218	0,0267	38,3	2,6
9,00	8,00	12,0	0,9218	0,04	23,0	4,3
9,20	10,00	16,0	1,1353	0,16	7,1	14,1
9,40	34,00	58,0	3,5353	0,08	44,2	2,3
9,60	110,00	122,0	11,1353	0,1333	83,5	1,2
9,80	119,00	139,0	12,0353	0,1867	64,5	1,6
10,00	142,00	170,0	14,3353	0,2467	58,1	1,7
10,20	129,00	166,0	13,0489	0,0667	195,6	0,5
10,40	32,00	42,0	3,3489	0,0267	125,4	0,8

10,60	6,00	10,0	0,7489	0,0133	56,3	1,8
10,80	9,00	11,0	1,0489	0,0133	78,9	1,3
11,00	7,00	9,0	0,8489	0,02	42,4	2,4
11,20	6,00	9,0	0,7624	0,04	19,1	5,2
11,40	10,00	16,0	1,1624	0,0333	34,9	2,9
11,60	9,00	14,0	1,0624	0,0333	31,9	3,1
11,80	11,00	16,0	1,2624	0,0267	47,3	2,1
12,00	17,00	21,0	1,8624	0,0267	69,8	1,4
12,20	10,00	14,0	1,1759	0,0867	13,6	7,4
12,40	25,00	38,0	2,6759	0,04	66,9	1,5
12,60	37,00	43,0	3,8759	0,04	96,9	1,0
12,80	21,00	27,0	2,2759	0,0467	48,7	2,1
13,00	27,00	34,0	2,8759	0,2067	13,9	7,2
13,20	38,00	69,0	3,9895	0,2	19,9	5,0
13,40	57,00	87,0	5,8895	0,0867	67,9	1,5
13,60	84,00	97,0	8,5895	0,0333	257,9	0,4
13,80	19,00	24,0	2,0895	0,0467	44,7	2,2
14,00	26,00	33,0	2,7895	0,04	69,7	1,4
14,20	28,00	34,0	3,003	0,04	75,1	1,3
14,40	42,00	48,0	4,403	0,0467	94,3	1,1
14,60	60,00	67,0	6,203	0,04	155,1	0,6
14,80	42,00	48,0	4,403	0,0533	82,6	1,2
15,00	19,00	27,0	2,103	0,0333	63,2	1,6
15,20	9,00	14,0	1,1165	0,0867	12,9	7,8
15,40	21,00	34,0	2,3165	0,0267	86,8	1,2
15,60	58,00	62,0	6,0165	0,0733	82,1	1,2
15,80	72,00	83,0	7,4165	0,0667	111,2	0,9
16,00	52,00	62,0	5,4165	0,0733	73,9	1,4
16,20	81,00	92,0	8,3301	0,0933	89,3	1,1
16,40	93,00	107,0	9,5301	0,2	47,7	2,1
16,60	83,00	113,0	8,5301	0,06	142,2	0,7
16,80	96,00	105,0	9,8301	0,3133	31,4	3,2
17,00	65,00	112,0	6,7301	0,0733	91,8	1,1
17,20	55,00	66,0	5,7436	0,08	71,8	1,4
17,40	71,00	83,0	7,3436	0,16	45,9	2,2
17,60	48,00	72,0	5,0436	0,1067	47,3	2,1
17,80	15,00	31,0	1,7436	0,1467	11,9	8,4
18,00	43,00	65,0	4,5436	0,06	75,7	1,3
18,20	29,00	38,0	3,1571	0,0267	118,2	0,8
18,40	5,00	9,0	0,7571	0,0133	56,9	1,8
18,60	9,00	11,0	1,1571	0,04	28,9	3,5
18,80	7,00	13,0	0,9571	0,04	23,9	4,2
19,00	8,00	14,0	1,0571	0,0533	19,8	5,0
19,20	10,00	18,0	1,2707	0,0467	27,2	3,7
19,40	9,00	16,0	1,1707	0,0667	17,6	5,7
19,60	13,00	23,0	1,5707	0,0467	33,6	3,0
19,80	12,00	19,0	1,4707	0,16	9,2	10,9
20,00	93,00	117,0	9,5707	0,14	68,4	1,5
20,20	123,00	144,0	12,5842	0,2	62,9	1,6
20,40	119,00	149,0	12,1842	0,06	203,1	0,5
20,60	133,00	142,0	13,5842	0,1133	119,9	0,8
20,80	143,00	160,0	14,5842	0,08	182,3	0,5
21,00	160,00	172,0	16,2842	0,3667	44,4	2,3
21,20	130,00	185,0	13,2977	0,1933	68,8	1,5
21,40	138,00	167,0	14,0977	0,3067	46,0	2,2
21,60	169,00	215,0	17,1977	0,0467	368,3	0,3
21,80	149,00	156,0	15,1977	0,08	190,0	0,5
22,00	179,00	191,0	18,1977	0,2133	85,3	1,2

22,20	102,00	134,0	10,5113	0,5	21,0	4,8
22,40	96,00	171,0	9,9113	0,4067	24,4	4,1
22,60	112,00	173,0	11,5113	0,1067	107,9	0,9
22,80	96,00	112,0	9,9113	0,28	35,4	2,8
23,00	119,00	161,0	12,2113	0,18	67,8	1,5
23,20	174,00	201,0	17,7248	0,3467	51,1	2,0
23,40	132,00	184,0	13,5248	0,2	67,6	1,5
23,60	106,00	136,0	10,9248	0,2867	38,1	2,6
23,80	109,00	152,0	11,2248	0,3467	32,4	3,1
24,00	126,00	178,0	12,9248	0,0867	149,1	0,7
24,20	196,00	209,0	19,9383	0,3467	57,5	1,7
24,40	137,00	189,0	14,0383	0,16	87,7	1,1
24,60	98,00	122,0	10,1383	0,0867	116,9	0,9
24,80	59,00	72,0	6,2383	0,0533	117,0	0,9
25,00	19,00	27,0	2,2383	0,12	18,7	5,4
25,20	18,00	36,0	2,1519	0,06	35,9	2,8
25,40	20,00	29,0	2,3519	0,0333	70,6	1,4
25,60	16,00	21,0	1,9519	0,0933	20,9	4,8
25,80	38,00	52,0	4,1519	0,1133	36,6	2,7
26,00	47,00	64,0	5,0519	0,1733	29,2	3,4
26,20	101,00	127,0	10,4654	0,2067	50,6	2,0
26,40	122,00	153,0	12,5654	0,2533	49,6	2,0
26,60	101,00	139,0	10,4654	0,1333	78,5	1,3
26,80	91,00	111,0	9,4654	0,0467	202,7	0,5
27,00	15,00	22,0	1,8654	0,0533	35,0	2,9
27,20	11,00	19,0	1,4789	0,0267	55,4	1,8
27,40	18,00	22,0	2,1789	0,0467	46,7	2,1
27,60	19,00	26,0	2,2789	0,0533	42,8	2,3
27,80	17,00	25,0	2,0789	0,0467	44,5	2,2
28,00	16,00	23,0	1,9789	0,0533	37,1	2,7
28,20	29,00	37,0	3,2925	0,1067	30,9	3,2
28,40	45,00	61,0	4,8925	0,1133	43,2	2,3
28,60	81,00	98,0	8,4925	0,1067	79,6	1,3
28,80	67,00	83,0	7,0925	0,0667	106,3	0,9
29,00	29,00	39,0	3,2925	0,04	82,3	1,2
29,20	18,00	24,0	2,206	0,0533	41,4	2,4
29,40	15,00	23,0	1,906	0,0467	40,8	2,5
29,60	18,00	25,0	2,206	0,0467	47,2	2,1
29,80	21,00	28,0	2,506	0,0467	53,7	1,9
30,00	19,00	26,0	2,306	0,0		0,0

INTERPRETAZIONE LITOLOGICA (SCHMERTMANN, 1978)

Prof. Strato (m)	qc Distribuzione normale R.C. (Mpa)	fs Distribuzione normale R.C. (Mpa)	Gamma (KN/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,80	0,7851	0,04	13,7	Coesivo	Argilla inorganica di media consistenza
1,60	2,4237	0,0634	18,9	Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
3,20	3,3999	0,1125	19,9	Incoerente	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
4,40	2,8795	0,0467	18,6	Incoerente	Sabbie
8,00	0,8083	0,0278	17,7	Coesivo	Argille sabbiose e limose
8,40	2,3218	0,0367	18,1	Incoerente	Sabbie
9,20	0,9502	0,0634	17,9	Coesivo	Argille organiche e terreni misti
10,40	6,5892	0,1234	19,6	Incoerente	Sabbie

12,20	0,9284	0,0326	17,9	Coesivo	Argille sabbiose e limose
14,80	3,2633	0,0708	18,9	Incoerente	Sabbie
15,20	1,6098	0,06	18,4	Coesivo	Argille sabbiose e limose
18,20	5,0938	0,104	19,1	Incoerente	Sabbie
19,80	1,0325	0,0583	18,2	Coesivo	Argilla inorganica compatta
25,00	11,4966	0,2041	20,3	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
25,80	2,6519	0,075	19,4	Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
26,80	9,6027	0,1627	19,9	Incoerente	Sabbie addensate o cementate
28,00	1,8026	0,0467	19,0	Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
29,00	5,4125	0,0867	19,3	Incoerente	Sabbie
30,00	2,226	0,0387	18,9	Incoerente	Sabbie

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Nr: Numero progressivo strato
Prof: Profondità strato (m)
Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente.
Cu: Coesione non drenata (KPa)
OCR: Grado di sovraconsolidazione
Puv: Peso unità di volume (KN/m³)
PuvS: Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Dr: Densità relativa (%)
Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)

Nr.	Prof. da	Prof. a	Tipo	Cu	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi
1	0,00	0,80	C	39,2	3,5	17,8	18,6	--	--
2	0,80	1,60	C	121,6	9,0	19,7	20,5	--	--
3	1,60	3,20	I	--	>9	17,7	20,6	48,5	39,6
4	3,20	4,40	I	--	7,6	18,6	21,6	36,6	35,8
5	4,40	8,00	C	40,2	3,6	17,6	18,4	--	--
6	8,00	8,40	I	--	2,8	18,6	21,6	19,6	29,4
7	8,40	9,20	C	47,1	4,3	17,9	18,6	--	--
8	9,20	10,40	I	--	7,1	17,7	20,6	46,8	35,1
9	10,40	12,20	C	46,1	4,2	17,7	18,5	--	--
10	12,20	14,80	I	--	2,8	17,7	20,6	22,0	27,9
11	14,80	15,20	C	80,4	7,7	18,7	19,5	--	--
12	15,20	18,20	I	--	3,3	17,7	20,6	31,6	29,8
13	18,20	19,80	C	52,0	4,8	17,6	18,4	--	--
14	19,80	25,00	I	--	4,9	17,7	20,6	50,5	33,2
15	25,00	25,80	C	132,4	9,0	19,5	20,3	--	--
16	25,80	26,80	I	--	3,3	17,7	20,6	42,9	30,8
17	26,80	28,00	C	90,2	8,7	18,7	19,4	--	--
18	28,00	29,00	I	--	1,7	18,6	21,6	25,3	25,3
19	29,00	30,00	I	--	0,7	17,7	20,6	5,0	15,9

APPENDICE 2

GEODIS s.r.l. - N. REA: VE – 345850 – Codice Fiscale e Partita IVA: 03871990275
Mirano (VE) – via G. Matteotti, 20 – 30035 Tel/Fax 041-481046
www.geodisimpresa.com – email: info@geodisimpresa.com

ATLANTE FOTOGRAFICO

Fig. 1 - Esecuzione prova penetrometrica statica CPT1

Fig. 2 - Esecuzione prova penetrometrica statica CPT2

ATLANTE FOTOGRAFICO

Fig. 3 - Esecuzione prova penetrometrica statica CPT3

Fig. 4 - Esecuzione indagine sismica passiva HVSR