

Dott. Geol. Mastellari Matteo

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOLOGIA

Sede legale: via Ugo Toglio n. 30 * 44123 Ferrara * Cell.: 3469735712
E-mail: matteo.mastellari@gmail.com * P. IVA: 01561570381

PROVINCIA DI FERRARA

COMUNE DI FERRARA

PERIZIA GEOLOGICO - TECNICA

**RELATIVA ALL' INDAGINE GEOGNOSTICA ESEGUITA PER LA RICHIESTA DI
APPROVAZIONE DI PIANO URBANISTICO ATTUATIVO PER UN'AREA LIMITROFA
TRA VIA COMACCHIO E VIA DON GIULIO ZEBINI**

COMMITTENTE: Hi - Mec di Calì Salvatore s.r.l.

LOCALITÀ: Cona - FE

DATA: 02.05.2018

RIF.: 09/18

I N D I C E

1.	Premessa.....	pag.	3
1.1	Riferimenti legislativi e normative attinenti.....	pag.	3
2.	Modello geologico.....	pag.	4
2.1	caratteri geologici.....	pag.	4
2.2	caratteri stratigrafici e litologici.....	pag.	6
2.3	caratteri geomorfologici.....	pag.	6
3.	Indagine geognostica.....	pag.	7
3.1	prove penetrometriche statiche.....	pag.	7
3.2	stratigrafia e idrogeologia.....	pag.	7
3.3	parametri geotecnici.....	pag.	8
3.4	elaborazione dati.....	pag.	9
3.5	modello geotecnico del sottosuolo.....	pag.	9
4.	Indicazioni sismiche.....	pag.	10
4.1	parametri sismici del sito.....	pag.	10
4.2	classificazione suolo di fondazione.....	pag.	10
4.3	stabilità alla liquefazione.....	pag.	12
5.	Indicazioni progettuali.....	pag.	14
5.1	verifiche di stabilità e cedimenti.....	pag.	14
6.	Conclusioni.....	pag.	17
7.	Allegati.....	pag.	18
7.1	area d'indagine e ubicazione prove.....	pag.	19
7.2	elaborazione prova penetrometrica CPT 1.....	pag.	20
7.3	stima categoria del suolo.....	pag.	21
7.4	stima suscettibilità alla liquefazione.....	pag.	22
7.5	stati limite e cedimenti.....	pag.	23
7.6	grafico Qc/velocità onde di taglio.....	pag.	26
7.7	grafico Qc/stratigrafia.....	pag.	27
7.8	grafico Qc/fattore di sicurezza liquefazione.....	pag.	28
7.9	elaborazione prova penetrometrica CPT 2.....	pag.	29
7.10	stima suscettibilità alla liquefazione.....	pag.	30
7.11	stati limite e cedimenti.....	pag.	32
7.12	grafico Qc/stratigrafia.....	pag.	34
7.13	grafico Qc/fattore di sicurezza liquefazione.....	pag.	35
7.14	ipotesi di sezione stratigrafica.....	pag.	36
8.	Clausola privacy.....	pag.	37

1. PREMESSA

Su richiesta della *Hi - Mec di Cali Salvatore s.r.l.*, con sede in Via Verginese, 24, in località Gambulaga, Ferrara, si redige lo studio per ricostruire la modellazione geologica e sismica per il progetto di opere di urbanizzazione primaria per realizzazione complesso residenziale sito in via Comacchio e via Don Giulio Zerbini in località Cona, a Ferrara; riferimenti catastali foglio 235 mappali 73, 874 e 430 del Comune di Ferrara.

In figura 1 si riporta l'ubicazione dell'area di intervento.



Figura 1: area di studio

1.1 Riferimenti legislativi e normative attinenti

Tale indagine è conforme:

- ✓ D.M. 11 marzo 1988 con Circ. LL. PP. 24 settembre 1988 n. 30483
- ✓ Legge n. 109 del 11 febbraio 1994, art. 16 comma 3 e 4 e ss. mm. ii.
- ✓ A.G.I. raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini giugno 1977
- ✓ UNI EN 1991 (Eurocodice 1): basi di calcolo e azioni sulle strutture
- ✓ UNI EN 1997 (Eurocodice 7): progettazione geotecnica
- ✓ UNI EN 1998 (Eurocodice 8): progettazione delle strutture per la resistenza sismica
- ✓ D.M. del 16 gennaio 2006 Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni
- ✓ D.M. del 14 gennaio 2008 Norme tecniche per le costruzioni
- ✓ Delibera assemblea legislativa n. 112/2007 della regione Emilia – Romagna “Atto di indirizzo e coordinamento tecnico” per gli studi di micronizzazione sismica.
- ✓ D.G.R. n. 2193 del 21 dicembre 2015.
- ✓ D.M. del 17 gennaio 2018 Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni NTC2018.

2. MODELLO GEOLOGICO

2.1 Caratteri geologici

La Pianura Padana è un'area a basso rilievo morfologico ricoperta da un ingente spessore di sedimenti terrigeni Plio - Pleistocenici. A grande scala, nella Pianura Padana si distinguono a nord le pieghe del Subalpino e, nella parte meridionale, tre strutture principali ad arco, costituite dai thrust più avanzati della catena appenninica. Da ovest a est: l'arco del Monferrato, l'arco Emiliano (Mirandola) e l'arco di Ferrara. Quest'ultimo si può suddividere in tre gruppi minori: le pieghe ferraresi, le pieghe romagnole e più a est le pieghe adriatiche, che costituiscono il vero fronte esterno (sepolto) della catena appenninica. L'arco ferrarese è sepolto al di sotto di una sequenza Plio-Pleistocenica terrigena che copre la successione carbonatica mesozoica, che costituisce la vera ossatura dell'Appennino. Nella figura 2 viene riportata la mappa geologico - strutturale, dove si possono notare le principali strutture tettoniche sepolte in Pianura Padana.

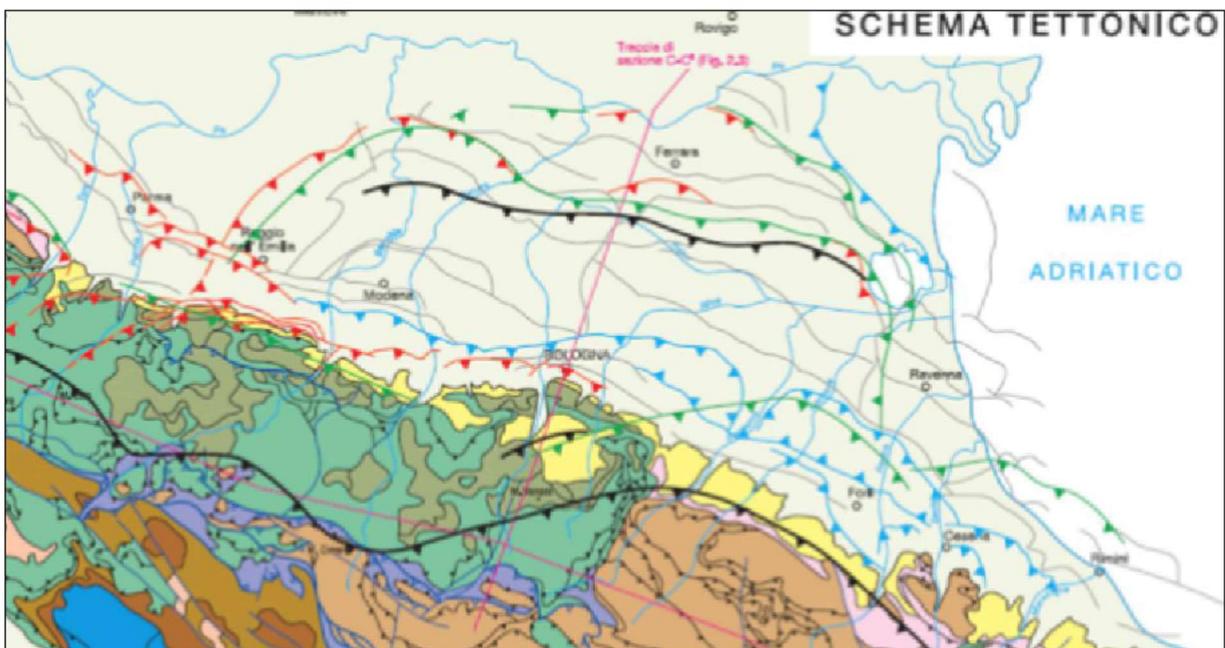


Figura 2: Mappa geologico - strutturale della Pianura Padana

Nella figura 3 si riporta la sezione geologica passante per Occhiobello, Fiume Po, e Poggio Renatico, in cui si possono apprezzare gli spessori dei sedimenti del Quaternario sopra i pliocenici medio superiore, che coincide con il passaggio dai sedimenti sciolti a quelli litificati o pseudolitificati.

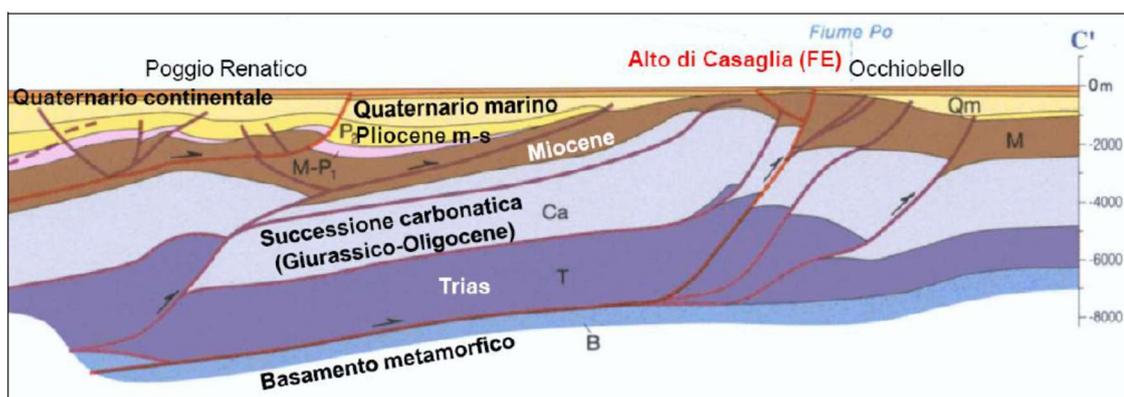


Figura 3: principali strutture del substrato della Padania con sezione della Dorsale Ferrarese

Nella figura 4 viene riportata la Carta Strutturale della Pianura Padana, con le Pieghe Ferraresi dell'Appennino sepolto (Pieri & Groppi, 1981, CNR, 1992) con visibili le varie strutture sepolte e le faglie e sistemi trascorrenti attivi e non attivi, che sono all'origine della nuova attribuzione alla Zona sismica 3, in cui il comune di Ferrara è stato inserito nella OPCM 3274/2003.

Come si può notare a Ferrara, nel substrato roccioso, posto a profondità di poche centinaia di metri, sono presenti sistemi di faglie dovute a sovrascorrimenti e a fronti di accavallamento, classificate come riattivate e come soggette a possibili riattivazioni.

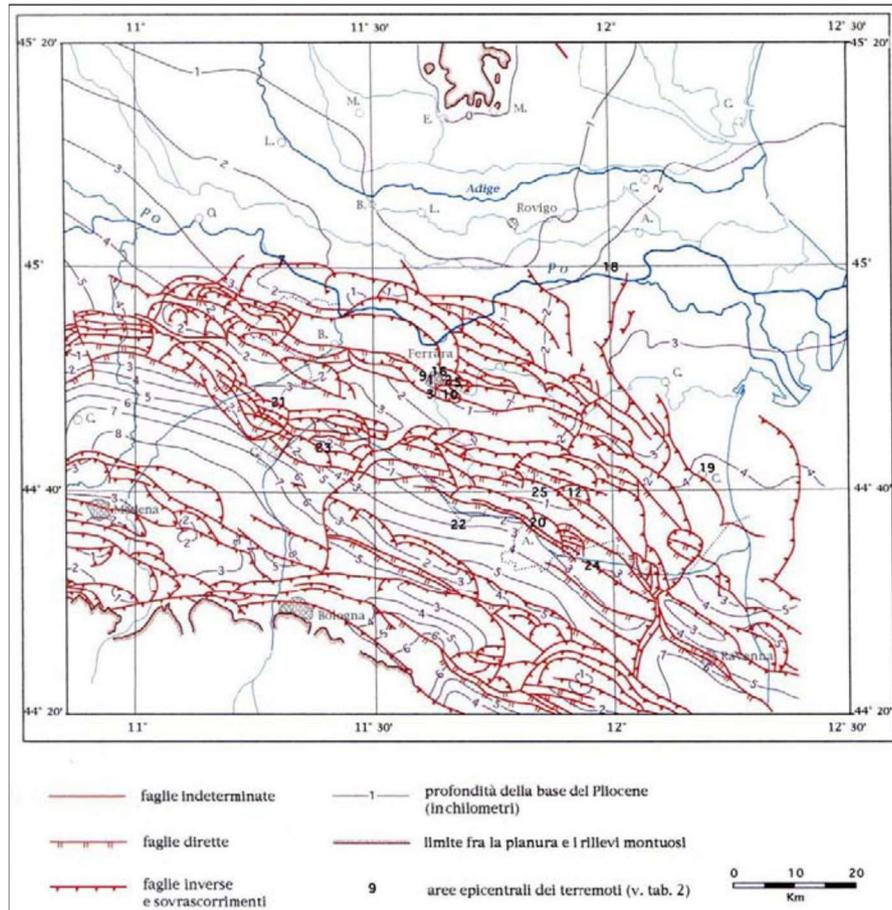


Figura 4: Carta strutturale della Pianura Padana orientale (Pieri e Groppi, 1981, CNR, 1992)

Si fa inoltre presente che tutto il territorio comunale di Ferrara ricade all'interno della zona sismogenetica 912 (figura 5), in particolare sulla Dorsale Ferrarese, dunque è potenzialmente sede epicentrale di eventi sismici. La zonizzazione sismica ZS9 pone come magnitudo attesa massima nella zona sismogenetica 912 il valore di $M = 6,14$.

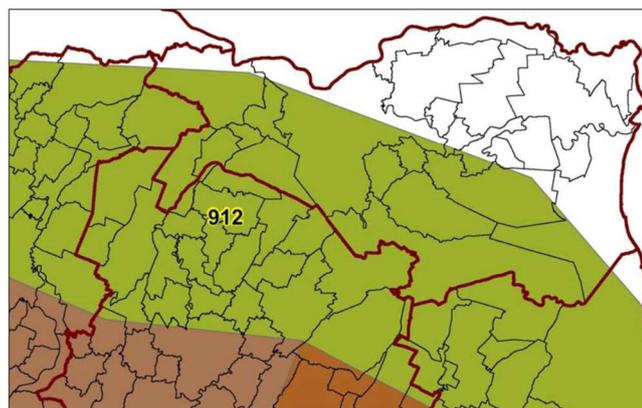


Figura 5: Mappa delle aree sismogenetiche dell'Italia Settentrionale

2.2 Caratteri stratigrafici e litologici

La formazione dell'ambiente, nella sua configurazione attuale, è relativamente recente e consegue a ripetute variazioni dei rapporti di equilibrio tra livello del mare, apporti solidi dei corsi d'acqua, entità di subsidenza e, non ultimo, l'intervento umano. Nell'attuale configurazione fisica del territorio sono riconoscibili le tracce sia della sua evoluzione naturale che quella operata dall'uomo. Tra le più evidenti e più importanti nel disegnare l'assetto morfologico si possono elencare i paleoalvei, i coni di esondazione, i cordoni dunari testimoni della veloce progradazione verso est della linea di costa, ed infine si individuano quelle aree particolarmente depresse che erano sede di bacini palustri. Per ogni struttura geomorfologica corrisponde, in linea di massima, una caratteristica classe litologica; la granulometria e la storia tensionale, strettamente legata alla storia geologica, ne condizionano le caratteristiche meccaniche ed idrauliche. Generalmente i sedimenti che si rilevano in questa zona del comune di Ferrara sono di tipo alluvionale. I depositi possono essere di canale ed argine prossimale con sedimenti ad alta energia idrodinamica e di canale distale con sedimenti a bassa energia idrodinamica.

2.3 Caratteri geomorfologici

La formazione dei terreni su cui sorge il sito è legata generalmente alla presenza di ambienti deposizionali fluviali - distali e palustri al di fuori del dosso fluviale storico del Fiume Po di Ferrara; in questi ambienti di bassa energia idrodinamica, le acque dolci di esondazione fluviale sedimentavano terreni fini quali argille e limi, dove gli allagamenti persistevano, le acque dolci e poco profonde favorivano lo sviluppo di canneti e flora acquatica che depositandosi sul fondo accumulavano spessori sempre maggiori di quelle che poi sarebbero diventate torbe.

Il sito di intervento è circondato dal paleoalveo del Po di Volano a nord mentre a sud si nota un piccolo ramo di paleoalveo minore dovuto a divagazioni secondarie.

Si propone nella figura 6 uno stralcio della Carta geomorfologica di Ferrara, dove si possono notare le forme geomorfologiche sopra citate; si può inoltre notare come l'area allo studio è situata poco più a sud del paleoalveo del fiume Po di Ferrara mostrando dunque una stratigrafia del terreno caratterizzata prevalentemente da sedimenti coesi di bassa energia idrodinamica.

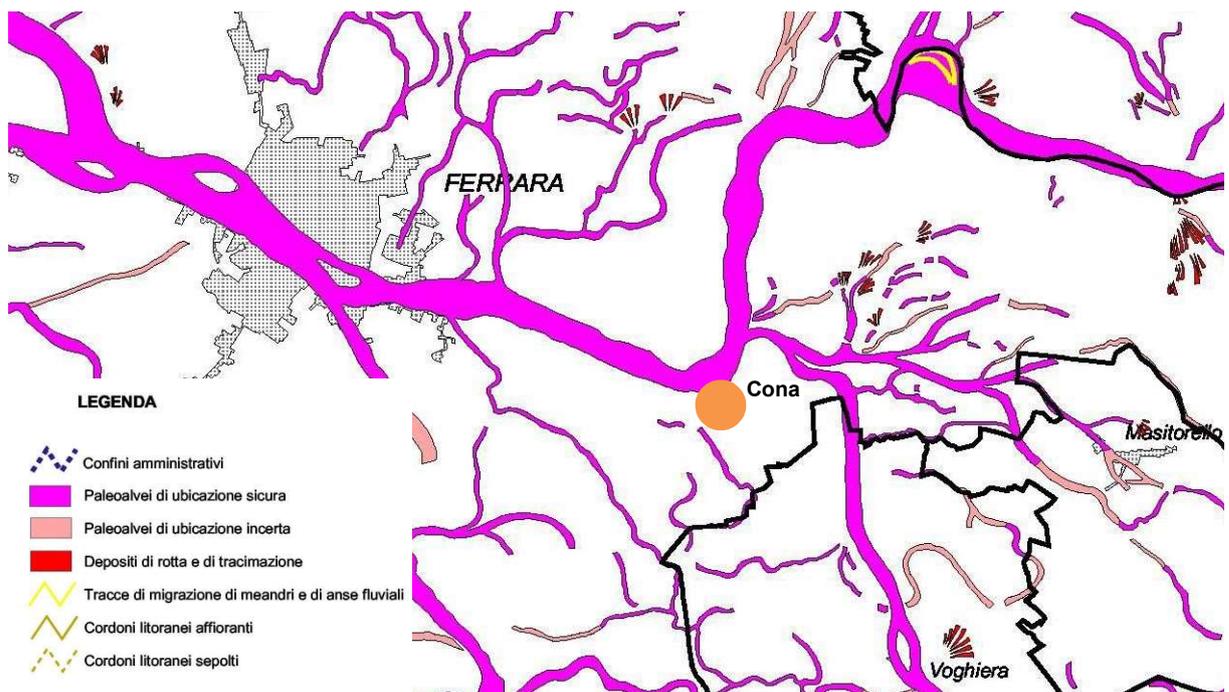


Figura 6: Stralcio della carta geomorfologica della Provincia di Ferrara

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

3. INDAGINE GEOGNOSTICA

3.1 prove penetrometriche statiche

Per la validazione del modello geologico è stata eseguita una campagna di indagine, per la ricostruzione di un modello tridimensionale del terreno che permetta di definire al meglio la stratigrafia del sottosuolo dell'area in esame, consistente in n. 2 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT spinte alla profondità di 20.0 m e di 30.0 m da p.c. e n. 1 prova sismica del tipo m.a.s.w. Si riportano nella planimetria allegata.

3.2 stratigrafia e idrogeologia

Dall'esame delle colonne stratigrafiche ottenute dalle prove penetrometriche si possono osservare le seguenti litologie:

- **CPT 1:** da 0.00 m a 0.40 m:
terreno vegetale;
- da 0.40 m a 2.00 m:
argilla organica da mediamente consistente a consistente;
- da 2.00 m a 7.80 m:
argilla con argilla organica entrambe le litologie da mediamente consistente a consistente;
- da 7.80 m a 9.20 m:
argilla sabbiosa mediamente consistente con sabbia argillosa sciolta;
- da 9.20 m a 11.80 m:
argilla da mediamente consistente a consistente;
- da 11.80 m a 14.20 m:
sabbia da poco addensata a mediamente addensata;
- da 14.20 m a 14.80 m:
argilla organica mediamente consistente;
- da 14.80 m a 15.60 m:
sabbia argillosa da sciolta a poco addensata;
- da 15.60 m a 19.20 m:
argilla con argilla organica entrambe le litologie da mediamente consistente a consistente;
- da 19.20 m a 20.40 m:
argilla sabbiosa molto consistente;
- da 20.40 m a 21.60 m:
sabbia mediamente addensata;
- da 21.60 m a 23.00 m:
argilla molto consistente;
- da 23.00 m a 23.80 m:
argilla sabbiosa molto consistente;
- da 23.80 m a 24.60 m:
argilla molto consistente;
- da 24.60 m a 25.80 m:
sabbia da poco addensata a mediamente addensata;

- da 25.80 m a 30.00 m (termine della prova):
argilla da consistente a molto consistente.
- **CPT 2:** da 0.00 m a 0.40 m:
terreno vegetale;
- da 0.40 m a 1.00 m:
argilla organica mediamente consistente;
- da 1.00 m a 1.40 m:
sabbia argillosa sciolta;
- da 1.40 m a 2.00 m:
argilla sabbiosa consistente;
- da 2.00 m a 2.40 m:
sabbia sciolta;
- da 2.40 m a 7.00 m:
argilla con argilla organica da mediamente consistente a consistente;
- da 7.00 m a 7.60 m:
argilla sabbiosa da mediamente consistente a consistente;
- da 7.60 m a 8.60 m:
argilla consistente;
- da 8.60 m a 10.00 m:
sabbia argillosa poco addensata;
- da 10.00 m a 11.20 m:
argilla da mediamente consistente a consistente;
- da 11.20 m a 12.60 m:
argilla sabbiosa da mediamente consistente a consistente;
- da 12.60 m a 13.60 m:
sabbia argillosa da sciolta a poco addensata;
- da 13.60 m a 14.40 m:
argilla da mediamente consistente a consistente;
- da 14.40 m a 15.20 m:
sabbia poco addensata;
- da 15.20 m a 19.60 m:
argilla da mediamente consistente a molto consistente;
- da 19.60 m a 20.00 m (termine della prova):
sabbia da poco addensata ad addensata.

Il livello dell'acqua misurato nei fori al termine delle prove è risultato essere dal p. c. attuale a profondità di -1.25 m CPT 1 mentre in CPT 2 di -1.10 m (misurazione del 24.04.2018).

3.3 parametri geotecnici

Le caratteristiche geotecniche dei terreni ricavate dai risultati delle penetrometrie statiche sono riportate nelle tabelle allegate distinguendo i terreni coesivi dai terreni incoerenti.

Nelle tabelle vengono riportati, per ogni strato, i valori del contenuto coesione non drenata C_u (Kg/cm^2), modulo edometrico (Kg/cm^2), grado di consolidazione OCR (-), peso di volume γ (t/m^3), peso di volume saturo γ_{sat} (t/m^3), densità relativa D_r (%), angolo di resistenza al taglio ϕ ($^\circ$), modulo di Young (Kg/cm^2), modulo di resistenza K_o (-).

3.4 elaborazione dati

I risultati ottenuti dalla elaborazione dei dati ricavati dalle prove penetrometriche sono riportati nelle tavole allegate dove vengono rappresentati in diagrammi e tabelle.

Nei diagrammi sono rappresentati graficamente i valori di resistenza all'infissione della punta del penetrometro Q_c in Kg/cm² ed i valori di resistenza di attrito laterale F_s in Kg/cm².

Nelle tabelle vengono riportati, per ogni 20 cm di profondità, i valori numerici di resistenza all'infissione della punta del penetrometro Q_c (Kg/cm²), di resistenza di attrito laterale F_s (Kg/cm²) e del rapporto R_f tra Q_c/F_s , L valutazioni litologiche basate sul rapporto Q_c/F_s secondo Schmertmann (1976), DH spessore dello strato, Gam peso unità di volume, Gams peso unità di volume saturo, F_i angolo di attrito, F_{icorr} angolo di attrito corretto secondo Terzaghi, c coesione, c_{corr} coesione corretta secondo Terzaghi, E_y modulo elastico, E_d modulo edometrico, N_i Poisson, C_v coefficiente di consolidazione primaria, C_s coefficiente consolidazione secondaria e c_u coesione non drenata.

3.5 modello geotecnico del sottosuolo

Le caratteristiche geotecniche del terreno ricavate dai risultati delle prove penetrometriche statiche sono riportate nella tabella sotto riportata.

CPT 1												
Prof.	Litologia	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey
0,40	Terreno vegetale											
parametri non significativi												
2,00	Argilla organica	C	0,6	414,8	45,8	122,9	>9	1,9	2,0	--	--	--
7,80	Argilla / argilla organica	C	0,5	337,0	42,4	110,7	7,0	1,8	1,9	--	--	--
9,20	Argilla sabbiosa/sabbia argillosa	CI	0,6	399,1	46,1	124,1	<0,5	1,9	1,9	5,0	28,7	28,6
11,80	Argilla	C	0,5	345,3	43,9	115,4	3,3	1,8	1,9	--	--	--
14,20	Sabbia	I	--	--	72,5	299,4	<0,5	1,9	2,2	43,5	33,6	120,8
14,80	Argilla organica	C	0,3	189,3	32,8	86,5	2,3	1,7	1,8	--	--	--
15,60	Sabbia argillosa	CI	0,8	530,9	48,3	149,4	<0,5	1,9	2,0	5,0	28,7	38,8
19,20	Argilla/argilla organica	C	0,6	355,4	45,4	121,2	2,7	1,8	1,9	--	--	--
20,40	Argilla sabbiosa	CI	1,7	1197,8	67,3	240,0	<0,5	2,1	2,1	21,5	30,3	84,2
21,60	Sabbia	I	--	--	108,0	381,9	<0,5	1,8	2,1	46,0	33,9	180,0
23,00	Argilla	C	1,2	815,6	47,4	193,8	4,0	2,0	2,1	--	--	--
23,80	Argilla sabbiosa	CI	1,4	972,2	56,0	214,5	<0,5	2,0	2,1	10,7	28,7	70,0
24,60	Argilla	C	1,4	931,7	54,0	209,8	5,7	2,0	2,1	--	--	--
25,80	Sabbia	I	--	--	119,0	265,3	<0,5	1,8	2,1	20,7	30,1	99,2
30,00	Argilla	C	0,9	602,5	45,0	166,9	3,3	1,9	2,0	--	--	--

CPT 2												
Prof.	Litologia	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey
0,40	Terreno vegetale											
parametri non significativi												
1,00	Argilla organica	C	0,3	221,5	31,5	83,7	>9	1,8	1,8	--	--	--
1,40	Sabbia argillosa	CI	0,5	368,3	43,5	114,3	3,6	1,9	1,9	34,4	32,6	25,0
2,00	Argilla sabbiosa	CI	0,7	541,7	48,4	144,5	2,0	1,9	2,0	42,1	33,7	36,7
2,40	Sabbia	I	--	--	95,0	169,2	1,8	1,9	2,2	46,6	34,4	47,5
7,00	Argilla/argilla organica	C	0,7	503,1	48,2	138,0	>9	1,9	2,0	--	--	--
7,60	Argilla sabbiosa	CI	0,5	359,8	42,8	112,0	<0,5	1,8	1,9	55,0	35,8	24,2
8,60	Argilla	C	0,7	502,8	48,1	136,7	<0,5	1,9	2,0	--	--	--
10,00	Sabbia argillosa	CI	1,4	1038,7	55,1	212,5	<0,5	2,0	2,1	<5	28,0	68,9
11,20	Argilla	C	0,5	415,9	45,1	120,1	<0,5	1,9	2,0	--	--	--
12,60	Argilla sabbiosa	C	0,7	523,5	48,2	137,8	<0,5	1,9	2,0	--	--	--
13,60	Sabbia argillosa	CI	1,5	1129,0	59,2	221,9	<0,5	2,0	2,1	<5	28,0	74,0
14,40	Argilla	C	0,5	406,8	44,1	116,1	<0,5	1,9	2,0	--	--	--
15,20	Sabbia	CI	1,2	944,2	49,0	197,7	<0,5	2,0	2,1	<5	28,0	61,3
19,60	Argilla	C	0,8	611,3	48,3	148,6	<0,5	1,9	2,0	--	--	--
20,00	Sabbia	I	--	--	99,0	362,2	<0,5	1,9	2,2	<5	28,0	165,0

Prof: Profondità strato (m)

Cu: Coesione non drenata (Kg/cm²)

Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente

Eu: Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm²)

Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	G: Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
OCR: Grado di sovraconsolidazione	Puv: Peso unità di volume (t/m ³)
PuvS: Peso unità di volume saturo (t/m ³)	Dr: Densità relativa (%)
Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)	Ey: Modulo di Young (Kg/cm ²)

4. INDICAZIONI SISMICHE

4.1 parametri sismici del sito

Di seguito vengono riportati i parametri sismici caratteristici dell'area interessata dai lavori in oggetto. Tali informazioni sono state ricavate per via informatica.

Parametri sismici su sito di riferimento (da Spettri - NTC ver.1.0.3)				
S.L.	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30	0.037	2.544	0.254
S.L.D.	50	0.047	2.489	0.275
S.L.V.	475	0.137	2.596	0.273
S.L.C.	975	0.185	2.547	0.279

Coefficienti sismici orizzontali e verticali (da Geostru software - www.geostru.com)				
S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.661	0.200	0.013	0.007
S.L.D.	0.837	0.200	0.017	0.009
S.L.V.	2.423	0.240	0.059	0.030
S.L.C.	3.061	0.240	0.075	0.037

4.2 classificazione del suolo di fondazione

Nell'area è stata condotta un'indagine di sismica attiva al fine di poter ricavare i valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) e la valutazione della V_{s30} come prescritto da:

- Ordinanza del P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003
- D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le Costruzioni".

Si ricorda che la normativa richiede l'azione sismica di progetto sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera. All'interno del territorio nazionale sono state individuate 4 zone sismiche, contraddistinte dal valore a_g dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità (v. All. 1 ord. 3274 del 2003 e succ. modifiche). La classificazione del suolo (tabella 1) è invece convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità. Nel sito è stata eseguita un'indagine basata sullo studio della propagazione di onde superficiali di Rayleigh.

La prova m.a.s.w. in sito è stata eseguita utilizzando un sismografo multicanale ad incrementi di segnale, Ambrogeo mod. Echo 12-24 a 24 canali.

La prova consiste nel produrre una sollecitazione sulla superficie del terreno e nel registrare le vibrazioni prodotte a distanze note e prefissate.

Nel sito si sono disposti 24 geofoni a 4.5 Hz con spaziatura regolare di 1 m, si eseguono diversi "scoppi" in linea con lo stendimento alle seguenti distanze dal primo geofono: 2m – 4m – 6m – 8m. Le acquisizioni avvengono a 7642 Hz per 1 sec.

Su questa acquisizione è eseguita un'analisi ω -p (trasformata τ -p & trasformata di Fourier) al fine di discriminare l'energia associata alle onde di Rayleigh (R).

Si riporta il grafico ad isolinee sul quale è identificata la curva di dispersione delle onde di Rayleigh, su di essa si esegue il picking del modo fondamentale (figura 7).

Al fine di ottenere l'andamento delle Vs con la profondità, la curva ottenuta dal picking è invertita mediante una procedura automatica ai minimi quadrati (metodo Levenberg-Marquardt). Successivamente viene creato il profilo delle onde S associato alla curva teorica ottenuta.

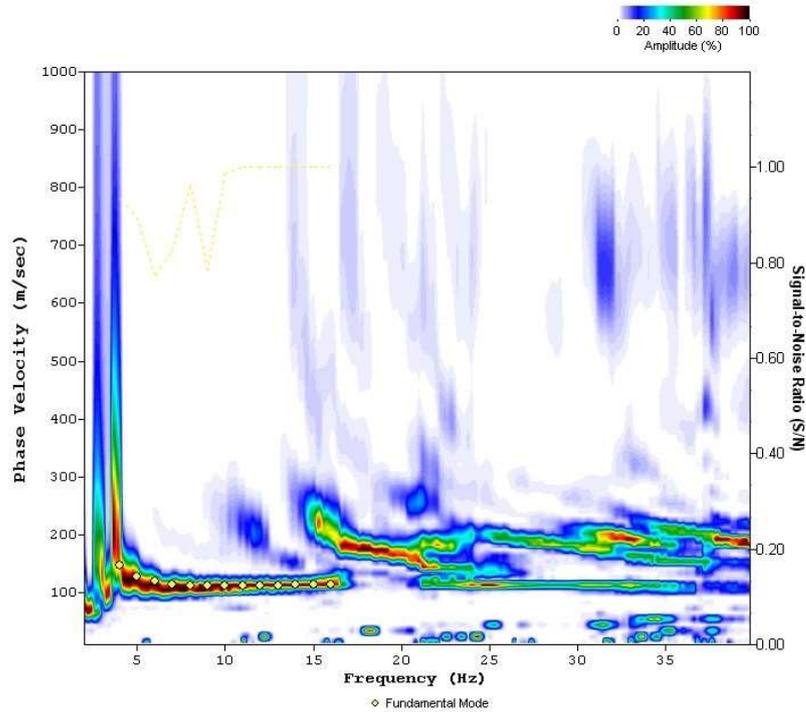


Figura 7 - MASW –picking del modo fondamentale

Nel grafico di figura 7, la fascia energetica associabile alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh è presente da circa 4 Hz fino a circa 17 Hz. Su di essa si esegue il picking del modo fondamentale. La modellazione numerica della curva di dispersione prevede che alla base del modello sia posto un semispazio a spessore infinito. Si riporta in figura 8 il profilo di velocità delle onde S associato alla curva teorica.

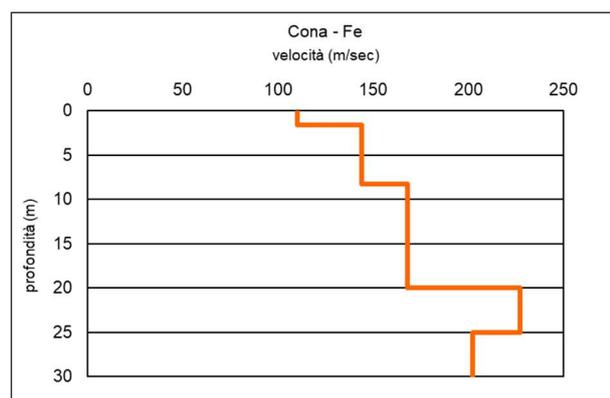


Figura 8 - Profilo di velocità delle onde S stimato nel sito in esame

Strato	Profondità (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	2	2	110
2	11,8	9,8	121
3	15	3,2	158
4	20	5	207
semispazio			310

In base a quanto sopra, la classificazione delle categorie dei suoli di fondazione, come da All. 2 (cfr. Ord. Pres. Consiglio dei Ministri 3274 del 20-3-2003 e art. 3.2.2 DM 14-1-08), ai vari strati sismo stratigrafici individuati, è stato associato il valore della velocità V_s direttamente misurate, consentendo di ottenere la V_{s30} , cioè la velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo dall'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo

V_{si} = velocità onde S nello strato i -esimo

N = numero strati considerati

Ottenendo in base ai dati sopra esposti, ed in base a quanto previsto da art. 3.2.2 NTC08, "Per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse,..", quindi considerando il piano di posa fondale previsto a -1.00 m da pc:

Prova	V_{s30}
m.a.s.w.	170
CPT	167

e quindi la categoria di suolo è 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 $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina). Tale valore va assunto con uno scarto di $\pm 10\%$, come per tutti i metodi di acquisizione di tale parametro. In accordo al decreto N.T.C. 2018 viene determinato, per il sito in oggetto avente latitudine $44^{\circ},80$ e longitudine $11^{\circ},70$ (ED50), la categoria sottosuolo: D, categoria topografica: T1 e periodo di riferimento: 50 anni. In allegato vengono riportate le tabelle riassuntive dei valori calcolati e il grafico di riferimento.

4.3 stabilità alla liquefazione

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

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

1. Eventi sismici attesi di magnitudo di momento M_w inferiore a 6 e durata inferiore a 15 sec. ("La Liquefazione del terreno in condizioni sismiche" – Crespellani, Nardi, Simoncini – Zanichelli 1988).
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,1g;
3. Accelerazioni massime al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - ✓ frazione di fine, FC, superiore al 20%, con indice di plasticità $PI > 10$;
 - ✓ $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N1)_{60} > 20$;
 - ✓ $FC \leq 35\%$ e resistenza $(N1)_{60} > 25$

dove $(N1)_{60}$ è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura 9 da distinguere i materiali in funzione del coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ o $U_c > 3,5$.
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.
6. Copertura di strati superficiali non liquefacibili con spessore maggiore di 3 m, oppure con spessore maggiore di 5 m per magnitudo maggiori di $M > 7$.
7. Un ulteriore motivo di esclusione dalla verifica di liquefazione è dato dal valore della densità relativa D_r del deposito. Gibbs ha eseguito diversi studi su risultati di vari autori stabilendo che una densità relativa pari a 70% è valore limite tra terreni liquefacibili e non liquefacibili (Manuale di geotecnica per l'ingegneria civile" di Nunziante Marino, Maggioli Editore, 2006), di conseguenza tutti i terreni con $D_r > 70\%$ vengono automaticamente esclusi dalla verifica alla liquefazione.

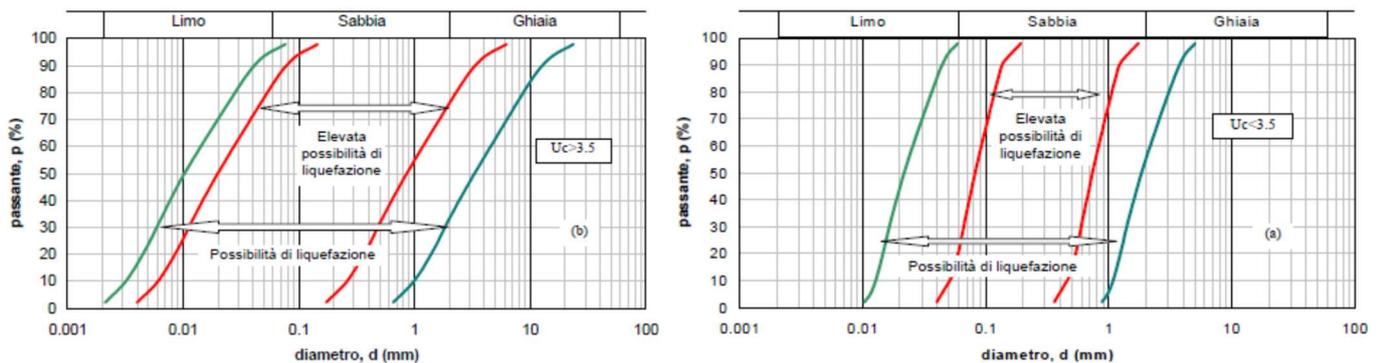


Figura 9 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno

L'indice del potenziale di liquefazione IPL è una misura degli effetti della liquefazione basata sulla larghezza e profondità delle zone liquefacibili e su casi storici di liquefazione. Il metodo implementato in Liquiter per il calcolo del potenziale di liquefazione IPL utilizzato è quello di Sonmez (2003). Il calcolo dell'indice del potenziale di liquefazione è definito da:

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

dove:

$$F_{(0)} = 0 \text{ se } FSL \geq 1.2$$

$$F_{(z)} = 2 \cdot 10^6 \cdot e^{(-18.427 \cdot FSL)} \text{ se } 1.2 > FSL > 0.95$$

$$F_{(z)} = 1 - FSL \text{ se } FSL \leq 0.95$$

si indica con z_{crit} la profondità massima alla quale strati liquefatti producono effetti in superficie:

$$\text{se } z_{crit} = 20 \text{ m} \rightarrow w_{(z)} = 10 - 0.5 \cdot z$$

$$\text{se } z_{crit} = 10 \text{ m} \rightarrow w_{(z)} = 20 - 2 \cdot z$$

Tradizionalmente la profondità critica è assunta pari a 20 m, ma recentemente Ozocak e Sert (2010), sulla base di evidenze sperimentali successive ai terremoti di Adapazari (Turchia) del 1999 e sulla base delle curve limite per manifestazioni di liquefazioni in superficie di Ishihara (1985), hanno proposto di assumere per terremoti di magnitudo "usuale" la profondità critica di 10 m. Le classi di potenziale di liquefazione, secondo la proposta di Sonmez (2003), sono i seguenti:

LPI	Potenziale di liquefazione
0	Non liquefacibile
$0 < LPI \leq 2$	Basso
$2 < LPI \leq 5$	Moderato
$5 < LPI \leq 15$	Alto
$LPI > 15$	Molto alto

Per poter valutare la severità degli effetti viene proposta la scala della tabella 1. Per questo sito si è considerata una magnitudo di 6.14, un fattore di amplificazione F_0 di 2.596 e una PGA (Peak Ground Acceleration) di 0.27. Nel caso in esame si è ottenuto un indice di pericolosità alla liquefazione pari a 6.70 in CPT 1 e di 13.01 in CPT 2 con conseguente rischio di liquefazione alto. Nella prova n. 1 è stato eseguito comunque il calcolo del potenziale di liquefazione nonostante la verticale di prova ricada nel punto 6 (“copertura di strati superficiali non liquefacibili con spessore maggiore di 3 m...”) dei motivi di esclusione dalla verifica.

Nella prova n. 2 è presente un livello di scarso spessore (<0.5 m) per cui è presumibile che i cedimenti post sismici siano di bassa entità. Alla luce di quanto sopra esposto, si consiglia, in fase esecutiva, un'indagine di risposta sismica locale in modo da fornire al Progettista parametri più dettagliati. In allegato vengono riportate le tabelle riassuntive dei valori calcolati.

5. INDICAZIONI PROGETTUALI

Nell'area in esame sono previsti la realizzazione di edifici residenziali per i quali, in assenza di specifici dati di progetto, si ipotizzano l'adozione di una fondazione superficiale a platea con larghezza di 15.0, lunghezza di 20.0 m e piano di posa di 0.50 m.

Per la verifica, in corrispondenza della prova eseguita, si esaminano il carico limite, la resistenza di progetto e i cedimenti. Questi dati sono indicativi sarà cura del Progettista verificare i carichi previsti.

5.1 verifiche di stabilità

La verifica a stabilità del sistema terreno - opera di fondazione è stata eseguita in riferimento agli stati limite: Stato Limite Ultimo (SLU) e Stato Limite di Esercizio (SLE). SLU è definito come lo stato al superamento del quale si hanno fenomeni che mettono fuori servizio in modo irreversibile la struttura mentre SLE è definito come lo stato al superamento dal quale corrisponde la perdita di una particolare funzionalità che condiziona o limita la prestazione dell'opera. Verificare la potenziale stabilità del terreno di fondazione richiede la conoscenza del tipo di fondazione; nel presente lavoro le geometrie delle opere di fondazione che saranno realizzate non sono state definite, pertanto nei calcoli successivi è stato ipotizzato, a titolo orientativo e qualitativo, l'utilizzo di fondazioni a platea rettangolare con dimensioni di $L = 20.0$ m e $B = 15.0$ m con piano di posa 0.50 m.

Meyerhof propose una formula per il calcolo del carico limite simile a quella di Terzaghi; le differenze consistono nell'introduzione di ulteriori coefficienti di forma. Egli introdusse un coefficiente s_q che moltiplica il fattore N_q , fattori di profondità d_e e di pendenza i per il caso in cui il carico trasmesso alla fondazione è inclinato sulla verticale. I valori dei coefficienti N furono ottenuti da Meyerhof ipotizzando vari archi di prova BF (v. meccanismo Prandtl), mentre il taglio lungo i piani AF aveva dei valori approssimati. I fattori di forma tratti da Meyerhof sono di seguito riportati, insieme all'espressione della formula. Gli algoritmi utilizzati sono:

$$q = (c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c) + (\gamma \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q) + (0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma)$$

per:

N_c, N_q, N_γ : Fattori di capacità portante

d_c, d_q, d_γ : Fattori di profondità

D: Profondità d'imposta

s_c, s_q, s_γ : Fattori di forma

γ : Peso di volume efficace

Di seguito viene riportata tabella riassuntiva dei valori calcolati con l'approccio n. 1 per le fondazioni:

Fondazione a platea						
Prova penetrometrica	Carico limite Q_{ult} (Kg/cm ²)	Resistenza di progetto R_d (Kg/cm ²)	Tensione E_d (Kg/cm ²)	Fattore di sicurezza F_s	$E_d \leq R_d$	Costante di Winkler (Kg/cm ³)
1	3.01	1.31	1.00	3.01	verificato	1.20
2	3.64	1.58	1.21	3.01	verificato	1.45

Il calcolo dei cedimenti con l'approccio edometrico consente di valutare un cedimento di consolidazione di tipo monodimensionale, prodotto dalle tensioni indotte da un carico applicato in condizioni di espansione laterale impedita. Pertanto la stima effettuata con questo metodo va considerata come empirica, piuttosto che teorica. Tuttavia, la semplicità d'uso e la facilità di controllare l'influenza dei vari parametri che intervengono nel calcolo, ne fanno un metodo molto diffuso.

L'approccio edometrico nel calcolo dei cedimenti passa essenzialmente attraverso due fasi:

1. il calcolo delle tensioni verticali indotte alle varie profondità con l'applicazione della teoria dell'elasticità;
2. la valutazione dei parametri di compressibilità attraverso la prova edometrica.

In riferimento ai risultati della prova edometrica, il cedimento è valutato come:

$$\Delta H = H_0 \cdot RR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

e si tratta di un terreno sovraconsolidato ($OCR > 1$), ossia se l'incremento di tensione dovuto all'applicazione del carico non fa superare la pressione di preconsolidazione s'_p ($s'_{v0} + \Delta s_v < s'_p$). Se invece il terreno è normalconsolidato ($s'_{v0} = s'_p$), le deformazioni avvengono nel tratto di compressione e il cedimento è valutato come:

$$\Delta H = H_0 \cdot CR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

dove:

RR: rapporto di ricompressione;

CR: rapporto di compressione;

H_0 : spessore iniziale dello strato;

s'_{v0} : tensione verticale efficace prima dell'applicazione del carico;

Δs_v : incremento di tensione verticale dovuto all'applicazione del carico.

In alternativa ai parametri RR e CR si fa riferimento al modulo edometrico M; in tal caso però occorre scegliere opportunamente il valore del modulo da utilizzare, tenendo conto dell'intervallo tensionale ($s'_{v0} + \Delta s_v$) significativo per il problema in esame.

L'applicazione corretta di questo tipo di approccio richiede:

- ✓ la suddivisione degli strati compressibili in una serie di piccoli strati di modesto spessore;
- ✓ la stima del modulo edometrico nell'ambito di ciascuno strato;
- ✓ il calcolo del cedimento come somma dei contributi valutati per ogni piccolo strato in cui è stato suddiviso il banco compressibile.

Si usano le espressioni sopra riportate per il calcolo del cedimento di consolidazione tanto per le argille quanto per le sabbie di granulometria da fina a media, perché il modulo di elasticità impiegato è ricavato direttamente da prove penetrometriche statiche. La pressione normale di progetto viene considerata uguale alla resistenza di progetto. Di seguito viene riportata tabella riassuntiva dei valori calcolati.

CPT 1		
Fondazione a platea		
Pressione (Kg/cm²)		Cedimento totale (cm)
azione di progetto	1.00	16.36
pressione normale di progetto	0.35	4.67

CPT 2		
Fondazione a platea		
Pressione (Kg/cm²)		Cedimento totale (cm)
azione di progetto	1.21	16.22
pressione normale di progetto	0.35	3.77

6. CONCLUSIONI

In conclusione si può riassumere:

- ✓ Il sito in oggetto ha latitudine 44°,80 e longitudine 11°,70 (ED50), la categoria sottosuolo è di tipo D, la categoria topografica è T1. L'opera rientra nel punto "2: ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale" con classe d'uso "II: costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente senza funzioni pubbliche e sociali essenziali", viene utilizzato un periodo di riferimento di 50 anni.
- ✓ Da un punto di vista stratigrafico si può ipotizzare una sezione costituita dalle due prove e suddividerla in orizzonti:
 - 1° orizzonte, materiali coesivi, argilla, argilla sabbiosa e organica, profondità circa 13.0 m da p.c.
 - 2° orizzonte, materiali incoerenti, sabbia, profondità circa 15 m da p.c.
 - 3° orizzonte, materiali coesivi, argilla e argilla organica, profondità circa 20.0 m da p.c.

Dalla prova CPT 1 è possibile osservare la presenza di sabbia fino a 21.0 m a cui seguono livelli di argilla/argilla sabbiosa fino a circa 25.0 m. Da 25.0 m a 26.0 m è presente sabbia poi argilla fino al termine della perforazione. I parametri geotecnici sono riportati in tabella, per facilitarne la lettura, al paragrafo 3.5 a pagina 9 mentre la sezione stratigrafica è riportata negli allegati al paragrafo 7.14 a pagina 86.

- ✓ Il livello dell'acqua misurato nei fori al termine delle prove è risultato essere dal p. c. attuale a profondità di -1.25 m CPT 1 mentre in CPT 2 di -1.10 m (misurazione del 24.04.2018).
- ✓ Per la verifica della liquefazione delle sabbie è stato utilizzato un software di calcolo che ha analizzato ogni strato di 20 cm individuato dalle prove eseguite e ne ha verificata potenzialità. Per questo sito, che rientra in zona 2, si è considerata una magnitudo di 6.14, un fattore di amplificazione F_0 di 2.596 e una PGA di 0.270. Nel caso in esame si è ottenuto un rischio di liquefazione alto, la liquefazione è un effetto di sito atteso. Si rimanda al paragrafo 4.3 per considerazioni riguardo al potenziale di liquefazione.
- ✓ Dalla elaborazione dei dati rilevati dalle prove penetrometriche per la fondazione a platea si è ottenuto una resistenza di progetto $[R_d]$ compresa 1.31 Kg/cm² e 1.58 Kg/cm² con una tensione $[E_d]$ di circa 1.0 Kg/cm²: la condizione $E_d \leq R_d$ è risultata verificata. I risultati ottenuti sono indicativi, sarà necessario approfondire le prove in fase di progetto.
- ✓ Il cedimento calcolato con una pressione dell'azione di progetto $[E_d]$ di 1.0 Kg/cm² in CPT 1 e di 1.21 Kg/cm² si è ottenuto un cedimento rispettivamente di 16.36 cm e di 16.22 cm. Ipotizzando una pressione di esercizio di 0.35 kg/cm² si è ottenuto un cedimento di 4.67 cm in CPT 1 e di 3.77 cm in CPT 2. I cedimenti differenziali tra le due prove risultano essere di 0.14 cm con un carico di 1.0 Kg/cm² e di 0.90 cm con un carico di 0.35 Kg/cm².
- ✓ In questa analisi sono state ipotizzate geometrie fondali e carichi a titolo orientativo e qualitativo. Se i valori dei parametri progettuali e/o dei cedimenti non dovessero essere compatibili con la struttura dell'opera di progetto, sarà opportuno da parte del Progettista prendere in considerazione diverse dimensioni e/o tipologie fondali.

Ferrara, 02 maggio 2018.

Dott. Geol. Mastellari Matteo

7. ALLEGATI

Committente: Studio arch. Bosi
Cantiere: approvazione PUA
Località: Cona - FE

Codice commessa: 09/18
Numero certificati allegati:

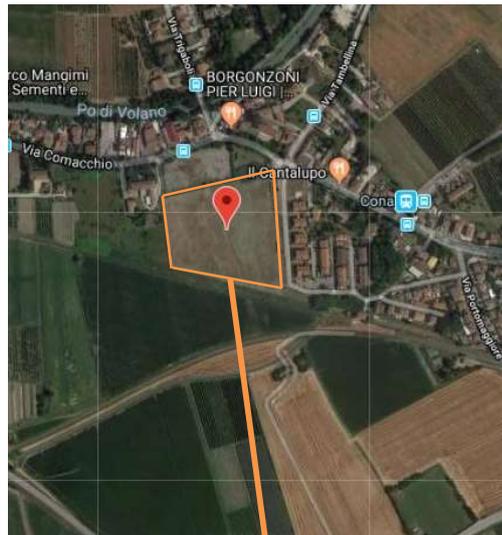
Caratteristiche Strumentali DEEP DRILL

Rif. Norme	ASTM D3441-86; AGI 1977
Punta	conica meccanica
Diametro Punta	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	20

Software utilizzati

Casa costruttrice	Geostru S.r.l.
Elaborazione prove CPT	Static Probing 2017
Elaborazione suscettibilità liquefazione	Liquiter 2018
Elaborazione stati limite	Load Cap 2018

7.1 Area d'indagine e ubicazione prove



7.2 ELABORAZIONE PROVA CPT Nr.1

Prof. (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0		
0,40	0,0	1,067	0,0	
0,60	14,0	0,933	15,005	6,7
0,80	10,0	1,067	9,372	10,7
1,00	16,0	0,667	23,988	4,2
1,20	8,0	0,667	11,994	8,3
1,40	10,0	0,667	14,993	6,7
1,60	8,0	0,267	29,963	3,3
1,80	10,0	0,667	14,993	6,7
2,00	14,0	0,4	35,0	2,9
2,20	16,0	1,067	14,995	6,7
2,40	16,0	1,067	14,995	6,7
2,60	16,0	0,667	23,988	4,2
2,80	18,0	0,8	22,5	4,4
3,00	14,0	0,467	29,979	3,3
3,20	6,0	0,4	15,0	6,7
3,40	8,0	0,267	29,963	3,3
3,60	10,0	0,4	25,0	4,0
3,80	12,0	0,8	15,0	6,7
4,00	14,0	0,667	20,99	4,8
4,20	14,0	0,8	17,5	5,7
4,40	10,0	0,533	18,762	5,3
4,60	6,0	0,4	15,0	6,7
4,80	6,0	0,4	15,0	6,7
5,00	8,0	0,333	24,024	4,2
5,20	8,0	0,4	20,0	5,0
5,40	6,0	0,333	18,018	5,6
5,60	8,0	0,4	20,0	5,0
5,80	6,0	0,4	15,0	6,7
6,00	6,0	0,4	15,0	6,7
6,20	6,0	0,267	22,472	4,5
6,40	6,0	0,267	22,472	4,5
6,60	6,0	0,333	18,018	5,6
6,80	5,0	0,267	18,727	5,3
7,00	12,0	0,533	22,514	4,4
7,20	8,0	0,267	29,963	3,3
7,40	6,0	0,267	22,472	4,5
7,60	4,0	0,267	14,981	6,7
7,80	14,0	0,6	23,333	4,3
8,00	9,0	0,2	45,0	2,2
8,20	15,0	0,2	75,0	1,3
8,40	9,0	0,267	33,708	3,0
8,60	8,0	0,333	24,024	4,2
8,80	9,0	0,533	16,886	5,9
9,00	14,0	0,4	35,0	2,9
9,20	16,0	0,4	40,0	2,5
9,40	12,0	0,533	22,514	4,4
9,60	10,0	0,4	25,0	4,0
9,80	8,0	0,4	20,0	5,0
10,00	12,0	0,533	22,514	4,4
10,20	12,0	0,267	44,944	2,2
10,40	8,0	0,4	20,0	5,0
10,60	8,0	0,267	29,963	3,3
10,80	8,0	0,533	15,009	6,7
11,00	10,0	0,4	25,0	4,0
11,20	12,0	0,467	25,696	3,9
11,40	12,0	0,533	22,514	4,4
11,60	10,0	0,533	18,762	5,3
11,80	10,0	0,4	25,0	4,0
12,00	76,0	0,267	284,644	0,4
12,20	74,0	0,533	138,837	0,7
12,40	78,0	0,4	195,0	0,5
12,60	78,0	0,533	146,341	0,7
12,80	70,0	0,667	104,948	1,0
13,00	52,0	0,533	97,561	1,0
13,20	50,0	0,533	93,809	1,1
13,40	10,0	0,4	25,0	4,0
13,60	20,0	0,4	50,0	2,0
13,80	30,0	0,4	75,0	1,3
14,00	20,0	0,267	74,906	1,3
14,20	22,0	0,533	41,276	2,4
14,40	6,0	0,4	15,0	6,7
14,60	6,0	0,333	18,018	5,6
14,80	7,0	0,533	13,133	7,6
15,00	8,0	0,267	29,963	3,3

15,20	14,0	0,667	20,99	4,8
15,40	20,0	0,533	37,523	2,7
15,60	20,0	0,533	37,523	2,7
15,80	8,0	0,533	15,009	6,7
16,00	8,0	0,533	15,009	6,7
16,20	10,0	0,6	16,667	6,0
16,40	11,0	0,667	16,492	6,1
16,60	10,0	0,533	18,762	5,3
16,80	10,0	0,667	14,993	6,7
17,00	14,0	0,8	17,5	5,7
17,20	12,0	0,4	30,0	3,3
17,40	12,0	0,4	30,0	3,3
17,60	12,0	0,533	22,514	4,4
17,80	10,0	0,533	18,762	5,3
18,00	10,0	0,333	30,03	3,3
18,20	12,0	0,467	25,696	3,9
18,40	9,0	0,533	16,886	5,9
18,60	8,0	0,6	13,333	7,5
18,80	15,0	0,867	17,301	5,8
19,00	13,0	0,667	19,49	5,1
19,20	14,0	0,933	15,005	6,7
19,40	26,0	1,067	24,367	4,1
19,60	28,0	1,467	19,087	5,2
19,80	34,0	1,333	25,506	3,9
20,00	42,0	1,067	39,363	2,5
20,20	38,0	2,0	19,0	5,3
20,40	34,0	1,2	28,333	3,5
20,60	64,0	1,2	53,333	1,9
20,80	68,0	1,067	63,73	1,6
21,00	82,0	1,467	55,896	1,8
21,20	86,0	1,467	58,623	1,7
21,40	94,0	1,467	64,076	1,6
21,60	38,0	1,2	31,667	3,2
21,80	26,0	1,333	19,505	5,1
22,00	26,0	1,2	21,667	4,6
22,20	24,0	1,2	20,0	5,0
22,40	20,0	0,8	25,0	4,0
22,60	20,0	1,067	18,744	5,3
22,80	24,0	1,2	20,0	5,0
23,00	26,0	1,2	21,667	4,6
23,20	28,0	1,067	26,242	3,8
23,40	26,0	0,933	27,867	3,6
23,60	28,0	1,067	26,242	3,8
23,80	30,0	1,467	20,45	4,9
24,00	32,0	1,867	17,14	5,8
24,20	26,0	1,733	15,003	6,7
24,40	26,0	1,733	15,003	6,7
24,60	24,0	1,867	12,855	7,8
24,80	26,0	0,533	48,78	2,1
25,00	54,0	1,067	50,609	2,0
25,20	42,0	1,2	35,0	2,9
25,40	36,0	0,667	53,973	1,9
25,60	42,0	0,533	78,799	1,3
25,80	38,0	1,2	31,667	3,2
26,00	20,0	1,2	16,667	6,0
26,20	18,0	1,2	15,0	6,7
26,40	16,0	0,933	17,149	5,8
26,60	18,0	0,933	19,293	5,2
26,80	18,0	1,067	16,87	5,9
27,00	16,0	1,2	13,333	7,5
27,20	16,0	1,067	14,995	6,7
27,40	18,0	1,2	15,0	6,7
27,60	14,0	1,2	11,667	8,6
27,80	18,0	1,2	15,0	6,7
28,00	18,0	1,2	15,0	6,7
28,20	22,0	1,333	16,504	6,1
28,40	20,0	1,333	15,004	6,7
28,60	18,0	1,2	15,0	6,7
28,80	16,0	1,2	13,333	7,5
29,00	18,0	1,2	15,0	6,7
29,20	22,0	1,2	18,333	5,5
29,40	24,0	1,6	15,0	6,7
29,60	20,0	1,333	15,004	6,7
29,80	18,0	1,2	15,0	6,7
30,00	22,0	1,466	15,007	6,7

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Descrizione
0,40	0,0	0,534	0,9	terreno vegetale
2,00	11,25	0,667	1,9	argilla organica
7,80	9,483	0,485	1,8	argilla / argilla organica
9,20	11,429	0,333	1,8	argilla sabbiosa / sabbia argillosa
11,80	10,154	0,436	1,8	argilla
14,20	48,333	0,456	1,9	sabbia
14,80	6,333	0,422	1,7	argilla organica
15,60	15,5	0,5	1,9	sabbia argillosa
19,20	11,0	0,589	1,8	argilla / argilla organica
20,40	33,667	1,356	2,0	argilla sabbiosa
21,60	72,0	1,311	1,9	sabbia
23,00	23,714	1,143	2,0	argilla
23,80	28,0	1,134	2,0	argilla sabbiosa
24,60	27,0	1,8	2,0	argilla
25,80	39,667	0,867	2,0	sabbia
30,00	18,571	1,213	1,9	argilla

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm ²)
Eu:	Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm ²)
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (t/m ³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm ²)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey
1	0,40											
2	2,00	C	0,6	414,8	45,8	122,9	>9	1,9	2,0	--	--	--
3	7,80	C	0,5	337,0	42,4	110,7	7,0	1,8	1,9	--	--	--
4	9,20	CI	0,6	399,1	46,1	124,1	<0,5	1,9	1,9	5,0	28,7	28,6
5	11,80	C	0,5	345,3	43,9	115,4	3,3	1,8	1,9	--	--	--
6	14,20	I	--	--	72,5	299,4	<0,5	1,9	2,2	43,5	33,6	120,8
7	14,80	C	0,3	189,3	32,8	86,5	2,3	1,7	1,8	--	--	--
8	15,60	CI	0,8	530,9	48,3	149,4	<0,5	1,9	2,0	5,0	28,7	38,8
9	19,20	C	0,6	355,4	45,4	121,2	2,7	1,8	1,9	--	--	--
10	20,40	CI	1,7	1197,8	67,3	240,0	<0,5	2,1	2,1	21,5	30,3	84,2
11	21,60	I	--	--	108,0	381,9	<0,5	1,8	2,1	46,0	33,9	180,0
12	23,00	C	1,2	815,6	47,4	193,8	4,0	2,0	2,1	--	--	--
13	23,80	CI	1,4	972,2	56,0	214,5	<0,5	2,0	2,1	10,7	28,7	70,0
14	24,60	C	1,4	931,7	54,0	209,8	5,7	2,0	2,1	--	--	--
15	25,80	I	--	--	119,0	265,3	<0,5	1,8	2,1	20,7	30,1	99,2
16	30,00	C	0,9	602,5	45,0	166,9	3,3	1,9	2,0	--	--	--

7.3 STIMA CATEGORIA DEL SUOLO

Prof. (m)	Descrizione	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Autore Vs	Vs (m/s)	Autore Cu	Cu (Kg/cm ²)
0,4	terreno vegetale	0,0	0,534	Baldi et. al. 1989		Terzaghi	0,0
2	argilla organica	11,25	0,667	Andrus et. al. 2001	170,22		0,6
7,8	argilla / argilla organica	9,483	0,485		192,72		0,5
9,2	argilla sabbiosa / sabbia argillosa	11,429	0,333		218,88		0,6
11,8	argilla	10,154	0,436		216,18		0,5
14,2	sabbia	48,333	0,456		329,89		2,4
14,8	argilla organica	6,333	0,422		208,47		0,3
15,6	sabbia argillosa	15,5	0,5		252,62		0,8
19,2	argilla / argilla organica	11,0	0,589		236,68		0,6
20,4	argilla sabbiosa	33,667	1,356		316,67		1,7
21,6	sabbia	72,0	1,311		386,31		3,6
23	argilla	23,714	1,143		283,27		1,2
23,8	argilla sabbiosa	28,0	1,134		309,35		1,4
24,6	argilla	27,0	1,8		294,3		1,4
25,8	sabbia	39,667	0,867		341,12		2,0

Vs,30

167,45 m/s

Cu,30

0,73 Kg/cm²

Terreno con spessore non superiore a 20m posto su substrato di riferimento con vs>800 m/s...No

Stima categoria suolo

Vs,30

Categoria suolo tipo:

D

Per definire l'azione sismica di progetto, si valuta l'effetto della risposta sismica locale (RSI) (C7.11.3.1 NTC 2008) determinando la categoria di sottosuolo specifica del sito.

Individuazione categoria di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III) secondo: Vs,30

Categoria suolo tipo: 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 $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

7.4 STIMA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro:	Approvazione piano urbanistico
Codice identificativo	09/18
Cliente:	Studio Bosi_Hi - Mec Srl
Indirizzo, Coordinate:	via Comacchio - Via Zerbini - Cona - FE
Normativa: Normativa:	Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018
Fattore sicurezza normativa	1,25
Profondità falda idrica	1,25 m
Accelerazione Bedrock	0,15
Fattore amplificazione	2,596
Tipo Suolo:	D-Terreni granulari sciolti e poco addensati, coesivi consistenti $V_{s,30} < 180$
Morfologia:	T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i <= 15^\circ$
Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)	1,8
Coefficiente amplificazione topografica (ST)	1
Magnitudo momento sismico (Mw)	6,14
Distanza epicentro	35 Km
Peak ground acceleration (PGA)	0,27

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	terreno vegetale	0	0,4	0	0	0	52,37
2	argilla organica	0,4	2	18,37	19,16	1103,25	65,41
3	argilla / argilla organica	2	7,8	18,03	18,81	929,97	47,56
4	argilla sabbiosa / sabbia argillosa	7,8	9,2	18,31	19,09	1120,8	32,66
5	argilla	9,2	11,8	18,07	18,86	995,77	42,76
6	sabbia	11,8	14,2	18,63	21,57	4739,85	44,72
7	argilla organica	14,2	14,8	17,08	17,86	621,06	41,38
8	sabbia argillosa	14,8	15,6	18,78	19,56	1520,03	49,03
9	argilla / argilla organica	15,6	19,2	18,12	18,9	1078,73	57,76
10	argilla sabbiosa	19,2	20,4	20,12	20,9	3301,61	132,98
11	sabbia	20,4	21,6	17,65	20,59	7060,79	128,57
12	argilla	21,6	23	19,49	20,27	2325,55	112,09
13	argilla sabbiosa	23	23,8	19,78	20,56	2745,86	111,21
14	argilla	23,8	24,6	19,71	20,49	2647,8	176,52
15	sabbia	24,6	25,8	17,65	20,59	3890,01	85,02
16	argilla	25,8	30	18,99	19,77	1821,19	118,95

Robertson Wride, 1998

Correzione per la magnitudo (MSF)

1,43

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normale F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normale (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1,45	19,447	17,485									0	NL	0	Molto basso
1,65	23,279	19,356									0	NL	0	Molto basso
1,85	27,111	21,227									0	NL	0	Molto basso
2,05	30,925	23,080									0	NL	0	Molto basso
2,25	34,687	24,880									0	NL	0	Molto basso
2,45	38,449	26,681									0	NL	0	Molto basso
2,65	42,211	28,482									0	NL	0	Molto basso
2,85	45,973	30,282									0	NL	0	Molto basso
3,05	49,735	32,083									0	NL	0	Molto basso
3,25	53,497	33,884									0	NL	0	Molto basso
3,45	57,259	35,684									0	NL	0	Molto basso
3,65	61,021	37,485									0	NL	0	Molto basso
3,85	64,783	39,286									0	NL	0	Molto basso
4,05	68,545	41,086									0	NL	0	Molto basso
4,25	72,307	42,887									0	NL	0	Molto basso
4,45	76,069	44,688									0	NL	0	Molto basso
4,65	79,831	46,488									0	NL	0	Molto basso
4,85	83,593	48,289									0	NL	0	Molto basso
5,05	87,355	50,090									0	NL	0	Molto basso
5,25	91,117	51,890									0	NL	0	Molto basso
5,45	94,879	53,691									0	NL	0	Molto basso
5,65	98,641	55,492									0	NL	0	Molto basso
5,85	102,403	57,292									0	NL	0	Molto basso
6,05	106,165	59,093									0	NL	0	Molto basso

6,25	109,927	60,894										0	NL	0	Molto basso
6,45	113,689	62,694										0	NL	0	Molto basso
6,65	117,451	64,495										0	NL	0	Molto basso
6,85	121,213	66,296										0	NL	0	Molto basso
7,05	124,975	68,096										0	NL	0	Molto basso
7,25	128,737	69,897										0	NL	0	Molto basso
7,45	132,499	71,698										0	NL	0	Molto basso
7,65	136,261	73,498										0	NL	0	Molto basso
7,85	140,037	75,313	13,022	3,330	2,930	1,32779	89,227	0,940	0,146	0,215	0,680	L	20,16	Molto alto	
8,05	143,855	77,170	12,660	3,343	2,941	1,295844	88,701	0,938	0,145	0,215	0,674	L	20,93	Molto alto	
8,25	147,673	79,026	12,314	3,356	2,951	1,265399	88,195	0,937	0,144	0,215	0,669	L	21,69	Molto alto	
8,45	151,491	80,883	11,984	3,369	2,962	1,236352	87,708	0,935	0,143	0,215	0,663	L	22,43	Molto alto	
8,65	155,309	82,740	11,669	3,383	2,972	1,208608	87,239	0,934	0,142	0,215	0,658	L	23,16	Molto alto	
8,85	159,127	84,596	11,368	3,396	2,982	1,182082	86,787	0,932	0,141	0,215	0,654	L	23,87	Molto alto	
9,05	162,945	86,453	11,079	3,410	2,992	1,156696	86,351	0,931	0,140	0,215	0,649	L	24,56	Molto alto	
9,25	166,752	88,298										0	NL	0	Molto basso
9,45	170,524	90,109										0	NL	0	Molto basso
9,65	174,296	91,920										0	NL	0	Molto basso
9,85	178,068	93,730										0	NL	0	Molto basso
10,05	181,840	95,541										0	NL	0	Molto basso
10,25	185,612	97,352										0	NL	0	Molto basso
10,45	189,384	99,162										0	NL	0	Molto basso
10,65	193,156	100,973										0	NL	0	Molto basso
10,85	196,928	102,784										0	NL	0	Molto basso
11,05	200,700	104,594										0	NL	0	Molto basso
11,25	204,472	106,405										0	NL	0	Molto basso
11,45	208,244	108,216										0	NL	0	Molto basso
11,65	212,016	110,026										0	NL	0	Molto basso
11,85	215,923	111,973	44,793	0,989	2,187	0,9450271	73,289	0,858	0,117	0,203	0,574	L	35,51	Molto alto	
12,05	220,237	114,325	44,330	0,989	2,191	0,9352528	72,951	0,852	0,116	0,202	0,576	L	35,72	Molto alto	
12,25	224,551	116,678	43,880	0,990	2,195	0,9257757	72,624	0,847	0,116	0,200	0,578	L	35,90	Molto alto	
12,45	228,865	119,031	43,445	0,991	2,199	0,9165809	72,308	0,842	0,115	0,199	0,579	L	36,06	Molto alto	
12,65	233,179	121,383	43,021	0,992	2,203	0,9076548	72,002	0,836	0,115	0,197	0,581	L	36,20	Molto alto	
12,85	237,493	123,736	42,611	0,993	2,206	0,8989844	71,706	0,831	0,114	0,196	0,584	L	36,33	Molto alto	
13,05	241,807	126,089	42,211	0,994	2,210	0,890558	71,420	0,826	0,114	0,194	0,586	L	36,43	Molto alto	
13,25	246,121	128,441	41,823	0,995	2,214	0,8823641	71,142	0,820	0,113	0,193	0,588	L	36,51	Molto alto	
13,45	250,435	130,794	41,445	0,996	2,217	0,8743923	70,873	0,815	0,113	0,192	0,590	L	36,58	Molto alto	
13,65	254,749	133,147	41,077	0,997	2,221	0,8666326	70,612	0,810	0,113	0,190	0,593	L	36,63	Molto alto	
13,85	259,063	135,499	40,719	0,998	2,224	0,859076	70,358	0,804	0,112	0,189	0,595	L	36,65	Molto alto	
14,05	263,377	137,852	40,370	0,999	2,227	0,8517137	70,112	0,799	0,112	0,187	0,598	L	36,66	Molto alto	
14,25	267,506	140,019										0	NL	0	Molto basso
14,45	271,078	141,630										0	NL	0	Molto basso
14,65	274,650	143,240										0	NL	0	Molto basso
14,85	278,307	144,936	8,567	3,949	3,120	0,6899593	85,831	0,778	0,139	0,183	0,757	L	22,69	Molto alto	
15,05	282,219	146,887	8,427	3,961	3,127	0,6807965	85,574	0,772	0,138	0,182	0,759	L	22,63	Molto alto	
15,25	286,131	148,837	8,290	3,974	3,134	0,671874	85,323	0,767	0,138	0,181	0,761	L	22,56	Molto alto	
15,45	290,043	150,788	8,157	3,986	3,140	0,6631824	85,078	0,761	0,137	0,180	0,763	L	22,46	Molto alto	
15,65	293,922	152,706										0	NL	0	Molto basso
15,85	297,702	154,524										0	NL	0	Molto basso
16,05	301,482	156,343										0	NL	0	Molto basso
16,25	305,262	158,162										0	NL	0	Molto basso
16,45	309,042	159,981										0	NL	0	Molto basso
16,65	312,822	161,799										0	NL	0	Molto basso
16,85	316,602	163,618										0	NL	0	Molto basso
17,05	320,382	165,436										0	NL	0	Molto basso
17,25	324,162	167,255										0	NL	0	Molto basso
17,45	327,942	169,074										0	NL	0	Molto basso
17,65	331,722	170,893										0	NL	0	Molto basso
17,85	335,502	172,711										0	NL	0	Molto basso
18,05	339,282	174,530										0	NL	0	Molto basso
18,25	343,062	176,349										0	NL	0	Molto basso
18,45	346,842	178,167										0	NL	0	Molto basso
18,65	350,622	179,986										0	NL	0	Molto basso
18,85	354,402	181,805										0	NL	0	Molto basso
19,05	358,182	183,623										0	NL	0	Molto basso
19,25	362,062	185,542										0	NL	0	Molto basso
19,45	366,242	187,761										0	NL	0	Molto basso
19,65	370,422	189,979										0	NL	0	Molto basso
19,85	374,602	192,198										0	NL	0	Molto basso

IPL (Sonmez) = 6,7 Zcrit = 20 m Rischio = Alto

7.5 STATI LIMITE E CEDIMENTI

DATI GENERALI

Normativa	NTC 2018
Larghezza fondazione	15,0 m
Lunghezza fondazione	20,0 m
Profondità piano di posa	0,5 m

Altezza di incastro	0,5 m
Profondità falda	1,25

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0,246
Effetto sismico secondo	NTC 2018

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m ³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m ³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm ²]	Coesione non drenata [Kg/cm ²]	Modulo Elastico [Kg/cm ²]	Modulo Edometrico [Kg/cm ²]
0,4	1784,5	1937,46	25,0	0,2549	0,0	302,86	302,86
1,6	1873,51	1953,51	0,0	0,0	0,56	0,0	45,82
5,8	1838,59	1918,59	0,0	0,0	0,47	0,0	42,4
1,4	1867,04	1947,04	28,7	0,0	0,57	28,57	46,08
2,6	1842,71	1922,71	0,0	0,0	0,51	0,0	43,86
2,4	1900,0	2200,0	33,63	0,0	0,0	120,83	72,5
0,6	1741,68	1821,68	0,0	0,0	0,32	0,0	32,81
0,8	1914,95	1994,95	28,7	0,0	0,78	38,75	48,27
3,6	1847,53	1927,53	0,0	0,0	0,55	0,0	45,42
1,2	2051,65	2131,65	30,27	0,0	1,68	84,17	67,33
1,2	1800,0	2100,0	33,92	0,0	0,0	180,0	108,0
1,4	1987,08	2067,08	0,0	0,0	1,19	0,0	47,43
0,8	2016,59	2096,59	28,7	0,0	1,4	70,0	56,0
0,8	2009,44	2089,44	0,0	0,0	1,35	0,0	54,0
1,2	1800,0	2100,0	30,1	0,0	0,0	99,17	119,0
4,2	1936,21	2016,21	0,0	0,0	0,93	0,0	44,96

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm ²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	SISMA	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
3	S.L.E.	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
4	S.L.D.	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coeff. Rid. Capacità portante verticale	Coeff. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2,3	1,1
2	Si	1	1	1	1	1	2,3	1,1
3	No	1	1	1	1	1	1	1
4	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: MEYERHOF (1963)

Carico limite [Qult]	3,01 Kg/cm ²
Resistenza di progetto [Rd]	1,31 Kg/cm ²
Tensione [Ed]	1,0 Kg/cm ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	3,01
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 1,2 Kg/cm³**A1+M1+R3**

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1,0
Fattore [Nc]	5,14
Fattore forma [Sc]	1,15
Fattore profondità [Dc]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,0
Fattore profondità [Dq]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,0
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite 3,01 Kg/cm²

Resistenza di progetto 1,31 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

SISMA

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

=====

Fattore [Nq]	1,0
Fattore [Nc]	5,14
Fattore forma [Sc]	1,15
Fattore profondità [Dc]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,0
Fattore profondità [Dq]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,0
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite 3,01 Kg/cm²Resistenza di progetto 1,31 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

=====

CEDIMENTI PER OGNI STRATOPressione normale di progetto 1,0 Kg/cm²

Cedimento dopo T anni 10,0

Cedimento totale 16,364 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (Kg/cm ²)	Dp (Kg/cm ²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	1,25	0,231	0,455	Edometrico	1,4889	--	1,4889
3	4,9	0,569	0,427		5,8404	--	5,8404
4	8,5	0,901	0,359		1,0901	--	1,0901
5	10,5	1,087	0,319		1,8897	--	1,8897
6	13	1,351	0,273		0,9053	--	0,9053
7	14,5	1,52	0,249		0,456	--	0,456
8	15,2	1,584	0,239		0,3961	--	0,3961
9	17,4	1,791	0,209		1,6598	--	1,6598
10	19,8	2,026	0,182		0,3244	--	0,3244
11	21	2,16	0,17		0,1889	--	0,1889
12	22,3	2,301	0,158		0,4666	--	0,4666
13	23,4	2,419	0,149		0,2126	--	0,2126
14	24,2	2,507	0,142		0,2111	--	0,2111
15	25,2	2,616	0,135		0,1362	--	0,1362
16	27,9	2,896	0,117		1,0975	--	1,0975

Pressione normale di progetto 0,35 Kg/cm²

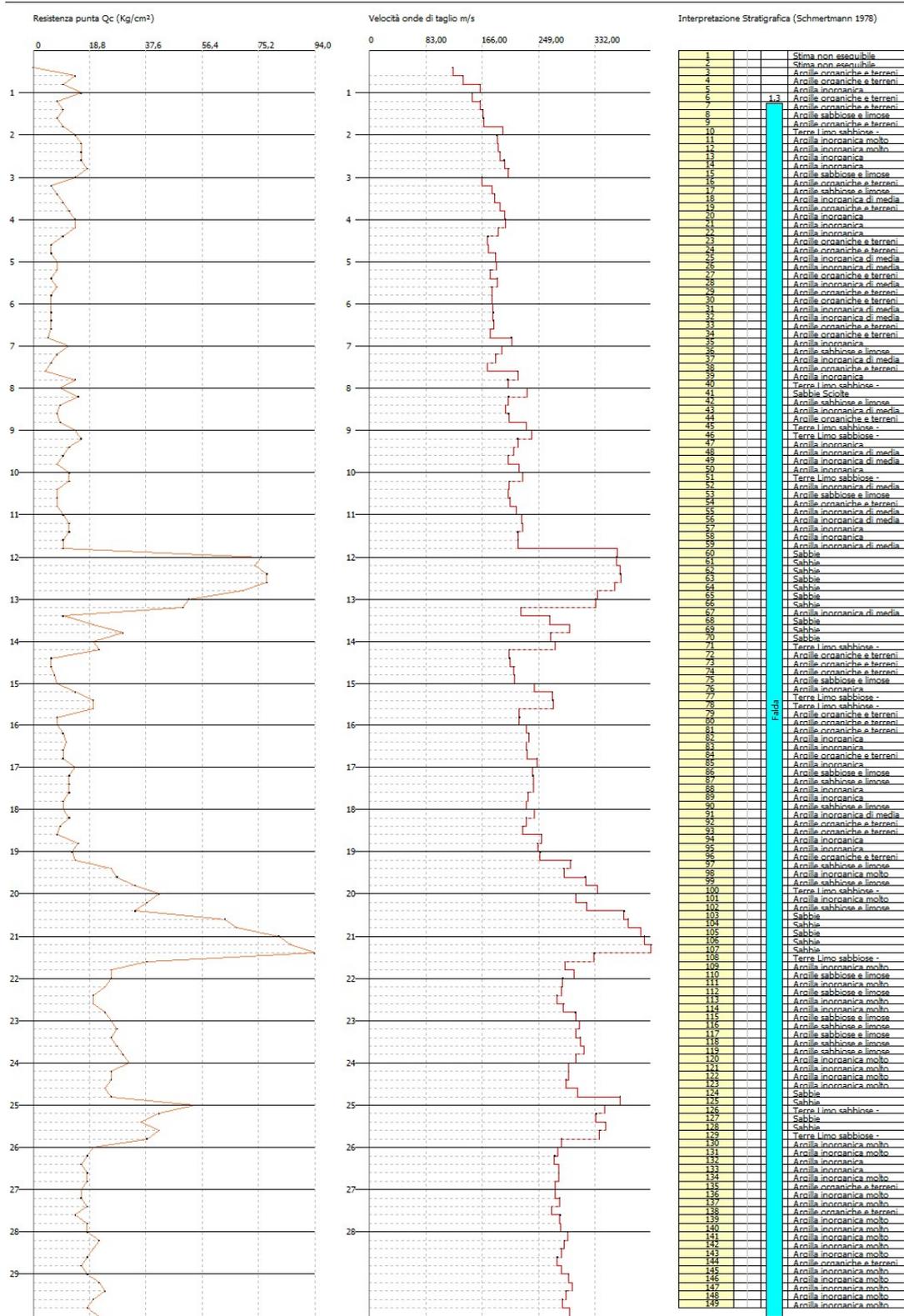
Cedimento dopo T anni 10,0

Cedimento totale 4,674 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

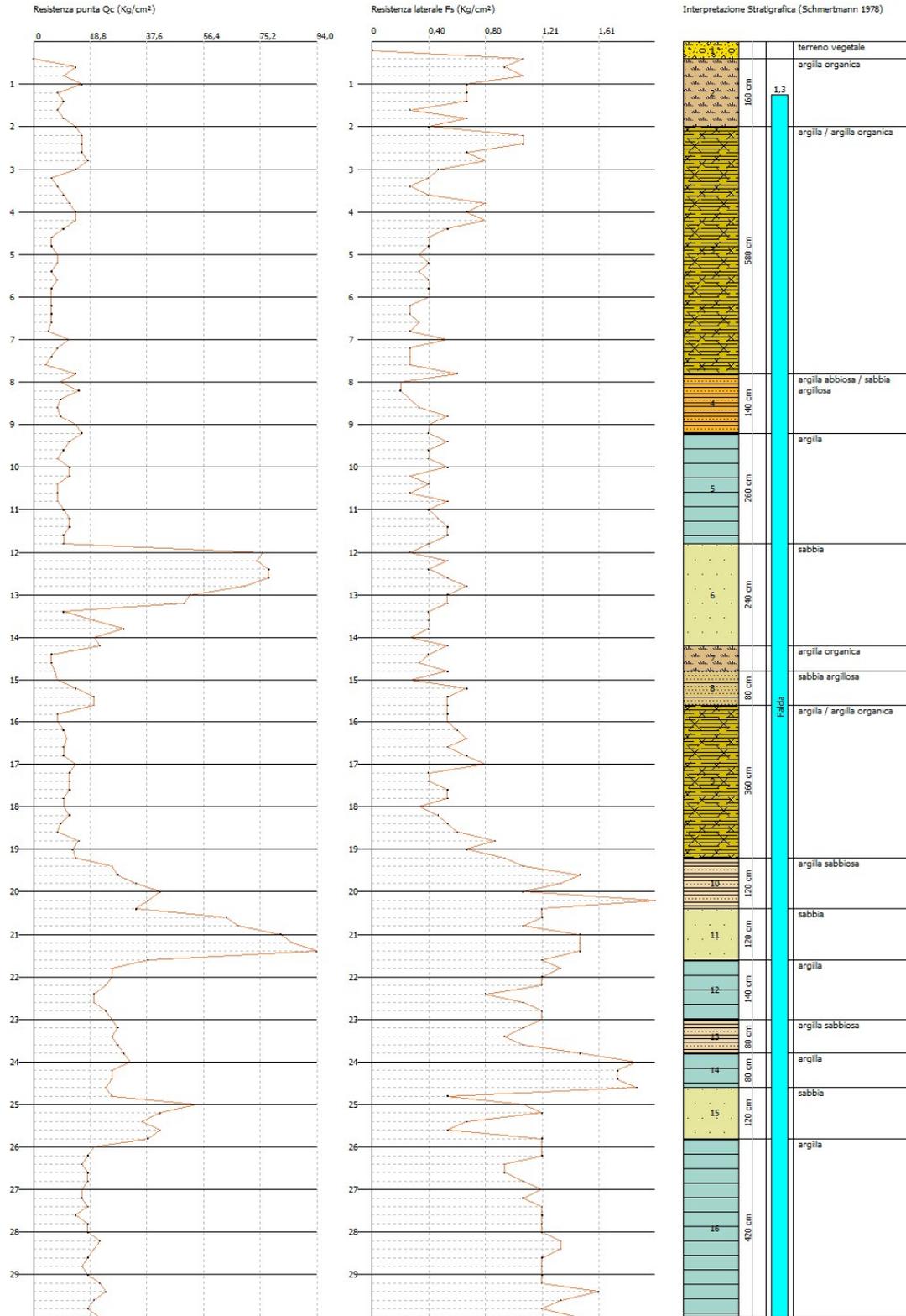
Strato	Z (m)	Tensione (Kg/cm ²)	Dp (Kg/cm ²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	1,25	0,231	0,13	Edometrico	0,4253	--	0,4253
3	4,9	0,569	0,122		1,6682	--	1,6682
4	8,5	0,901	0,102		0,3114	--	0,3114
5	10,5	1,087	0,091		0,5397	--	0,5397
6	13	1,351	0,078		0,2586	--	0,2586
7	14,5	1,52	0,071		0,1303	--	0,1303
8	15,2	1,584	0,068		0,1131	--	0,1131
9	17,4	1,791	0,06		0,4741	--	0,4741
10	19,8	2,026	0,052		0,0926	--	0,0926
11	21	2,16	0,049		0,0539	--	0,0539
12	22,3	2,301	0,045		0,1333	--	0,1333
13	23,4	2,419	0,043		0,0607	--	0,0607
14	24,2	2,507	0,041		0,0603	--	0,0603
15	25,2	2,616	0,039		0,0389	--	0,0389
16	27,9	2,896	0,034		0,3135	--	0,3135

7.6 **GRAFICO QC/VELOCITA' ONDE DI TAGLIO**



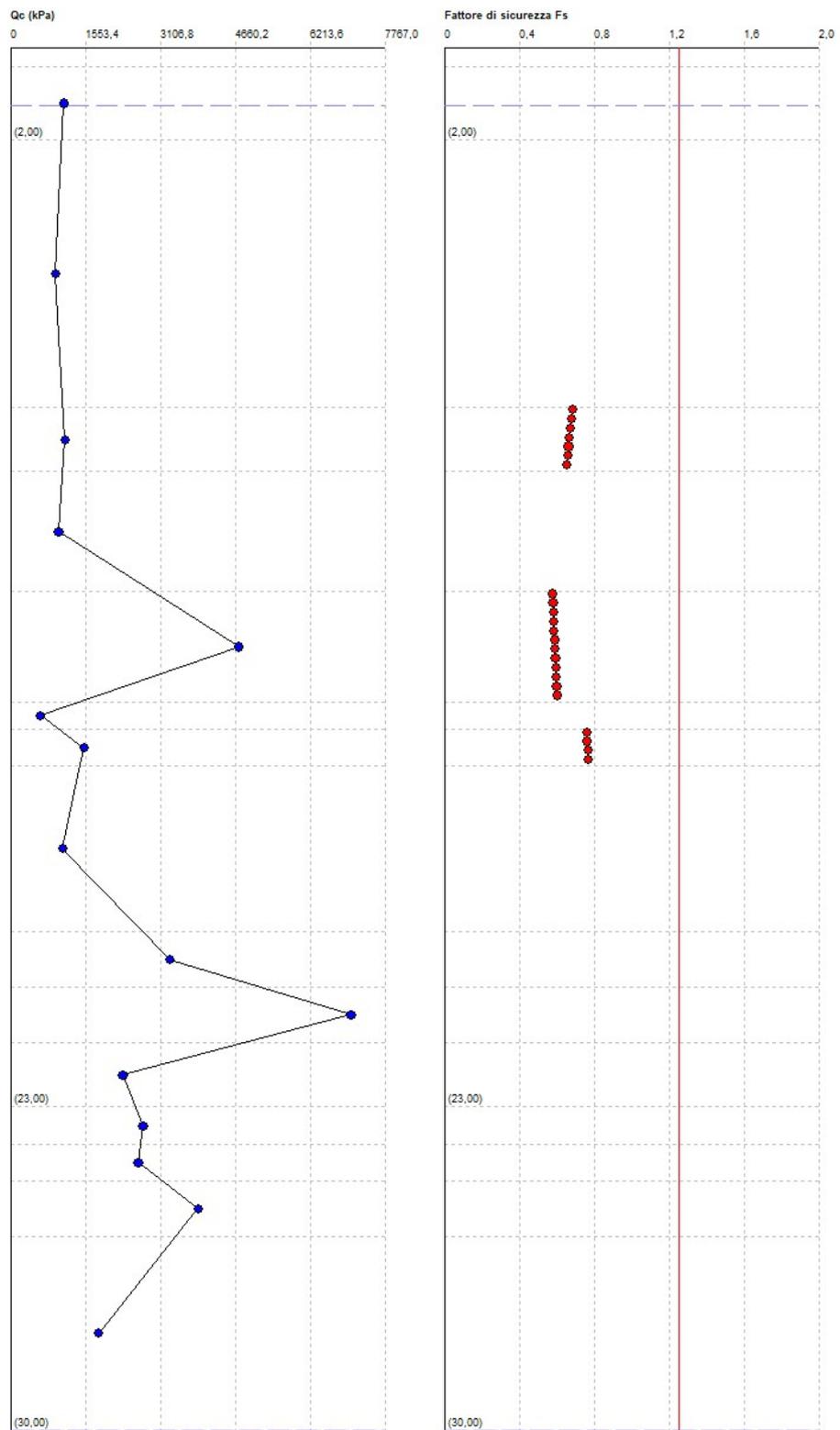
Scala profondità 1:129 - Qc: 1 cm=18,31 Kg/cm² - Fs: 1 cm=0 Kg/cm² -

7.7 **GRAFICO QC/STRATIGRAFIA**



Scala profondità 1:129 - Qc: 1 cm=18,31 Kg/cm² - Fs: 1 cm=0,39 Kg/cm² -

7.8 GRAFICO QC/FATTORE SICUREZZA ALLA LIQUEFAZIONE



7.9 ELABORAZIONE PROVA CPT Nr.2

Prof. (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,0	0,0		
0,40	0,0	0,533	0,0	
0,60	8,0	0,4	20,0	5,0
0,80	6,0	0,533	11,257	8,9
1,00	4,0	0,267	14,981	6,7
1,20	10,0	0,267	37,453	2,7
1,40	10,0	0,267	37,453	2,7
1,60	16,0	0,533	30,019	3,3
1,80	12,0	0,533	22,514	4,4
2,00	16,0	0,533	30,019	3,3
2,20	20,0	0,267	74,906	1,3
2,40	18,0	0,267	67,416	1,5
2,60	20,0	0,667	29,985	3,3
2,80	16,0	0,867	18,454	5,4
3,00	13,0	0,933	13,934	7,2
3,20	24,0	0,4	60,0	1,7
3,40	18,0	0,933	19,293	5,2
3,60	10,0	0,667	14,993	6,7
3,80	10,0	0,533	18,762	5,3
4,00	18,0	0,533	33,771	3,0
4,20	18,0	0,8	22,5	4,4
4,40	18,0	1,067	16,87	5,9
4,60	16,0	1,0	16,0	6,3
4,80	15,0	0,8	18,75	5,3
5,00	14,0	0,667	20,99	4,8
5,20	10,0	0,667	14,993	6,7
5,40	10,0	0,533	18,762	5,3
5,60	10,0	0,667	14,993	6,7
5,80	10,0	0,467	21,413	4,7
6,00	13,0	0,467	27,837	3,6
6,20	11,0	0,4	27,5	3,6
6,40	10,0	0,4	25,0	4,0
6,60	10,0	0,467	21,413	4,7
6,80	9,0	0,4	22,5	4,4
7,00	10,0	0,4	25,0	4,0
7,20	6,0	0,2	30,0	3,3
7,40	10,0	0,333	30,03	3,3
7,60	13,0	0,467	27,837	3,6
7,80	13,0	0,8	16,25	6,2
8,00	16,0	0,867	18,454	5,4
8,20	13,0	0,733	17,735	5,6
8,40	13,0	0,667	19,49	5,1
8,60	12,0	0,533	22,514	4,4
8,80	24,0	0,667	35,982	2,8
9,00	40,0	0,4	100,0	1,0
9,20	18,0	0,4	45,0	2,2
9,40	30,0	0,6	50,0	2,0
9,60	15,0	0,667	22,489	4,4
9,80	32,0	0,933	34,298	2,9

10,00	34,0	0,933	36,442	2,7
10,20	12,0	0,667	17,991	5,6
10,40	12,0	0,533	22,514	4,4
10,60	8,0	0,267	29,963	3,3
10,80	9,0	0,4	22,5	4,4
11,00	14,0	0,667	20,99	4,8
11,20	10,0	0,667	14,993	6,7
11,40	12,0	0,4	30,0	3,3
11,60	12,0	0,4	30,0	3,3
11,80	8,0	0,533	15,009	6,7
12,00	20,0	0,533	37,523	2,7
12,20	18,0	0,733	24,557	4,1
12,40	13,0	0,667	19,49	5,1
12,60	12,0	0,533	22,514	4,4
12,80	12,0	-5,867	-2,045	-48,9
13,00	110,0	0,667	164,918	0,6
13,20	10,0	0,267	37,453	2,7
13,40	8,0	0,333	24,024	4,2
13,60	8,0	0,2	40,0	2,5
13,80	9,0	0,467	19,272	5,2
14,00	11,0	0,533	20,638	4,8
14,20	12,0	0,4	30,0	3,3
14,40	9,0	0,533	16,886	5,9
14,60	34,0	0,667	50,975	2,0
14,80	20,0	0,667	29,985	3,3
15,00	24,0	0,4	60,0	1,7
15,20	20,0	0,667	29,985	3,3
15,40	10,0	0,667	14,993	6,7
15,60	8,0	0,8	10,0	10,0
15,80	14,0	0,533	26,266	3,8
16,00	10,0	0,533	18,762	5,3
16,20	10,0	0,533	18,762	5,3
16,40	12,0	0,533	22,514	4,4
16,60	14,0	0,267	52,434	1,9
16,80	14,0	0,8	17,5	5,7
17,00	12,0	0,8	15,0	6,7
17,20	14,0	0,267	52,434	1,9
17,40	12,0	0,4	30,0	3,3
17,60	14,0	0,533	26,266	3,8
17,80	10,0	0,4	25,0	4,0
18,00	10,0	0,533	18,762	5,3
18,20	8,0	0,533	15,009	6,7
18,40	10,0	0,533	18,762	5,3
18,60	14,0	0,8	17,5	5,7
18,80	14,0	0,267	52,434	1,9
19,00	24,0	0,933	25,723	3,9
19,20	32,0	1,067	29,991	3,3
19,40	38,0	1,733	21,927	4,6
19,60	34,0	1,733	19,619	5,1
19,80	38,0	0,533	71,295	1,4
20,00	94,0	1,318	71,32	1,4

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ²)	Descrizione
0,40	0,0	0,267	0,9	terreno vegetale
1,00	6,0	0,4	1,9	argilla organica
1,40	10,0	0,267	1,9	sabbia argillosa
2,00	14,667	0,533	1,9	argilla sabbiosa
2,40	19,0	0,267	1,9	sabbia
7,00	13,609	0,641	0,6	argilla /argilla organica
7,60	9,667	0,333	0,0	argilla sabbiosa
8,60	13,4	0,72	0,0	argilla
10,00	27,571	0,657	0,0	sabbia argillosa
11,20	10,833	0,534	0,0	argilla
12,60	13,571	0,543	0,0	argilla sabbiosa
13,60	29,6	-0,88	0,0	sabbia argillosa
14,40	10,25	0,483	0,0	argilla
15,20	24,5	0,6	0,0	sabbia
19,60	15,364	0,691	0,0	argilla
20,00	66,0	0,926	0,0	sabbia

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm ²)
Eu:	Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm ²)

Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (t/m ³)
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm ²)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey
1	0,40											
2	1,00	C	0,3	221,5	31,5	83,7	>9	1,8	1,8	--	--	--
3	1,40	CI	0,5	368,3	43,5	114,3	3,6	1,9	1,9	34,4	32,6	25,0
4	2,00	CI	0,7	541,7	48,4	144,5	2,0	1,9	2,0	42,1	33,7	36,7
5	2,40	I	--	--	95,0	169,2	1,8	1,9	2,2	46,6	34,4	47,5
6	7,00	C	0,7	503,1	48,2	138,0	>9	1,9	2,0	--	--	--
7	7,60	CI	0,5	359,8	42,8	112,0	<0.5	1,8	1,9	55,0	35,8	24,2
8	8,60	C	0,7	502,8	48,1	136,7	<0.5	1,9	2,0	--	--	--
9	10,00	CI	1,4	1038,7	55,1	212,5	<0.5	2,0	2,1	<5	28,0	68,9
10	11,20	C	0,5	415,9	45,1	120,1	<0.5	1,9	2,0	--	--	--
11	12,60	C	0,7	523,5	48,2	137,8	<0.5	1,9	2,0	--	--	--
12	13,60	CI	1,5	1129,0	59,2	221,9	<0.5	2,0	2,1	<5	28,0	74,0
13	14,40	C	0,5	406,8	44,1	116,1	<0.5	1,9	2,0	--	--	--
14	15,20	CI	1,2	944,2	49,0	197,7	<0.5	2,0	2,1	<5	28,0	61,3
15	19,60	C	0,8	611,3	48,3	148,6	<0.5	1,9	2,0	--	--	--
16	20,00	I	--	--	99,0	362,2	<0.5	1,9	2,2	<5	28,0	165,0

7.10 STIMA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro:	Approvazione piano urbanistico 09/18
Codice identificativo	09/18
Cliente:	Studio Bosi_Himec Srl
Indirizzo, Coordinate:	via Comacchio - Via Zerbini - Cona - FE
Normativa:	Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018
Fattore sicurezza normativa	1,25
Profondità falda idrica	1,10 m
Accelerazione Bedrock	0,15
Fattore amplificazione	2,596
Tipo Suolo:	D-Terreni granulari sciolti e poco addensati, coesivi consistenti Vs30<180
Morfologia:	T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<=15°
Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)	1,8
Coefficiente amplificazione topografica (ST)	1
Magnitudo momento sismico (Mw)	6,14
Distanza epicentro	35 Km
Peak ground acceleration (PGA)	0,27

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	terreno vegetale	0	0,4	0	0	0	26,18
2	argilla organica	0,4	1	17,34	18,12	588,4	39,23
3	sabbia argillosa	1	1,4	18,18	18,96	980,67	26,18
4	argilla sabbiosa	1,4	2	18,81	19,6	1438,34	52,27
5	sabbia	2	2,4	18,63	21,57	1863,26	26,18
6	argilla /argilla organica	2,4	7	18,69	19,48	1334,59	62,86
7	argilla sabbiosa	7	7,6	18,14	18,92	948,01	32,66
8	argilla	7,6	8,6	18,69	19,47	1314,09	70,61
9	sabbia argillosa	8,6	10	19,89	20,67	2703,79	64,43
10	argilla	10	11,2	18,38	19,16	1062,35	52,37
11	argilla sabbiosa	11,2	12,6	18,76	19,54	1330,86	53,25
12	sabbia argillosa	12,6	13,6	20,02	20,81	2902,77	-86,3
13	argilla	13,6	14,4	18,34	19,13	1005,18	47,37
14	sabbia	14,4	15,2	19,73	20,51	2402,63	58,84
15	argilla	15,2	19,6	19,01	19,8	1506,69	67,76
16	sabbia	19,6	20	18,63	21,57	6472,39	90,81

Robertson Wride, 1998

Correzione per la magnitudo (MSF)

1,43

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normale (KPa)	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente di riduttività (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza a Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1,45	18,773	16,812									0	NL	0	Molto basso

1,65	22,693	18,770										0	NL	0	Molto basso
1,85	26,613	20,729										0	NL	0	Molto basso
2,05	30,632	22,786	39,034	1,429	2,328	1,7	64,670	0,984	0,105	0,163	0,647	L	6,86		Alto
2,25	34,946	25,139	37,162	1,432	2,346	1,7	66,660	0,983	0,108	0,168	0,641	L	7,62		Alto
2,45	39,155	27,387										0	NL	0	Molto basso
2,65	43,051	29,322										0	NL	0	Molto basso
2,85	46,947	31,256										0	NL	0	Molto basso
3,05	50,843	33,191										0	NL	0	Molto basso
3,25	54,739	35,126										0	NL	0	Molto basso
3,45	58,635	37,060										0	NL	0	Molto basso
3,65	62,531	38,995										0	NL	0	Molto basso
3,85	66,427	40,930										0	NL	0	Molto basso
4,05	70,323	42,864										0	NL	0	Molto basso
4,25	74,219	44,799										0	NL	0	Molto basso
4,45	78,115	46,734										0	NL	0	Molto basso
4,65	82,011	48,668										0	NL	0	Molto basso
4,85	85,907	50,603										0	NL	0	Molto basso
5,05	89,803	52,538										0	NL	0	Molto basso
5,25	93,699	54,472										0	NL	0	Molto basso
5,45	97,595	56,407										0	NL	0	Molto basso
5,65	101,491	58,342										0	NL	0	Molto basso
5,85	105,387	60,276										0	NL	0	Molto basso
6,05	109,283	62,211										0	NL	0	Molto basso
6,25	113,179	64,146										0	NL	0	Molto basso
6,45	117,075	66,080										0	NL	0	Molto basso
6,65	120,971	68,015										0	NL	0	Molto basso
6,85	124,867	69,950										0	NL	0	Molto basso
7,05	128,763	71,885										0	NL	0	Molto basso
7,25	132,659	73,819										0	NL	0	Molto basso
7,45	136,555	75,754										0	NL	0	Molto basso
7,65	140,451	77,688										0	NL	0	Molto basso
7,85	144,347	79,623										0	NL	0	Molto basso
8,05	148,243	81,557										0	NL	0	Molto basso
8,25	152,139	83,492										0	NL	0	Molto basso
8,45	156,035	85,426										0	NL	0	Molto basso
8,65	159,931	87,361	28,975	2,532	2,582	1,071649	93,288	0,934	0,156	0,210	0,740	L	17,66		Molto alto
8,85	163,827	89,295	28,620	2,537	2,587	1,058524	92,930	0,932	0,155	0,210	0,736	L	18,20		Molto alto
9,05	167,723	91,230	28,278	2,541	2,591	1,045871	92,585	0,931	0,154	0,210	0,733	L	18,73		Molto alto
9,25	171,619	93,164	27,936	2,545	2,607	1,068453	97,319	0,927	0,166	0,209	0,792	L	14,80		Alto
9,45	175,515	95,099	26,394	2,549	2,616	1,044212	96,663	0,922	0,164	0,208	0,788	L	15,34		Molto alto
9,65	179,411	97,033	25,766	2,553	2,624	1,021048	96,032	0,916	0,162	0,207	0,784	L	15,84		Molto alto
9,85	183,307	98,968	25,165	2,557	2,633	0,9988883	95,425	0,911	0,161	0,206	0,780	L	16,33		Molto alto
10,05	187,203	100,902										0	NL	0	Molto basso
10,25	191,099	102,837										0	NL	0	Molto basso
10,45	194,995	104,771										0	NL	0	Molto basso
10,65	198,891	106,706										0	NL	0	Molto basso
10,85	202,787	108,640										0	NL	0	Molto basso
11,05	206,683	110,575										0	NL	0	Molto basso
11,25	210,579	112,509										0	NL	0	Molto basso
11,45	214,475	114,444										0	NL	0	Molto basso
11,65	218,371	116,378										0	NL	0	Molto basso
11,85	222,267	118,313										0	NL	0	Molto basso
12,05	226,163	120,247										0	NL	0	Molto basso
12,25	230,059	122,182										0	NL	0	Molto basso
12,45	233,955	124,116										0	NL	0	Molto basso
12,65	237,851	126,051	25,744	-3,240	0,000	0,886862	-460,295	0,836	-0,333	0,193	-1,728	L	235,92		Molto alto
12,85	241,747	127,985	25,524	-3,245	0,000	0,8792849	-456,362	0,831	-0,330	0,192	-1,721	L	237,36		Molto alto
13,05	245,643	129,920	25,309	-3,250	0,000	0,8718988	-452,529	0,826	-0,327	0,191	-1,716	L	238,76		Molto alto
13,25	249,539	131,854	25,100	-3,255	0,000	0,8646958	-448,790	0,820	-0,324	0,189	-1,710	L	240,14		Molto alto
13,45	253,435	133,789	24,896	-3,260	0,000	0,8576684	-445,143	0,815	-0,321	0,188	-1,705	L	241,49		Molto alto
13,65	257,331	135,723										0	NL	0	Molto basso
13,85	261,227	137,658										0	NL	0	Molto basso
14,05	265,123	139,592										0	NL	0	Molto basso
14,25	269,019	141,527										0	NL	0	Molto basso
14,45	272,915	143,461										0	NL	0	Molto basso
14,65	276,811	145,396	14,614	2,766	2,842	0,6868664	84,996	0,788	0,137	0,183	0,750	L	23,10		Molto alto
14,85	280,707	147,330	14,374	2,771	2,848	0,6769134	84,696	0,783	0,137	0,182	0,751	L	23,08		Molto alto
15,05	284,603	149,265	14,142	2,776	2,854	0,6672446	84,403	0,778	0,136	0,180	0,753	L	23,05		Molto alto
15,25	288,499	151,200	13,915	2,782	2,861	0,6578483	84,117	0,772	0,135	0,179	0,755	L	22,99		Molto alto
15,45	292,395	153,134										0	NL	0	Molto basso
15,65	296,291	155,069										0	NL	0	Molto basso
15,85	300,187	157,003										0	NL	0	Molto basso
16,05	304,083	158,938										0	NL	0	Molto basso
16,25	307,979	160,872										0	NL	0	Molto basso
16,45	311,875	162,807										0	NL	0	Molto basso
16,65	315,771	164,741										0	NL	0	Molto basso
16,85	319,667	166,676										0	NL	0	Molto basso
17,05	323,563	168,610										0	NL	0	Molto basso
17,25	327,459	170,545										0	NL	0	Molto basso

17,45	334,969	176,101									0	NL	0	Molto basso
17,65	338,929	178,100									0	NL	0	Molto basso
17,85	342,889	180,099									0	NL	0	Molto basso
18,05	346,849	182,097									0	NL	0	Molto basso
18,25	350,809	184,096									0	NL	0	Molto basso
18,45	354,769	186,095									0	NL	0	Molto basso
18,65	358,729	188,093									0	NL	0	Molto basso
18,85	362,689	190,092									0	NL	0	Molto basso
19,05	366,649	192,091									0	NL	0	Molto basso
19,25	370,609	194,089									0	NL	0	Molto basso
19,45	374,569	196,088									0	NL	0	Molto basso
19,65	378,618	198,175	45,977	1,490	2,282	0,710355	87,018	0,649	0,141	0,152	0,927	L	7,27	Alto
19,85	382,932	200,528	45,706	1,491	2,284	0,7061756	86,817	0,644	0,141	0,151	0,933	L	6,74	Alto

IPL (Sonmez) = 13,01 Zcrit = 20 m Rischio = Alto

7.11 STATI LIMITE E CEDIMENTI**DATI GENERALI**

=====	
Normativa	NTC 2018
Larghezza fondazione	15,0 m
Lunghezza fondazione	20,0 m
Profondità piano di posa	0,5 m
Altezza di incastro	0,5 m
Profondità falda	1,1
=====	

STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [Kg/m³]	Peso unità di volume saturo [Kg/m³]	Angolo di attrito [°]	Coesione [Kg/cm²]	Coesione non drenata [Kg/cm²]	Modulo Elastico [Kg/cm²]	Modulo Edometrico [Kg/cm²]
0,4	1784,5	1937,46	25,0	0,2549	0,0	302,86	302,86
0,6	1768,11	1848,11	0,0	0,0	0,3	0,0	31,54
0,4	1853,53	1933,53	32,61	0,0	0,5	25,0	43,54
0,6	1918,32	1998,32	33,72	0,0	0,73	36,67	48,43
0,4	1900,0	2200,0	34,35	0,0	0,0	47,5	95,0
4,6	1905,91	1985,91	0,0	0,0	0,68	0,0	48,18
0,6	1849,61	1929,61	35,84	0,0	0,48	24,17	42,82
1,0	1905,82	1985,82	0,0	0,0	0,67	0,0	48,07
1,4	2027,71	2107,71	28,0	0,0	1,38	68,93	55,14
1,2	1873,95	1953,95	0,0	0,0	0,54	0,0	45,14
1,4	1912,59	1992,59	0,0	0,0	0,68	0,0	48,16
1,0	2041,72	2121,72	28,0	0,0	1,48	74,0	59,2
0,8	1870,23	1950,23	0,0	0,0	0,51	0,0	44,05
0,8	2011,68	2091,68	28,0	0,0	1,23	61,25	49,0
4,4	1938,65	2018,65	0,0	0,0	0,77	0,0	48,31
0,4	1900,0	2200,0	28,0	0,0	0,0	165,0	99,0

Carichi di progetto agenti sulla fondazione

Nr.	Nome combinazione	Pressione normale di progetto [Kg/cm²]	N [Kg]	Mx [Kg·m]	My [Kg·m]	Hx [Kg]	Hy [Kg]	Tipo
1	A1+M1+R3	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Progetto
2	S.L.E.	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio
3	S.L.D.	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Servizio

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef. Rid. Capacità portante orizzontale
1	No	1	1	1	1	1	2,3	1,1
2	No	1	1	1	1	1	1	1
3	No	1	1	1	1	1	1	1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE...A1+M1+R3

Autore: MEYERHOF (1963)

Carico limite [Qult]	3,64 Kg/cm²
Resistenza di progetto[Rd]	1,58 Kg/cm²
Tensione [Ed]	1,21 Kg/cm²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	3,01
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler 1,45 Kg/cm³

A1+M1+R3

Autore: MEYERHOF (1963) (Condizione non drenata)

Fattore [Nq]	1,0
Fattore [Nc]	5,14
Fattore forma [Sc]	1,15
Fattore profondità [Dc]	1,01
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1,0
Fattore forma [Sq]	1,0
Fattore profondità [Dq]	1,0
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,0
Fattore profondità [Dg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	1,0
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1,0

Carico limite 3,64 Kg/cm²
 Resistenza di progetto 1,58 Kg/cm²

Condizione di verifica [Ed<=Rd] Verificata

CEDIMENTI PER OGNI STRATO

Pressione normale di progetto 1,21 Kg/cm²
 Cedimento dopo T anni 10,0
 Cedimento totale 16,221 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

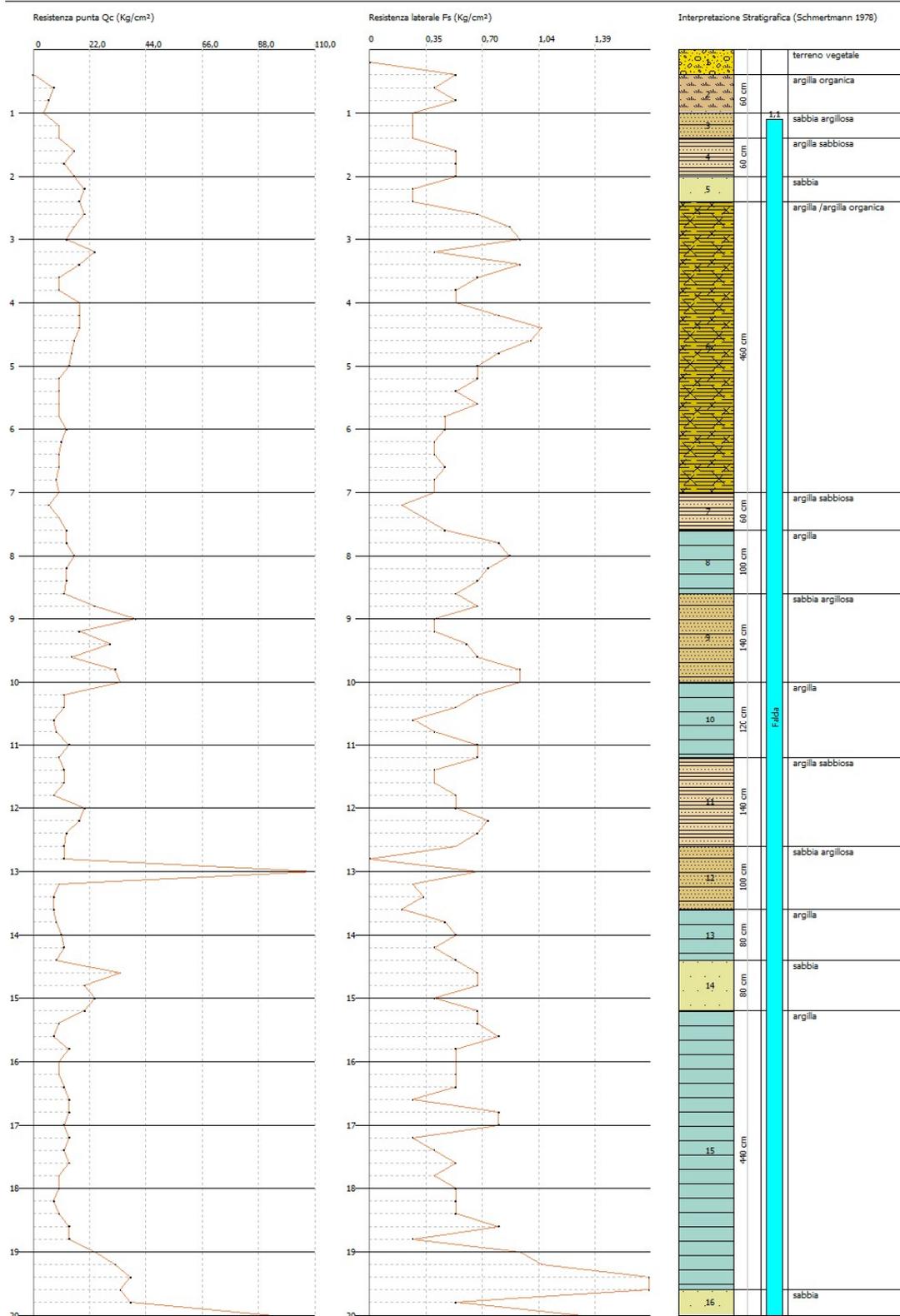
Strato	Z (m)	Tensione (Kg/cm ²)	Dp (Kg/cm ²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	0,75	0,133	0,56	Edometrico	0,8885	--	0,8885
3	1,2	0,205	0,56		0,5147	--	0,5147
4	1,7	0,254	0,56		0,6932	--	0,6932
5	2,2	0,308	0,558		0,2349	--	0,2349
6	4,7	0,559	0,53		5,0565	--	5,0565
7	7,3	0,813	0,472		0,6616	--	0,6616
8	8,1	0,89	0,452		0,9405	--	0,9405
9	9,3	1,017	0,422		1,0715	--	1,0715
10	10,6	1,152	0,39		1,0378	--	1,0378
11	11,9	1,279	0,361		1,0479	--	1,0479
12	13,1	1,404	0,335		0,5656	--	0,5656
13	14	1,498	0,317		0,5753	--	0,5753
14	14,8	1,58	0,302		0,4926	--	0,4926
15	17,4	1,848	0,258		2,3495	--	2,3495
16	19,8	2,096	0,224		0,0906	--	0,0906

Pressione normale di progetto 0,35 Kg/cm²
 Cedimento dopo T anni 10,0
 Cedimento totale 3,776 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

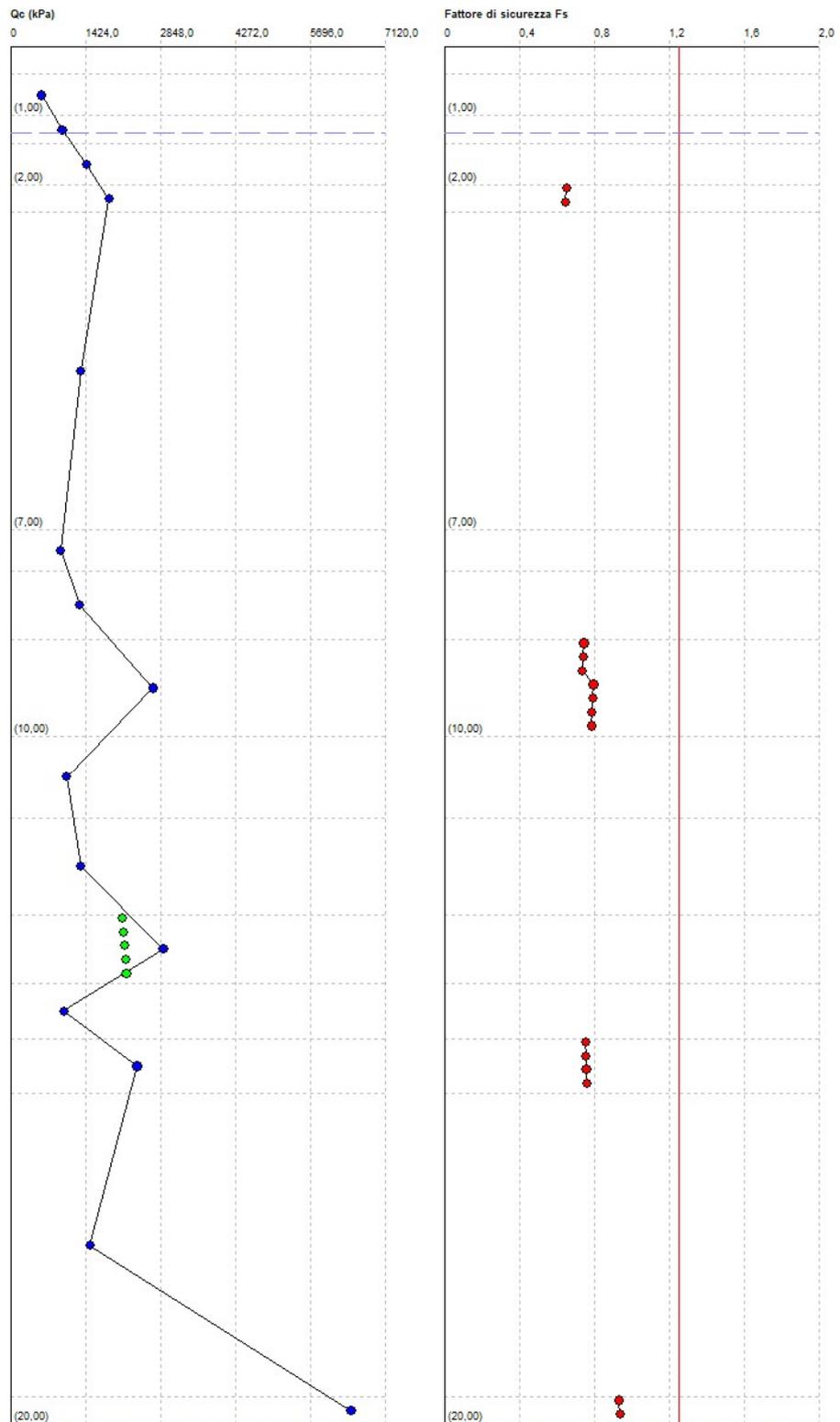
Strato	Z (m)	Tensione (Kg/cm ²)	Dp (Kg/cm ²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	0,75	0,133	0,13	Edometrico	0,2068	--	0,2068
3	1,2	0,205	0,13		0,1198	--	0,1198
4	1,7	0,254	0,13		0,1614	--	0,1614
5	2,2	0,308	0,13		0,0547	--	0,0547
6	4,7	0,559	0,123		1,1771	--	1,1771
7	7,3	0,813	0,11		0,154	--	0,154
8	8,1	0,89	0,105		0,2189	--	0,2189
9	9,3	1,017	0,098		0,2494	--	0,2494
10	10,6	1,152	0,091		0,2416	--	0,2416
11	11,9	1,279	0,084		0,2439	--	0,2439
12	13,1	1,404	0,078		0,1317	--	0,1317
13	14	1,498	0,074		0,1339	--	0,1339
14	14,8	1,58	0,07		0,1147	--	0,1147
15	17,4	1,848	0,06		0,5469	--	0,5469
16	19,8	2,096	0,052		0,0211	--	0,0211

7.12 GRAFICO QC/STRATIGRAFIA

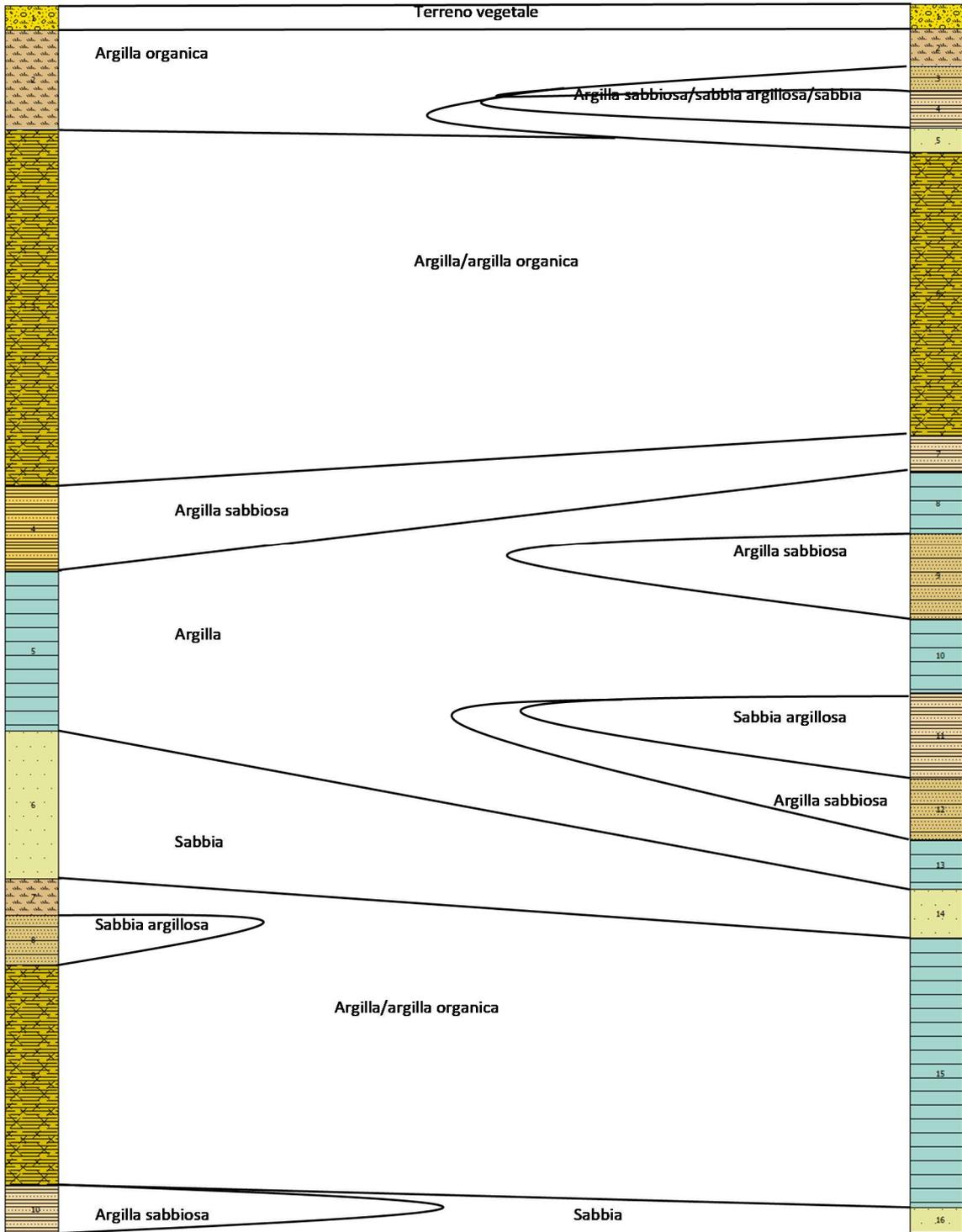


Scala profondità 1:86 - Qc: 1 cm=21,42 Kg/cm² - Fs: 1 cm=0,34 Kg/cm² -

7.13 GRAFICO QC/FATTORE SICUREZZA ALLA LIQUEFAZIONE



7.14 IPOTESI DI SEZIONE STRATIGRAFICA



8. CLAUSOLA "PRIVACY"

Ai sensi e per gli effetti della Legge 30.06.2003 n. 196 le parti dichiarano di essersi reciprocamente informate e di acconsentire che i dati personali raccolti siano oggetto di trattamento nell'archivio clienti/fornitori per gli adempimenti di natura civilistica e fiscale e per finalità gestionali, statistiche, commerciali e di marketing. Le parti, titolari dei rispettivi dati, dichiarano espressamente di essere a conoscenza del contenuto dell'art. 23 della Legge 196/03.