

Regione
Emilia Romagna



Provincia di
Ferrara



Comune di
Ferrara



PARCO FOTOVOLTAICO E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DI POTENZA PARI A 7,1 MWp NEL COMUNE DI FERRARA (FE).

PROGETTISTA INCARICATO:
Ing. Giovanni Cis
Tel. 3190737323
Pec: giovanni.cis@ingpec.eu



Scala

n.d.

Formato

A4

Titolo elaborato:

Relazione geologica,
geotecnica, idrologica

TECNICI COINVOLTI

Studio idraulico e ambientale:
Dott. Ing. Gustavo Bernagozzi
Via Galilei, 23 - Ferrara
gustavo@bernagozzi-ingegneria.it

Studio impatto acustico:
Dott. Ing. Gustavo Bernagozzi
Via Galilei, 23 - Ferrara
gustavo@bernagozzi-ingegneria.it

EPC:
STE Energy s.r.l.
Via Sorio, 120 - Padova
info@ste-energy.com

Logistica e coordinamento:
Dott. Ing. Gustavo Bernagozzi
Via Galilei, 23 - Ferrara
gustavo@bernagozzi-ingegneria.it

Studio geologico:
Dott. Geol. Mastellari Matteo
Via Ugo Tegli, 30 - Ferrara
matteo.mastellari@gmail.com

CODICE ELABORATO

PROGETTO	PROG.	TIPO	REV.
RV-FV-ER-15	07	R	00

Rev.	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	12/22	Prima Emissione	MM	MM	MM
01					
02					
03					
04					
05					
06					

GESTORE RETE ELETTRICA

e-distribuzione

SOCIETA' PROPONENTE:

RENVALUE SUN 3 S.R.L.

Via Quattro Novembre 2,
Padova (PD) - 35123
P.iva 05439000281

 **RENVALUE SUN 3**

PROVINCIA DI FERRARA

COMUNE DI FERRARA

PERIZIA GEOLOGICO - TECNICA

**RELATIVA ALL' INDAGINE GEOGNOSTICA ESEGUITA
PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA DI
UN'AREA DA DESTINARE A CAMPO DI PANNELLI FOTOVOLTAICI**

COMMITTENTE: Studio Bernagozzi

LOCALITÀ: Ferrara - FE

Firmato digitalmente da

DATA: 21.10.2022

RIF.: 29/22

**Matteo
Mastellari**

**CN = Mastellari
Matteo**

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.	8
3.5 modello geotecnico del sottosuolo.....	pag.	8
4. Indicazioni sismiche.....	pag.	9
4.1 parametri sismici del sito.....	pag.	9
4.2 classificazione suolo di fondazione.....	pag.	9
4.3 stabilità alla liquefazione.....	pag.	11
5. Indicazioni progettuali.....	pag.	12
6. Conclusioni.....	pag.	13
7. Allegati.....	pag.	14
7.1 area d'indagine e ubicazione prove.....	pag.	15
7.2 elaborazione prova penetrometrica CPT 1.....	pag.	16
7.3 stima onda V_{s30}	pag.	17
7.4 stima suscettibilità alla liquefazione.....	pag.	19
7.5 grafico Q_c /stratigrafia.....	pag.	22
7.6 grafico categoria sottosuolo V_s	pag.	23
7.7 grafico suscettibilità alla liquefazione.....	pag.	24
7.8 elaborazione prova penetrometrica CPT 2.....	pag.	25
7.9 stima suscettibilità alla liquefazione.....	pag.	26
7.10 grafico Q_c /stratigrafia.....	pag.	28
7.11 grafico suscettibilità alla liquefazione.....	pag.	29
7.12 sezione delle prove CPT.....	pag.	30
8. Clausola privacy.....	pag.	31

1. PREMESSA

Su incarico dello *Studio Bernagozzi*, si redige lo studio per ricostruire la modellazione geologica e sismica per la realizzazione di una nuova area adibita a campo di pannelli fotovoltaici sita in via Vecchio Reno, Ferrara; riferimenti catastali foglio 190 mappali 27, 28, 33, 35 e 56 del Comune di Ferrara. In figura 1 si riporta l'ubicazione dell'area di intervento.



Figura 1: area di studio (Immagini 2021 CNES, Airbus Maxar Technologies, dati cartografici 2021)

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.

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.

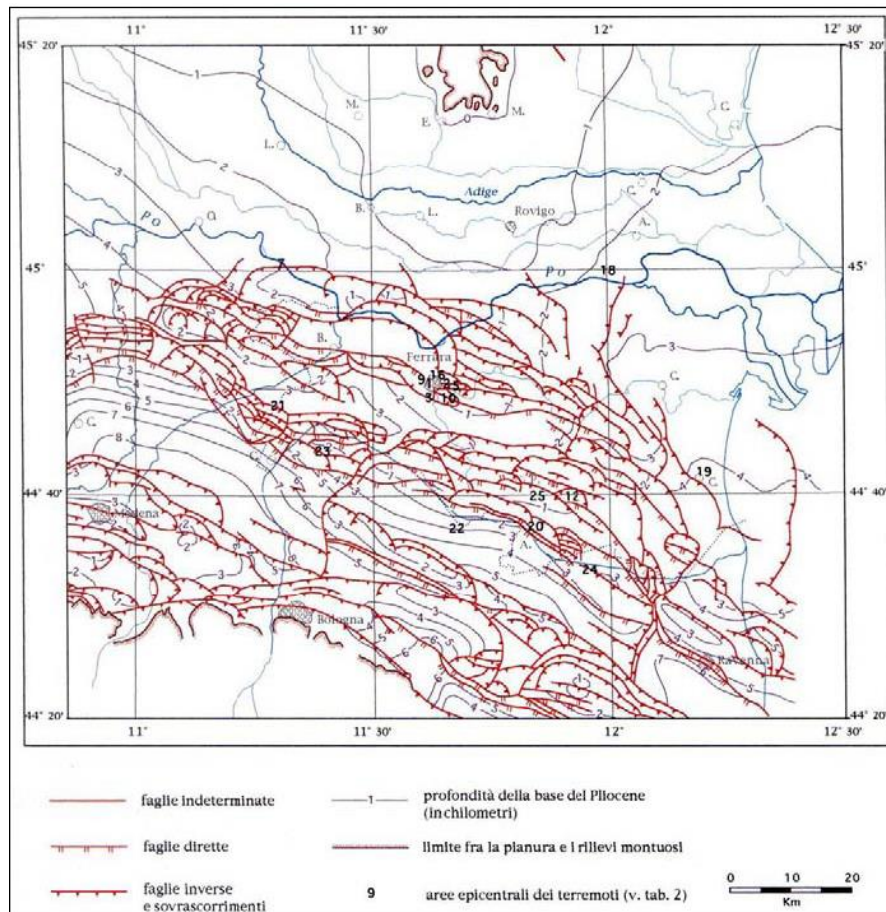


Figura 4: Carta strutturale della Pianura Padana orientale (Pieri e Groppi, 1981, CNR, 1992)

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 $M = 6,14$.

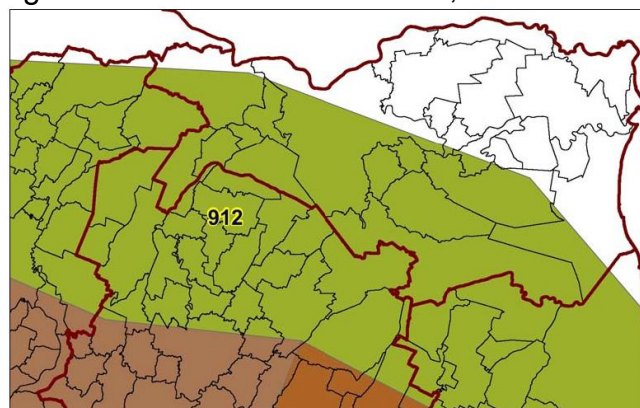


Figura 5: Mappa delle aree sismogenetiche dell'Italia Settentrionale

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.

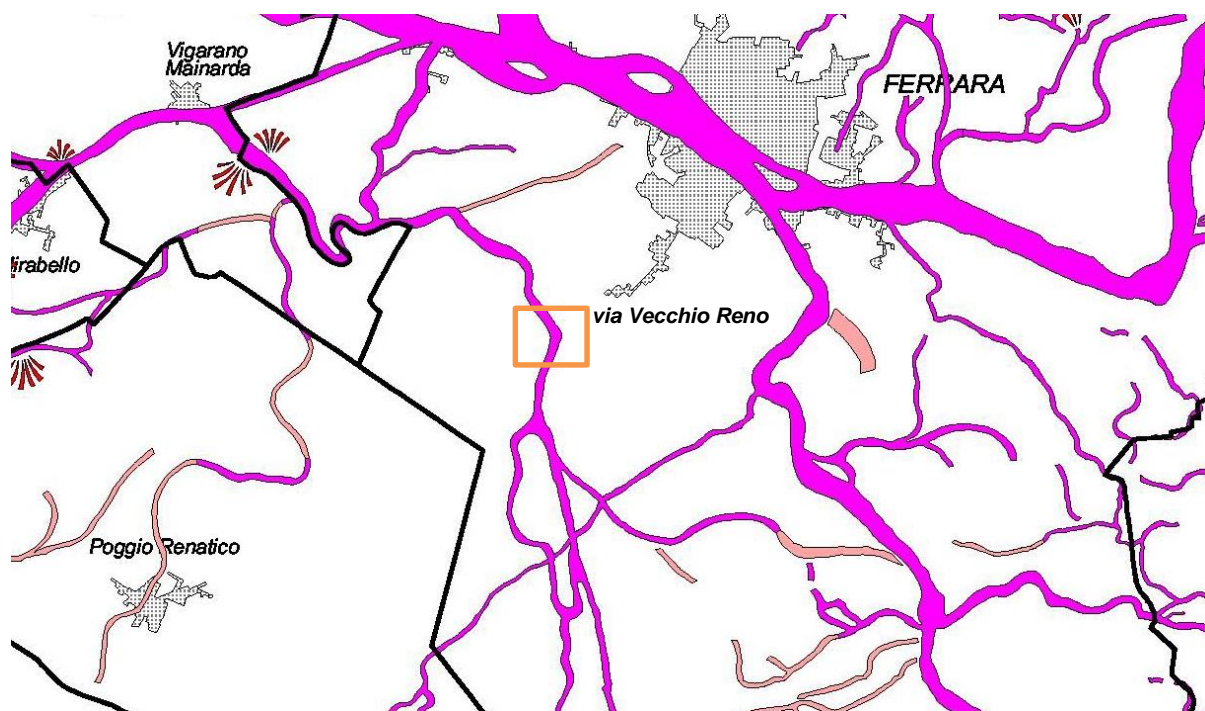


Figura 6: Stralcio della carta geomorfologica dell'Emilia Romagna

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 CPT spinte alla profondità di 20.00 m e di 30.00 m da p.c. Si riporta 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 0.0 m a 0.2 m:
terreno vegetale;
- da 0.2 m a 0.8 m:
sabbia mediamente addensata;
- da 0.8 m a 3.0 m:
limo sabbioso mediamente addensato;
- da 3.0 m a 8.2 m:
argilla da mediamente consistente a consistente;
- da 8.2 m a 13.0 m:
sabbia mediamente addensata;
- da 13.0 m a 15.8 m:
argilla sabbiosa molto consistente;
- da 15.8 m a 19.4 m:
sabbia da mediamente addensata a addensata;
- da 19.4 m a 30.0 m (termine della prova):
argilla e argilla sabbiosa da consistente a molto consistente.

➤ **CPT 2:**

- da 0.0 m a 0.2 m:
terreno vegetale;
- da 0.2 m a 0.8 m:
sabbia mediamente addensata;
- da 0.8 m a 2.4 m:
limo sabbioso mediamente addensato;
- da 2.4 m a 3.8 m:
sabbia poco addensata;
- da 3.8 m a 9.6 m:
argilla da mediamente consistente a molto consistente;
- da 9.6 m a 15.2 m:
argilla sabbiosa da mediamente addensata a addensata;

- da 15.2 m a 20.0 m (termine della prova):
sabbia da mediamente addensata a addensata;

Il livello dell'acqua misurato nel foro al termine delle prove è risultato essere dal piano campagna attuale a profondità di circa -5.3 m in entrambe le prove (misurazione del 18 ottobre 2022).

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_0 (-).

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/cm^2 ed i valori di resistenza di attrito laterale F_s in Kg/cm^2 . Nelle tabelle vengono riportati, per ogni 20 cm di profondità, i valori numerici di resistenza all'infissione della punta del penetrometro Q_c (Kg/cm^2), di resistenza di attrito laterale F_s (Kg/cm^2) 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, G_{am} peso unità di volume, G_{ams} 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	C_u	E_u	M_o	G	OCR	P_{uv}	P_{uvS}	D_r	F_i	E_y
0,20	Terreno vegetale	Parametri non significativi										
0,80	Sabbia	I	--	--	81,59	308,67	>9	1,90	2,20	<5	42,00	127,03
3,00	Limo sabbioso	CI	2,49	1852,57	99,56	304,83	3,06	2,12	2,20	<5	37,99	124,45
8,20	Argilla	C	0,68	467,83	48,15	137,59	3,64	1,89	1,97	--	--	--
13,00	Sabbia	I	--	--	32,52	231,37	<0.5	1,80	2,10	<5	30,46	79,25
15,80	Argilla sabbiosa	CI	0,85	569,86	47,12	158,45	<0.5	1,93	2,01	<5	28,70	42,65
19,40	Sabbia	I	--	--	67,33	462,54	1,06	1,90	2,20	<5	34,91	246,25
30,00	Argilla/argilla sabbiosa	CI	2,61	1847,51	104,38	313,76	<0.5	2,12	2,20	<5	30,53	130,48

CPT 2												
Prof.	Litologia	Tipo	C_u	E_u	M_o	G	OCR	P_{uv}	P_{uvS}	D_r	F_i	E_y
0,20	Terreno vegetale	Parametri non significativi										
0,80	Sabbia	I	--	--	81,36	269,98	>9	1,90	2,20	<5	42,00	102,03
2,40	Limo sabbioso	CI	1,98	1471,14	79,10	264,86	2,88	2,09	2,17	<5	37,45	98,88
3,80	Sabbia	I	--	--	38,49	219,40	1,09	1,80	2,10	<5	33,38	72,65
9,60	Argilla	C	0,64	437,34	47,64	132,88	3,87	1,88	1,96	--	--	--
15,20	Argilla sabbiosa	CI	1,06	735,96	42,56	181,36	<0.5	1,97	2,05	<5	28,70	53,20
20,00	Sabbia	I	--	--	67,91	467,77	1,08	1,90	2,20	<5	35,02	250,83

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)

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	0,038	2,549	0,254
S.L.D.	35	0,041	2,530	0,260
S.L.V.	332	0,123	2,584	0,271
S.L.C.	682	0,167	2,564	0,275

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.	0.563	0.180	0.010	0.005
S.L.D.	0.608	0.180	0.011	0.006
S.L.V.	1.820	0.240	0.045	0.022
S.L.C.	2.378	0.240	0.058	0.029

4.2 classificazione del suolo di fondazione

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, per cui si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo, effettuata sulla base delle NTC 2018, prevede la determinazione della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (m/s), secondo la seguente formulazione:

$$V_{s30} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H è la profondità del substrato (*bedrock*), definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da valori di $V_s \geq 800$ m/s.

Tuttavia, i valori $V_{s,30}$ e $V_{s,eq}$ risultano coincidenti, poiché non è stato riscontrato alcun sismostrato avente una $V_s \geq 800$ m/s entro i primi 30 m di profondità.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella tabella sotto riportata.

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

La correlazione utilizzata è stata proposta da Andrus et al. (2001) ed utilizza valori di q_c e di V_s normalizzati rispetto allo stato tensionale, in questa formula non viene tenuto conto dell'attrito laterale f_s e viene introdotto un coefficiente correttivo per l'età del deposito che viene indicato con ASF. Questo coefficiente viene utilizzato per tenere conto delle diverse caratteristiche di deformabilità e tessitura dei terreni risalenti al periodo Pleistocenico rispetto ai più recenti depositi Olocenici.

La correlazione è la seguente:

$$V_{s1} = ASF \cdot A \cdot (q_{c1n})^\alpha$$

dove:

$q_{c1n} = (q_c/p_a) \cdot (p_a/\sigma'_v)^{0.5}$ resistenza alla punta normalizzata alla tensione verticale;

$V_{s1} = V_s \cdot (p_a/\sigma'_v)^{0.25}$ velocità corretta per tenere in conto lo stato tensionale

$ASF = 1$ per depositi Olocenici (quali sono i depositi presenti nella pianura ferrarese alle profondità indagate) come suggerito da Andrus et al.

A, α sono coefficienti empirici da calibrare sulla base delle misure di q_c e di V_s disponibili;

p_a pressione atmosferica.

Nella tabella seguente sono riportati i coefficienti A e α .

Coefficiente	Argilla	Limo	Sabbia
A	80.64	77.83	53.64
α	0.28	0.24	0.33

Il valore di $V_{s,eq}$ calcolato in base ai risultati della CPT:

$$V_{s,eq} = 293 \text{ m/sec}$$

e quindi la categoria di suolo è C ovvero *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.

Tale valore va assunto con uno scarto di $\pm 10\%$, come per tutti i metodi di acquisizione di tale parametro. In accordo al decreto NTC 2018 viene determinato, per il sito in oggetto avente latitudine $44^{\circ},81$ e longitudine $11^{\circ},57$ (ED50), la categoria sottosuolo: C, categoria topografica: T1 e periodo di riferimento: 35 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 5 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.

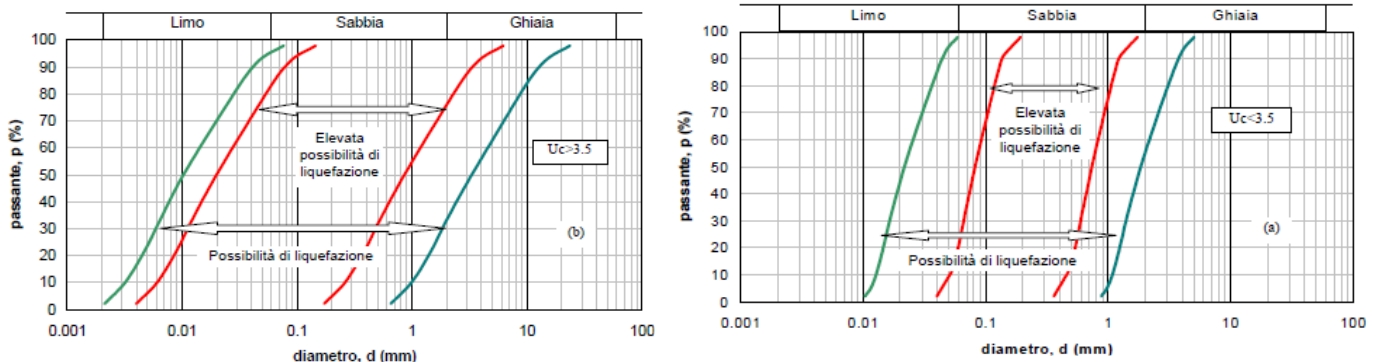


Figura 9: Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno

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 2.584 e una PGA (Peak Ground Acceleration) di 0.21. Nel caso in esame si sono ottenuti degli indici di pericolosità alla liquefazione pari a 0.61 in CPT 1 e di 0.01 in CPT 2 con conseguente potenziale di liquefazione basso. In allegato vengono riportate le tabelle riassuntive dei valori calcolati.

5. INDICAZIONI PROGETTUALI

Nel lotto in esame è prevista la realizzazione di un campo di pannelli fotovoltaici, l'analisi dell'area da un punto di vista geologico-geotecnico permette al progettista di valutare la tipologia degli ancoraggi al suolo per le strutture considerate.

6. CONCLUSIONI

In conclusione si può riassumere:

Il sito in oggetto ha latitudine 44°,81 e longitudine 11°,57 (ED50), la categoria sottosuolo in base alla V_{se} (293 m/sec) è di tipo C, 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 "I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli;", viene utilizzato un periodo di riferimento di 35 anni.

✓ Considerata la buona omogeneità del sottosuolo, da un punto di vista stratigrafico si può ipotizzare una unica sezione costituita dalle due prove e suddividerla in orizzonti:

- 1° orizzonte, materiale incoerente, limo sabbioso e sabbia, profondità circa 3.0 m da p.c.
- 2° orizzonte, materiale coesivo, argilla, profondità circa 9.0 m da p.c.
- 3° orizzonte, materiale coesivo, argilla sabbiosa, profondità circa 15.0 m da p.c.
- 4° orizzonte, materiale incoerente, sabbia, profondità circa 20.0 m da p.c.
- 5° orizzonte, materiale coesivo, argilla sabbiosa fino al termine della perforazione.

Sono presenti, in base all'analisi ipotizzata, anche due lenti di sabbia una con spessore di circa 1.5 m mentre l'altra di circa 4.5 m. I parametri geotecnici sono riportati in tabella, per facilitarne la lettura, al paragrafo 3.5 a pagina 8.

- ✓ Il livello dell'acqua misurato nel foro al termine delle perforazioni è risultato essere alla profondità di circa -5.0 m da p.c. in entrambe le prove (misurazione del 18 ottobre 2022).
- ✓ 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 si è considerata una magnitudo di 6.14, un fattore di amplificazione F_0 di 2.584 e una PGA di 0.21. Nel caso in esame si è ottenuto un rischio di liquefazione basso ($IPL1=0.61$ e $IPL2=0.01$).
- ✓ Alla luce dell'analisi delle carte geologiche e geomorfologiche oltre ai risultati ottenuti dalle indagini in sito, non risultano elementi ostativi alla realizzazione della struttura in esame.

Ferrara, 21 maggio 2022.

Dott. geol. Mastellari Matteo

Firmato
digitalmente da
**Matteo
Mastellari**

CN = Mastellari
Matteo
T = Geologo

7. ALLEGATI

Committente: Studio Bernagozzi
Cantiere: caratterizzazione geologico-geotecnica
Località: via Argine Reno – Ferrara – FE

Codice commessa: 29/22
Numero certificati allegati: 14

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 2022
Elaborazione suscettibilità liquefazione	Liquiter 2022

7.1 Area d'indagine e ubicazione prove



Figura 10: ubicazione prove (Immagini 2021 CNES, Airbus Maxar Technologies, dati cartografici 2021)

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	0,14	0,67	0,21	478,6
0,40	50,14	0,93	53,91	1,9
0,60	48,14	0,80	60,18	1,7
0,80	54,14	0,67	80,81	1,2
1,00	60,14	1,47	40,91	2,4
1,20	44,28	1,47	30,12	3,3
1,40	52,28	1,60	32,68	3,1
1,60	58,28	2,00	29,14	3,4
1,80	50,28	1,73	29,06	3,4
2,00	70,28	2,00	35,14	2,8
2,20	30,41	1,33	22,86	4,4
2,40	44,41	1,33	33,39	3,0
2,60	54,41	1,73	31,45	3,2
2,80	42,41	1,33	31,89	3,1
3,00	40,41	1,33	30,38	3,3
3,20	20,55	0,80	25,69	3,9
3,40	28,55	0,93	30,70	3,3
3,60	14,55	0,53	27,45	3,6
3,80	28,55	0,80	35,69	2,8
4,00	16,55	0,53	31,23	3,2
4,20	10,69	0,53	20,17	5,0
4,40	10,69	0,27	39,59	2,5
4,60	10,69	0,27	39,59	2,5
4,80	8,69	0,53	16,40	6,1
5,00	10,69	0,40	26,73	3,7
5,20	12,83	0,67	19,15	5,2
5,40	10,83	0,53	20,43	4,9
5,60	12,83	0,40	32,08	3,1
5,80	10,83	0,53	20,43	4,9
6,00	8,83	0,53	16,66	6,0
6,20	8,97	0,67	13,39	7,5
6,40	10,97	0,67	16,37	6,1
6,60	14,97	0,67	22,34	4,5
6,80	16,97	0,67	25,33	3,9
7,00	16,97	0,80	21,21	4,7
7,20	13,10	0,53	24,72	4,0
7,40	11,10	0,40	27,75	3,6
7,60	11,10	0,40	27,75	3,6
7,80	11,10	0,40	27,75	3,6
8,00	11,10	0,40	27,75	3,6
8,20	9,24	0,40	23,10	4,3
8,40	11,24	0,27	41,63	2,4
8,60	17,24	0,40	43,10	2,3
8,80	19,24	0,53	36,30	2,8
9,00	15,24	0,40	38,10	2,6
9,20	13,38	0,27	49,56	2,0
9,40	13,38	0,53	25,25	4,0
9,60	9,38	0,40	23,45	4,3
9,80	7,38	0,53	13,92	7,2
10,00	9,38	0,27	34,74	2,9
10,20	15,52	0,40	38,80	2,6
10,40	45,52	0,40	113,80	0,9
10,60	47,52	0,53	89,66	1,1
10,80	47,52	0,67	70,93	1,4
11,00	57,52	0,53	108,53	0,9
11,20	55,66	0,53	105,02	1,0
11,40	47,66	0,93	51,25	2,0
11,60	51,66	0,40	129,15	0,8
11,80	57,66	1,20	48,05	2,1
12,00	39,66	0,93	42,65	2,3
12,20	39,79	1,07	37,19	2,7
12,40	39,79	0,93	42,78	2,3
12,60	37,79	0,40	94,48	1,1
12,80	35,79	0,80	44,74	2,2
13,00	25,79	0,53	48,66	2,1
13,20	9,93	0,40	24,83	4,0
13,40	9,93	0,40	24,83	4,0
13,60	15,93	0,40	39,83	2,5
13,80	17,93	0,67	26,76	3,7
14,00	15,93	0,67	23,78	4,2
14,20	14,07	0,80	17,59	5,7
14,40	12,07	0,53	22,77	4,4
14,60	12,07	0,67	18,01	5,6
14,80	18,07	0,67	26,97	3,7
15,00	20,07	0,80	25,09	4,0

15,20	20,21	0,80	25,26	4,0
15,40	22,21	0,67	33,15	3,0
15,60	24,21	0,93	26,03	3,8
15,80	26,21	0,93	28,18	3,5
16,00	26,21	0,80	32,76	3,1
16,20	96,35	0,67	143,81	0,7
16,40	102,35	0,53	193,11	0,5
16,60	88,35	0,40	220,88	0,5
16,80	102,35	0,67	152,76	0,7
17,00	94,35	0,80	117,94	0,8
17,20	96,48	0,93	103,74	1,0
17,40	102,48	1,33	77,05	1,3
17,60	102,48	0,67	152,96	0,7
17,80	112,48	1,33	84,57	1,2
18,00	112,48	0,27	416,59	0,2
18,20	104,62	0,67	156,15	0,6
18,40	96,62	0,67	144,21	0,7
18,60	112,62	1,33	84,68	1,2
18,80	122,62	0,67	183,01	0,5
19,00	122,62	0,53	231,36	0,4
19,20	96,76	1,07	90,43	1,1
19,40	80,76	1,20	67,30	1,5
19,60	56,76	2,40	23,65	4,2
19,80	54,76	2,27	24,12	4,1
20,00	46,76	1,60	29,23	3,4
20,20	30,90	1,07	28,88	3,5
20,40	20,90	1,07	19,53	5,1
20,60	18,90	1,20	15,75	6,3
20,80	20,90	1,73	12,08	8,3
21,00	32,90	1,60	20,56	4,9
21,20	41,04	0,93	44,13	2,3
21,40	27,04	0,80	33,80	3,0
21,60	25,04	0,93	26,92	3,7
21,80	23,04	0,53	43,47	2,3
22,00	27,04	1,20	22,53	4,4
22,20	45,17	1,07	42,21	2,4
22,40	23,17	0,93	24,91	4,0
22,60	23,17	0,80	28,96	3,5
22,80	21,17	1,07	19,79	5,1
23,00	19,17	0,93	20,61	4,9
23,20	23,31	1,07	21,79	4,6
23,40	21,31	1,33	16,02	6,2
23,60	21,31	1,33	16,02	6,2
23,80	23,31	1,33	17,53	5,7
24,00	23,31	0,67	34,79	2,9
24,20	123,45	1,47	83,98	1,2
24,40	43,45	0,67	64,85	1,5
24,60	25,45	1,47	17,31	5,8
24,80	25,45	1,47	17,31	5,8
25,00	47,45	1,73	27,43	3,6
25,20	47,59	2,27	20,96	4,8
25,40	53,59	2,67	20,07	5,0
25,60	57,59	2,93	19,66	5,1
25,80	73,59	2,53	29,09	3,4
26,00	79,59	2,67	29,81	3,4
26,20	61,73	2,40	25,72	3,9
26,40	53,73	2,67	20,12	5,0
26,60	53,73	3,07	17,50	5,7
26,80	63,73	3,73	17,09	5,9
27,00	69,73	4,13	16,88	5,9
27,20	65,86	4,27	15,42	6,5
27,40	79,86	4,80	16,64	6,0
27,60	79,86	3,87	20,64	4,8
27,80	73,86	3,87	19,09	5,2
28,00	83,86	4,27	19,64	5,1
28,20	76,00	3,87	19,64	5,1
28,40	80,00	5,07	15,78	6,3
28,60	94,00	5,47	17,18	5,8
28,80	108,00	5,07	21,30	4,7
29,00	80,00	4,93	16,23	6,2
29,20	82,14	4,80	17,11	5,8
29,40	76,14	4,13	18,44	5,4
29,60	66,14	4,27	15,49	6,5
29,80	90,14	4,27	21,11	4,7
30,00	80,14	3,79	21,15	4,7

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,20	0,14	0,67	1,58	Coesivo	terreno vegetale
0,80	50,81	0,80	1,98	Incoerente	sabbia
3,00	49,78	1,57	2,07	Incoerente-Coesivo	limo sabbioso
8,20	13,54	0,55	1,88	Coesivo	argilla
13,00	31,70	0,58	1,92	Incoerente	sabbia
15,80	17,06	0,67	1,92	Incoerente-Coesivo	argilla sabbiosa
19,40	98,50	0,81	1,98	Incoerente	sabbia
30,00	52,19	2,46	2,09	Incoerente-Coesivo	argilla/argilla sabbiosa

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)
Vs:	Vs (m/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0,20	C	0,01	4,66	0,92	8,42	>9	1,12	1,20	--	--	--	51,84
2	0,80	I	--	--	81,59	308,67	>9	1,90	2,20	<5	42,00	127,03	243,41
3	3,00	CI	2,49	1852,57	99,56	304,83	3,06	2,12	2,20	<5	37,99	124,45	289,14
4	8,20	C	0,68	467,83	48,15	137,59	3,64	1,89	1,97	--	--	--	232,11
5	13,00	I	--	--	32,52	231,37	<0,5	1,80	2,10	<5	30,46	79,25	306,86
6	15,80	CI	0,85	569,86	47,12	158,45	<0,5	1,93	2,01	<5	28,70	42,65	269,55
7	19,40	I	--	--	67,33	462,54	1,06	1,90	2,20	<5	34,91	246,25	426,54
8	30,00	CI	2,61	1847,51	104,38	313,76	<0,5	2,12	2,20	<5	30,53	130,48	377,44

7.3 STIMA ONDA VS30

Prof. (m)	Descrizione	qc (Kg/cm ²)	Autore Vs	Vs (m/s)	Autore Cu	Cu (Kg/cm ²)
0,2	Argille organiche e terreni misti	0,14	Baldi et. al. 1989	51,84	Terzaghi	0,01
0,4	Sabbie	50,14	Andrus et. al. 2001	225,5		2,51
0,6	Sabbie	48,14		239,33		2,41
0,8	Sabbie	54,14		257,7		2,71
1	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	60,14		273,91		3,01
1,2	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	44,28		260,93		2,21
1,4	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	52,28		278,34		2,61
1,6	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	58,28		291,67		2,91
1,8	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	50,28		285,84		2,51
2	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	70,28		315,59		3,51
2,2	Argille sabbiose e limose	30,41		259,11		1,52
2,4	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	44,41		288,28		2,22
2,6	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	54,41		306,68		2,72
2,8	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	42,41		290,99		2,12
3	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	40,41		290,12		2,02
3,2	Argille sabbiose e limose	20,55		246,86		1,03
3,4	Argille sabbiose e limose	28,55		270,16		1,43
3,6	Argille sabbiose e limose	14,55		229,73		0,73
3,8	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	28,55		273,91		1,43
4	Argille sabbiose e limose	16,55		240,41		0,83
4,2	Argilla inorganica compatta	10,69		213,67		0,53
4,4	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	10,69		217,88		0,53
4,6	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	10,69		219,02		0,53
4,8	Argille organiche e terreni misti	8,69		209,97		0,43
5	Argilla inorganica di media consistenza	10,69		219,33		0,53
5,2	Argilla inorganica compatta	12,83		228,06		0,64
5,4	Argilla inorganica compatta	10,83		222,45		0,54
5,6	Argille sabbiose e limose	12,83		234,14		0,64
5,8	Argilla inorganica compatta	10,83		223,61		0,54
6	Argille organiche e terreni misti	8,83		216,03		0,44
6,2	Argille organiche e terreni misti	8,97		217,15		0,45
6,4	Argille organiche e terreni misti	10,97		225,75		0,55
6,6	Argilla inorganica compatta	14,97		239,4		0,75
6,8	Argille sabbiose e limose	16,97		254,07		0,85
7	Argilla inorganica compatta	16,97		246,14		0,85
7,2	Argilla inorganica compatta	13,10		235,44		0,66
7,4	Argille sabbiose e limose	11,10		229,69		0,56
7,6	Argille sabbiose e limose	11,10		230,08		0,56

7,8	Argille sabbiose e limose	11,10
8	Argille sabbiose e limose	11,10
8,2	Argilla inorganica di media consistenza	9,24
8,4	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	11,24
8,6	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	17,24
8,8	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	19,24
9	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	15,24
9,2	Sabbie Sciolte	13,38
9,4	Argilla inorganica compatta	13,38
9,6	Argilla inorganica di media consistenza	9,38
9,8	Argille organiche e terreni misti	7,38
10	Argille sabbiose e limose	9,38
10,2	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	15,52
10,4	Sabbie	45,52
10,6	Sabbie	47,52
10,8	Sabbie	47,52
11	Sabbie	57,52
11,2	Sabbie	55,66
11,4	Sabbie	47,66
11,6	Sabbie	51,66
11,8	Sabbie	57,66
12	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	39,66
12,2	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	39,79
12,4	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	39,79
12,6	Sabbie	37,79
12,8	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	35,79
13	Sabbie	25,79
13,2	Argilla inorganica di media consistenza	9,93
13,4	Argilla inorganica di media consistenza	9,93
13,6	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	15,93
13,8	Argille sabbiose e limose	17,93
14	Argilla inorganica compatta	15,93
14,2	Argilla inorganica compatta	14,07
14,4	Argilla inorganica compatta	12,07
14,6	Argilla inorganica compatta	12,07
14,8	Argille sabbiose e limose	18,07
15	Argille sabbiose e limose	20,07
15,2	Argille sabbiose e limose	20,21
15,4	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	22,21
15,6	Argille sabbiose e limose	24,21
15,8	Argille sabbiose e limose	26,21
16	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	26,21
16,2	Sabbie addensate o cementate	96,35
16,4	Sabbie addensate o cementate	102,35
16,6	Sabbie	88,35
16,8	Sabbie addensate o cementate	102,35
17	Sabbie	94,35
17,2	Sabbie addensate o cementate	96,48
17,4	Sabbie addensate o cementate	102,48
17,6	Sabbie addensate o cementate	102,48
17,8	Sabbie addensate o cementate	112,48
18	Sabbie addensate o cementate	112,48
18,2	Sabbie addensate o cementate	104,62
18,4	Sabbie addensate o cementate	96,62
18,6	Sabbie addensate o cementate	112,62
18,8	Sabbie addensate o cementate	122,62
19	Sabbie addensate o cementate	122,62
19,2	Sabbie addensate o cementate	96,76
19,4	Sabbie	80,76
19,6	Argille sabbiose e limose	56,76
19,8	Argille sabbiose e limose	54,76
20	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	46,76
20,2	Argille sabbiose e limose	30,90
20,4	Argilla inorganica molto compatta	20,90
20,6	Argilla inorganica molto compatta	18,90
20,8	Argilla inorganica molto compatta	20,90
21	Argille sabbiose e limose	32,90
21,2	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	41,04
21,4	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	27,04
21,6	Argille sabbiose e limose	25,04
21,8	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	23,04
22	Argille sabbiose e limose	27,04
22,2	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	45,17
22,4	Argille sabbiose e limose	23,17
22,6	Argille sabbiose e limose	23,17
22,8	Argilla inorganica molto compatta	21,17
23	Argilla inorganica compatta	19,17
23,2	Argilla inorganica molto compatta	23,31
23,4	Argilla inorganica molto compatta	21,31
23,6	Argilla inorganica molto compatta	21,31

230,48
230,87
223,46
232,34
259,12
266,83
252,1
244,37
241,98
227,35
218,08
224,83
255,5
335,23
339,38
339,88
357,09
354,67
341,61
349,09
359,35
327,63
328,44
328,97
325,21
321,26
296,32
237,56
237,92
263,52
271,81
260,43
255,05
248,44
248,81
273,99
281,66
282,5
289,63
296,34
302,69
303,07
420,71
427,66
412,64
428,64
420,45
423,28
430,24
430,74
441,43
441,93
434,46
426,34
443,55
453,62
454,11
428,36
409,77
375,47
372,54
358,48
323,44
286,84
282,01
287,55
329,87
349,06
314,68
308,97
302,87
315,59
359,32
304,19
304,47
291,84
286,97
297,65
293,19
293,52

0,56
0,56
0,46
0,56
0,86
0,96
0,76
0,67
0,67
0,47
0,37
0,47
0,78
2,28
2,38
2,38
2,88
2,78
2,38
2,58
2,88
1,98
1,99
1,99
1,89
1,79
1,29
0,50
0,50
0,80
0,90
0,80
0,70
0,60
0,60
0,90
1,00
1,01
1,11
1,21
1,31
1,31
4,82
5,12
4,42
5,12
4,72
4,82
5,12
5,12
5,62
5,62
5,23
4,83
5,63
6,13
6,13
4,84
4,04
2,84
2,74
2,34
1,54
1,04
0,94
1,04
1,65
2,05
1,35
1,25
1,15
1,35
2,26
1,16
1,16
1,06
0,96
1,17
1,07
1,07

23,8	Argilla inorganica molto compatta	23,31	298,65	1,17
24	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	23,31	306,82	1,17
24,2	Sabbie addensate o cementate	123,45	466,62	6,17
24,4	Sabbie	43,45	359,34	2,17
24,6	Argilla inorganica molto compatta	25,45	304,77	1,27
24,8	Argilla inorganica molto compatta	25,45	305,1	1,27
25	Argille sabbiose e limose	47,45	368,32	2,37
25,2	Argille sabbiose e limose	47,59	368,94	2,38
25,4	Argille sabbiose e limose	53,59	380,47	2,68
25,6	Argille sabbiose e limose	57,59	387,77	2,88
25,8	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	73,59	412,78	3,68
26	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	79,59	421,4	3,98
26,2	Argille sabbiose e limose	61,73	395,74	3,09
26,4	Argille sabbiose e limose	53,73	382,55	2,69
26,6	Argille sabbiose e limose	53,73	382,9	2,69
26,8	Argille sabbiose e limose	63,73	400,03	3,19
27	Argille sabbiose e limose	69,73	409,55	3,49
27,2	Argilla inorganica molto compatta	65,86	367,69	3,29
27,4	Argille sabbiose e limose	79,86	424,52	3,99
27,6	Argille sabbiose e limose	79,86	424,91	3,99
27,8	Argille sabbiose e limose	73,86	417,05	3,69
28	Argille sabbiose e limose	83,86	430,95	4,19
28,2	Argille sabbiose e limose	76,00	420,82	3,80
28,4	Argille sabbiose e limose	80,00	426,66	4,00
28,6	Argille sabbiose e limose	94,00	444,69	4,70
28,8	Argille sabbiose e limose	108,00	460,89	5,40
29	Argille sabbiose e limose	80,00	427,83	4,00
29,2	Argille sabbiose e limose	82,14	431,06	4,11
29,4	Argille sabbiose e limose	76,14	423,29	3,81
29,6	Argilla inorganica molto compatta	66,14	373,13	3,31
29,8	Argille sabbiose e limose	90,14	442,37	4,51

Vs,30 293,92 m/s
Cu,30 0,68 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: C

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

7.4 STIMA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

DATI GENERALI

PROGETTO E LOCALIZZAZIONE

Titolo lavoro: pannelli fotovoltaici

Codice identificativo 29/22

Cliente: Studio Bernagozzi

Indirizzo, Coordinate: via Argine Reno - Ferrara FE

Data 20/10/2022

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

Profondità falda idrica 5.3 m

Accelerazione Bedrock 0.14

Fattore amplificazione 2.584

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<=15°

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Peak ground acceleration (PGA) 0.21

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	0.2	10.98	11.76	13.73	65.7
2	sabbia	0.2	0.8	18.63	21.57	4982.76	78.45
3	limo sabbioso	0.8	3	20.84	21.62	4881.75	153.96
4	argilla	3	8.2	18.57	19.36	1327.82	53.94
5	sabbia	8.2	13	17.65	20.59	3108.71	56.88
6	argilla sabbiosa	13	15.8	18.9	19.68	1673.02	65.7
7	sabbia	15.8	19.4	18.63	21.57	9659.56	79.43
8	argilla/argilla sabbiosa	19.4	30	20.83	21.62	5118.09	241.24

Robertson Wride, 1998

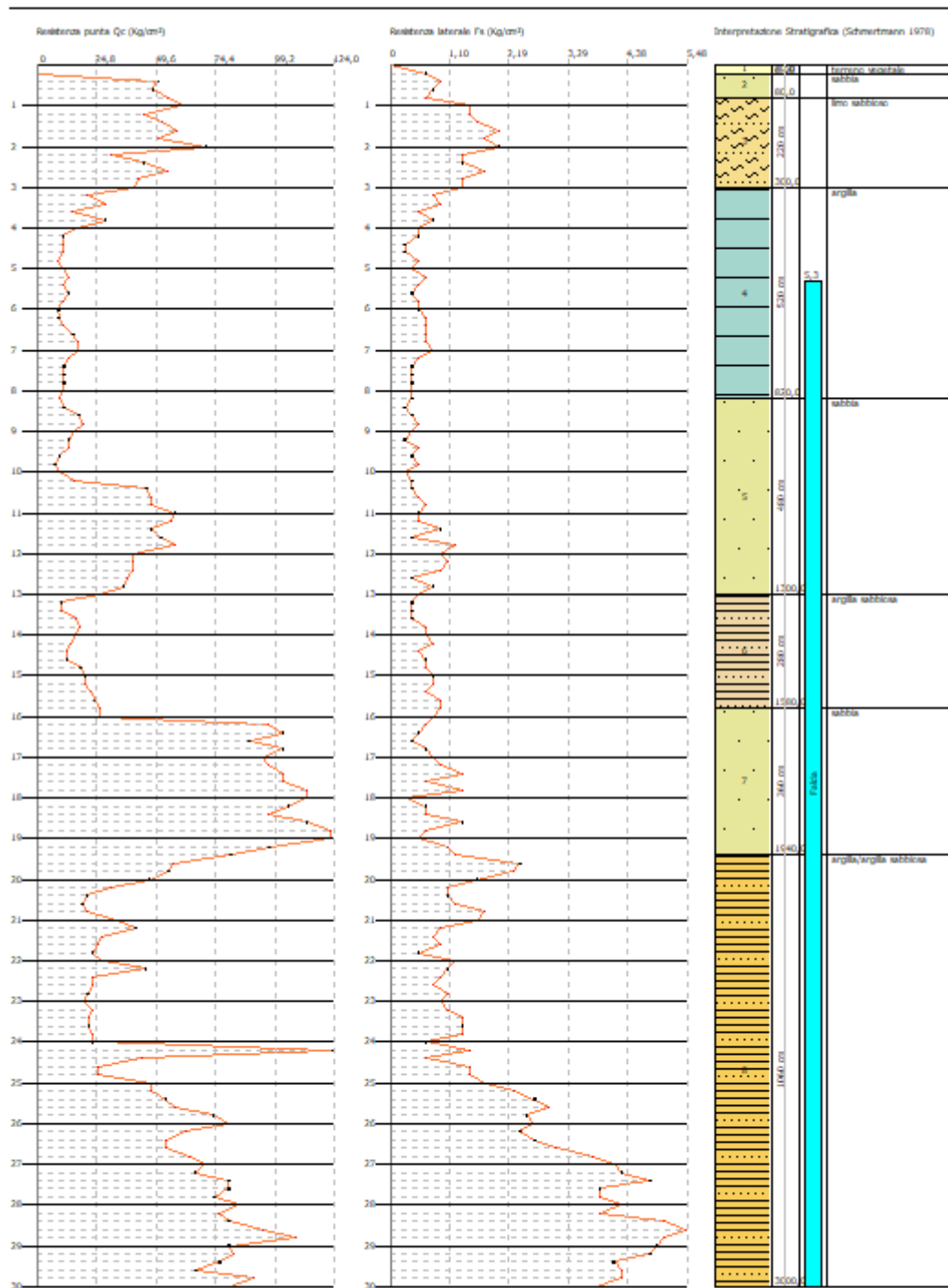
Correzione per la magnitudo (MSF)

1.32

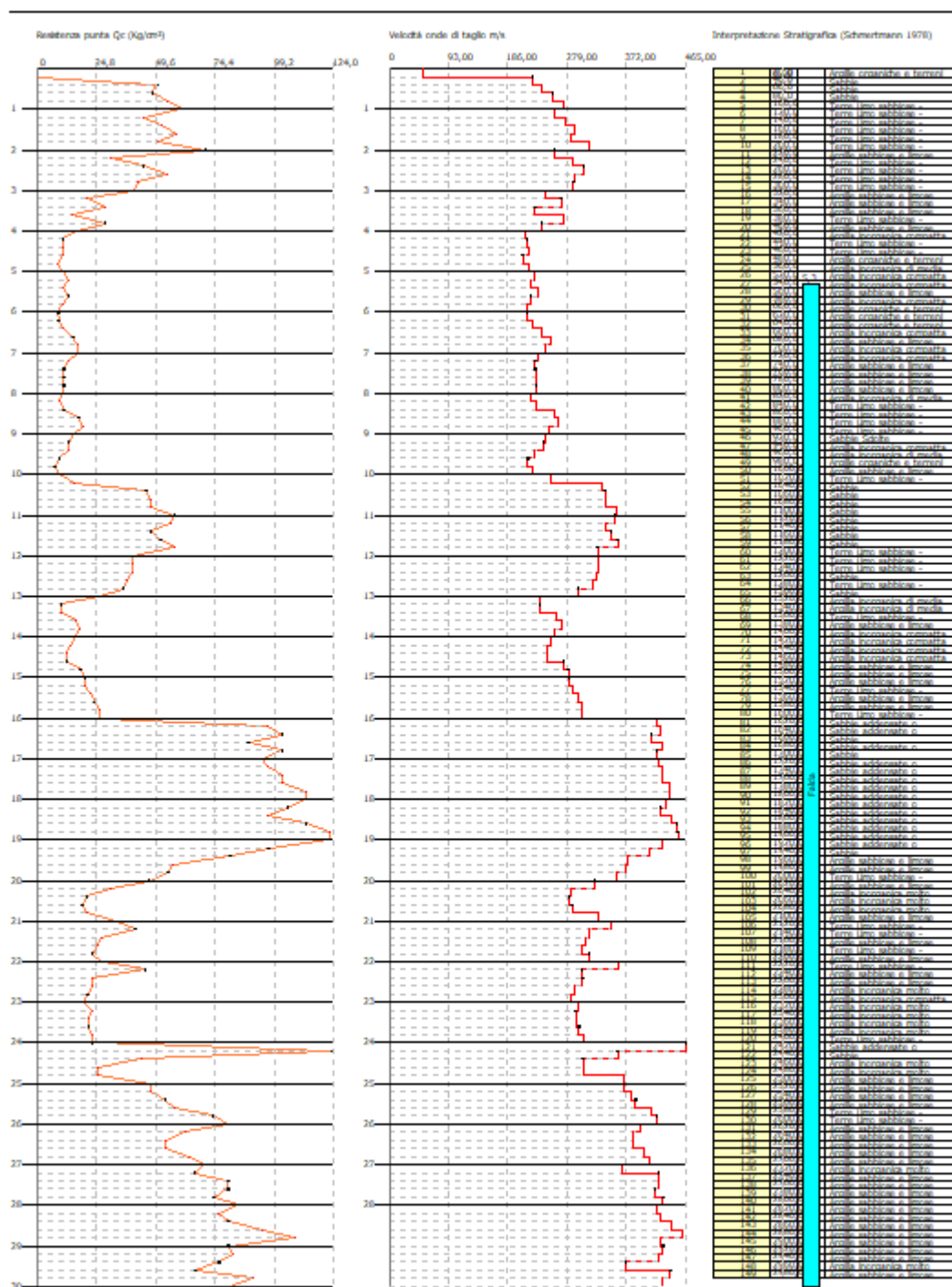
Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normale zzata Q	Attrito laterale normale zzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normale zzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza a Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
5.50	105.805	103.844									0	NL	0	Molto basso
5.70	109.677	105.754									0	NL	0	Molto basso
5.90	113.549	107.665									0	NL	0	Molto basso
6.10	117.421	109.576									0	NL	0	Molto basso
6.30	121.293	111.486									0	NL	0	Molto basso
6.50	125.165	113.397									0	NL	0	Molto basso
6.70	129.037	115.308									0	NL	0	Molto basso
6.90	132.909	117.218									0	NL	0	Molto basso
7.10	136.781	119.129									0	NL	0	Molto basso
7.30	140.653	121.040									0	NL	0	Molto basso
7.50	144.525	122.950									0	NL	0	Molto basso
7.70	148.397	124.861									0	NL	0	Molto basso
7.90	152.269	126.772									0	NL	0	Molto basso
8.10	156.141	128.682									0	NL	0	Molto basso
8.30	160.136	130.716	27.190	1.929	2.532	0.8746525	79.779	0.937	0.127	0.119	1.072	L	0.00	Molto basso
8.50	164.254	132.873	22.160	1.932	2.604	0.7526	78.416	0.935	0.125	0.120	1.045	L	0.00	Molto basso
8.70	168.372	135.029	21.776	1.934	2.611	0.7405795	78.100	0.933	0.124	0.120	1.033	L	0.00	Molto basso
8.90	172.490	137.186	21.403	1.937	2.617	0.728937	77.793	0.932	0.124	0.121	1.022	L	0.00	Molto basso
9.10	176.608	139.343	21.042	1.940	2.623	0.7176549	77.494	0.930	0.123	0.122	1.011	L	0.00	Molto basso
9.30	180.726	141.499	20.693	1.943	2.630	0.7067168	77.204	0.926	0.123	0.122	1.004	L	0.00	Molto basso
9.50	184.844	143.656	20.353	1.945	2.636	0.696107	76.921	0.920	0.122	0.122	0.999	L	0.08	Basso
9.70	188.962	145.813	20.024	1.948	2.642	0.6858112	76.645	0.915	0.122	0.123	0.994	L	0.45	Basso
9.90	193.080	147.969	19.704	1.951	2.648	0.6758153	76.377	0.910	0.121	0.123	0.989	L	0.80	Basso
10.10	197.198	150.126	19.394	1.954	2.654	0.6661067	76.116	0.904	0.121	0.123	0.985	L	1.12	Basso
10.30	201.316	152.283	19.092	1.956	2.660	0.6566731	75.860	0.899	0.121	0.123	0.981	L	1.43	Basso
10.50	205.434	154.439	18.799	1.959	2.666	0.6475031	75.612	0.894	0.120	0.123	0.978	L	1.72	Basso
10.70	209.552	156.596	18.514	1.962	2.672	0.6385855	75.369	0.888	0.120	0.123	0.975	L	1.98	Basso
10.90	213.670	158.753	18.236	1.965	2.678	0.6299102	75.131	0.883	0.119	0.123	0.972	L	2.23	Basso
11.10	217.788	160.909	17.966	1.968	2.683	0.6214676	74.900	0.878	0.119	0.123	0.969	L	2.45	Basso
11.30	221.906	163.066	17.703	1.970	2.689	0.6132482	74.673	0.872	0.119	0.123	0.967	L	2.66	Basso
11.50	226.024	165.223	17.447	1.973	2.695	0.6052434	74.452	0.867	0.118	0.123	0.965	L	2.85	Basso
11.70	230.142	167.379	17.198	1.976	2.700	0.597445	74.236	0.862	0.118	0.123	0.964	L	3.01	Basso
11.90	234.260	169.536	16.955	1.979	2.706	0.5898448	74.024	0.856	0.118	0.122	0.962	L	3.16	Basso
12.10	238.378	171.693	16.718	1.982	2.711	0.5824357	73.817	0.851	0.117	0.122	0.961	L	3.29	Basso
12.30	242.496	173.850	16.487	1.984	2.716	0.5752103	73.614	0.846	0.117	0.122	0.960	L	3.40	Basso
12.50	246.614	176.006	16.261	1.987	2.722	0.5681621	73.416	0.840	0.117	0.122	0.959	L	3.49	Basso
12.70	250.732	178.163	16.041	1.990	2.727	0.5612845	73.221	0.835	0.117	0.122	0.959	L	3.56	Basso
12.90	254.850	180.320	15.827	1.993	2.732	0.5545713	73.031	0.830	0.116	0.121	0.959	L	3.62	Basso
13.10	258.877	182.385									0	NL	0	Molto basso
13.30	262.813	184.360									0	NL	0	Molto basso
13.50	266.749	186.335									0	NL	0	Molto basso
13.70	270.685	188.309									0	NL	0	Molto basso
13.90	274.621	190.284									0	NL	0	Molto basso
14.10	278.557	192.259									0	NL	0	Molto basso
14.30	282.493	194.233									0	NL	0	Molto basso
14.50	286.429	196.208									0	NL	0	Molto basso
14.70	290.365	198.183									0	NL	0	Molto basso
14.90	294.301	200.157									0	NL	0	Molto basso
15.10	298.237	202.132									0	NL	0	Molto basso
15.30	302.173	204.107									0	NL	0	Molto basso
15.50	306.109	206.081									0	NL	0	Molto basso
15.70	310.045	208.056									0	NL	0	Molto basso
15.90	314.170	210.220	66.622	0.850	2.008	0.6897052	87.306	0.749	0.142	0.116	1.225	L	0.00	Molto basso
16.10	318.484	212.572	66.253	0.850	2.010	0.6858779	87.008	0.744	0.141	0.115	1.225	L	0.00	Molto basso
16.30	322.798	214.925	65.889	0.851	2.012	0.6821136	86.716	0.739	0.141	0.115	1.226	L	0.00	Molto basso
16.50	327.112	217.278	65.531	0.851	2.014	0.6784105	86.429	0.733	0.140	0.114	1.226	L	0.00	Molto basso
16.70	331.426	219.630	65.180	0.852	2.016	0.6747672	86.147	0.728	0.139	0.114	1.227	L	0.00	Molto basso
16.90	335.740	221.983	64.833	0.852	2.018	0.671182	85.870	0.723	0.139	0.113	1.229	L	0.00	Molto basso
17.10	340.054	224.336	64.492	0.852	2.020	0.6676533	85.598	0.717	0.138	0.112	1.230	L	0.00	Molto basso
17.30	344.368	226.688	64.157	0.853	2.022	0.6641796	85.330	0.712	0.138	0.112	1.232	L	0.00	Molto basso
17.50	348.682	229.041	63.826	0.853	2.024	0.6607596	85.067	0.707	0.137	0.111	1.234	L	0.00	Molto basso
17.70	352.996	231.394	63.501	0.853	2.026	0.657392	84.808	0.701	0.137	0.111	1.236	L	0.00	Molto basso
17.90	357.310	233.746	63.181	0.854	2.028	0.6540753	84.554	0.696	0.136	0.110	1.238	L	0.00	Molto basso
18.10	361.624	236.099	62.865	0.854	2.030	0.6508082	84.304	0.691	0.136	0.109	1.241	L	0.00	Molto basso
18.30	365.938	238.452	62.554	0.855	2.032	0.6475897	84.058	0.685	0.135	0.109	1.243	L	0.00	Molto basso
18.50	370.252	240.804	62.248	0.855	2.034	0.6444185	83.816	0.680	0.135	0.108	1.246	L	0.00	Molto basso
18.70	374.566	243.157	61.946	0.855	2.035	0.6412933	83.578	0.675	0.134	0.107	1.250	L	0.00	Molto basso
18.90	378.880	245.510	61.649	0.856	2.037	0.6382132	83.343	0.669	0.134	0.107	1.253	NL	0	Molto basso
19.10	383.194	247.862	61.355	0.856	2.039	0.6351771	83.113	0.664	0.133	0.106	1.257	NL	0	Molto basso

19.30	387.508	250.215	61.066	0.857	2.041	0.6321839	82.886	0.659	0.133	0.105	1.260	NL	0	Molto basso
19.50	391.827	252.573									0	NL	0	Molto basso
19.70	396.151	254.935									0	NL	0	Molto basso
19.90	400.475	257.298									0	NL	0	Molto basso

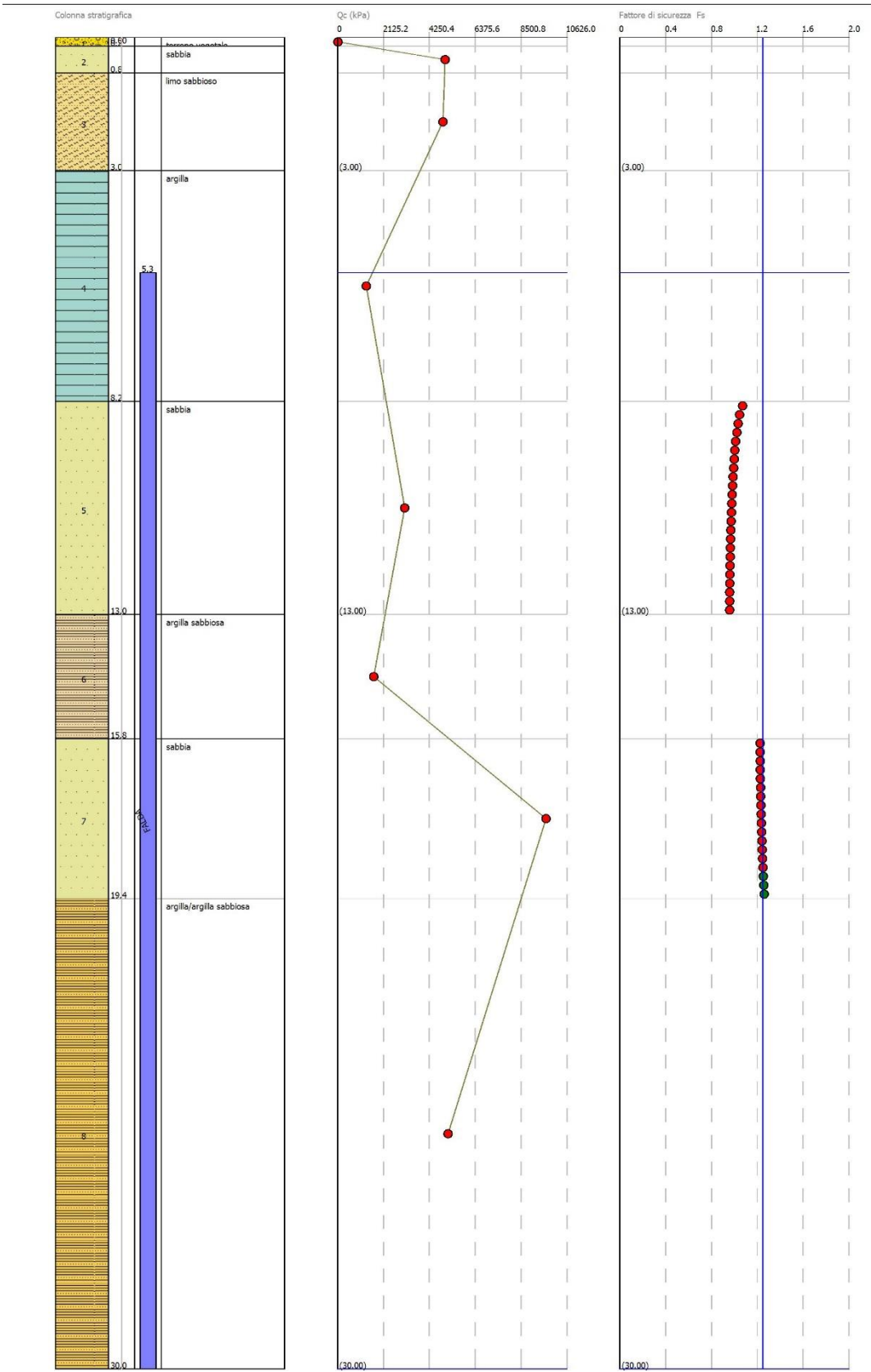
IPL (Sonmez)=0.61 Zcrit=20 m Rischio=Basso

7.5 GRAFICO QC/STRATIGRAFIA

Scala profondità 1:137 - Q_c : 1 cm = 23,25 Kg/cm^2 - F_s : 1 cm = 1,03 Kg/cm^2 -

7.6 GRAFICO CATEGORIA SOTTOSUOLO V_{se}

7.7 GRAFICO SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE



7.8 ELABORAZIONE PROVA CPT Nr.2

Prof. (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	42,14	0,53	79,51	1,3
0,40	46,14	0,80	57,68	1,7
0,60	44,14	0,53	83,28	1,2
0,80	32,14	0,67	47,97	2,1
1,00	36,14	0,80	45,18	2,2
1,20	40,28	1,07	37,64	2,7
1,40	44,28	1,07	41,38	2,4
1,60	36,28	0,93	39,01	2,6
1,80	44,28	1,07	41,38	2,4
2,00	38,28	1,47	26,04	3,8
2,20	36,41	0,80	45,51	2,2
2,40	40,41	1,20	33,68	3,0
2,60	34,41	0,53	64,92	1,5
2,80	36,41	0,53	68,70	1,5
3,00	22,41	0,80	28,01	3,6
3,20	30,55	0,40	76,38	1,3
3,40	18,55	0,67	27,69	3,6
3,60	26,55	0,53	50,09	2,0
3,80	34,55	0,67	51,57	1,9
4,00	12,55	0,53	23,68	4,2
4,20	8,69	0,40	21,73	4,6
4,40	8,69	0,40	21,73	4,6
4,60	8,69	0,67	12,97	7,7
4,80	8,69	0,53	16,40	6,1
5,00	8,69	0,53	16,40	6,1
5,20	6,83	0,53	12,89	7,8
5,40	12,83	0,53	24,21	4,1
5,60	16,83	0,80	21,04	4,8
5,80	16,83	0,80	21,04	4,8
6,00	14,83	0,80	18,54	5,4
6,20	14,97	0,80	18,71	5,3
6,40	10,97	0,67	16,37	6,1
6,60	10,97	0,67	16,37	6,1
6,80	12,97	0,53	24,47	4,1
7,00	12,97	0,53	24,47	4,1
7,20	13,10	0,60	21,83	4,6
7,40	14,10	0,67	21,04	4,8
7,60	15,10	0,93	16,24	6,2
7,80	15,10	0,80	18,88	5,3
8,00	13,10	0,67	19,55	5,1
8,20	7,24	0,27	26,81	3,7
8,40	9,24	0,13	71,08	1,4
8,60	11,24	0,67	16,78	6,0
8,80	13,24	0,53	24,98	4,0
9,00	21,24	0,93	22,84	4,4
9,20	17,38	0,60	28,97	3,5
9,40	18,38	0,80	22,98	4,4
9,60	15,38	0,80	19,23	5,2
9,80	15,38	0,53	29,02	3,4

10,00	15,38	0,53	29,02	3,4
10,20	15,52	0,53	29,28	3,4
10,40	15,52	0,67	23,16	4,3
10,60	15,52	0,80	19,40	5,2
10,80	19,52	1,07	18,24	5,5
11,00	19,52	0,93	20,99	4,8
11,20	23,66	0,80	29,58	3,4
11,40	21,66	0,80	27,08	3,7
11,60	17,66	1,07	16,50	6,1
11,80	21,66	0,67	32,33	3,1
12,00	21,66	0,93	23,29	4,3
12,20	23,79	0,80	29,74	3,4
12,40	19,79	0,53	37,34	2,7
12,60	19,79	1,07	18,50	5,4
12,80	19,79	0,80	24,74	4,0
13,00	19,79	0,80	24,74	4,0
13,20	19,93	0,80	24,91	4,0
13,40	19,93	0,80	24,91	4,0
13,60	19,93	0,93	21,43	4,7
13,80	23,93	1,07	22,36	4,5
14,00	23,93	0,93	25,73	3,9
14,20	24,07	1,07	22,50	4,4
14,40	26,07	1,07	24,36	4,1
14,60	28,07	1,07	26,23	3,8
14,80	28,07	1,20	23,39	4,3
15,00	30,07	1,33	22,61	4,4
15,20	26,21	1,20	21,84	4,6
15,40	56,21	0,53	106,06	0,9
15,60	92,21	0,80	115,26	0,9
15,80	96,21	0,67	143,60	0,7
16,00	102,21	0,67	152,55	0,7
16,20	102,35	0,67	152,76	0,7
16,40	86,35	0,27	319,81	0,3
16,60	84,35	0,27	312,41	0,3
16,80	108,35	0,67	161,72	0,6
17,00	106,35	0,67	158,73	0,6
17,20	108,48	0,67	161,91	0,6
17,40	112,48	1,33	84,57	1,2
17,60	122,48	1,33	92,09	1,1
17,80	122,48	0,67	182,81	0,5
18,00	112,48	0,67	167,88	0,6
18,20	112,62	0,67	168,09	0,6
18,40	102,62	0,67	153,16	0,7
18,60	102,62	0,27	380,07	0,3
18,80	106,62	-0,27	-394,89	-0,3
19,00	100,62	0,27	372,67	0,3
19,20	108,76	0,27	402,81	0,2
19,40	100,76	0,67	150,39	0,7
19,60	102,76	0,67	153,37	0,7
19,80	76,76	0,80	95,95	1,0
20,00	80,76	0,84	96,14	1,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,20	42,14	0,53	1,90	Incoerente	terreno vegetale
0,80	40,81	0,67	1,96	Incoerente	sabbia
2,40	39,55	1,05	2,05	Incoerente-Coesivo	limo sabbioso
3,80	29,06	0,59	1,92	Incoerente	sabbia
9,60	12,79	0,62	1,88	Coesivo	argilla
15,20	21,28	0,89	1,97	Incoerente-Coesivo	argilla sabbiosa
20,00	100,33	0,61	1,98	Incoerente	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)

Vs: Velocità onda (m/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0,20	I	--	--	80,49	275,33	>9	1,90	2,20	<5	42,00	105,35	191,09
2	0,80	I	--	--	81,36	269,98	>9	1,90	2,20	<5	42,00	102,03	232,16
3	2,40	CI	1,98	1471,14	79,10	264,86	2,88	2,09	2,17	<5	37,45	98,88	267,27
4	3,80	I	--	--	38,49	219,40	1,09	1,80	2,10	<5	33,38	72,65	268,54
5	9,60	C	0,64	437,34	47,64	132,88	3,87	1,88	1,96	--	--	--	231,84
6	15,20	CI	1,06	735,96	42,56	181,36	<0.5	1,97	2,05	<5	28,70	53,20	280,73
7	20,00	I	--	--	67,91	467,77	1,08	1,90	2,20	<5	35,02	250,83	428,32

7.9 STIMA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE**DATI GENERALI**

Titolo lavoro: pannelli fotovoltaici

Codice identificativo

29/22

Cliente: Studio Bernagozzi

Indirizzo, Coordinate: via Argine Reno - Ferrara FE

Data

20/10/2022

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa

1.25

Profondità falda idrica

5.3 m

Accelerazione Bedrock

0.14

Fattore amplificazione

2.584

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i<=15°

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS)

1.5

Coefficiente amplificazione topografica (ST)

1

Magnitudo momento sismico (Mw)

6.14

Peak ground acceleration (PGA)

0.21

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	0.2	18.63	21.57	4132.52	51.98
2	sabbia	0.2	0.8	18.63	21.57	4002.1	65.7
3	limo sabbioso	0.8	2.4	20.46	21.24	3878.53	102.97
4	sabbia	2.4	3.8	17.65	20.59	2849.81	57.86
5	argilla	3.8	9.6	18.46	19.24	1254.27	60.8
6	argilla sabbiosa	9.6	15.2	19.32	20.1	2086.86	87.28
7	sabbia	15.2	20	18.63	21.57	9839.02	59.82

Robertson Wride, 1998

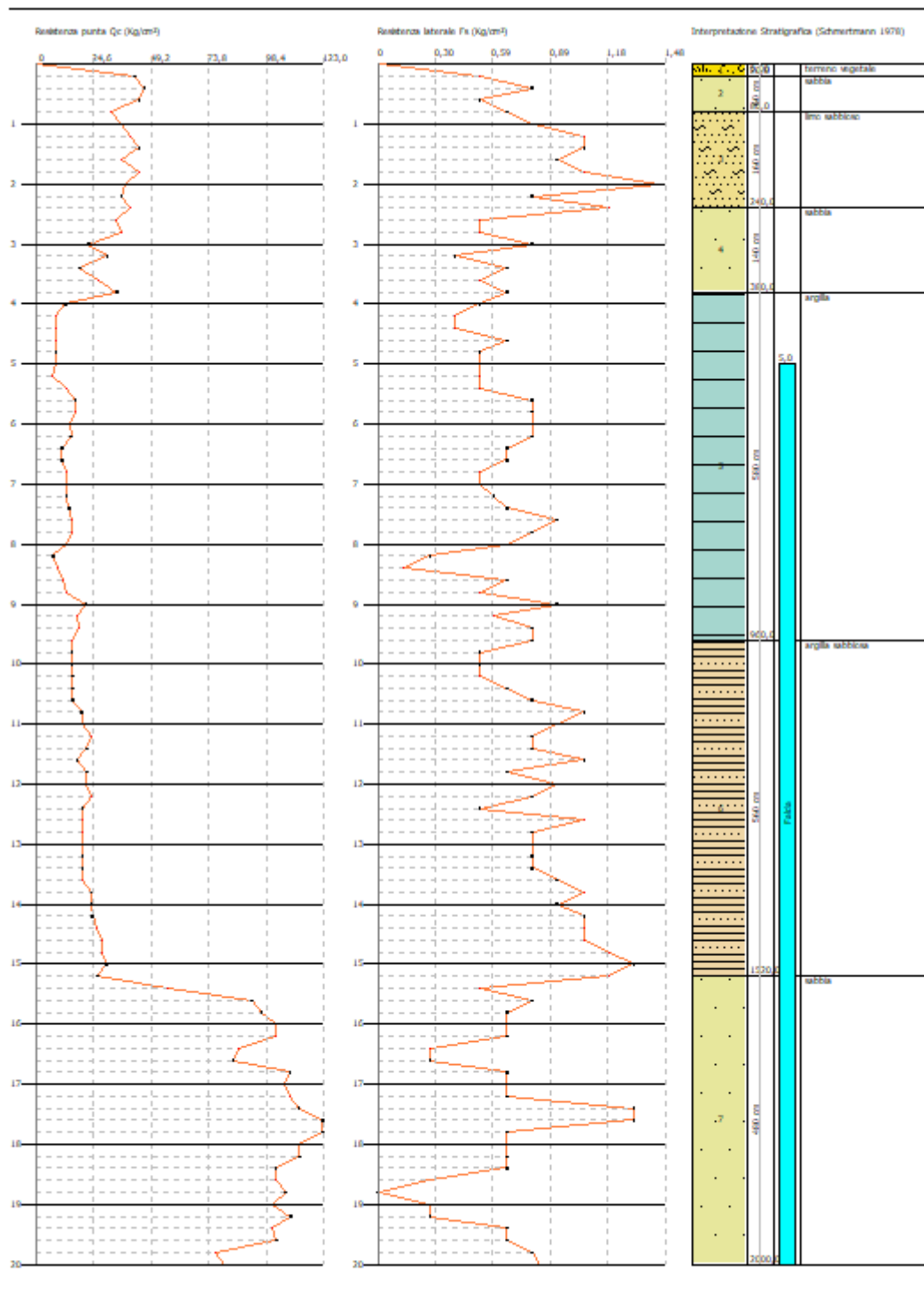
Correzione per la magnitudo (MSF)

1.32

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato 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 normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza a Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
5.50	103.888	101.927									0	NL	0	Molto basso
5.70	107.736	103.813									0	NL	0	Molto basso
5.90	111.584	105.700									0	NL	0	Molto basso
6.10	115.432	107.587									0	NL	0	Molto basso
6.30	119.280	109.473									0	NL	0	Molto basso
6.50	123.128	111.360									0	NL	0	Molto basso
6.70	126.976	113.247									0	NL	0	Molto basso
6.90	130.824	115.133									0	NL	0	Molto basso
7.10	134.672	117.020									0	NL	0	Molto basso
7.30	138.520	118.907									0	NL	0	Molto basso
7.50	142.368	120.793									0	NL	0	Molto basso
7.70	146.216	122.680									0	NL	0	Molto basso
7.90	150.064	124.567									0	NL	0	Molto basso
8.10	153.912	126.453									0	NL	0	Molto basso
8.30	157.760	128.340									0	NL	0	Molto basso
8.50	161.608	130.227									0	NL	0	Molto basso
8.70	165.456	132.113									0	NL	0	Molto basso
8.90	169.304	134.000									0	NL	0	Molto basso
9.10	173.152	135.887									0	NL	0	Molto basso
9.30	177.000	137.773									0	NL	0	Molto basso
9.50	180.848	139.660									0	NL	0	Molto basso
9.70	184.782	141.633									0	NL	0	Molto basso
9.90	188.802	143.691									0	NL	0	Molto basso
10.10	192.822	145.750									0	NL	0	Molto basso

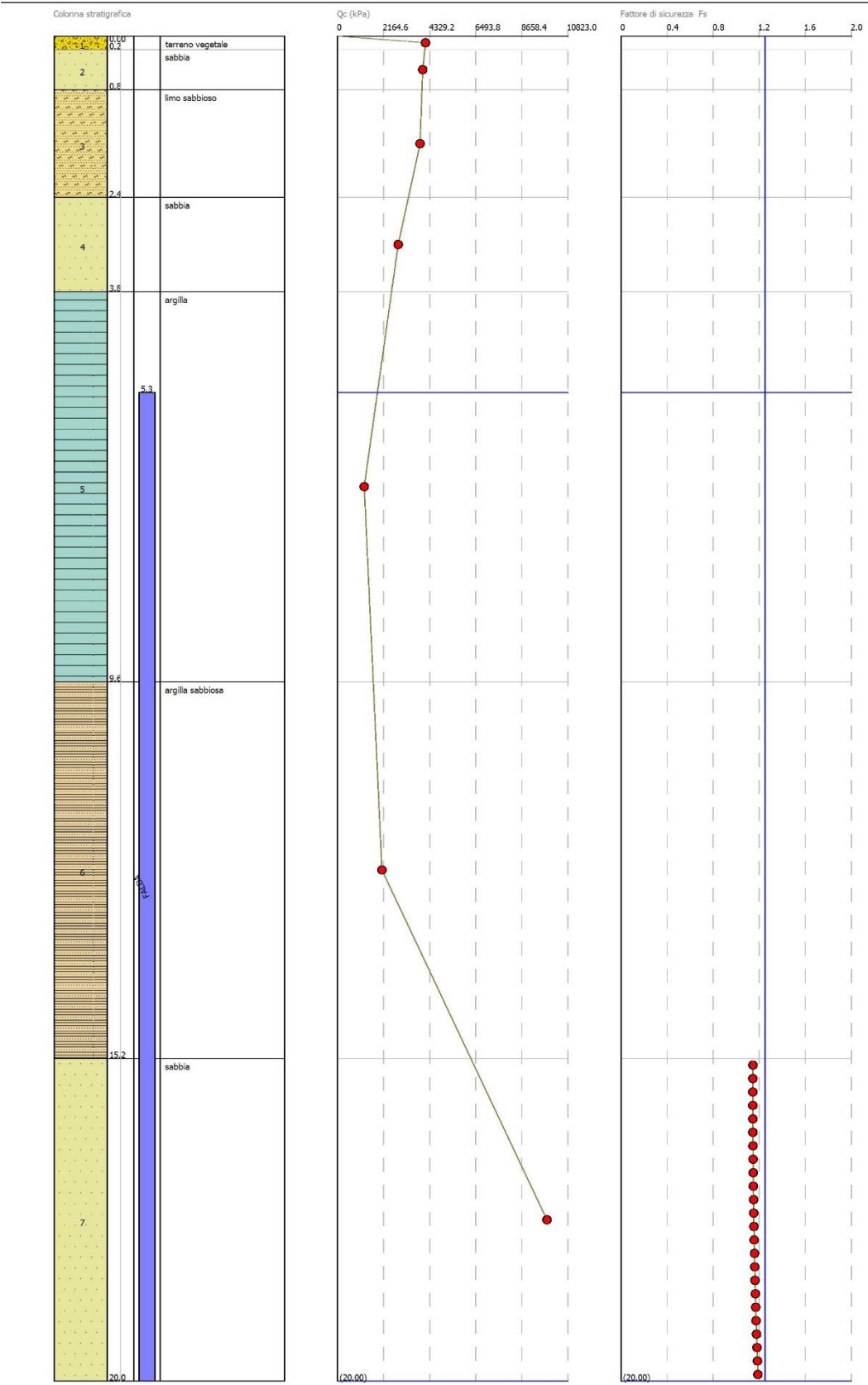
10.30	196.842	147.809									0	NL	0	Molto basso
10.50	200.862	149.867									0	NL	0	Molto basso
10.70	204.882	151.926									0	NL	0	Molto basso
10.90	208.902	153.985									0	NL	0	Molto basso
11.10	212.922	156.043									0	NL	0	Molto basso
11.30	216.942	158.102									0	NL	0	Molto basso
11.50	220.962	160.161									0	NL	0	Molto basso
11.70	224.982	162.219									0	NL	0	Molto basso
11.90	229.002	164.278									0	NL	0	Molto basso
12.10	233.022	166.337									0	NL	0	Molto basso
12.30	237.042	168.395									0	NL	0	Molto basso
12.50	241.062	170.454									0	NL	0	Molto basso
12.70	245.082	172.513									0	NL	0	Molto basso
12.90	249.102	174.572									0	NL	0	Molto basso
13.10	253.122	176.630									0	NL	0	Molto basso
13.30	257.142	178.689									0	NL	0	Molto basso
13.50	261.162	180.748									0	NL	0	Molto basso
13.70	265.182	182.806									0	NL	0	Molto basso
13.90	269.202	184.865									0	NL	0	Molto basso
14.10	273.222	186.924									0	NL	0	Molto basso
14.30	277.242	188.982									0	NL	0	Molto basso
14.50	281.262	191.041									0	NL	0	Molto basso
14.70	285.282	193.100									0	NL	0	Molto basso
14.90	289.302	195.158									0	NL	0	Molto basso
15.10	293.322	197.217									0	NL	0	Molto basso
15.30	297.489	199.423	69.673	0.627	1.919	0.7081299	84.098	0.765	0.135	0.118	1.146	L	0.00	Molto basso
15.50	301.803	201.775	69.266	0.627	1.921	0.7039894	83.764	0.760	0.135	0.118	1.145	L	0.00	Molto basso
15.70	306.117	204.128	68.865	0.628	1.923	0.6999208	83.435	0.755	0.134	0.117	1.145	L	0.00	Molto basso
15.90	310.431	206.481	68.472	0.628	1.925	0.6959218	83.113	0.749	0.133	0.117	1.145	L	0.00	Molto basso
16.10	314.745	208.833	68.085	0.628	1.928	0.6919906	82.796	0.744	0.133	0.116	1.145	L	0.00	Molto basso
16.30	319.059	211.186	67.705	0.628	1.930	0.6881254	82.485	0.739	0.132	0.115	1.145	L	0.00	Molto basso
16.50	323.373	213.539	67.331	0.629	1.932	0.6843241	82.180	0.733	0.132	0.115	1.146	L	0.00	Molto basso
16.70	327.687	215.891	66.963	0.629	1.934	0.6805853	81.880	0.728	0.131	0.114	1.147	L	0.00	Molto basso
16.90	332.001	218.244	66.601	0.629	1.936	0.6769069	81.585	0.723	0.131	0.114	1.148	L	0.00	Molto basso
17.10	336.315	220.597	66.245	0.630	1.938	0.6732877	81.295	0.717	0.130	0.113	1.149	L	0.00	Molto basso
17.30	340.629	222.949	65.894	0.630	1.940	0.6697258	81.010	0.712	0.129	0.113	1.151	L	0.00	Molto basso
17.50	344.943	225.302	65.550	0.630	1.942	0.6662199	80.730	0.707	0.129	0.112	1.152	L	0.00	Molto basso
17.70	349.257	227.655	65.210	0.630	1.944	0.6627685	80.455	0.701	0.128	0.111	1.154	L	0.00	Molto basso
17.90	353.571	230.007	64.876	0.631	1.946	0.6593702	80.184	0.696	0.128	0.111	1.156	L	0.00	Molto basso
18.10	357.885	232.360	64.546	0.631	1.948	0.6560235	79.917	0.691	0.127	0.110	1.159	L	0.00	Molto basso
18.30	362.199	234.713	64.222	0.631	1.950	0.6527274	79.655	0.685	0.127	0.109	1.161	L	0.00	Molto basso
18.50	366.513	237.065	63.903	0.632	1.952	0.6494805	79.397	0.680	0.127	0.109	1.164	L	0.00	Molto basso
18.70	370.827	239.418	63.588	0.632	1.954	0.6462814	79.143	0.675	0.126	0.108	1.167	L	0.00	Molto basso
18.90	375.141	241.771	63.278	0.632	1.956	0.6431293	78.894	0.669	0.126	0.107	1.170	L	0.00	Molto basso
19.10	379.455	244.123	62.972	0.632	1.958	0.6400228	78.648	0.664	0.125	0.107	1.173	L	0.00	Molto basso
19.30	383.769	246.476	62.671	0.633	1.960	0.6369609	78.406	0.659	0.125	0.106	1.177	L	0.00	Molto basso
19.50	388.083	248.829	62.374	0.633	1.962	0.6339425	78.168	0.653	0.124	0.105	1.181	L	0.00	Molto basso
19.70	392.397	251.181	62.081	0.633	1.964	0.6309666	77.933	0.648	0.124	0.105	1.185	L	0.00	Molto basso
19.90	396.711	253.534	61.792	0.634	1.966	0.6280323	77.702	0.643	0.124	0.104	1.189	L	0.00	Molto basso

IPI. (Sonmez)=0.01 Zcrit=20 m Rischio=Basso

7.10 GRAFICO QC/STRATIGRAFIA

Scala profondità 1:90 - Qc: 1 cm=23,07 Kg/cm² - Fs: 1 cm=0,28 Kg/cm² -

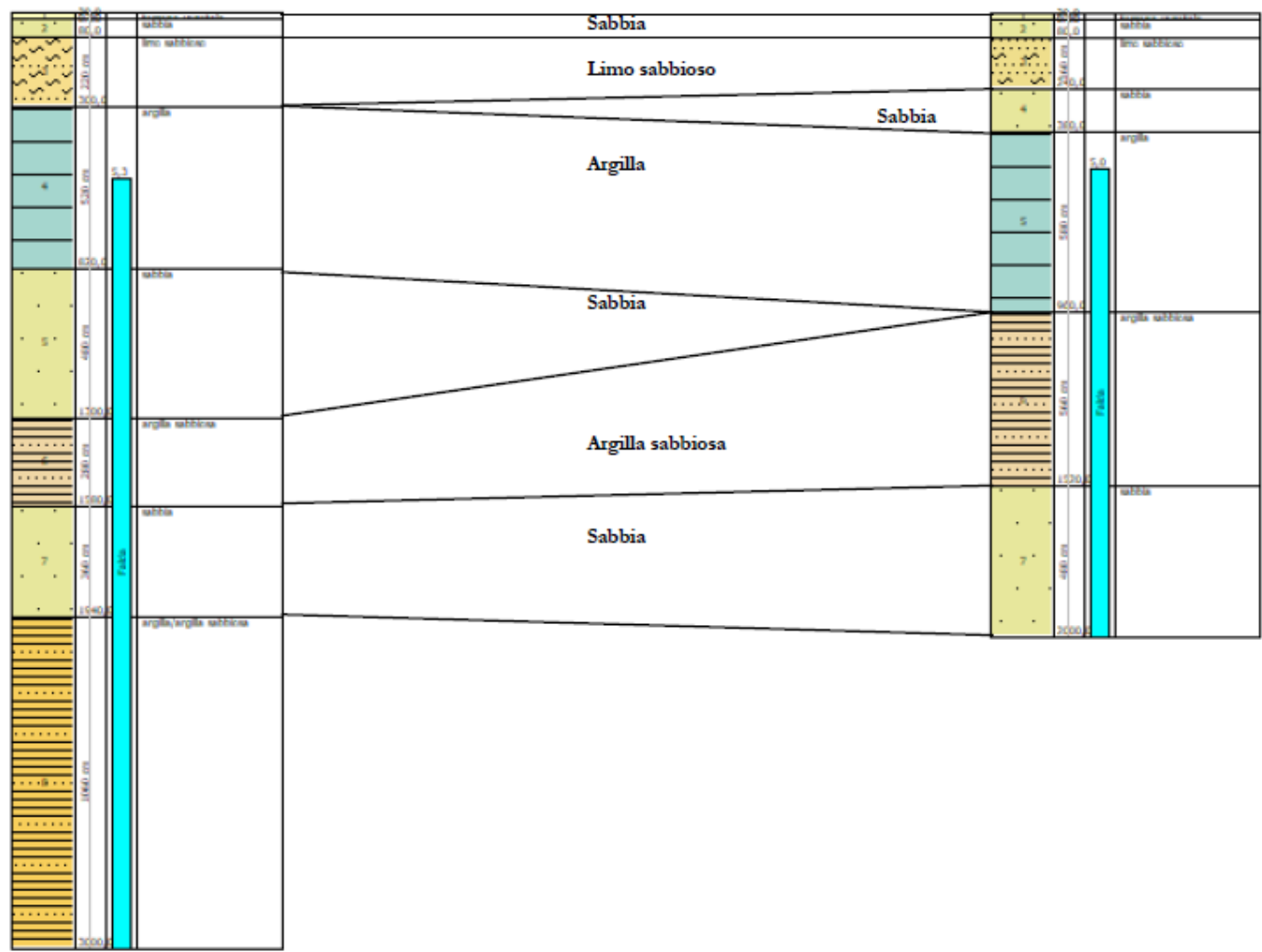
7.11 GRAFICO SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE



7.12 SEZIONE DELLE PROVE CPT

CPT 1

CPT 2



Questa sezione è un'ipotesi ottenuta dal confronto delle due prove eseguite, inoltre la distanza non è in scala.

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.