

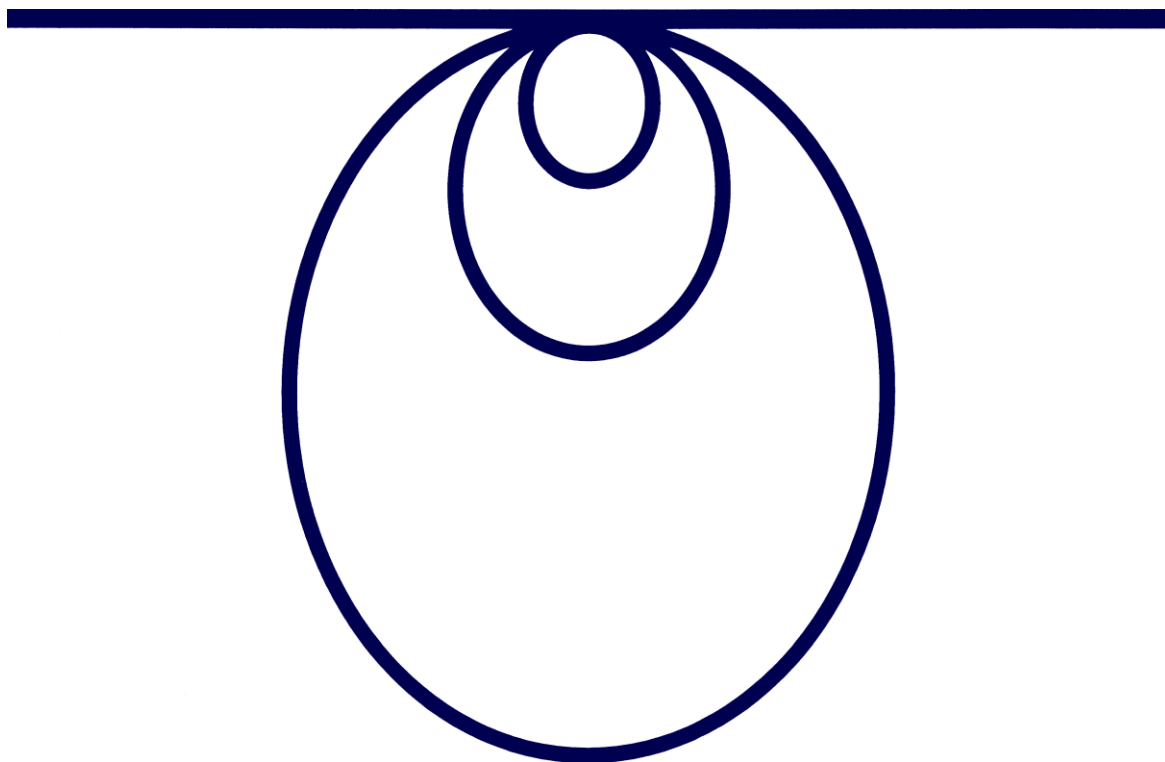


**Azienda Speciale Cavriago Servizi**  
**Comune di Cavriago - Provincia di Reggio Emilia**  
**Servizio Lavori Pubblici e Ambiente**

*Realizzazione struttura prefabbricata temporanea  
in via Bassetta*

**Relazione geologica e sismica**

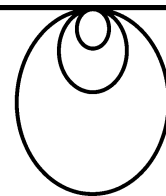
Aprile 2018





STUDIO GEOLOGI ASSOCIATI

DI MAMBRINI – FARIOLI – CASSINADRI – CAMPIOLI - CASALI  
42124 REGGIO EMILIA – VIA EMILIA ALL'ANGELO, 14  
TELEFONO E FAX: 0522.934730  
E.MAIL: [GEOLOGRE@TIN.IT](mailto:GEOLOGRE@TIN.IT) - [GEOLOG@GEOLOGO-SC.IT](mailto:GEOLOG@GEOLOGO-SC.IT) -  
P.IVA E C.F..02790320358



**Azienda Speciale Cavriago Servizi**  
**Comune di Cavriago - Provincia di Reggio Emilia**  
**Servizio Lavori Pubblici e Ambiente**

***Realizzazione struttura prefabbricata temporanea  
in via Bassetta***

**Relazione geologica e sismica**

Aprile 2018

GEOLOGIA APPLICATA

GEOFISICA

GEOTECNICA

IDROGEOLOGIA E  
IDROLOGIA

MODELLI MATEMATICI

## Indice

1	PREMESSA .....	1
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	1
3	CENNI DI GEO-IDROLOGIA .....	2
4	STABILITA' ED ESONDABILITA' .....	2
5	SONDAGGI .....	2
5.1	Prove penetrometriche statiche (CPT) .....	2
6	STRATIGRAFIA .....	7
7	CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE .....	8
7.1	Terreno argilloso superficiale .....	8
7.2	Substrato ghiaioso-sabbioso .....	9
8	NOTE DI GEOLOGIA TECNICA .....	10
9	NOTE DI SISMOLOGIA .....	11
9.1	Quadro sismico .....	11
9.2	Risposta sismica locale .....	13
9.3	Risultati della prova HVSR .....	17

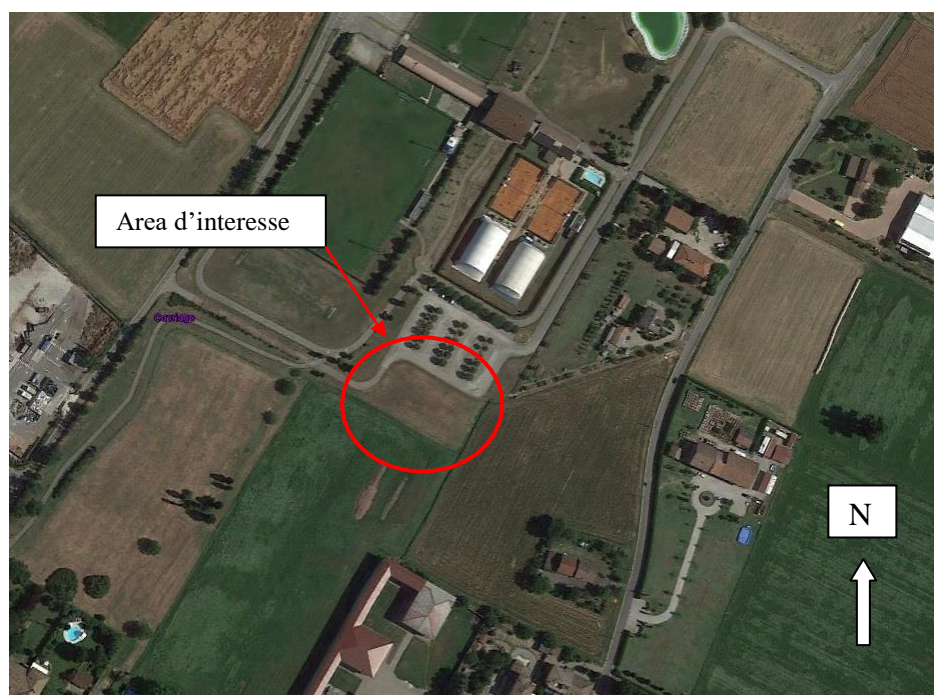


*Fausto Campioli*

## 1 PREMESSA

Il Comune di Cavriago ha in progetto la ristrutturazione della “Scuola Primaria Rodari”; a causa dei lavori, si prevede di ospitare gli allievi delle classi a tempo normale in un modulo prefabbricato temporaneo, che sarà realizzato in un’area verde adiacente all’attuale zona sportiva, in via Bassetta.

La figura 1 mostra un’ immagine aerea del sito d’interesse.



*figura 1: ubicazione scuola temporanea*

I temi del lavoro riguardano la stratigrafia e le caratteristiche geomeccaniche dei terreni chiamati ad interagire con le fondazioni della struttura.

## 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il centro dell’area in esame è individuato dalle seguenti coordinate geografiche:

Latitudine: 44.7030° Longitudine: 10.5289° (Datum WGS84)

La quota altimetrica è intorno a 64 m sul livello del mare medio.

### **3 CENNI DI GEO-IDROLOGIA**

L'area d'interesse si trova a Nord di Cavriago.

Nel circondario si sono ritrovati corpi sabbioso-ghiaiosi serpeggianti a varie quote entro un substrato di natura coesiva; i primi rappresentano sedimenti di corrente trattiva, il secondo assomma le frazioni granulometriche fini decantate in acque ferme.

In altri termini, alcuni paleo-alvei torrentizi sepolti giacciono in eteropia con i depositi delle rispettive esondazioni.

Gli uni e gli altri fanno capo ai depositi distali dell'antica conoide del Fiume Enza, che nel Quaternario si allargava ad Est dell'attuale corso.

La cartografia tematica colloca il tetto del primo acquifero intorno a 20 m dal piano campagna; a parziale conferma di ciò i fori di sondaggio sono risultati asciutti.

### **4 STABILITA' ED ESONDABILITA'**

Il comparto ricade nella fascia altimetrica di Alta Pianura a morfologia sub-pianeggiante; dunque si possono escludere problemi di stabilità.

I corsi d'acqua più vicini sono il Cavo Guardianavone ad Ovest ed il Rio di Cavriago a Sud-Est.

Il recente Piano di Gestione Rischio Alluvioni del distretto padano attribuisce all'area d'interesse una "Classe di rischio R1", vale a dire da moderato a nullo (vedi Mappa del rischio potenziale del reticolo secondario di pianura - Tavola 200NE).

### **5 SONDAGGI**

#### **5.1 Prove penetrometriche statiche (CPT)**

La prova penetrometrica statica (CPT) si presta a sondare i terreni dell'area, come dimostrato dalle indagini effettuate per l'ampliamento del vicino cimitero.

Pertanto si è ricorsi a tale tecnica per ottenere informazioni geomeccaniche del substrato; tre i CPT effettuati, ubicati come indicato in figura 2.

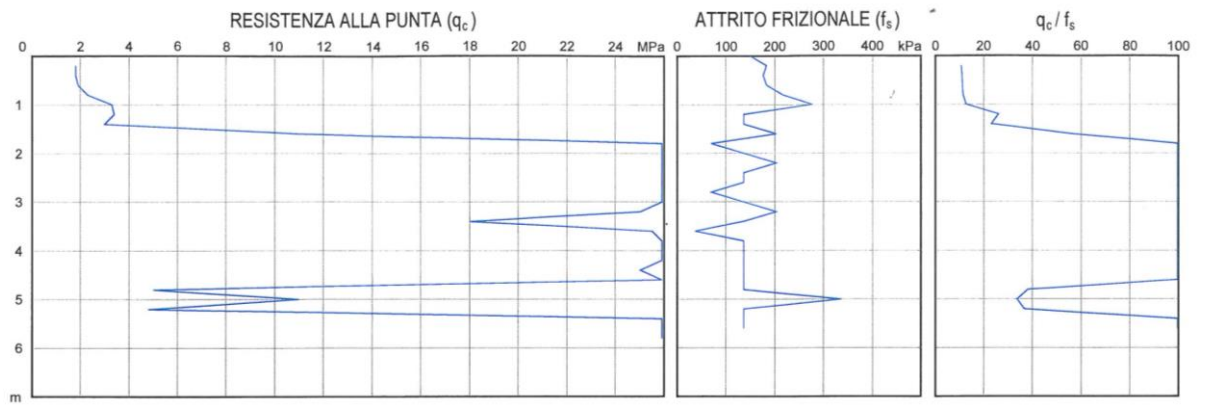


*figura 2: ubicazione CPT*

Si è fatto uso di una sonda della Ditta Individuale “Pancani Fausto” di Vignola (MO); si tratta di penetrometro di scuola olandese, che dispone di una spinta nominale di 200 kN.

I dati di campo sono trascritti e diagrammati nelle figure 3÷5, assieme ad alcune immagini a piena scala dei sondaggi.

Come si vede, la profondità obiettivo (- 10 m dal p.c.) non è stata raggiunta in nessuna prova, causa la presenza di un substrato ghiaioso impermeabile; d'altra parte lo spessore indagato risulta comunque adeguato, visto l'impegno della struttura in progetto.

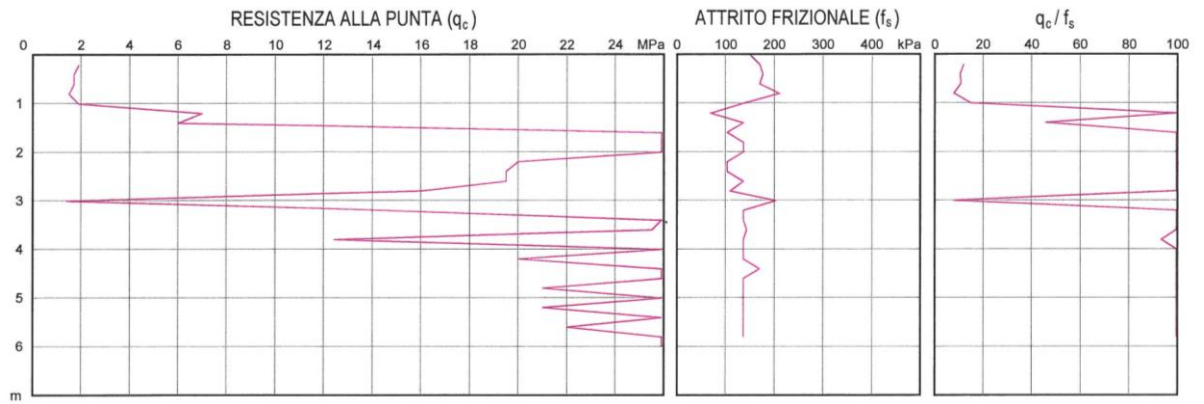


PROF.	q <sub>c</sub>	f <sub>s</sub>	PROF.	q <sub>c</sub>	f <sub>s</sub>
m	bar	bar	m	bar	bar
0.2	0	0	5.2	110	3.39
0.4	18	1.81	5.4	48	1.39
0.6	18	1.74	5.6	400	1.39
0.8	19	1.81	5.8	420	1.39
1.0	23	2.15	6.0	440	1.39
1.2	33	2.75			
1.4	34	1.35			
1.6	30	1.35			
1.8	110	2.02			
2.0	270	0.69			
2.2	305	1.36			
2.4	280	2.03			
2.6	330	1.36			
2.8	420	1.36			
3.0	400	0.70			
3.2	400	1.37			
3.4	250	2.04			
3.6	180	1.37			
3.8	255	0.37			
4.0	405	1.38			
4.2	310	1.38			
4.4	410	1.38			
4.6	250	1.38			
4.8	265	1.38			
5.0	50	1.39			



figura 3: CPT 1

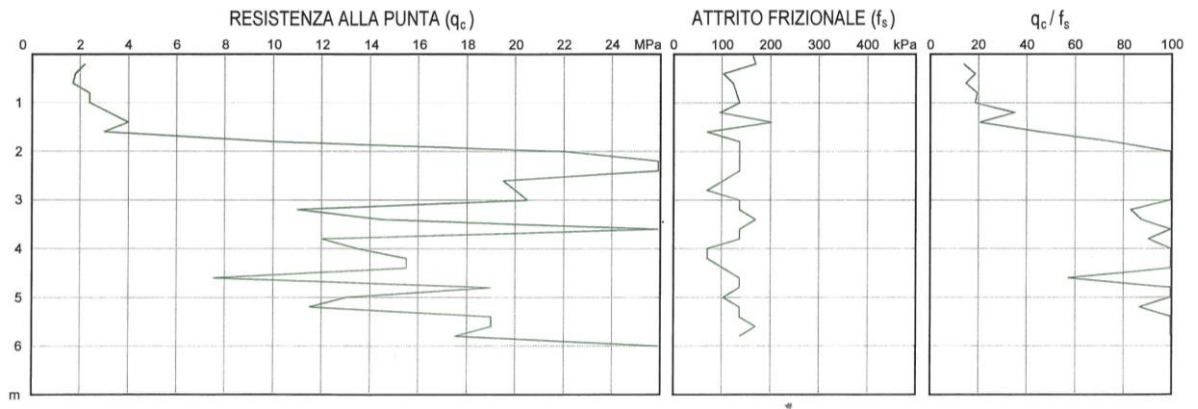




PROF.	qc	fs	PROF.	qc	fs
m	bar	bar	m	bar	bar
0.2	0	0	5.2	295	1.39
0.4	19	1.68	5.4	210	1.39
0.6	17	1.74	5.6	310	1.39
0.8	17	1.68	5.8	220	1.39
1.0	15	2.08	6.0	300	1.40
1.2	19	1.35	6.2	420	1.40
1.4	70	0.68			
1.6	60	1.35			
1.8	420	1.02			
2.0	410	1.36			
2.2	420	1.36			
2.4	200	1.03			
2.6	195	1.03			
2.8	195	1.36			
3.0	160	1.10			
3.2	14	2.04			
3.4	145	1.37			
3.6	280	1.37			
3.8	255	1.44			
4.0	124	1.38			
4.2	270	1.38			
4.4	200	1.38			
4.6	300	1.71			
4.8	275	1.38			
5.0	210	1.39			



figura 4: CPT 2



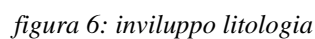
PROF.	q <sub>c</sub>	f <sub>s</sub>	PROF.	q <sub>c</sub>	f <sub>s</sub>
m	bar	bar	m	bar	bar
0.2	0	0	5.2	130	1.05
0.4	22	1.68	5.4	115	1.39
0.6	18	1.01	5.6	190	1.39
0.8	17	1.22	5.8	190	1.73
1.0	24	1.28	6.0	175	1.40
1.2	24	1.35	6.2	420	1.40
1.4	32	0.95			
1.6	40	2.02			
1.8	30	0.69			
2.0	100	1.36			
2.2	220	1.36			
2.4	370	1.36			
2.6	420	1.36			
2.8	195	1.04			
3.0	200	0.70			
3.2	205	1.37			
3.4	110	1.37			
3.6	145	1.70			
3.8	265	1.38			
4.0	120	1.38			
4.2	135	0.71			
4.4	155	0.71			
4.6	155	1.04			
4.8	75	1.39			
5.0	190	1.39			



figura 5: CPT 3



Il CPT consente di risalire al tipo litologico attraversato dal puntale; utilizzando il rapporto  $f_s/q_c$  % secondo il criterio di *Schmertmann*, 1978, si ottiene il risultato esposto in figura 6.



L'interpretazione conferma l'assetto geologico del comparto; in superficie un suolo argilloso di spessore variabile (1.2÷1.8 m) ricopre un materasso di ghiaie e sabbie con intrusi rari e sottili livelli coesivi.

Nella figura 7 ho tracciato una sezione geologica longitudinale all'area in questione, cercando di correlare le informazioni stratigrafiche ottenute.

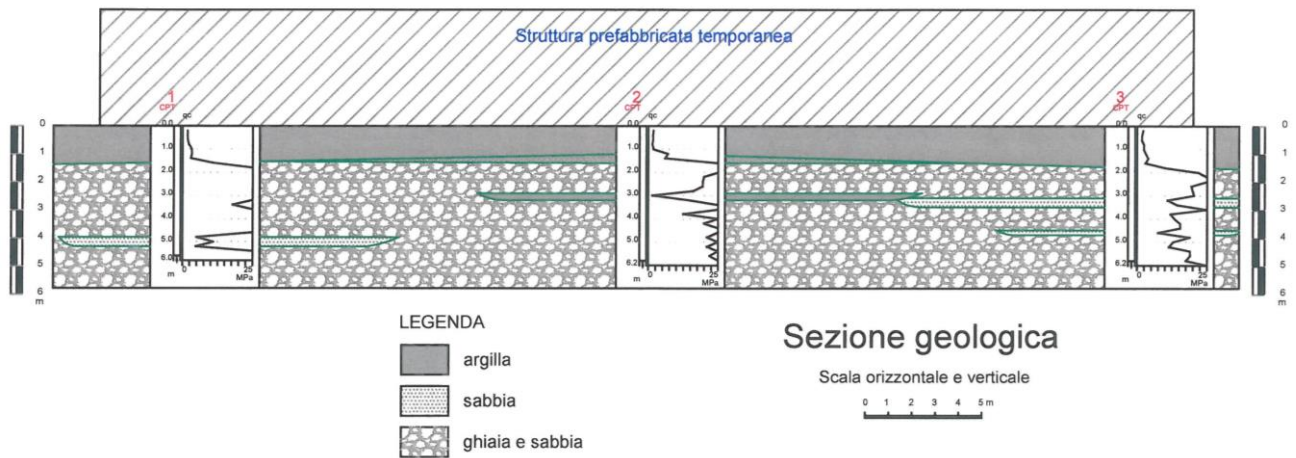


figura 7: sezione geologica (vista da Nord)

## 7 CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE

### 7.1 Terreno argilloso superficiale

Dai dati CPT si può risalire alla resistenza a taglio del terreno, seppur limitatamente alle condizioni di sforzo totale per i terreni coesivi.

I valori della coesione non-drenata  $c_u$  ricavati dalle prove sono inviluppati in figura 8.

Tale parametro deriva dalla nostra correlazione:

$$c_u = \lambda (q_c - \sigma'_{v0}) / (q_c/4 + 15) \quad (q_c \text{ e } \sigma'_{v0} \text{ espressi in bar})$$

con  $\lambda = 0.75$  per i loams;  $\lambda = 1.00$  per le argille "magre",  $\lambda = 1.25$  per le argille "grasse",  $\lambda = 1.50$  per le torbe.

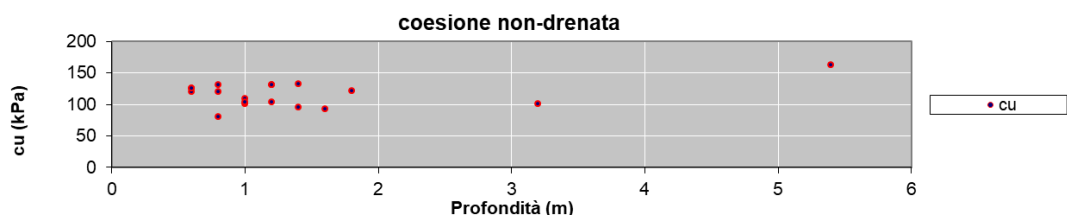


figura 8: inviluppo valori  $c_u$

Come si vede, si ha a che fare con terreni di consistenza medio-alta (75÷125 kPa).

Il trattamento statistico al 5° percentile della media dei 16 risultati porta a stimare

$$c_{uk} = 106 \text{ kPa}$$

con una deviazione standard di 16 kPa.

In termini di tensioni efficaci, non disponendo di informazioni circostanziate (da prove di laboratorio su campionature), si stima cautelativamente la seguente coppia di valori:  $c' = 5 \div 10 \text{ kPa}$ ,  $\phi' = 20 \div 25^\circ$ .

Si tratta di un banco adatto a garantire la stabilità delle normali fondazioni dirette all'atto dell'imposizione di sforzi ragionevoli.

Relativamente alla compressibilità, si può valutare la storia tensionale (rapporto di sovraconsolidazione OCR) mediante la relazione:

$$c_u/\sigma'_{v0} = (0.23 \pm 0.04) \text{OCR}^{0.8} \quad (\text{Ladd e Foot, 1974}).$$

I valori che si ricavano, di gran lunga superiori a 4, testimoniano uno stato di elevata sovraconsolidazione, ascrivibile a processi d'essiccamento sinsedimentario.

Per carichi nella norma, la risposta deformativa del suolo finirà nell'ambito di un precedente incrudimento, dove il parametro condizionante i cedimenti differiti è il rapporto di ricomprensione RR, che si stima pari a 0.02.

Infine il peso di volume  $\gamma$  è pari a  $20 \text{ kN/m}^3$ .

## 7.2 Substrato ghiaioso-sabbioso

Lo spessore indagato è costituito da ghiaie, talora in matrice sabbiosa, a cui s'intercalano sottili strati di sabbia; il grado di addensamento è generalmente elevato.

Per questi terreni incoerenti si calcola l'angolo d'attrito interno, derivato in funzione di  $\sigma'_{v0}$  sulla scorta del diagramma a sinistra in figura 9 (da *Durgunoglu & Mitchel, 1975*).

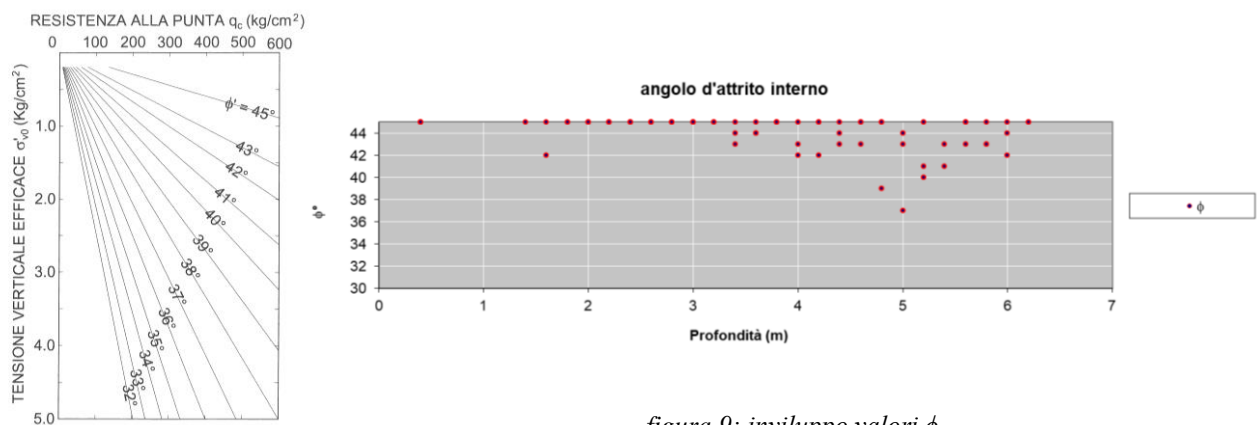


figura 9: inviluppo valori  $\phi$

Applicando il medesimo principio d'elaborazione statistica ai 68 dati relativi al materasso ghiaioso, si calcola

$$\phi'_k = 43^\circ$$

con una deviazione standard di  $1.5^\circ$

In via conservativa si attribuisce uno stato di normalconsolidazione ( $OCR = 1$ ), giacchè la ridotta superficie specifica dei grani limita l'effetto dell'essiccamento sinsedimentario.

Riguardo alla compressibilità del deposito, i rapporti di consolidazione (CR) e ricompressione (RR) si stimano rispettivamente pari a 0.01 e 0.001.

Il peso di volume  $\gamma$  si valuta intorno a  $19 \text{ kN/m}^3$ .

## 8 NOTE DI GEOLOGIA TECNICA

Le caratteristiche meccaniche dei terreni coesivi superficiali consentono il ricorso a fondazioni dirette.

Riguardo all'incastro da conferire agli appoggi, le Norme prescrivono di impostare le fondazioni oltre lo spessore che risente delle interazioni con la vegetazione e l'atmosfera; nel caso specifico tale quota si colloca intorno a 1 m di profondità.

Per fornire un orientamento al Progettista in merito alle prestazioni portanti del terreno, si consideri che una fondazione nastriforme produce la rottura di un mezzo puramente coesivo, in condizioni totali, alla tensione:

$$q_{ult} = N_c \cdot c_u + \gamma \cdot D \quad (\text{Terzaghi, 1943})$$

con:

$c_u$  = coesione non drenata

$N_c$  = fattore adimensionale di portanza relativo alla coesione,

$\gamma$  = peso di volume del terreno,

$D$  = profondità di posa.

Per una fondazione a pianta quadrata (plinto), vale la stessa equazione, applicando però i coefficienti di forma  $v_c = 1.3$  e  $v_t = 1.2$  rispettivamente al primo ed al secondo prodotto.

Nel caso specifico, assumendo  $c_u$  pari a 106 kPa e considerando  $N_c = 5.14$ ,  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$  e  $D = 1 \text{ m}$ , si calcola:

per una fondazione nastriforme:  $q_{ult1} = 5.14 \cdot 106 + 20 \cdot 1 = 565 \text{ kPa}$

per una fondazione quadrata:  $q_{ult2} = 1.3 \cdot 5.14 \cdot 106 + 1.2 \cdot 20 \cdot 1 = 732 \text{ kPa}$

In accordo con l'Approccio 2 delle *Norme*, va considerato un coefficiente parziale  $R_3 = 2.3$ , dalla cui applicazione si ricava

$$q_{\text{operativo1}} = 565/2.3 = 245 \text{ kPa}$$

$$q_{\text{operativo2}} = 732/2.3 = 318 \text{ kPa}$$

Come si vede, i risultati sono oltremodo ottimistici; in realtà, laddove il terreno di sedime è costituito da terreni coesivi, il fattore più critico è rappresentato dal cedimento per consolidazione.

Pertanto converrà assumere pressioni di esercizio in grado di determinare cedimenti compatibili con la funzionalità della struttura.

Qualora si adotti una fondazione a platea, lo sbancamento necessario alla sua realizzazione potrà essere convenientemente ridotto, anche considerato il modesto impegno della struttura temporanea in elevazione.

In quest'ambito il comportamento della fondazione difficilmente potrà essere assimilato a quello di una piastra rigida, giacchè tale condizione è direttamente proporzionale allo spessore della soletta.

Semplificando, si può immaginare che il meccanismo d'interazione riguardi circoscritte porzioni di fondazione relativamente rigide, corrispondenti alla distribuzione puntuale o lineare dei carichi.

Tali configurazioni sono assimilabili a quelle già schematizzate, in termini di prestazioni.

Resta inteso che ogni scelta in campo geotecnico è prerogativa del Progettista, al quale sono delegate le verifiche agli Stati Limite Ultimi e d'Esercizio e la stesura della *relazione geotecnica*.

## 9 NOTE DI SISMOLOGIA

La struttura prefabbricata da realizzare ha carattere temporaneo, con una durata che presumibilmente dovrebbe essere inferiore a 2 anni; in virtù di ciò, ai sensi delle *NTC 2018* le verifiche sismiche possono essere omesse e quindi il tema perde d'interesse.

D'altra parte in via cautelativa si provvede ad una disamina dell'argomento, utile nel caso in cui dovesse risultare cogente, causa l'allungamento dei tempi.

### 9.1 Quadro sismico

Il *Catalogo parametrico dei terremoti italiani* del CNR ed il database *ISIDe* riportano, per l'intorno geografico con raggio di 20 km dal centro dell'area, gli eventi elencati nella tabella 1.



Anno	Località	Latitudine	Longitudine	Magnitudo
1345	CASTELNUOVO	44.810	10.564	4.63
1409	Parma	44.800	10.330	4.83
1465	Reggio Emilia	44.700	10.630	5.03
1547	Reggio Emilia	44.700	10.630	5.21
1572	PARMA	44.851	10.422	5.13
1591	REGGIO EMILIA	44.697	10.631	4.83
1608	REGGIO EMILIA	44.697	10.631	4.83
1628	PARMA	44.801	10.329	5.17
1732	PARMA	44.801	10.329	4.83
1774	PARMA	44.801	10.329	4.83
1818	LANGHIRANO	44.668	10.286	5.57
1831	Reggiano	44.750	10.550	5.48
1832	Reggiano	44.770	10.470	5.59
1857	PARMENSE	44.749	10.480	5.26
1873	REGGIANO	44.612	10.701	5.13
1886	COLLECCHIO	44.750	10.306	4.83
1915	REGGIO EMILIA	44.732	10.469	5.01
1930	SCANDIANO	44.600	10.600	4.83
1950	REGGIANO	44.731	10.670	4.46
1967	S.POLO	44.600	10.400	4.83
1970	S.POLO	44.633	10.383	4.80
1971	Parmense	44.820	10.350	5.61
1987	REGGIANO	44.797	10.697	5.05
1996	CORREGGIO	44.782	10.683	5.44
2000	REGGIANO	44.786	10.746	4.46
2000	S.Tomaso della Fossa (RE)	44.808	10.703	4.50
2008	Cedogno (PR)	44.544	10.345	4.90
2008	Compiano (RE)	44.527	10.355	4.40
2012	Godezza (RE)	44.871	10.510	4.90

tabella 1

Occorre dunque prevedere una Magnitudo massima prossima a 5.6.

I terremoti si generano di preferenza lungo allineamenti di faglie (PTF) ubicati a Sud, nella fascia Appenninica ed a Nord, in corrispondenza di una struttura parallela sepolta all'altezza del Po, nota come *Pieghe ferraresi*.

Tali strutture sono efficacemente rappresentate in figura 10, tratta da *Structural model of Italy* del CNR (il circoletto rosso indica la posizione di Cavriago, in blu sono le faglie).

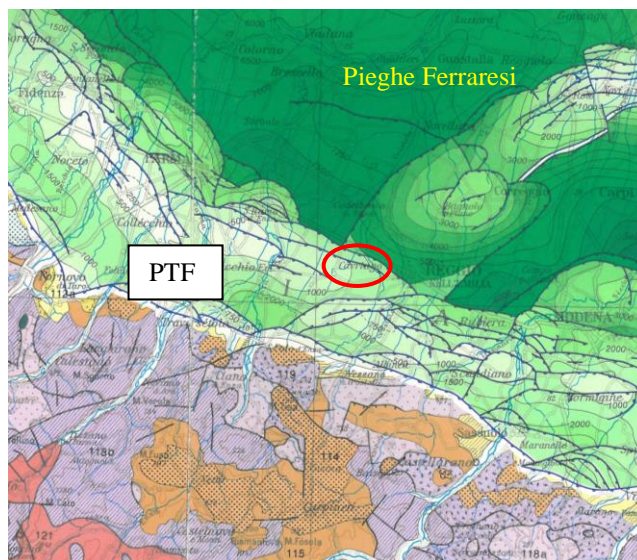


figura 10: estratto da “Structural model of Italy” del CNR

Come si vede, il comprensorio di Cavriago fa capo alla propaggine esterna del Fronte Appenninico Sepolto.

L'attività tettonica a cui sono riconducibili gli eventi tellurici è attribuita alla subduzione della Zolla adriatica alla Catena appenninica, fenomeno regionale che arriccia i sedimenti marini sepolti nella Pianura fino a portarli a giorno nei rilievi che bordano a Sud la Valle Padana.

Sotto il profilo normativo, il territorio comunale è compreso tra le zone 3 secondo O.P.C.M. 3274/2003 e successive modifiche; dunque la pericolosità sotto questo profilo è da considerarsi bassa anche se non trascurabile.

Riguardo agli eventi attesi in caso di sisma, il P.T.C.P. di Reggio Emilia (Tavola P9a 200 NE) segnala l'eventuale amplificazione stratigrafica.

## 9.2 Risposta sismica locale

Si fa riferimento ai dati forniti dalle prove geofisiche (test a rifrazione MASW e indagine sismica passiva HVSR) condotte da *Geo-xpert Italia s.n.c.* nel 2016 per l'ampliamento del cimitero, poche decine di metri a Sud del sito d'interesse (figura 11), messi a disposizione dal Committente.

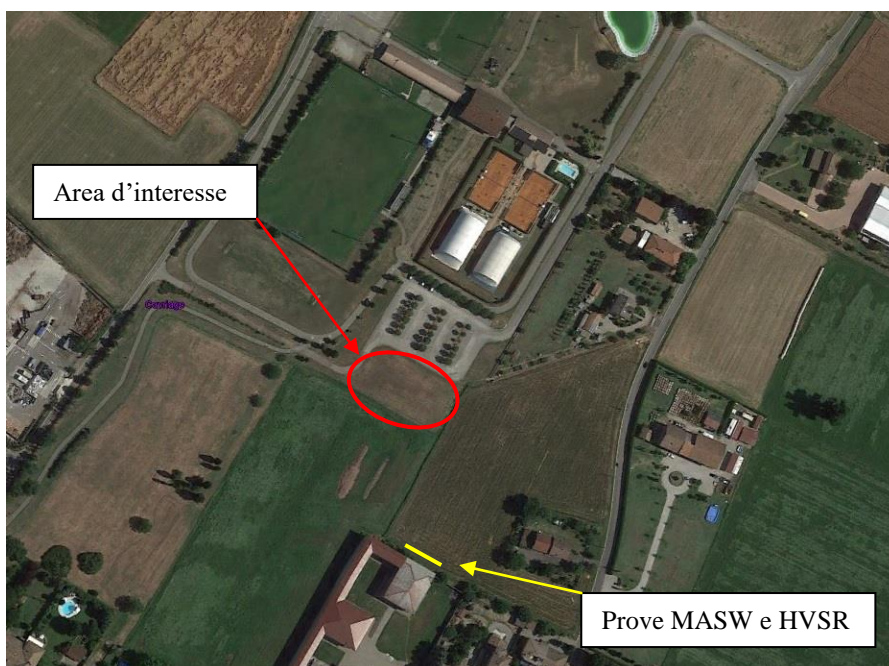


figura 11

Le misure  $V_s$  registrate nel corso della prova sono indicate in tabella 2 e diagrammate in figura 12.

Strato	Profondità	Spessore	$V_p$	$V_s$
n	m	m	m/sec	m/sec
1	1.00	1.00	270.2	110.3
2	3.42	2.42	336.4	161.6
3	7.35	3.93	664.8	355.3
4	8.35	1.00	1265.2	381.5
5	18.41	10.06	713.6	381.5
6	26.92	8.51	713.2	381.2
7	32.05	4.00	769.8	411.5

tabella 2

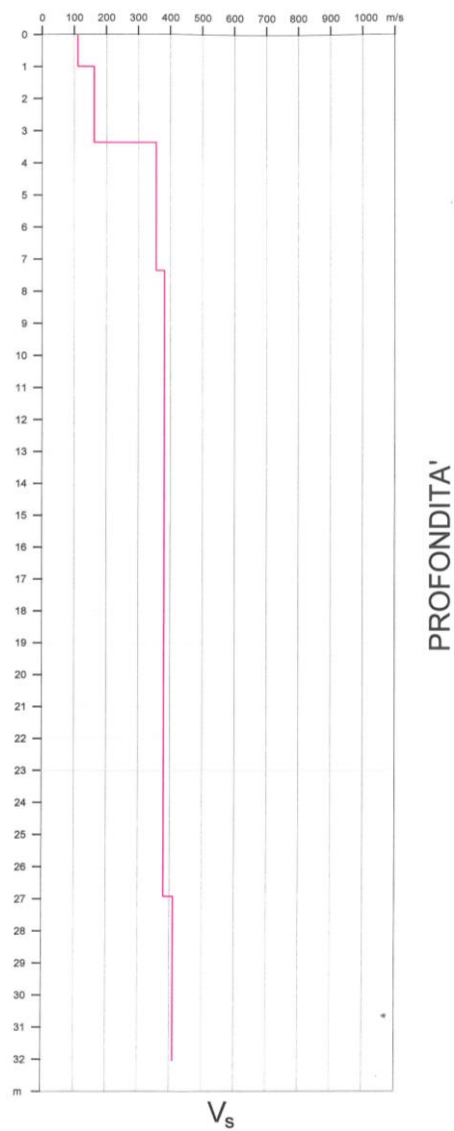


figura 12: andamento  $V_s$  in profondità

Ipotizzando un incastro delle fondazioni nel terreno pari a 1 m, la media pesata dei valori secondo le disposizioni normative per determinare il parametro  $V_{s(30)}$  fa stimare:

$$V_{s(30)} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i / V_{s1}) = 343.8 \text{ m/s}$$

che classifica il sottosuolo nella *Categoria C*, secondo le *NTC 2018*.

Riguardo al bed-rock sismico, caratterizzato da velocità  $V_s > 800 \text{ m/s}$ , estrapolando le misure  $V_s$  in profondità, si dovrebbe collocare intorno a 90 m dalla superficie.

Le suddette *Norme* offrono la chiave per determinare i parametri d'accelerazione al suolo da mettere in conto, note le coordinate geografiche del sito, il suo assetto topografico, la classe d'uso dell'edificio e la sua vita utile.

Nel caso:

- Latitudine 44.7030° - Longitudine 10.5289° ,
- Categoria stratigrafica = C ( $180 \leq V_{s30} \leq 360 \text{ m/s}$ ),
- Categoria topografica = T1 (superficie pianeggiante),
- Classe d'uso = IV (costruzioni con funzioni pubbliche importanti),
- Vita nominale: 50 anni.

La figura 13 riporta i dati di *input* del procedimento normativo.

Classe d'uso:

4

Vita nominale:

50

Latitudine:

44.703

Longitudine:

10.5289

Categoria sottosuolo:

C

Categoria topografica:

T1

Smorzamento viscoso %  $\xi$ :

5

</

figura 13

La figura 14 mostra gli spettri elastici per il fattore di struttura unitario e smorzamento viscoso convenzionale (5%).

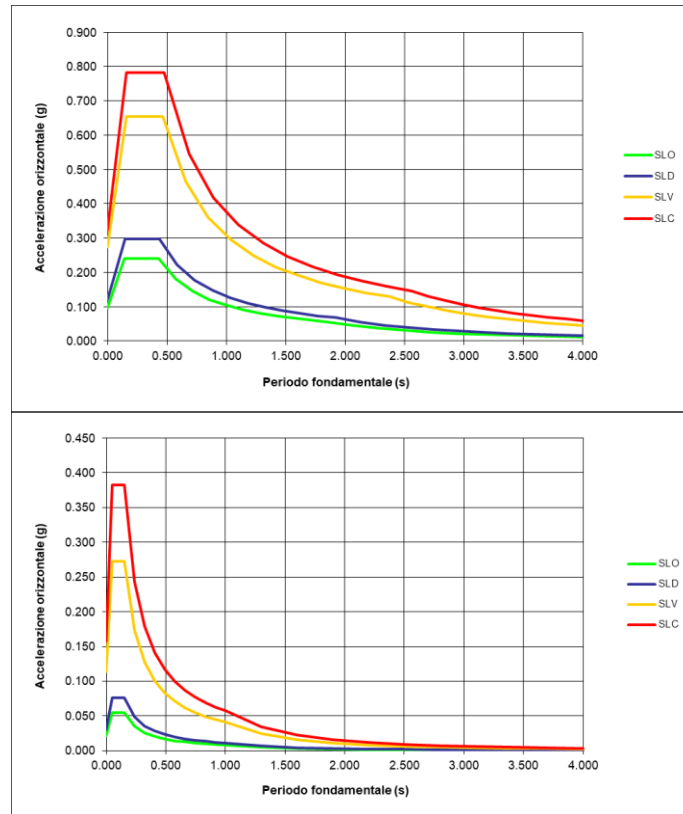


figura 14

Dall'elaborazione risultano i seguenti coefficienti di amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e topografica ( $S_t$ ):

	$S_s$	$S_t$
- stato limite operativo (SLO)	1.50	1.0
- stato limite di danno (SLD)	1.50	1.0
- stato limite di salvaguardia della vita (SLV)	1.42	1.0
- stato limite di collasso (SLC)	1.35	1.0

e le seguenti accelerazioni:

	<b>Orizzontali</b>	<b>Verticali</b>
- stato limite operativo (SLO)	$a_{hmax} = 0.097 \text{ g}$	$a_{vmax} = 0.022 \text{ g}$
- stato limite di danno (SLD)	$a_{hmax} = 0.120 \text{ g}$	$a_{vmax} = 0.031 \text{ g}$
- <b>stato limite di salvaguardia della vita (SLV)</b>	<b><math>a_{hmax} = 0.274 \text{ g}</math></b>	$a_{vmax} = 0.114 \text{ g}$
- stato limite di collasso (SLC)	$a_{hmax} = 0.324 \text{ g}$	$a_{vmax} = 0.158 \text{ g}$



### 9.3 Risultati della prova HVSR

Dal documento di Geo-xpert Italia s.n.c. si evince che “.. la frequenza fondamentale del suolo...risulti essere pari a 24.53 Hz, mentre procedendo verso frequenze più basse il rapporto H/V si mostra costantemente prossimo all'unità (vedi grafici di figura 15), permettendo quindi di ipotizzare un costante aumento delle velocità delle onde S in profondità, mostrando pertanto l'assenza di rilevanti fenomeni di inversioni di velocità”.

Instrument: TRZ-0010/01-09  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: n.a.  
Start recording: 26/09/16 12:30:27 End recording: 26/09/16 12:50:28  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
Trace length: 0h20'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz - Window size: 20 s - Smoothing type: Triangular window - Smoothing: 10%

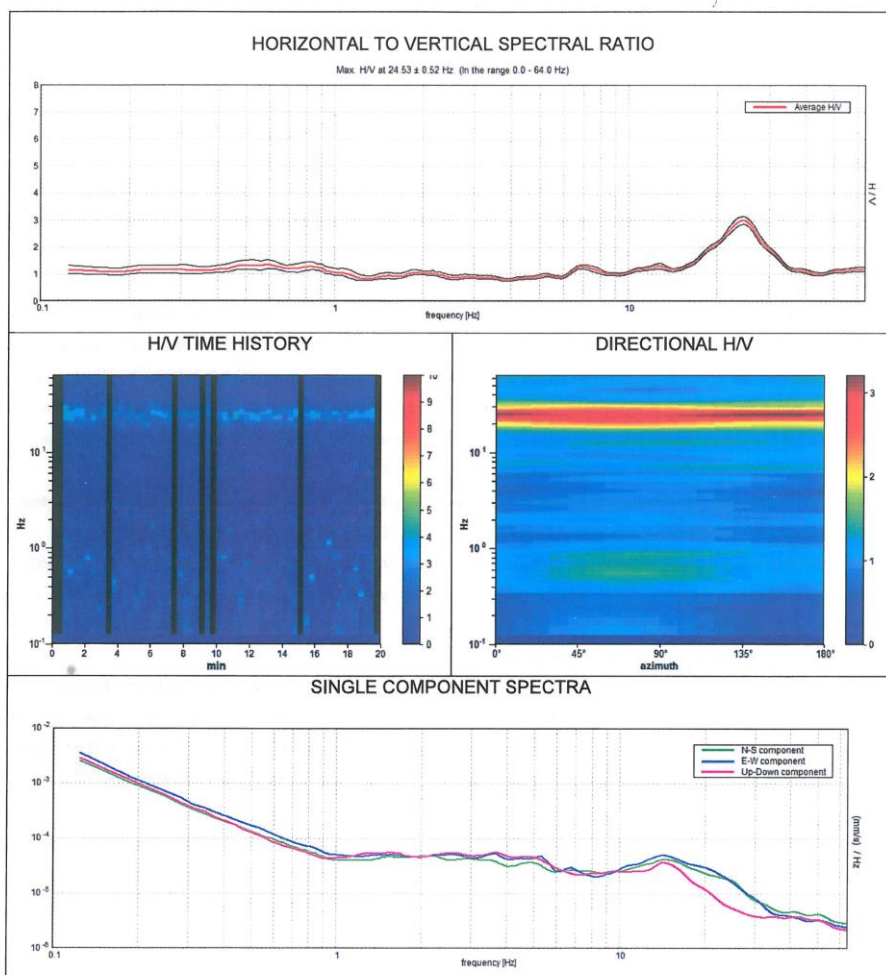


figura 15

