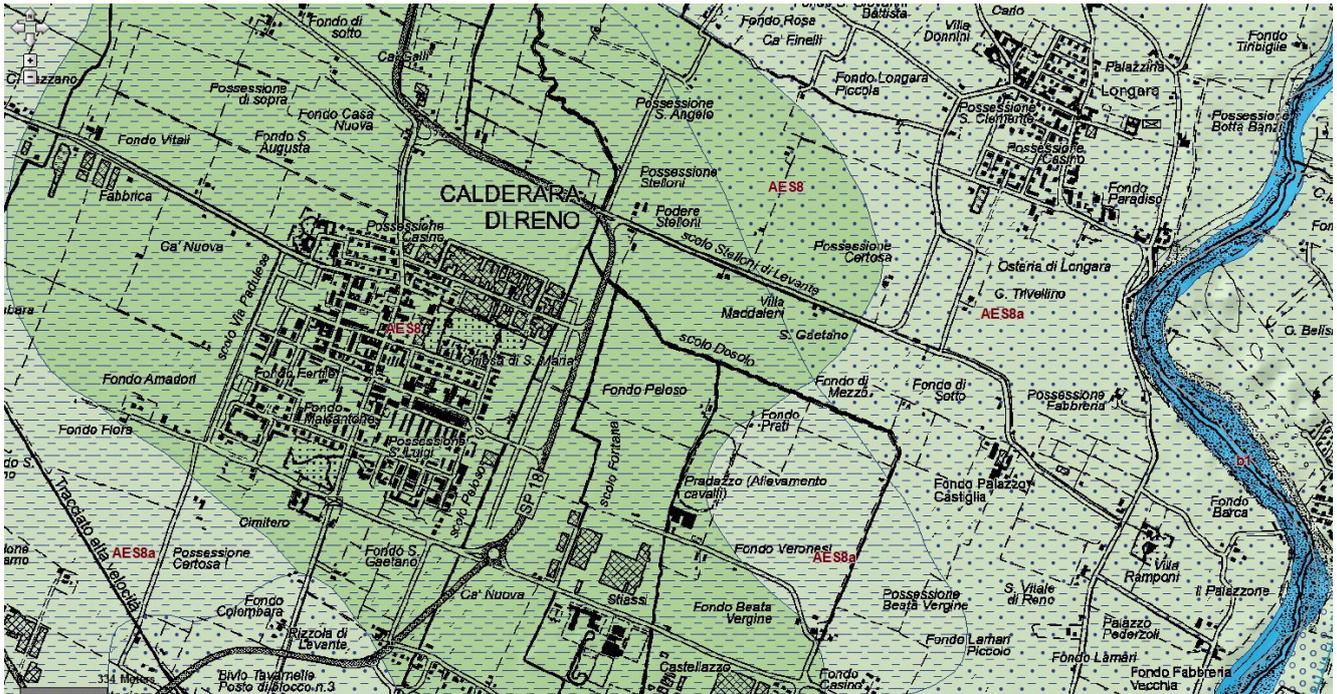


# COMUNE DI CALDERARA DI RENO CITTÀ METROPOLITANA DI BOLOGNA

MESSA IN SICUREZZA DELLE S.P. 18 PADULLESE



## RELAZIONE GEOLOGICA



*Maria Angela Cazzoli*

DOTT. GEOL. MARIA ANGELA CAZZOLI

## **INDICE**

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>3. GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA, STRATIGRAFIA, IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA</b> .....	<b>5</b>
3.1. STRATIGRAFIA PROFONDA .....	8
3.2. IDROLOGIA SUPERFICIALE E RISCHIO IDRAULICO .....	10
3.3. IDROGEOLOGIA .....	10
<b>4. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE</b> .....	<b>11</b>
4.1. STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI .....	11
<b>5. INTERPRETAZIONE DELLA STRATIGRAFIA E MODELLO GEOLOGICO</b> <b>13</b>	
<b>6. SONDAGGIO GEOGNOSITICO</b> .....	<b>15</b>
<b>7. CONCLUSIONI</b> .....	<b>16</b>
<b>8. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>17</b>

## **ALLEGATI**

## **1. PREMESSA**

Nel territorio del Comune di Calderara di Reno, lungo il limite orientale del centro abitato, corre la S.P. 18 Padullese (denominata in questo tratto via Sandro Pertini), nella quale si innesta ortogonalmente, con una intersezione a T' corredata da isole triangolari e a goccia, la via E. Berlinguer, proveniente dal centro del capoluogo.

Per la messa in sicurezza di questa importante intersezione stradale è prevista la realizzazione di una nuova rotatoria. Nell'ambito di questo progetto, redatto da Studio Tecnico di Ingegneria ThesisEngineering, sono state analizzate e verificate le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrologiche ed idrogeologiche dei terreni di sedime, con una preliminare modellazione geotecnica del sottosuolo.

Tenendo conto che l'opera non comprende strutture che comportino carichi permanenti sul terreno, è stata realizzata una campagna geognostica articolata secondo i seguenti punti:

- rilevamento ed analisi delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area;
- raccolta, esame e rielaborazione dei numerosi e dettagliati dati esistenti, derivati dall'archivio della scrivente, noti in letteratura e/o consultabili nel sito del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli (d'ora in poi SGSS) della Regione Emilia Romagna;
- 1 sondaggio a carotaggio continuo spinti sino a 15 m di profondità, con due SPT;
- misurazione, nei fori di indagine, del livello della falda acquifera superficiale e confronto con i dati esistenti.

L'area indagata e l'ubicazione delle prove si individuano nella cartografia allegata, ricavata dalla Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) alla scala 1:10.000, Sezione 220040 – Calderara di Reno.

## **2. Normativa di riferimento**

Lo studio svolto e la stesura della seguente relazione rispettano le disposizioni indicate nella normativa di riferimento elencata di seguito:

- “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazioni”. D.M. 11 Marzo 1988;
- Istruzioni relative alle “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”. Circ. Min. LL.PP. n° 30483, 24 Settembre 1988;
- AGI: raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, Giugno 1977;
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio, Maggio 1990 (edizione provvisoria);
- Eurocodice Ec7 per l’ingegneria geotecnica, Settembre 1988;
- ISO 31-11: Quantities and units, Mathematical signs and symbols for use in the physical sciences and technology, 1992;
- UNI ISO 2955: Rappresentazione delle unità SI e di altre unità usate nei sistemi con insiemi limitati di caratteri, 1987;
- ASTM: norme relative alla descrizione di una terra, all’esecuzione di analisi granulometrica per via umida con sedimentazione ed aerometria, alla esecuzione di prova di compressione monoassiale, alla esecuzione di S.P.T., alla esecuzione di C.P.T.;
- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture e aspetti geotecnici;
- "Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 14 gennaio 2008;
- Circolare 2 febbraio 2009 Istruzioni per l’applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni;
- L.R. 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico" e documenti correlati;
- Ordinanza n. 35 del 20/03/ 2013 – Modalità di applicazione dell'Art. 3 Comma 10 della legge 122 di conversione del D.L. 74/2012;
- Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» D.L. 17 gennaio 2018;
- Circolare applicativa NTC 2018.

### **3. Geologia, geomorfologia, stratigrafia, idrologia e idrogeologia dell'area**

La zona oggetto delle indagini ricade nella media pianura bolognese, a quota di 29 m s.l.m. circa, ed appare caratterizzata da un substrato geologico di età olocenica, pertinente ai depositi alluvionali del fiume Reno, il cui alveo si snoda circa a 2,7 Km a Est dell'area indagata.

La genesi di questi depositi va inquadrata nel vasto sistema alluvionale padano. Dal punto di vista geologico la Pianura Padana è un bacino subsidente posto tra le catene montuose delle Alpi a nord e dell'Appennino a sud. I sedimenti che durante il Pliocene e il Quaternario hanno colmato questa depressione, derivati dall'erosione delle vicine catene montuose, sono stati depositi per un lungo periodo di tempo in ambienti marini, con una progressiva evoluzione da sedimenti di mare aperto a sedimenti marini marginali (cicli pliocenici e Quaternario marino, Qm). A partire da 800.000 anni B.P. nella Pianura Padana si impostarono ambienti di sedimentazione alluvionale, con lo sviluppo di conoidi, piane alluvionali e paludi vallive (ciclo Quaternario continentale, Qc). I sedimenti continentali costituiscono dunque la porzione sommitale del riempimento del bacino padano; il loro spessore varia da pochi metri in affioramento (presso il margine appenninico) a circa 400 m nel sottosuolo. Nella zona di pianura più prossima al pedemonte, la cosiddetta alta pianura, si sviluppano i depositi più grossolani (ghiaie e sabbie che formano i conoidi, corpi sedimentari allo sbocco dei corsi d'acqua in pianura); a maggiore distanza gradienti di pendio sempre più bassi contraddistinguono il passaggio alla piana alluvionale, dove la granulometria dei sedimenti diminuisce.

Considerando l'evoluzione sedimentaria e geomorfologica, si tratta di territori da considerare "fossili", poiché gli ambienti e i sottoambienti di sedimentazione sono stati resi inattivi a causa delle arginature da molti secoli, in alcuni casi da almeno 2000 anni.

Nelle piane alluvionali, dove il gradiente topografico è basso (intorno a 0.1-0.2%), la distribuzione degli ambienti di sedimentazione è dettata dall'andamento e dalle caratteristiche idrologiche dei canali fluviali che le attraversano e che, dal punto di vista sedimentologico e geomorfologico, rappresentano gli elementi attivi e costruttori. Le dinamiche che vi si svolgono si esprimono durante le piene fluviali, quando le acque cariche di sedimento in sospensione possono trascinare dall'alveo di morbida ed espandersi nel territorio circostante, dove si estendono le piane inondabili. Quando l'acqua giunge a livello degli argini, tracima dapprima attraverso punti denominati canali di rotta (che sono i punti dove normalmente avviene la tracimazione), poi, eventualmente, anche dalla sommità degli argini. Gli argini naturali che affiancano i canali vengono edificati proprio durante la tracimazione, in seguito alla immediata perdita di energia delle acque e alla sedimentazione di materiale grossolano lungo le sponde.

Dai canali di rotta le acque si espandono verso le piane inondabili, normalmente più depresse, e, ramificando in piccoli canali distributori, danno origine ai ventagli di rotta, che hanno in pianta una forma a ventaglio e costituiscono aree a granulometria più grossolana di quelle circostanti. Nelle piane inondabili, che costituiscono le aree di intercanale e rappresentano le parti più depresse di una piana alluvionale, per decantazione si depositano argille e limi. In pianta, la morfologia delle piane inondabili segue quella allungata verso valle dei canali.

Nel tempo, l'evoluzione morfologica delle piane alluvionali procede attraverso continue diversioni dei canali che, stabilizzati per un certo periodo di tempo entro gli argini, a causa della sedimentazione di materiali sabbiosi all'interno dell'alveo tendono a divenire pensili. Questo processo è favorito anche dal fatto che nelle

piane inondabili si verifica una maggiore subsidenza, dovuta alla maggiore costipazione dei sedimenti fini. Nello studio degli ambienti di piana alluvionale, l'analisi del microrilievo e delle foto aeree consente di riconoscere gli elementi morfologici più significativi, come i dossi pensili lungo i paleoalvei, i ventagli di rotta e le aree più depresse. Un esame diretto del terreno effettuato sul campo permette di definire con esattezza la natura dei sedimenti.

Nel contesto descritto, dal punto di vista stratigrafico (in termini di stratigrafia sequenziale) si sono adottate le suddivisioni e le interpretazioni contenute nella carta geologica edita in rete all'indirizzo <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia>, sito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (progetto CAR.G.: Cartografia Geologica), di cui uno stralcio relativo alla zona in esame è riportato nelle pagine seguenti.

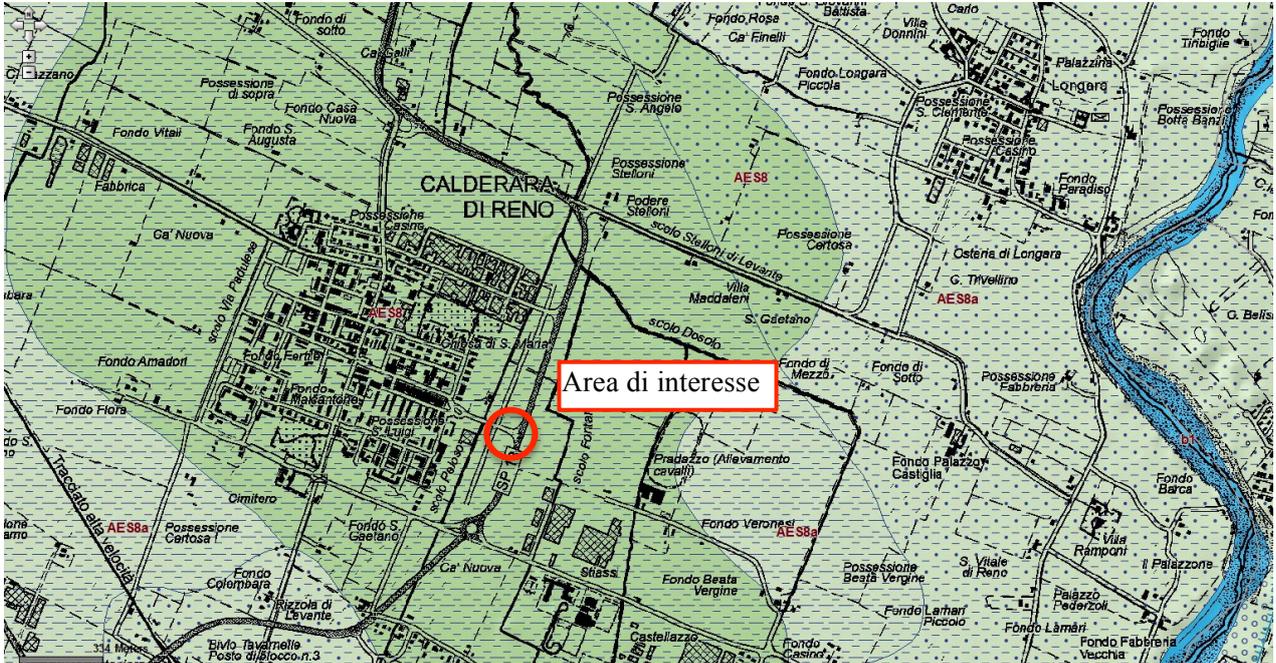
Nella cartografia CAR.G. i sedimenti alluvionali padani vengono inquadrati ed interpretati nell'ambito dei modelli della stratigrafia sequenziale, con la definizione di sequenze deposizionali, sintemi e subsintemi. Questi ultimi sono sequenze trasgressivo-regressive delimitate alla base e al tetto da superfici di trasgressione, usati in modo preferenziale nella stratigrafia della Pianura Padana.

In quest'ottica i depositi che formano l'area sono riferiti al Sintema emiliano romagnolo superiore, Subsintema di Ravenna (**AES8**).

Ai dati di inquadramento desunti da questa cartografia si sono aggiunte le osservazioni e i rilievi svolti sul campo nel corso dell'indagine.

Come già accennato, nel caso indagato si tratta di depositi alluvionali da riferire all'attività deposizionale del fiume Reno, che vedono nella zona lo sviluppo di successioni di sedimenti fini che si sovrappongono a banconi ghiaiosi presenti, nella zona, a profondità maggiori di 19-20 m.

**CARTA DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO**



Carta Geologica CarG, Foglio 220 Casalecchio di Reno (scala 1:50.000).

**Legenda**

**AES8 - Subsistema di Ravenna**

Nei settori intravallivi ghiaie passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore erosivo sui depositi marini e alluvionali sottostanti. Subsistema contenente una unità a limiti inconformi di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo in pianura di 25 metri circa.

*(Pleistocene sup. - Olocene (14 ka - attuale; datazione 14C).)*

**AES8a - Unità di Modena**

Nei settori intravallivi ghiaie prevalenti organizzate in 2 ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore sempre affiorante dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro privo di reperti archeologici romani, o più antichi, non rimaneggiati. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intra Spessore massimo in pianura 7 metri, nel sottosuolo circa 10m.

*(Età post-romana (IV-VI sec. d.C. - Attuale; datazione archeologica).)*

In questo contesto si sono esaminate le numerose CPT e SCPTe presenti nell'archivio dati del SGSS (tra gli allegati la loro ubicazione), in particolare le CPT risalenti a una campagna di indagini del 2002, allineate lungo la nuova S.P. Padullese, scegliendo tra queste la CPT5, ubicata nella zona dove è prevista la nuova rotatoria. Questa indagine ha attraversato una successione di materiali fini, di natura limoso-sabbiosa e limoso argillosa, riferibili a depositi di argine prossimale e distale.

Questi dati sono stati confrontati e correlati alla stratigrafia del sondaggio geognostico svolto, nell'ambito di questo progetto in data 11/09/2019 dal Comune di Calderara di Reno, permettendo di svolgere una modellazione geologica del primo sottosuolo sufficientemente dettagliata.

Il sondaggio S1 ha raggiunto i 15 m di profondità, senza toccare il tetto del primo banco ghiaioso, orizzonte ghiaioso riconosciuto nel sottosuolo da altre prove dell'archivio SGSS (in particolare la CPTE2, ubicazione e report compresi tra gli allegati) a circa -20/21 m di profondità, questo spessore è rilevato anche da numerose altre prove geognostiche e le sezioni geologiche presenti nel sito del SGSS.

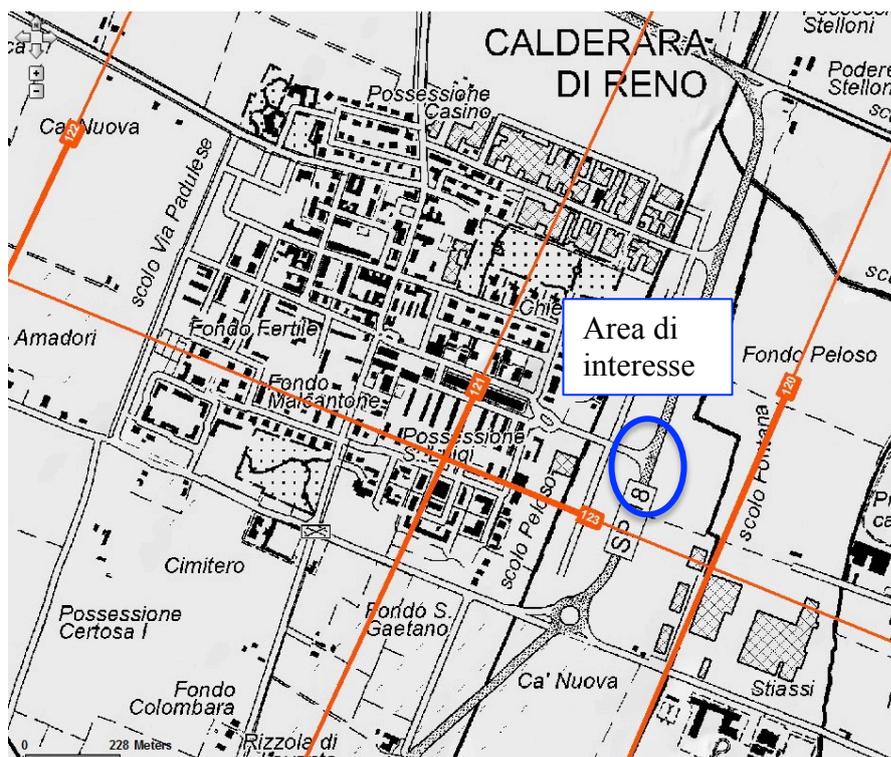
Come visibile nelle sezioni geologiche profonde si seguito riportate, e come descritto nelle diverse documentazioni consultabili (Cartografia CARG, Bergonzini ed Elmi, 2000 e 2003), si tratta di ghiaie a granulometria media e grossolana, con clasti immersi in matrice sabbiosa, molto addensate.

### 3.1. Stratigrafia profonda

Il territorio del Comune di Calderara di Reno è attraversato da diverse sezioni geologiche consultabili all'indirizzo:

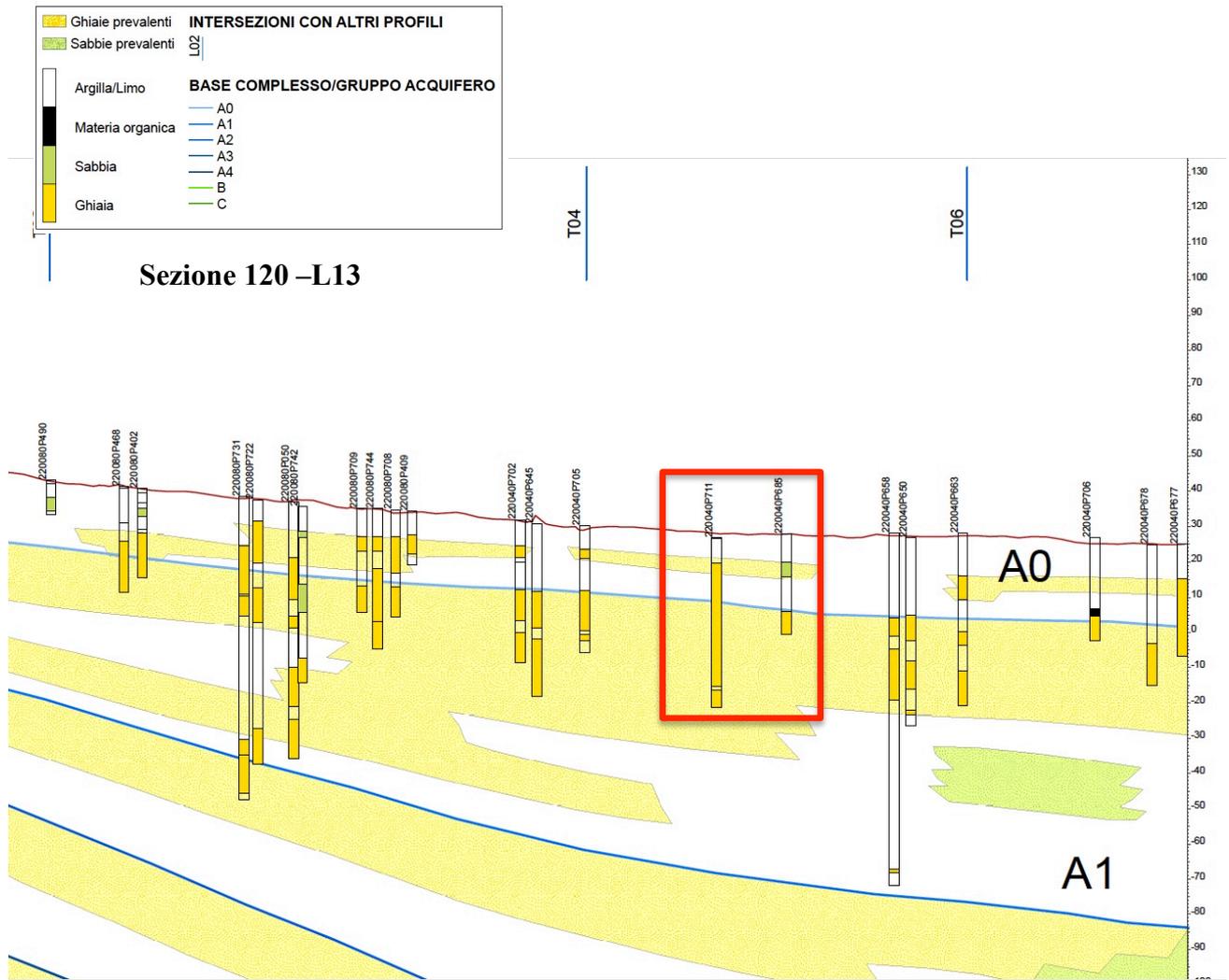
[https://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia\\_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia](https://geo.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia)

"Sezioni geologiche e prove geognostiche della pianura emiliano-romagnola", dove in



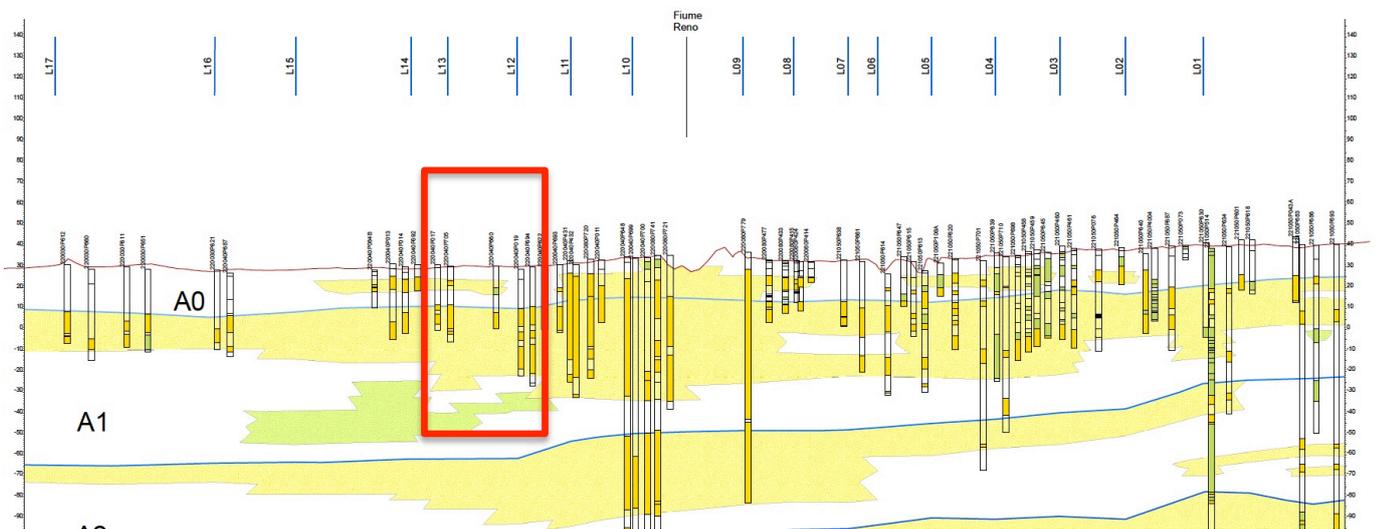
prossimità dell'area interessata dal progetto della rotatoria sono tracciate le sezioni ad orientamento SW/NE denominate 120 e 121 (denominate nel documento consultabile L13 e L14), nonché la sezione ortogonale alle precedenti 123 (nei documenti consultabili denominata T04). Queste sezioni permettono di evidenziare nel sottosuolo una stratigrafia caratterizzata

da tipici corpi alluvionali a geometria canalizzata e lenticolare, segnati in profondità dalla presenza di importanti corpi ghiaiosi.



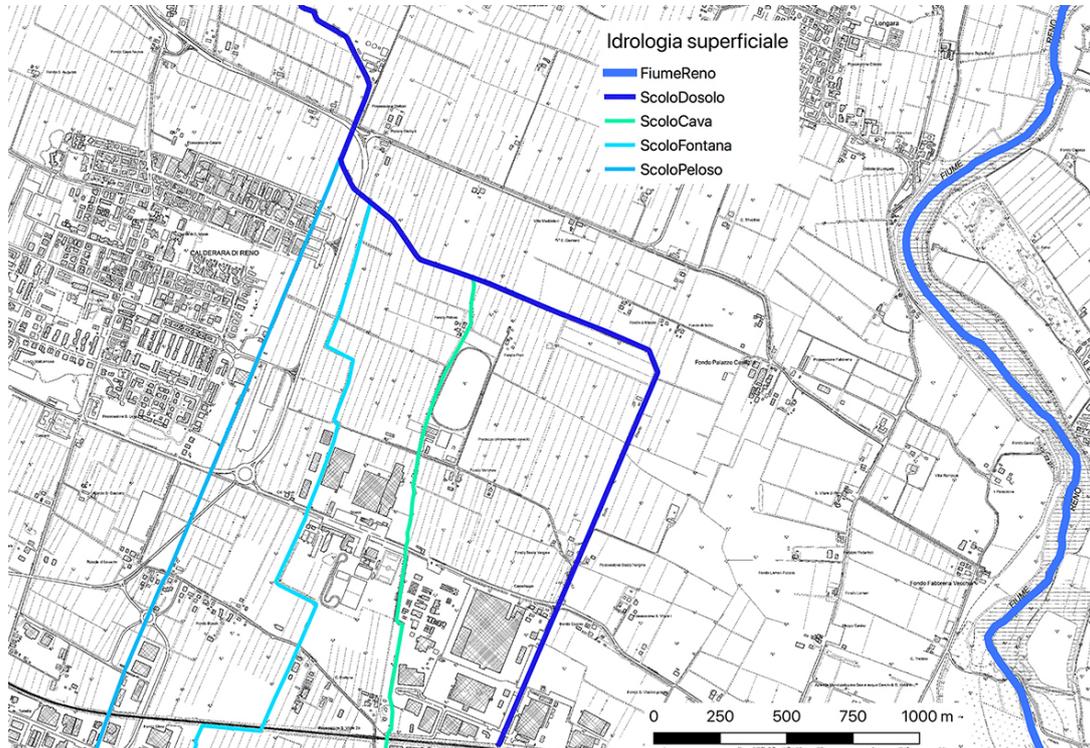
Sezione T04

Sezione 123 –T4



### 3.2. Idrologia superficiale e rischio idraulico

Il territorio del Comune di Calderara di Reno è interessato da un reticolo di scoli drenanti a cui è deputata la regolazione del deflusso superficiale delle acque, sia come apporti finalizzati all'uso agricolo sia come smaltimento delle acque nei momenti di massima piovosità.



In prossimità dell'area esaminata, dove è prevista la realizzazione delle rotatorie, a est del centro abitato di Caldera di Reno, il collettore principale è lo Scolo Dosolo, in cui confluiscono, in sinistra idrografica, gli scoli minori denominati Cava, Fontana e Peloso. Nessuno di questi rami idrografici è segnato a rischio idraulico, così come riportato nella cartografia del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico della RER, riportata tra gli allegati (Tavola B.2 – Aree passibili di inondazioni e sezioni trasversali di riferimento), dove solo il fiume Reno, nella fascia riferibile all'alveo di piena, è riconosciuta come fascia a rischio esondazione (vedi allegato).

### 3.3. Idrogeologia

In tutte le indagini esaminate la falda acquifera, misurata alla data di realizzazione delle prove è risultata essere sempre molto superficiale.

Prova	Data	Profondità falda
CPT5/2002	2/12/2002	-1.3 m
SCPTE2/2006	13/01/2006	-2.3 m
Sondaggio S1/2019	11/09/2019	-1.9 m

Data la stratigrafia dell'area, la falda incontrata è da interpretare come una falda che è presente nel sottosuolo localizzata negli spessori limoso-argillosi, da considerare in continuità con le falde contenute nei sottostanti banconi ghiaiosi, a maggiore permeabilità.

#### 4. DESCRIZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

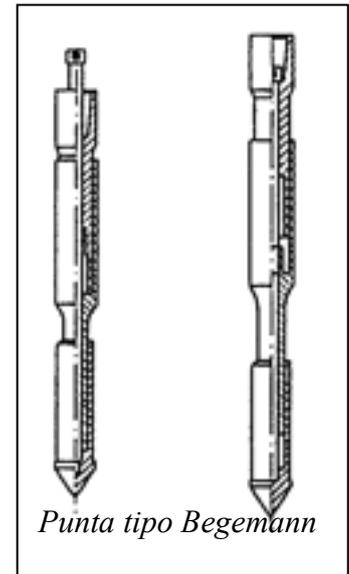
Come già accennato in premessa, nell'area è stata considerata 1 prova penetrometrica statica (Cone Penetration Test, CPT) presente nell'archivio del SGSS, denominata CPT5-2002 spinta sino a 7 m di profondità.

In base a questa indagine è stato possibile verificare con adeguata precisione le condizioni fisiche e l'andamento stratigrafico dei terreni che formano il primo sottosuolo.

Le prove sono state eseguite utilizzando un penetrometro statico da 20 tonnellate, munito di una punta di tipo Begemann con manicotto per la misura dell'attrito laterale (Friction Jacket Cone).

Il sistema di misura, costituito da una testa dotata di cella a pressione, si fonda sulla spinta alternata nel terreno delle aste interne, a cui è collegata la punta, e dei rivestimenti esterni il cui diametro è di 96 mm, effettuando ogni 20 cm di avanzamento la misura della resistenza di punta e la misura dell'attrito locale laterale.

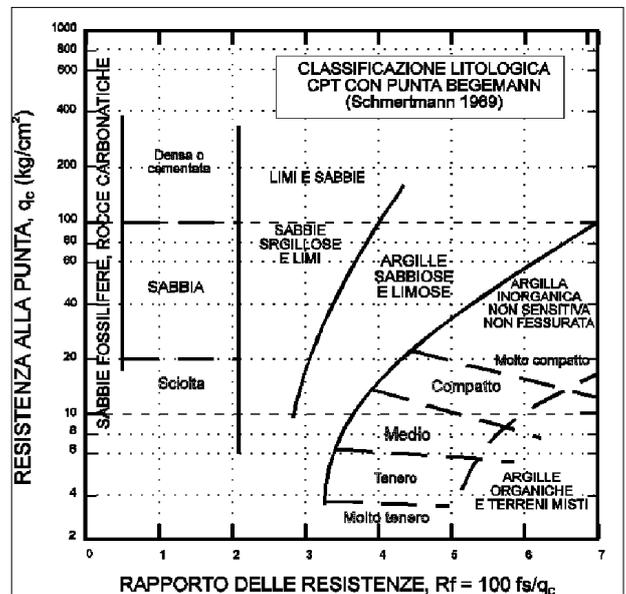
I risultati delle prove penetrometriche, allegati alla relazione, sono restituiti tramite tabelle, dove sono riportati i valori dei parametri del terreno estrapolabili alle varie profondità, e tramite diagrammi. In questi ultimi sono riportati gli andamenti con la profondità dei parametri più significativi: i valori di resistenza alla punta  $q_c$ , di resistenza laterale  $f_s$  e il rapporto  $F_r$  ( $f_s/q_c \times 100$ , indicato come *friction ratio*), questo ultimo viene utilizzato nella interpretazione litologica dei terreni attraversati dalla prova, così come illustrato dal grafico qui accanto.



##### 4.1. Stima dei parametri geotecnici

I metodi che permettono di ricavare la resistenza al taglio del terreno basandosi sui valori ricavati dalla prova penetrometrica statica, si basano su correlazioni di tipo sperimentale e/o a equazioni teoriche, differenti per terreni coesivi e incoerenti (granulari).

Nella valutazione dei parametri di deformabilità del terreno occorre tenere presente che i valori misurati nella prova penetrometrica fanno riferimento ai valori di resistenza alla penetrazione statica  $q_c$  riferiti alle caratteristiche del terreno in risposta a grandi deformazioni, con mobilitazione alla rottura di parametri non drenati. Di seguito sono riportate le formule utilizzate per ricavare i valori dei parametri geotecnici tramite le resistenze misurate dalla CPT.



### **Terreni coesivi**

Per i terreni coesivi (con  $F_r \cong 3-4$ ) la resistenza al taglio in termini di tensioni totali si può valutare secondo la seguente espressione:

$$C_u = a (q_c - \sigma'_{vo}) + c$$

dove:

$q_c$  = resistenza statica alla penetrazione

$a, c$  = coefficienti di correlazione sperimentale adimensionali

$\sigma'_{vo}$  = pressione litostatica efficace alla quota presa in considerazione

La formula qui adottata nella stima della  $c_u$  è quella di Lunne, Robertson e Powel:

$$c_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = (q_c - \sigma'_{vo})/19$$

Il Peso di volume con l'espressione di Meyerof:

$$\gamma = 1.6 + 0.168 \log (c_u) + 0.373$$

Il Modulo edometrico è stato stimato con la formula:

$$E_{ed} \text{ (kg/cm}^2\text{)} = R_p (- 2.3 R_p + 6.61)$$

### **Terreni incoerenti**

Nei terreni incoerenti la stima dell'angolo di attrito interno si fa riferimento al metodo di Caquot, ponendo un valore di coesione  $C'=0$ , l'angolo di attrito interno è ricavabile utilizzando l'equazione:

$$\phi = 9,8 + 4,96 \ln (R_p / \sigma'_{vo})$$

dove  $\phi$  è l'angolo di attrito interno del materiale,  $\sigma'_{vo}$  è la pressione litostatica efficace a metà dello strato individuato espressa in  $\text{kg/cm}^2$  e  $R_p$  la resistenza alla punta media misurata attraversando lo strato.

La densità relativa è stata stimata utilizzando la correlazione di Schmertmann, secondo la seguente espressione:

$$D_r (\%) = - 97.8 + 36.6 \ln(R_p) - 26.9 \ln(\sigma'_{vo})$$

Il Modulo edometrico è stato stimato con la formula di Robertson e Campanella:

$$E_d \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.03 R_p + 11.7 \sigma'_{vo} + 0.79 D_r (\%)$$

Il Modulo di Young con la formula di Schmertmann:

$$E \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 2.5 R_p$$

Tra gli allegati è presente una tabella che contiene l'interpretazione stratigrafico-litologica e la relativa modellazione geotecnica; questa è stata elaborata con le formule sopraindicate.

## **5. INTERPRETAZIONE DELLA STRATIGRAFIA E MODELLO GEOLOGICO**

Sulla base dei risultati, dell'elaborazione dei dati e della classificazione dei terreni ottenute con le metodologie sopra descritte, si è potuta ricostruire la stratigrafia dell'area oggetto dell'indagine.

I rilievi di campagna, l'esame dei dati esistenti sull'area e i risultati della prova penetrometrica permettono di schematizzare la stratigrafia del primo sottosuolo e costruire il modello geologico di riferimento, come di seguito descritto.

Nella modellazione geotecnica si sono tenute in considerazione le medie dei parametri. Occorre osservare che il valore caratteristico dei parametri geotecnici è da intendere quel valore per il quale esiste una probabilità di superamento del 5% (frattile 5% o quinto percentile), nel caso il volume coinvolto nelle eventuali superfici di rottura sia piccolo. Nel caso che il volume di terreno coinvolto nelle possibili superfici di rottura sia grande e/o la struttura a contatto con il terreno sia sufficientemente rigida, si possono adottare valori caratteristici corrispondenti ai valori medi (come definito dalla *Circolare NTC 2018. C6.2.2.4 VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI*).

Tra gli allegati sono riportate le tabelle che contengono l'interpretazione stratigrafico-litologica e la relativa modellazione geotecnica con tutti i parametri utili alle verifiche dei progettisti; questa è stata elaborata con le formule indicate nei paragrafi precedenti. Le sigle utilizzate nel modello che segue si riferiscono ai seguenti parametri:

**Prof:** Profondità strato (m)

**Cu:** Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

**Eu:** Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm<sup>2</sup>)

**Mo:** Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

**G:** Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm<sup>2</sup>)

**OCR:** Grado di sovraconsolidazione

**Puv:** Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)

**PuvS:** Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)

**Dr:** Densità relativa (%)

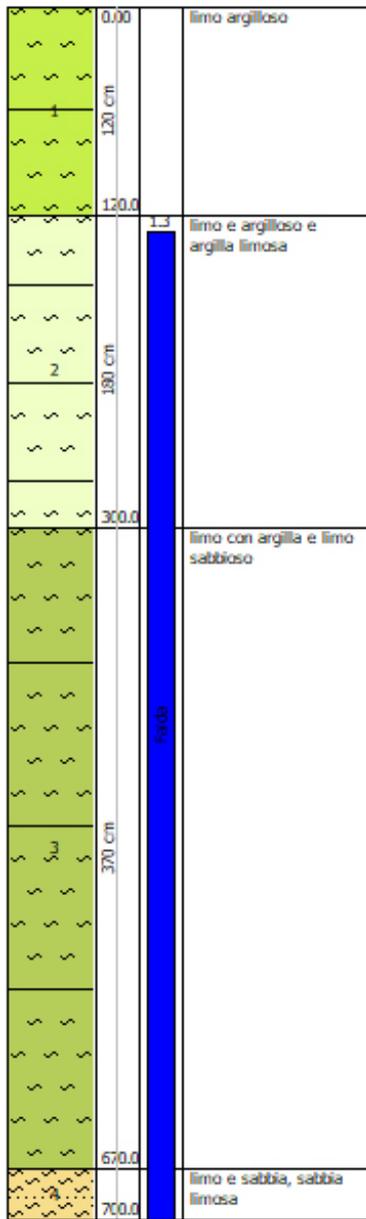
**Fi:** Angolo di resistenza al taglio (°)

**Ey:** Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

**Vs:** Velocità onde di taglio (m/s)

CPT5 - Modello Geologico con parametri geotecnici

Interpretazione Stratigrafica (Schmertmann 1978)



**Unità geotecnica 1**

Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
CI	0.64	458	47.21	129.9	1.29	1.89	1.97	52.98	33.11	30.82	175.1

**Unità geotecnica 2**

Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
CI	0.82	584.6	48	151.8	<0.5	1.93	2.01	34.35	29.2	39.77	212.4

**Unità geotecnica 3**

Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
CI	0.7	508.51	48.36	141.2	<0.5	1.91	1.99	14.49	25.77	35.31	221.56

**Unità geotecnica 4**

Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
CI	0.06	64.81	14.93	48.60	<0.5	1.56	1.64	<5	15.79	6.17	147.8

## 6. SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Le indagini consultate hanno compreso 1 sondaggio geognostico realizzato dal Comune di Calderara di Reno nelle immediate adiacenze all'area dove è prevista la realizzazione della nuova rotatoria, a NW della stessa, di seguito si riporta uno stralcio dei risultati del sondaggio.

 <b>SOGEO</b> <small>INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI          Via S. Martino, 43 - 40023 S. Pietro di Reno (BO)          Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: sogeo@sogeo.it.com          C.A.S. n. 005754 (del 05/07/2010)</small>	COMMITTENTE: Comune di Calderara di Reno	SOND.N°: SN1	PROF.(m): 15.00
	CANTIERE: Calderara di Reno (BO)	QUOTA (m): p.d.c.	
	PERFORATRICE: Elettari EK200/STR	LATITUDINE (°):	
	METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	LONGITUDINE (°):	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø 101 mm	DATA INIZ-FINE: 11/09/2019	
PIEZOMETRO:		SCALA: 1:100	
RIF.PREV.N°: 189-19	CERTIFICATO N°: C19-074-1	RAPPORTO N°: -----	DATA DI EMISSIONE: 12/09/2019
			PAGINA N°: 1 di 1



Questo sondaggio, il cui report è compreso per intero tra gli allegati, ha attraversato uno spessore di materiali di natura granulometrica intermedia quindi da considerare a comportamento coesivo-incoerente, perciò nella rielaborazione della CPT5-2002 si sono tenuti in considerazione gli stessi limiti stratigrafici del sondaggio e le stesse interpretazioni litologiche, fermo restando che la presenza di 2 prove SPT, la cui elaborazione ed interpretazione è presente tra gli allegati, in foro forniscono una calibrazione significativa di quanto riscontrato nella CPT 5-2002.

## 7. CONCLUSIONI

Lo studio geologico svolto in Comune di Calderara di Reno, nell'ambito del progetto di messa in sicurezza della S.P. 18 Padullese, redatto da Studio Tecnico di Ingegneria ThesisEngineering, ha analizzato e verificato le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrologiche ed idrogeologiche dei terreni di sedime, con una preliminare modellazione geotecnica del sottosuolo.

Tenendo conto che l'opera non comprende strutture che comportino carichi permanenti sul terreno, oltre al sondaggio geognostico svolto nell'ambito di questo progetto dal Comune di Calderara di Reno, nello svolgimento dello studio si sono considerate anche le numerose prove presenti nel Data Base del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, tra le quali si sono scelte, per la loro ubicazione molto vicina alla zona di progetto:

- 1 CPT svolta in una campagna di indagini geognostiche del 2002 (CPT5-2002);
- 1 SCPTE svolta nel 2006 (SCPTE2-2006);

In base a queste indagini è stato possibile verificare come l'area interessata dal progetto sia caratterizzata da uno spessore di terreni alluvionali prevalentemente limosi, limoso argillosi e limoso sabbiosi mediamente e scarsamente consistenti ed addensati, nei quali i valori dei parametri geotecnici presentano valori medio-bassi. Questi terreni appoggiano, a circa 21-22 m di profondità, sul primo banco ghiaioso noto nella stratigrafia profonda della zona.

In tutte le indagini esaminate la falda acquifera, misurata alla data di realizzazione delle prove è risultata essere sempre molto superficiale, come riportato in questo schema riassuntivo.

Prova	Data	Profondità falda
CPT5-2002	2/12/2002	-1.3 m
SCPTE2-2006	13/01/2006	-2.3 m
Sondaggio S1-2019	11/09/2019	-1.9 m

In base ai risultati delle indagini sopra descritte e all'elaborazione dei dati, è stato quindi possibile verificare come la realizzazione degli interventi previsti dal progetto sia compatibile con le condizioni geologiche, idrogeologiche e geotecniche dell'area.

Bologna, ottobre 2020



## **8. BIBLIOGRAFIA**

- BERGONZINI A. ELMCI C. - *Geologia del territorio di pianura del Comune di Bologna; Carta Geomorfologica* - scala 1:25.000. Università di Bologna, Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali. Editrice Selca, Firenze, anno 2000.
- BERGONZINI A. ELMCI C. - *Il territorio di pianura del Comune di Bologna; Carta geomorfologica - Carta della litologia superficiale* - scala 1:25.000- Note Illustrative. Università di Bologna, Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali. Editrice Selca, Firenze, anno 2003.
- BOWLES J.E. (1991) - *Foundation analysis and design*. MacGraw Hill Libri Italia Ed., Milano.
- CAQUOT A., KERISEL J. (1948) – *Tablets for the calculation of passive pressure, active pressure and bearing capacity of foundation* – Gautier-Villar, Paris.
- CESTARI F. (1990) - *Prove geotecniche in sito*. Geo-Graph Ed., Segrate.
- CINTI G., GIORGI G., (1989) – *Analisi e ricostruzione geomorfologica di un'area padana in provincia di Bologna*. Atti del convegno “Morfogenesi e stratigrafia dell'Olocene” Mem. Soc. Geol. It., vol. 42.
- ELMI C et alii (1984)– *Il territorio della pianura del Comune di Bologna: aspetti geologici e geotecnici* – *Giornale di Geologia*, ser 3, vol. 46/2, Bologna.
- LAMBE W.T., WHITMANN R.V. - *Meccanica dei terreni*. Dario Flaccovio Ed., Palermo, 1997.
- VESIC A. S. (1974) – *Bearing capacity of shallow foundation*, Cap. 3, in *Found. Eng. Handbook*, - Van Nostrand Reinhold Book Co.
- PECKER A. ( 1998) - *Analytical formulae for the seismic bearing capacity of shallow strip foundation*”. Proc. Of the 14th Int. Conf. on Soil Mech. And Found. Eng., Balkema, Hamburg, pp. 262-268.
- PELLEGRINI M. (1990) - *Caratteri geomorfologici della pianura interna* - in: *Il mondo della Natura in Emilia-Romagna. La pianura e la costa*. Federazione delle casse di Risparmio e delle Banche del Monte dell'Emilia Romagna, Bologna.

# **ALLEGATI**

**TAVOLA PSAI**

**UBICAZIONE DELLE INDAGINI**

**PROVE PENETROMETRICHE CPT-2002 e SCPT-2006**

**SONDAGGIO GEOGNOSTICO**

**ELABORAZIONE SPT IN FORO**

AUTORITA' di BACINO del RENO

**Piano Stralcio  
per l'Assetto Idrogeologico**

*art.1 c.1 L.3.08.98 n.267 e s.m.i.*

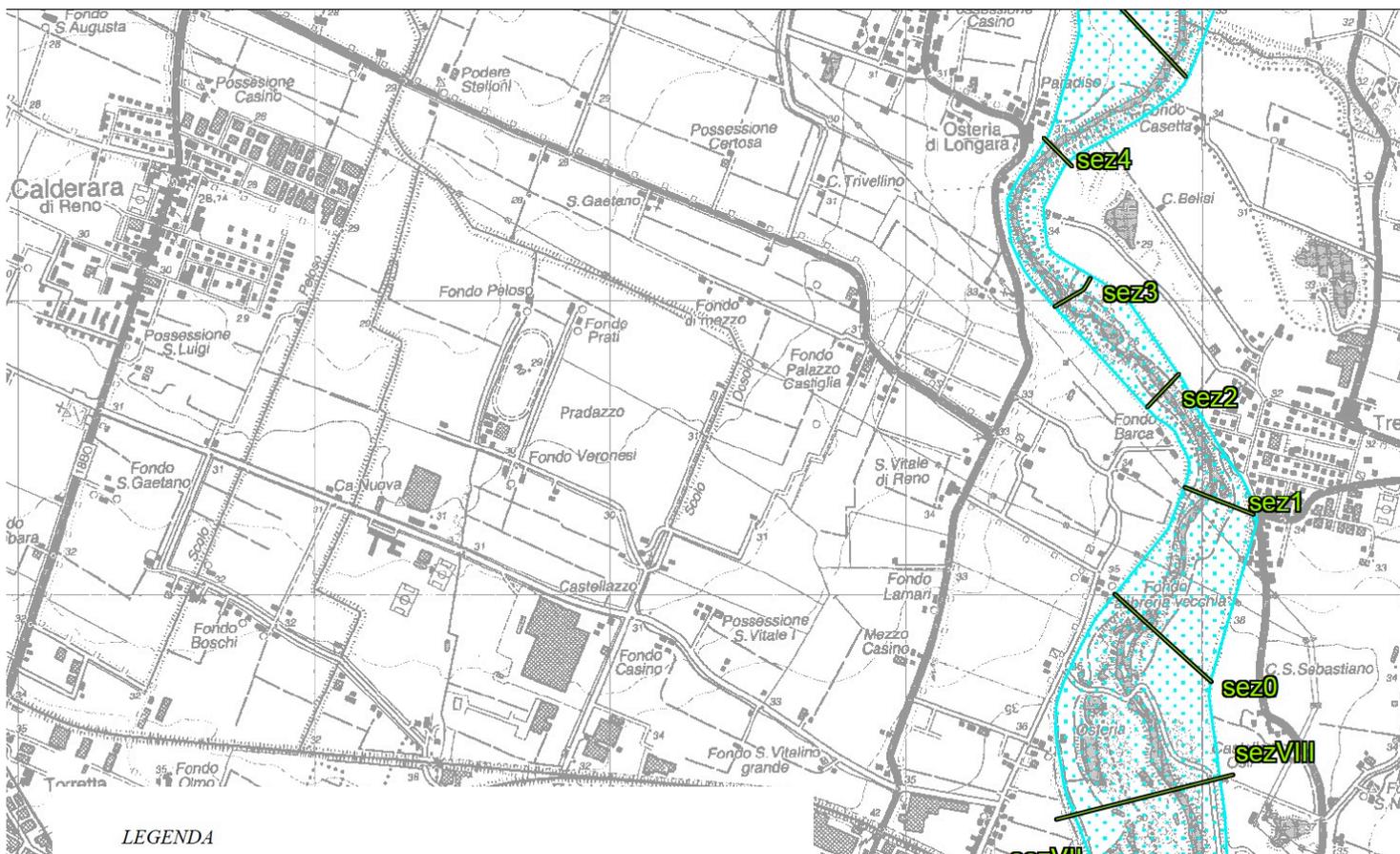
II - RISCHIO IDRAULICO E ASSETTO RETE IDROGRAFICA

II.2 - BACINO DEL FIUME RENO

**ALLEGATO: TAVOLA "B.2"**

**"Aree passibili di inondazione e sezioni trasversali di riferimento"**

Scala 1:25.000

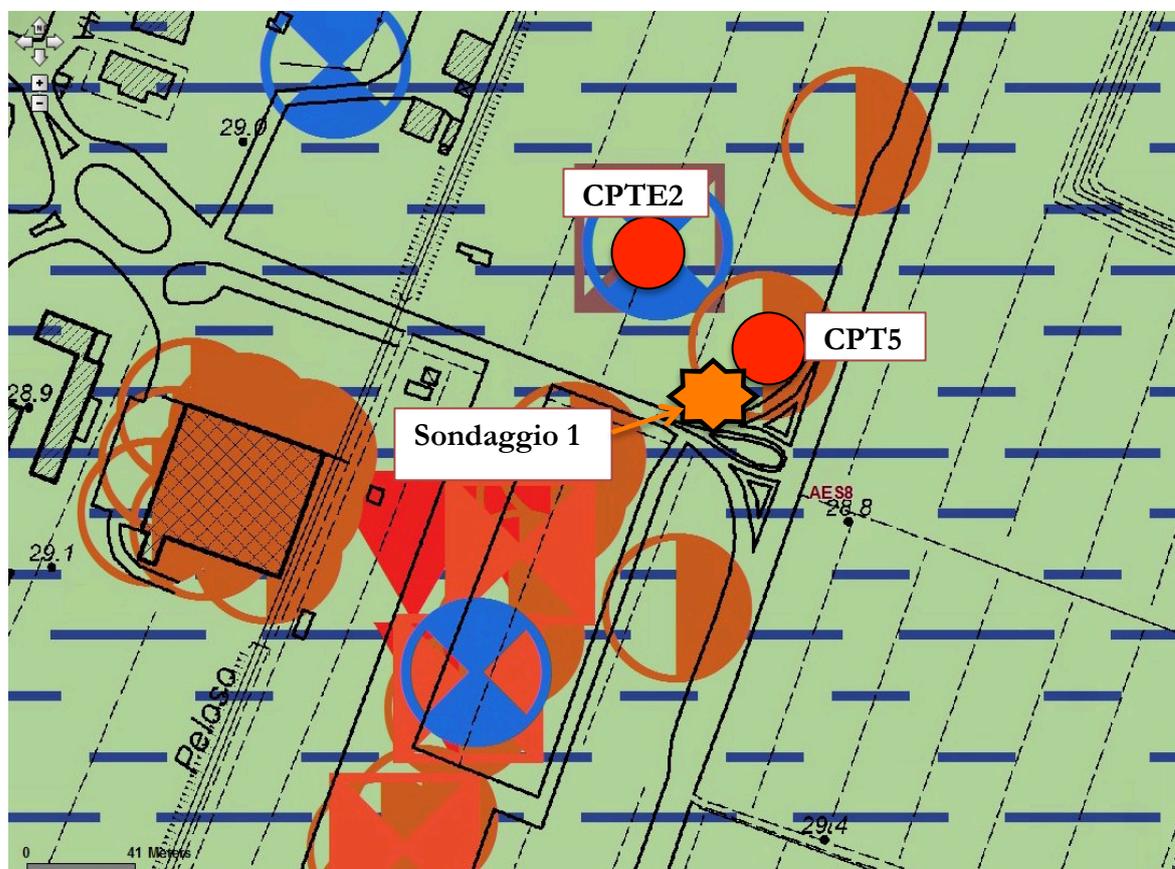


LEGENDA

-  Alveo attivo zonizzato
-  Aree ad alta probabilità di inondazione relativamente a piene con tempo di ritorno 30 anni (25 anni in pianura)
-  Linea di esondazione per piene con tempo di ritorno 200 anni (100 anni a valle della Chiesa di Casalecchio)
-  Indicazione tratti passibili di sormonto arginale per piene con tempo di ritorno 100 anni
-  Sezioni trasversali utilizzate per lo studio idraulico

## UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Tratta e modificata dalla CTR Regione Emilia-Romagna,  
sezione 220040 - Calderara di Reno.



Ubicazione delle prove considerate ed analizzate per ricavare il modello geologico:

- CPT5 (02/12/2002) e SCPTE2 (13/01/2006) presenti nell'archivio del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna;
- Sondaggio 1 eseguito dal Comune di Calderara di Reno (11/09/2019).

## PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 5

2.01PG05-037

- committente : Dott. Grillini Luca  
 - lavoro :  
 - località : BO - Calderara di Reno, Circonvallazione  
 - note :

- data : 02/12/2002  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,30 m da quota inizio  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	2,0	—	2,0	0,20	10,0	3,80	17,0	41,0	17,0	1,40	12,0
0,40	9,0	12,0	9,0	0,60	15,0	4,00	14,0	35,0	14,0	1,27	11,0
0,60	10,0	19,0	10,0	0,93	11,0	4,20	16,0	35,0	16,0	1,33	12,0
0,80	18,0	32,0	18,0	1,20	15,0	4,40	20,0	40,0	20,0	1,67	12,0
1,00	16,0	34,0	16,0	1,33	12,0	4,60	19,0	44,0	19,0	1,53	12,0
1,20	19,0	39,0	19,0	1,80	11,0	4,80	19,0	42,0	19,0	1,60	12,0
1,40	18,0	45,0	18,0	1,73	10,0	5,00	14,0	38,0	14,0	1,13	12,0
1,60	19,0	45,0	19,0	1,73	11,0	5,20	15,0	32,0	15,0	0,67	22,0
1,80	20,0	46,0	20,0	1,80	11,0	5,40	10,0	20,0	10,0	0,60	17,0
2,00	17,0	44,0	17,0	1,47	12,0	5,60	10,0	19,0	10,0	0,73	14,0
2,20	10,0	32,0	10,0	0,73	14,0	5,80	9,0	20,0	9,0	0,60	15,0
2,40	10,0	21,0	10,0	0,80	12,0	6,00	7,0	16,0	7,0	0,47	15,0
2,60	9,0	21,0	9,0	0,73	12,0	6,20	5,0	12,0	5,0	0,33	15,0
2,80	17,0	28,0	17,0	1,33	13,0	6,40	4,0	9,0	4,0	0,20	20,0
3,00	20,0	40,0	20,0	1,60	12,0	6,60	3,0	6,0	3,0	0,13	22,0
3,20	19,0	43,0	19,0	1,60	12,0	6,80	1,0	3,0	1,0	0,07	15,0
3,40	20,0	44,0	20,0	1,67	12,0	7,00	2,0	3,0	2,0	—	—
3,60	20,0	45,0	20,0	1,60	12,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

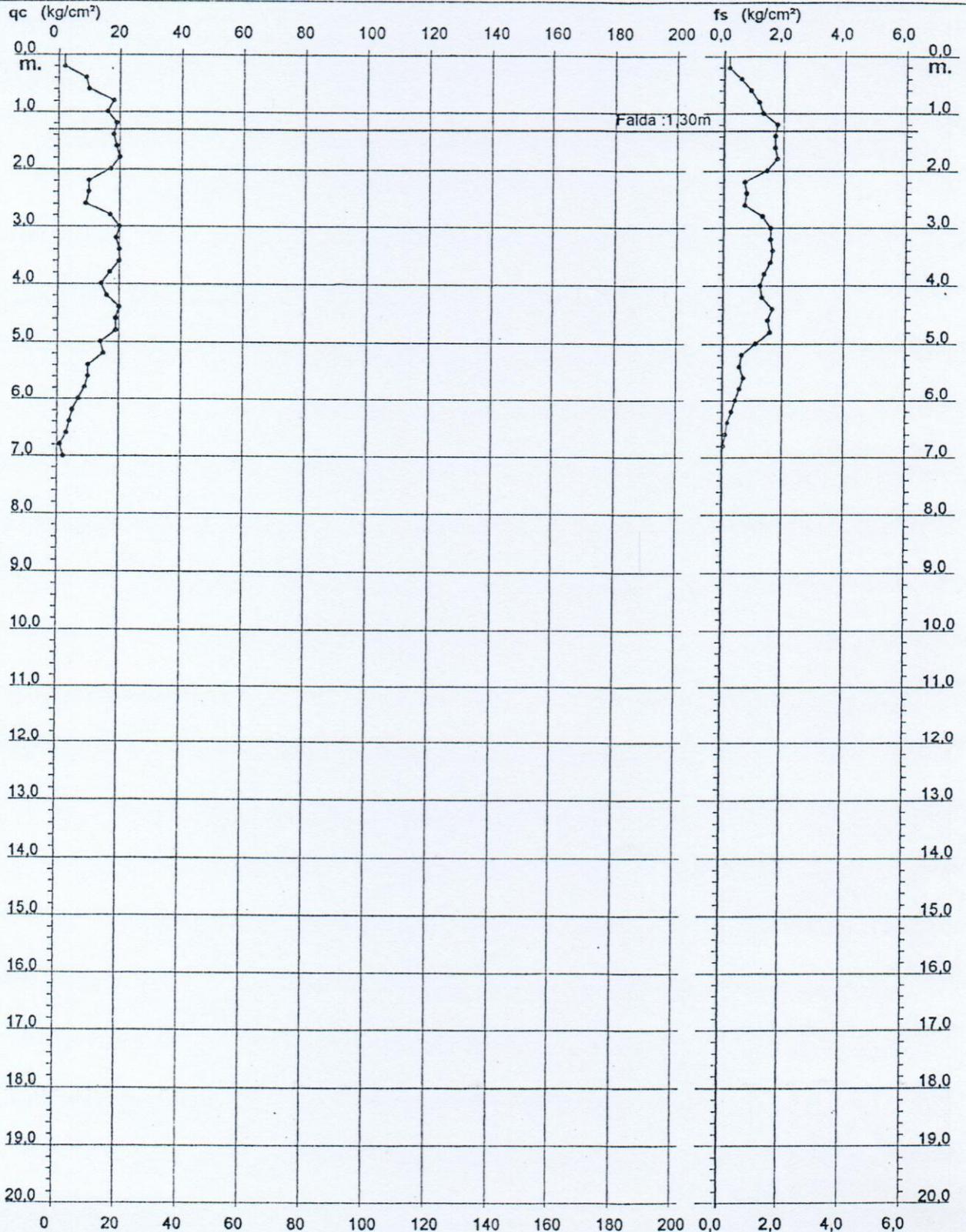
**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 5**

2.01PG05-037

- committente : Dott. Grillini Luca  
- lavoro :  
- località : BO - Calderara di Reno, Circonvallazione

- data : 02/12/2002  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,30 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



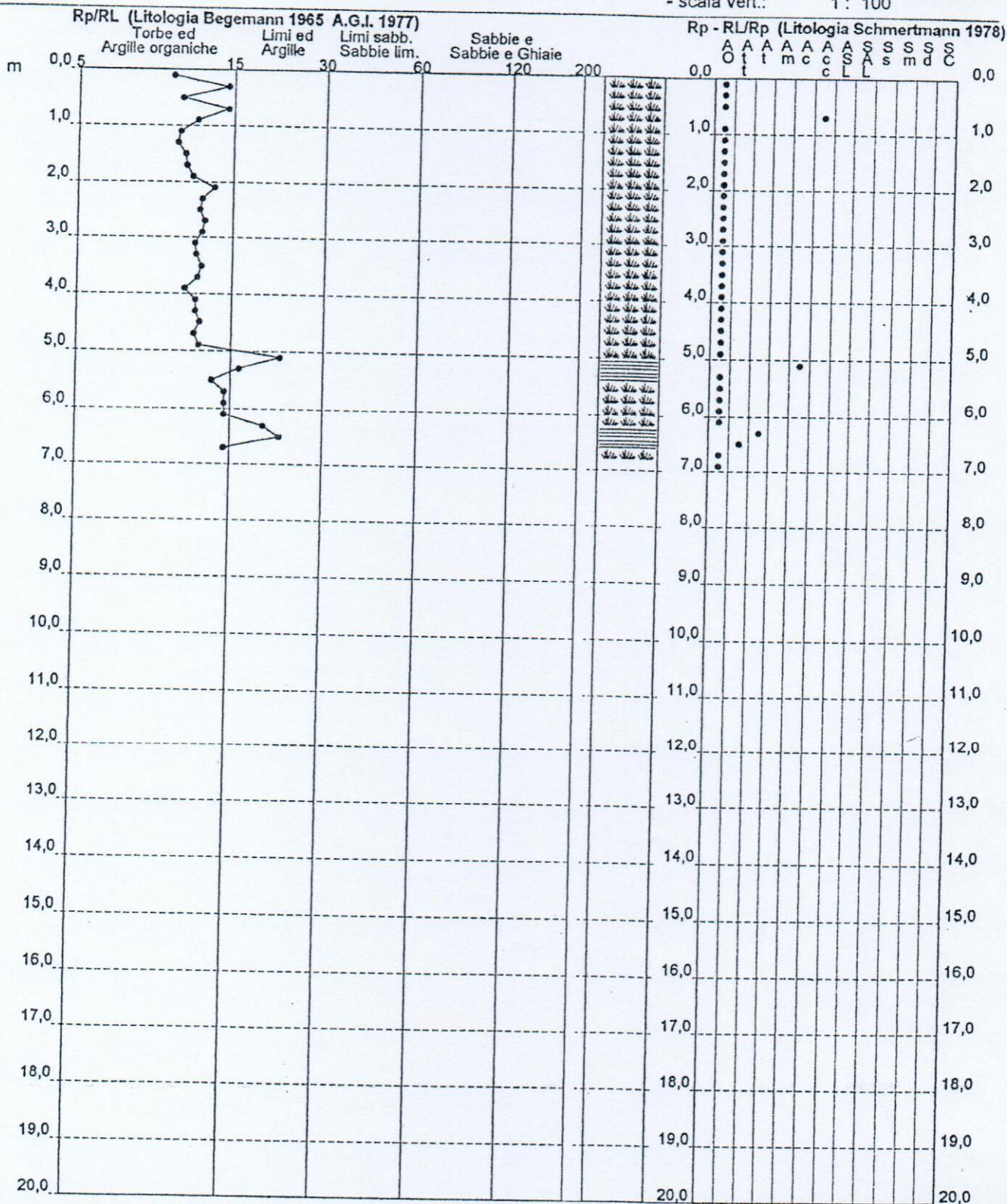
**PROVA PENETROMETRICA STATICA  
VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

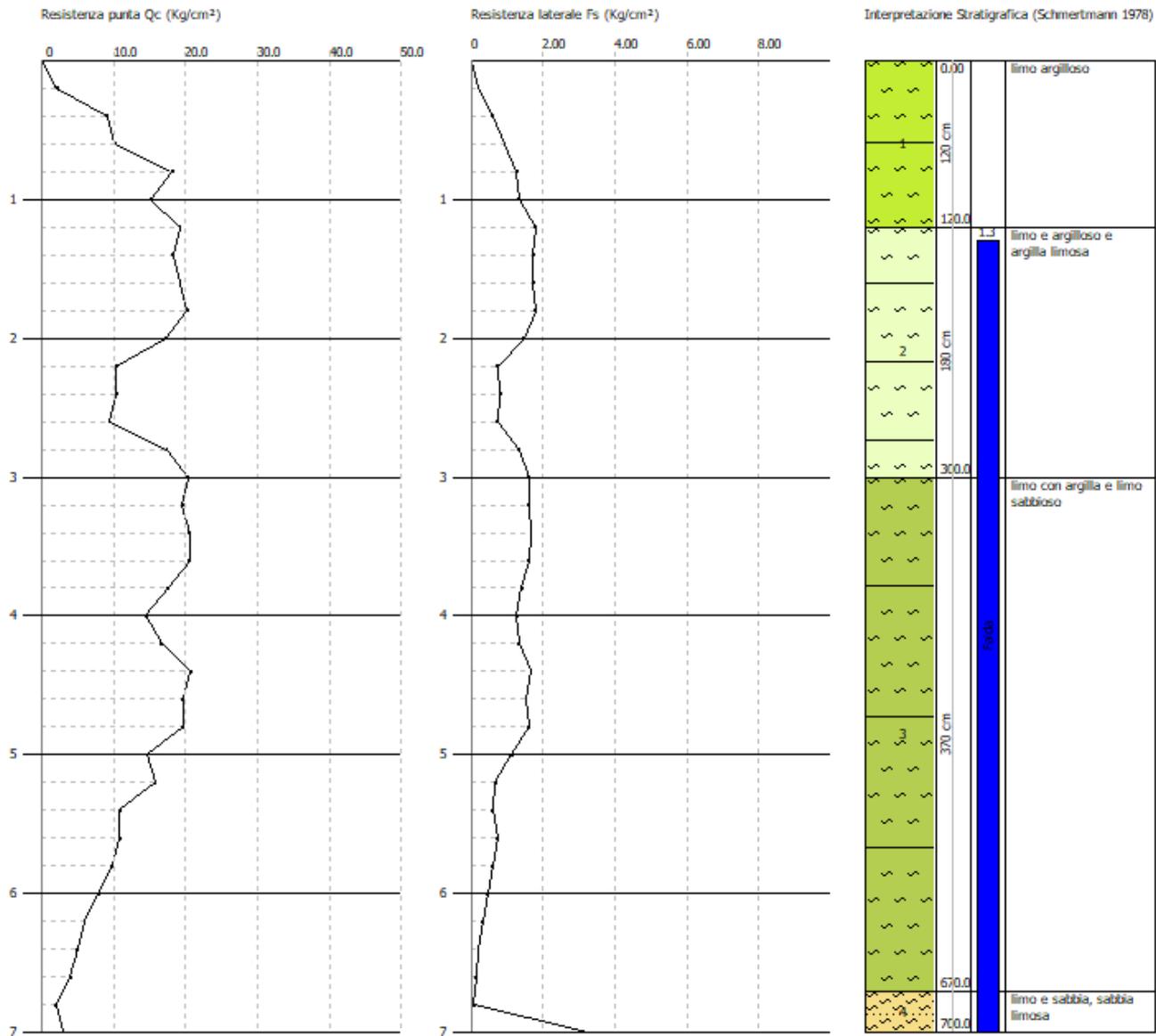
**CPT 5**

2.01PG05-037

- committente : Dott. Grillini Luca  
- lavoro :  
- località : BO - Calderara di Reno, Circonvallazione  
- note :

- data : 02/12/2002  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,30 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100





Committente: Comune di Calderara di Reno  
 Strumento utilizzato: PAGANI TG 63 (200 kN)  
 Prova eseguita in data: 02/12/2002  
 Profondità prova: 7.00 mt  
 Località: Nuova Rotatoria

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	2.00	0.0	2.138	0.2	10.69	9.4
0.40	9.00	12.0	9.138	0.6	15.23	6.6
0.60	10.00	19.0	10.138	0.933	10.866	9.2
0.80	18.00	32.0	18.138	1.267	14.316	7.0
1.00	15.00	34.0	15.138	1.333	11.356	8.8
1.20	19.00	39.0	19.276	1.8	10.709	9.3
1.40	18.00	45.0	18.276	1.733	10.546	9.5
1.60	19.00	45.0	19.276	1.733	11.123	9.0
1.80	20.00	46.0	20.276	1.8	11.264	8.9
2.00	17.00	44.0	17.276	1.467	11.776	8.5
2.20	10.00	32.0	10.414	0.733	14.207	7.0
2.40	10.00	21.0	10.414	0.8	13.018	7.7
2.60	9.00	21.0	9.414	0.733	12.843	7.8
2.80	17.00	28.0	17.414	1.333	13.064	7.7
3.00	20.00	40.0	20.414	1.6	12.759	7.8
3.20	19.00	43.0	19.552	1.6	12.22	8.2
3.40	20.00	44.0	20.552	1.667	12.329	8.1
3.60	20.00	45.0	20.552	1.6	12.845	7.8
3.80	17.00	41.0	17.552	1.4	12.537	8.0
4.00	14.00	35.0	14.552	1.267	11.485	8.7
4.20	16.00	35.0	16.69	1.333	12.521	8.0
4.40	20.00	40.0	20.69	1.667	12.412	8.1
4.60	19.00	44.0	19.69	1.533	12.844	7.8
4.80	19.00	42.0	19.69	1.6	12.306	8.1
5.00	14.00	38.0	14.69	1.133	12.966	7.7
5.20	15.00	32.0	15.828	0.667	23.73	4.2
5.40	10.00	20.0	10.828	0.6	18.047	5.5
5.60	10.00	19.0	10.828	0.733	14.772	6.8
5.80	9.00	20.0	9.828	0.6	16.38	6.1
6.00	7.00	16.0	7.828	0.467	16.762	6.0
6.20	5.00	12.0	5.966	0.333	17.916	5.6
6.40	4.00	9.0	4.966	0.2	24.83	4.0
6.60	3.00	6.0	3.966	0.133	29.82	3.4
6.80	1.00	3.0	1.966	0.067	29.343	3.4
7.00	2.00	3.0	2.966	3.267	0.908	110.1

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.20	12.328	1.022	1.87	Incoerente-Coesivo	limo argilloso
3.00	15.908	1.326	1.92	Incoerente-Coesivo	limo e argilloso e argilla limosa
6.70	14.125	1.03	1.89	Incoerente-Coesivo	limo con argilla e limo sabbioso
7.00	2.466	1.667	1.56	Incoerente-Coesivo	limo e sabbia, sabbia limosa

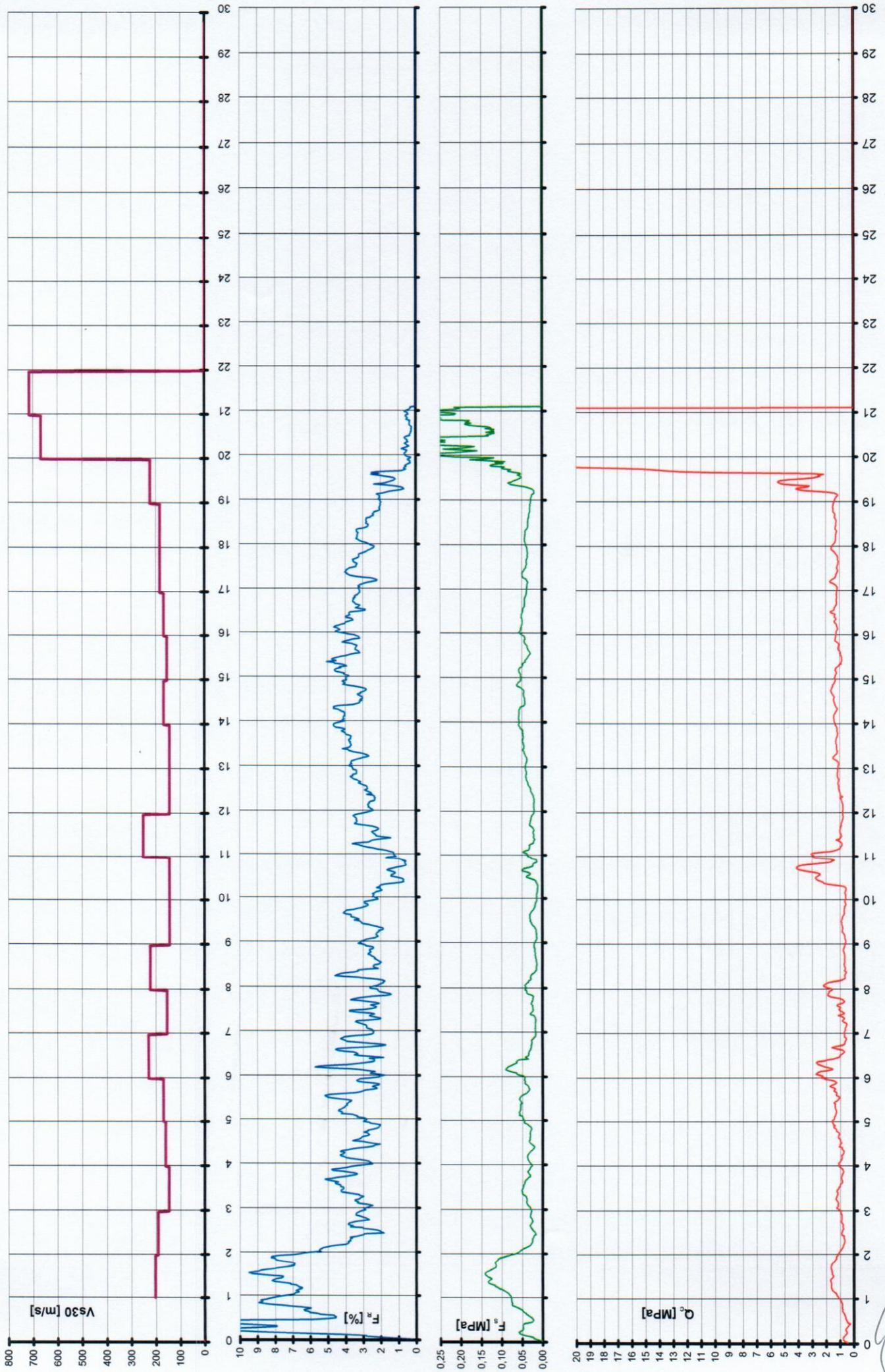
**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI**

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

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	1.20	CI	0.64	458.09	47.21	129.93	1.29	1.89	1.97	52.98	33.11	30.82	175.10
2	3.00	CI	0.82	584.66	48.07	151.83	<0.5	1.93	2.01	34.35	29.22	39.77	212.45
3	6.70	CI	0.70	508.51	48.36	141.19	<0.5	1.91	1.99	14.49	25.77	35.31	221.56
4	7.00	CI	0.06	64.81	14.93	48.60	<0.5	1.56	1.64	<5	15.79	6.17	147.80



NO GAP PROGETTI Calderara di Reno (BO) SCPTPE 2 - 13/01/06 liv. Acqua pz.: -2,30 m p.c.





**Sacchetto Perforazioni Geotecnica s.r.l.**

Via dell'Artigianato 24 45011 Adria (Ro) -Italy-  
 p.IVA 01050550295 cap.soc.50.000 euro  
 tel. +39 0426 900977 fax 0426 800053  
 http://www.spgeo.it e-mail: epg@spgeo.net.it

**INDAGINI GEOGNOSTICHE  
 GEOTECHNICAL SURVEYS**



**PROVA con CONO SISMICO  
 DOWN-HOLE**

quota	0,00	m
Dist. Sorg.	1,8	m
falda	2,3	m

prova n°	Committente: NO GAP PROGETTI
SCPTE2	Località: Calderara di Reno (BO)

Profondità (h) [m]	Vs [m/s]	time Vs (t) [ms]	distanza da sorgente (D) [m]	NOTE	h/Vs [s]	time Vs' t'=h/Z x t [ms]
--------------------------	-------------	---------------------	---------------------------------------	------	-------------	--------------------------------

0,00	0	0,0	1,80			
1,00	202	10,2	2,06		0,004954	2,41
2,00	191	13,5	2,69		0,005225	3,73
3,00	147	19,0	3,50		0,006808	4,66
4,00	161	24,5	4,39		0,006195	5,09
5,00	169	30,0	5,31		0,005928	5,31
6,00	229	33,0	6,00		0,004374	5,50
7,00	154	39,5	7,00		0,0065	5,64
8,00	222	44,0	8,00		0,0045	5,50
9,00	143	51,0	9,00		0,007	5,67
10,00	143	58,0	10,00		0,007	5,80
11,00	250	62,0	11,00		0,004	5,64
12,00	143	69,0	12,00		0,007	5,75
13,00	143	76,0	13,00		0,007	5,85
14,00	167	82,0	14,00		0,006	5,86
15,00	154	88,5	15,00		0,0065	5,90
16,00	167	94,5	16,00		0,006	5,91
17,00	182	100,0	17,00		0,0055	5,88
18,00	182	105,5	18,00		0,0055	5,86
19,00	222	110,0	19,00		0,0045	5,79
20,00	667	111,5	20,00		0,0015	5,58
21,00	714	112,9	21,00		0,0014	5,38
22,00	833	114,1	22,00	velocità stimata	0,0012	5,19
23,00	833	115,3	23,00	velocità stimata	0,0012	5,01
24,00	833	116,5	24,00	velocità stimata	0,0012	4,85
25,00	833	117,7	25,00	velocità stimata	0,0012	4,71
26,00	833	118,9	26,00	velocità stimata	0,0012	4,57
27,00	833	120,1	27,00	velocità stimata	0,0012	4,45
28,00	833	121,3	28,00	velocità stimata	0,0012	4,33
29,00	833	122,5	29,00	velocità stimata	0,0012	4,22
30,00	833	123,7	30,00	velocità stimata	0,0012	4,12



**Sacchetto Perforazioni Geotecniche s.r.l.**

Via dell'Artigianato 24 45011 Adria (Ro) - Italy -  
p. IVA 07050560295 cap. soc. 50.000 euro  
tel. +39 0426 900877 fax 0426 900653  
http://www.spgeo.it e-mail spg@stargatenet.it

**INDAGINI GEOGNOSTICHE  
GEOTECHNICAL SURVEYS**

**SINCERT**



## CALCOLO Vs30 e indicazione della CATEGORIA DI SUOLO

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} h_i/V_i}$$

velocità media di propagazione entro 30 m

$$V_{s30} = 241,577 \quad \text{m/s}$$

CATEGORIA DI SUOLO : **E**

Categorie di suolo di fondazione:

- A - *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m
- B - *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti*, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con le profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica  $N_{spt} > 50$ , o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa)
- C - *Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{spt} < 50$ ,  $70 < c_u < 250$  kPa)
- D - *Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti*, caratterizzati da valori di Vs30  $< 180$  m/s ( $N_{spt} < 15$ ,  $c_u < 70$  kPa)
- E - *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali*, con valori di Vs30 simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con Vs30  $> 800$  m/s
- S1 - Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di Vs30  $< 100$  m/s ( $10 < c_u < 20$  kPa)
- S2 - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti



COMMITTENTE: Comune di Calderara di Reno	SOND.N°: SN1	PROF.(m): 15.00
CANTIERE: Calderara di Reno (BO)	QUOTA (m): p.d.c.	
PERFORATRICE: Ellettari EK200/STR	LATITUDINE (°):	
METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	LONGITUDINE (°):	
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø 101 mm	DATA INIZ-FINE: 11/09/2019
PIEZOMETRO:	SCALA: 1:100	
RIF.PREV.N°: 189-19	CERTIFICATO N°: C19-074-1	RAPPORTO N°: -----
	DATA DI EMISSIONE: 12/09/2019	PAGINA N°: 1 di 1

scala	P.P. I [daN/cm²]	Vane Test [daN/cm²]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Falda	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. [n. colpi] P.A.	Pz.Norton
	> 6		0.30		Suolo limoso argilloso di colore marrone, con frustoli vegetali					
1.00	> 6				Limo argilloso di colore marrone scuro, molto compatto					
	> 6		1.20							
2.00	> 6				Limo argilloso passante ad argilla limosa di colore grigio-marrone con screziature arancio e tracce nerastre di sostanza organica. Molto compatto	1.90				
	> 6		3.00							
3.00	1.0	0.30								
4.00	2.4	1.00								
	1.5	0.60			Limo con argilla passante a limo sabbioso di colore grigio con bande marroni					
5.00	2.1	1.00								
	1.4	0.50								
6.00	1.0	0.40								
	0.9	0.40								
7.00			6.70							
					Limo e sabbia passanti a sabbia limosa di colore grigio con bande marroni. Da -8.8 a -9.0 m argilla limosa				7.20 1/2/2 7.65	
8.00										
9.00	1.0	0.50								
									9.20 2/1/2 9.65	
10.00	1.3	0.60	9.70							
	0.9	1.00								
11.00	1.5	0.80								
	1.3	0.60								
12.00	1.4	0.60			Argilla limosa passante ad argilla debolmente limosa di colore grigio. A -15.0 m presente torba					
	1.4	0.80								
13.00	1.6	0.80								
	1.5	0.90								
14.00	1.3	1.00								
	0.9	0.40								
15.00			15.00							
16.00										
17.00										
18.00										

Note:  
livello acqua rilevato a fine sondaggio.

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



**SOGEO** s.r.l.  
INGEGNERIA GEOTECNICA ED AMBIENTALE  
Via S. Polito n. 43 - 48022 S. Polito di Lupat (RA)  
Tel. 054522042 - Fax 054534443 - E-mail: [sogeo@sogeo-srl.com](mailto:sogeo@sogeo-srl.com)

**COMMITTENTE:** Comune di Calderara di Reno

**LOCALITA':** Calderara di Reno (BO)

**SONDAGGIO N:** SN1

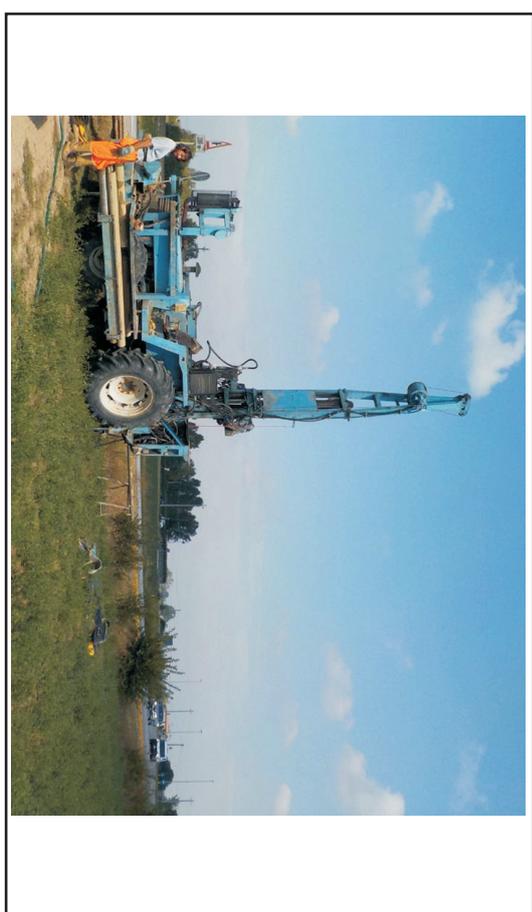
**RIF. N° :** 189-19

**ALLEGATO A:** C19-074-1

**DATA:** 11/09/2019



Cassa 2 da -5.0 a -10.0 m



Posizionamento



Cassa 1 da 0.0 a -5.0 m



Cassa 3 da -10.0 a -15.0 m

# PROVE SPT

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

### Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda

$$N_{spt \text{ corretto}} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

### Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38° ).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $\sigma > 15$  t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

### Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).

- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

#### **Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

#### **Modulo Edometrico**

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

#### **Peso di Volume**

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### **Peso di volume saturo**

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

##### **Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.

#### **Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

#### **Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

#### **Modulo di deformazione di taglio ( $G$ )**

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

#### **Modulo di reazione ( $K_0$ )**

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

#### **Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson (1983) -  $Q_c$

### **Correlazioni geotecniche terreni coesivi**

#### **Coesione non drenata**

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$  , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.

- Terzaghi-Peck (1948).  $C_u$  (min-max).
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c = 20$  e  $Q_c/N_{spt} = 2$ .
- Schmertmann (1975),  $C_u$  (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

#### ***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )***

- Robertson (1983) -  $Q_c$

#### ***Modulo Edometrico-Confinato ( $M_o$ )***

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli (  $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

#### ***Modulo Di Young ( $E_y$ )***

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$ .
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

#### ***Stato di consistenza***

- Classificazione A.G.I. 1977.

#### ***Peso di Volume***

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

#### ***Peso di volume saturo***

Meyerhof ed altri.

## Sondaggio 1 - PROVE SPT IN FORO

Prove eseguite in data 11/09/2019

Falda rilevata -1,9 m

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
7.35	1
7.50	2
7.65	2

#### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Strato	3.988	7.65	0.25	0.50	0.15	0.16	0.39	0.00	0.36	0.73	0.20	0.00	0.50

##### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	3.988	7.65	Robertson (1983)	7.98

##### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	3.988	7.65	18.30	59.82	42.47	49.85

##### Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	3.988	7.65	25.46	39.88

##### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	3.988	7.65	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

##### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	3.988	7.65	Meyerhof	1.70

##### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	3.988	7.65	Meyerhof	1.87

##### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	3.988	7.65	Ohta & Goto (1978) Limi	112.59

#### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	3.988	7.65	15.83	40.01	42.19	18.09

##### Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	3.988	7.65	3.988	28.14	21.14	29.12	29.24	31.24	0	<30	22.73	28.2	29.56	23.93

##### Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	3.988	7.65	3.988	---	31.90	---	---	---

##### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	3.988	7.65	3.988	---	35.66	28.31	55.79

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	3.988	7.65	3.988	Classificazione A.G.I	SCIOLTO

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m³)
[1] - Strato	3.988	7.65	3.988	Terzaghi-Peck 1948	1.40

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m³)
[1] - Strato	3.988	7.65	3.988	Terzaghi-Peck 1948	1.87

**Modulo di Poisson**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	3.988	7.65	3.988	(A.G.I.)	0.35

**Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	3.988	7.65	3.988	238.57	291.05

**Velocità onde di taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	3.988	7.65	3.988	Ohta & Goto (1978) Limi	112.59

**Liquefazione**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	3.988	7.65	3.988	Seed e Idriss (1971)	0.575

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato	3.988	7.65	3.988	Navfac 1971-1982	0.75

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Strato	3.988	7.65	3.988	Robertson 1983	7.98

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2**

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
9.35	2
9.50	1
9.65	2

**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi -Peck (1948)	U.S.D.M .S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begeman n	De Beer
[1] - Strato	2.991	9.65	0.19	0.37	0.15	0.12	0.29	0.00	0.27	0.66	0.15	0.00	0.37

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Strato	2.991	9.65	Robertson (1983)	5.98

**Modulo Edometrico (Kg/cm²)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	2.991	9.65	13.72	44.87	32.30	37.39

**Modulo di Young (Kg/cm²)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	2.991	9.65	14.00	29.91

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	2.991	9.65	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - Strato	2.991	9.65	Meyerhof	1.63

**Peso unità di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato	Correlazione	Peso unità di volume saturo
--	------	--------------	--------------	-----------------------------

		(m)		(t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	2.991	9.65	Meyerhof	1.86

#### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	2.991	9.65	Ohta & Goto (1978) Limi	112.03

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	2.991	9.65	10.33	33.69	35.38	15.28

#### Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	2.991	9.65	2.991	27.85	20.85	28.84	28.45	30.81	0	<30	21.7	27.9	26.81	22.73

#### Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	2.991	9.65	2.991	---	23.93	---	---	---

#### Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	2.991	9.65	2.991	---	33.61	21.24	51.34

#### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	2.991	9.65	2.991	Classificazione A.G.I	SCIOLTO

#### Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	2.991	9.65	2.991	Terzaghi-Peck 1948	1.38

#### Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	2.991	9.65	2.991	Terzaghi-Peck 1948	1.86

#### Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	2.991	9.65	2.991	(A.G.I.)	0.35

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm<sup>2</sup>)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] - Strato	2.991	9.65	2.991	182.05	244.14

#### Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Strato	2.991	9.65	2.991	Ohta & Goto (1978) Limi	112.03

#### Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] - Strato	2.991	9.65	2.991	Seed e Idriss (1971)	0.471

#### Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	K0
[1] - Strato	2.991	9.65	2.991	Navfac 1971-1982	0.51

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	2.991	9.65	2.991	Robertson 1983	5.98