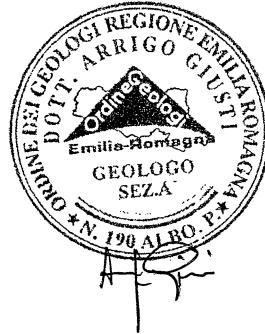


DOTT. GEOL. GIUSTI ARRIGO  
42019 SCANDIANO (R.E.) - VIA CESARI, 18  
TEL. (0522) 984819 - (348) 9109596  
www.geogiusti.it arrigogiusti@alice.it



COMUNE DI CORREGGIO  
(Provincia di Reggio nell'Emilia)

LOCALITÀ : VIA PROVINCIALE PER REGGIO, 43 - BUDRIO

**PIANO DI SVILUPPO AZIENDALE  
DEMOLIZIONE DI STALLA FATISCENTE E NUOVA COSTRUZIONE DI STALLA A  
STABULAZIONE LIBERA, RICOVERO ATTREZZI AGRICOLI E EDIFICIO PER LA  
PREPARAZIONE RAZIONI ALIMENTARI PER BOVINI**



COMMITTENTE : SOCIETÀ AGRICOLA MENOZZI EDGARDO, RAINERO E MAURO

**RELAZIONE GEOLOGICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE**

---

CONSULENZE NEL CAMPO GEOLOGICO GEOTECNICO ED ESTRATTIVO

## INDICE

1. PREMESSA .....	2
2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE .....	4
3. INQUADRAMENTO TETTONICO E CENNI DI GEOLITOLOGIA .....	5
4. METODOLOGIA D'INDAGINE .....	6
5. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E PARAMETRI GEOTECNICI .....	8
6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E LOCALE .....	11
7. IDROGEOLOGIA DELLA FALDA FREATICA.....	13
8. RISCHIO IDRAULICO .....	14
9. SISMICITÀ DELL'AREA.....	18
10. RISPOSTA SISMICA LOCALE SEMPLIFICATA.....	27
11. MICROZONAZIONE SISMICA .....	31
12. RISPOSTA SISMICA DI III° LIVELLO.....	34
13. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE .....	37
14. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	38

- **ALLEGATI:**

- UBICAZIONE DELLE INDAGINI
- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
- INDAGINE GEOFISICA HVSR
- RISPOSTA SISMICA LOCALE DI III° LIVELLO
- VERIFICA A LIQUEFAZIONE

## **1. PREMESSA**

Con riferimento agli accordi intercorsi con il Tecnico Progettista Geom. Umberto Carretta di Guastalla (RE), trasmetto la presente relazione geologica e sulla pericolosità sismica di base atta a valutare le caratteristiche geolitologiche, geomeccaniche e sismiche di un terreno, sito in Via Provinciale per Reggio, 43 - Correggio (RE), su cui è in progetto il Piano di Sviluppo Aziendale per la demolizione di una stalla fatiscente e la nuova costruzione di una stalla a stabulazione libera, un ricovero attrezzi agricoli ed un edificio per la preparazione della razione alimentari per bovini.

L'esecuzione di indagini geognostiche e geofisiche ha consentito di definire con precisione le caratteristiche litologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni qui presenti. Più precisamente, sono state prese in considerazione tre penetrometrie statiche nonché un'indagine geofisica passiva tipo HVSR necessaria per determinare la frequenza di risonanza ed il Vs30 del suolo di fondazione.

Il presente elaborato è stato redatto in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento per il settore geologico e geotecnico e consultando gli strumenti di pianificazione provinciale e di bacino. Sono di seguito elencate le principali normative di riferimento:

- D.M. 17/1/2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- D.G.R. n° 1300 del 01/08/2016 “Prime disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico”;
- D.G.R. n° 2193 del 21/12/2015 aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2/2/2009 – “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- D.M. 14/1/2008 – “Testo unitario - Norme tecniche per le costruzioni”;
- Legge regionale 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico".

- Delibera Assemblea Legislativa (DAL) n. 112/2007 Art. 16 c.1 "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica";
- "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (da qui in avanti "ICMS");
- L 64/74-“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio e sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Giugno 1990;
- Circolare Min. LL.PP. n°30483 24 settembre 1988;
- D.M. 11/3/88 - “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”.

## **2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE**

L'area in oggetto di studio, posta alla quota media di 35 m s.l.m., è situata in località C. San Tommaso, a sud di Budrio, tra gli abitati di Massenzatico e Lemizzone.

L'accesso all'area su cui sorge l'azienda, posta ad oriente della S.P. 468 R per Reggio e del Cavo Naviglio che la affianca, è consentito, direttamente dall'arteria stradale, tramite un ponticello (cf. stralcio dalla C.T.R. in scala 1:5.000 elemento n° 201051 – Case Matte; estratto di mappa catastale in scala 1:2000 - foglio n° 70 mappali n° 81-112-115 nonché ortofoto proposta sul frontespizio).

I nuovi interventi edilizi sono più precisamente in progetto nei settori meridionale ed orientale dell'azienda (cf. planimetrie dello stato di fatto e di progetto in scala 1:1.000).

I suoli tipici di questa Unità Idrogeologica appartengono all'associazione dei “suoli alluvionali”. Si tratta di entisuoli, generalmente calcarei e sub alcalini, a prevalente tessitura limo-argillosa.

Come riscontrato nel corso delle indagini penetrometriche, questi suoli, altresì ad elevata componente organica e torbosa, presentano uno spessore non inferiore al metro. L'utilizzo prevalente è a seminativo, la potenzialità, piuttosto elevata, è limitata solamente dalla tessitura particolarmente fine.

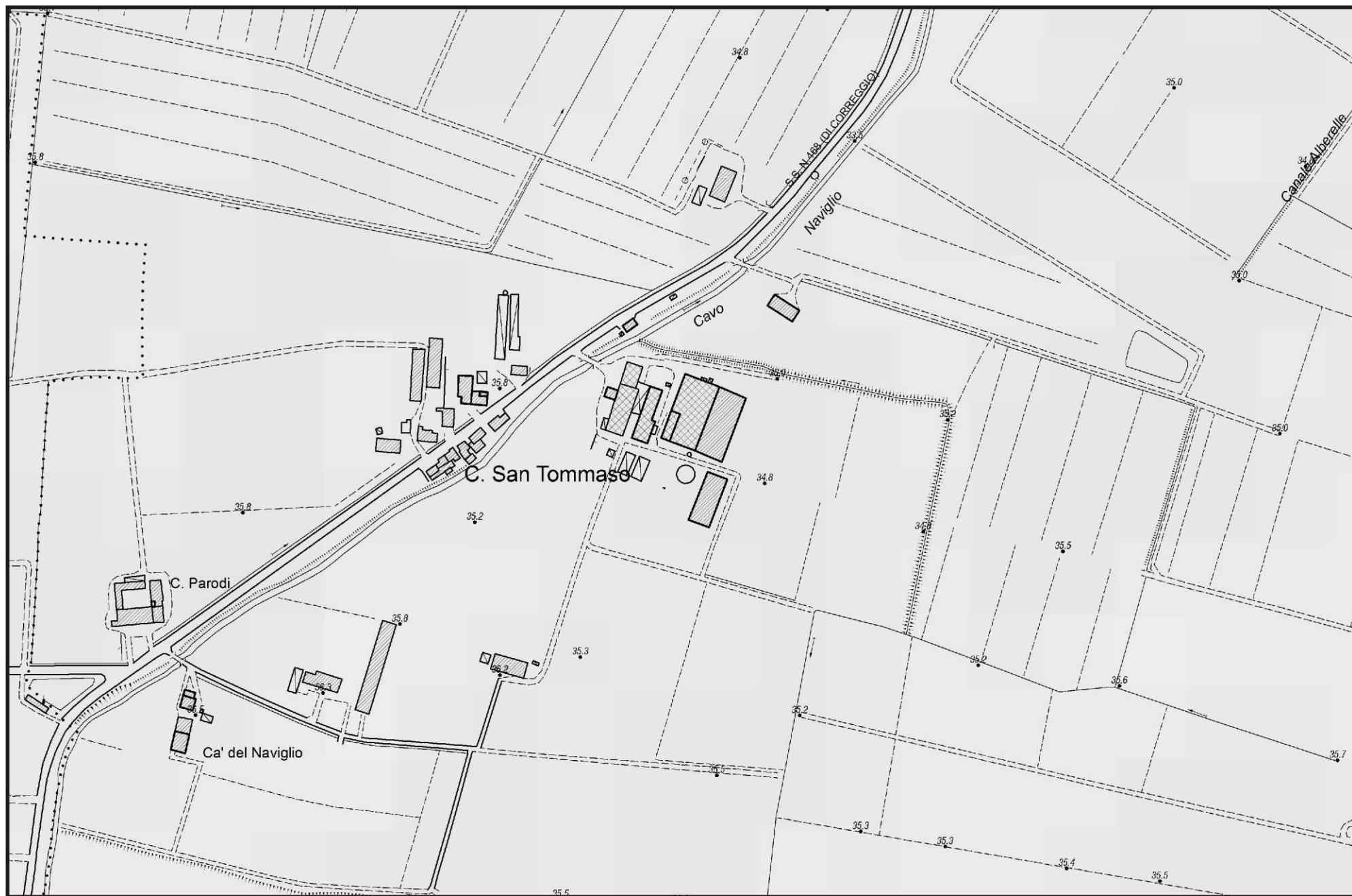
Il regime pluviometrico della zona è di tipo continentale. Il valore medio annuo delle precipitazioni è di 683 mm con punte massime di piovosità in primavera (184 mm) ed in autunno (187 mm).

La temperatura media mensile annua è di 12.7 °C, con valori medi massimi di 29.8 °C, per il mese di luglio, e minimi di - 2.3 °C, per il mese di gennaio.

L'escursione annua è quindi di 32.1 °C.

# STRALCIO DALLA C.T.R. IN SCALA 1: 5000

Elemento n° 201051 - Case Matte



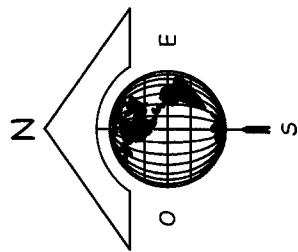
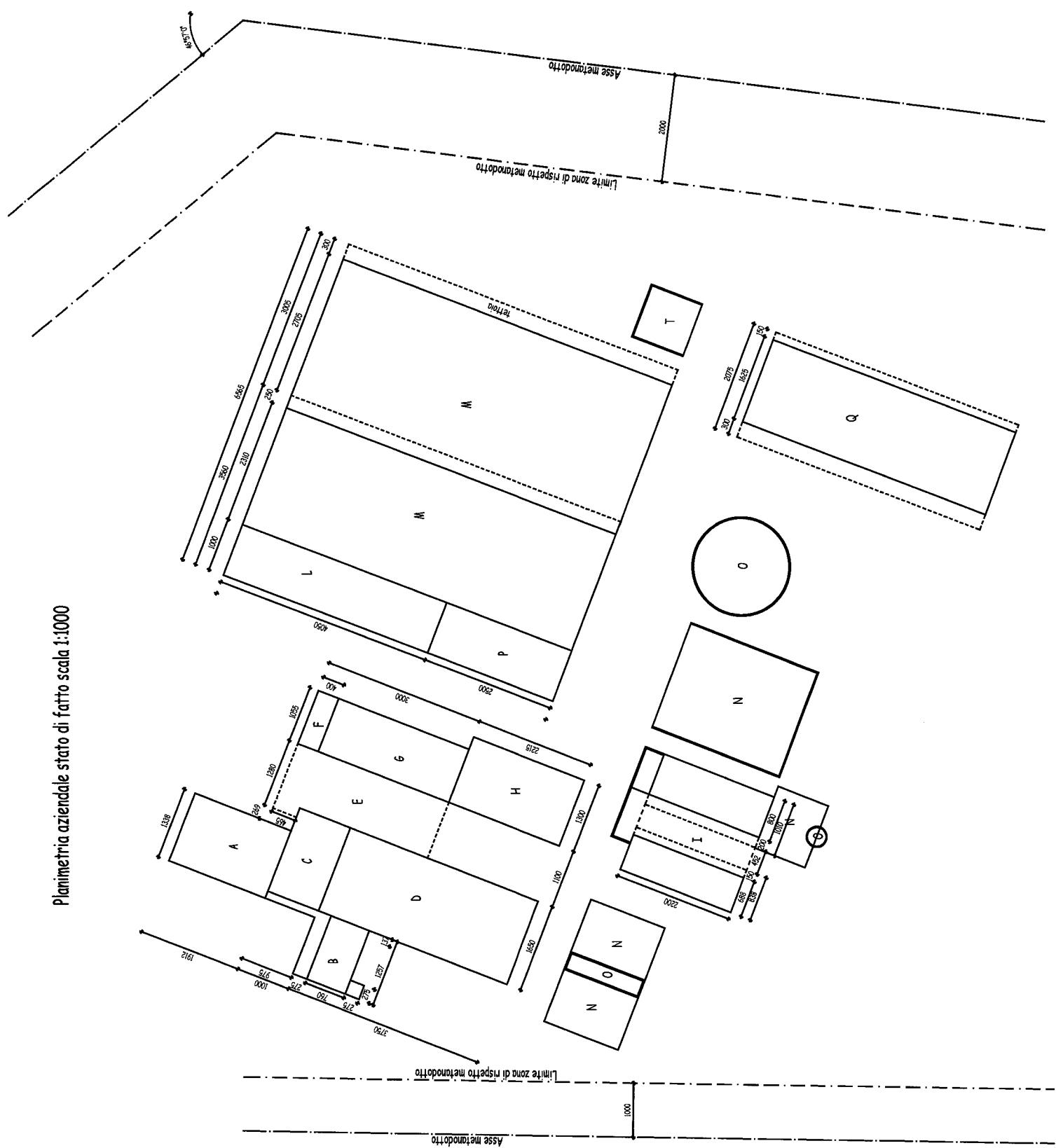
17-Nov-2017 16:26:34  
Prot. n. T246808/2017

Scala originale: 1:2000  
Dimensione cornice: 776.000 x 552.000 metri

Comune: CORREGGIO  
Foglio: 70

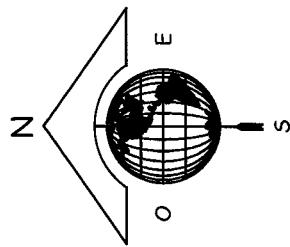
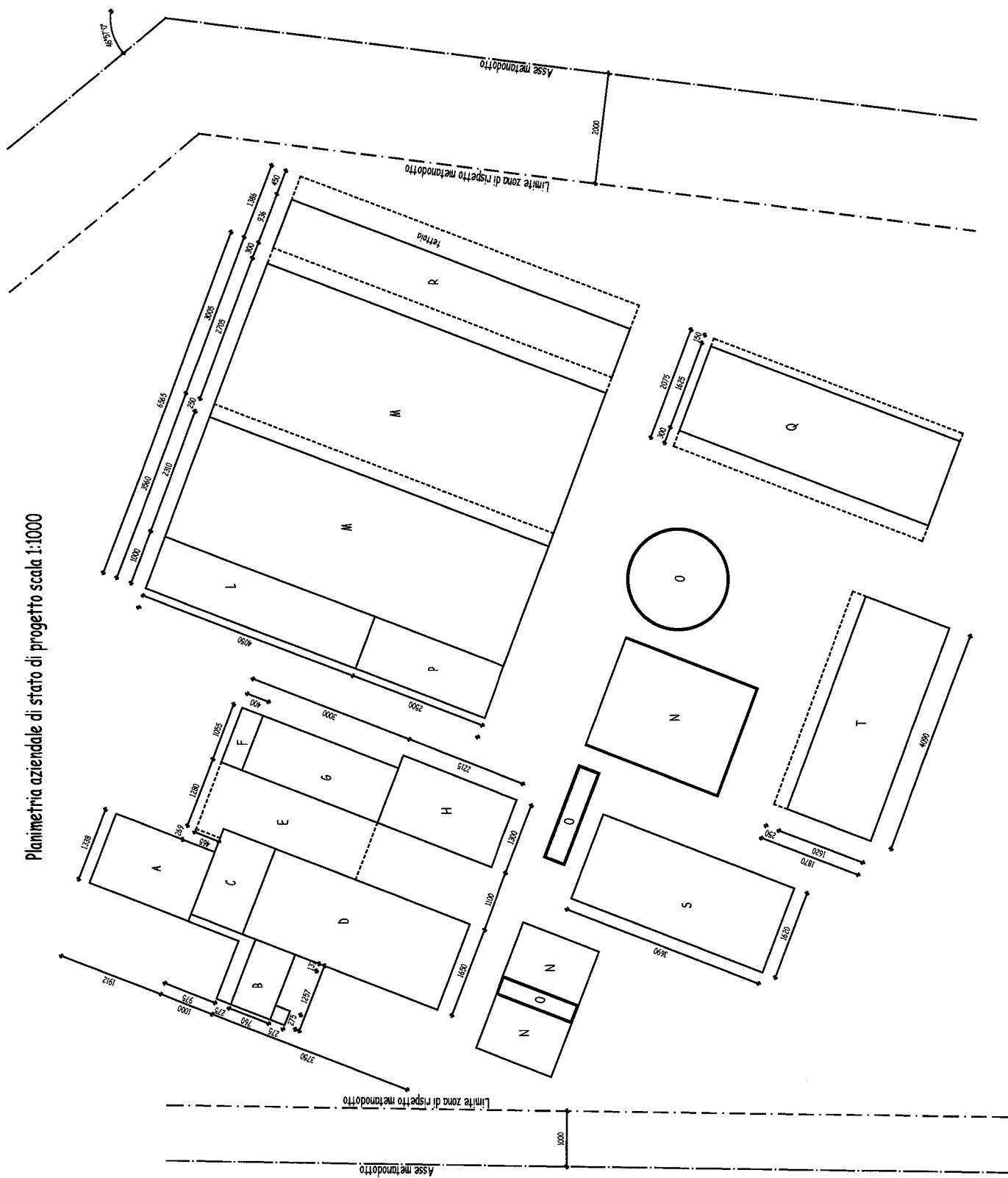


Pianimetria aziendale stato di fatto scala 1:1000



LEGENDA FABBRICATI	
A	abitazione
B	autonemissa
C	portico
D	ricovero attrezzi agricoli
E	tettoia
F	servizi
G	ricovero attrezzi agricoli
H	ricovero attrezzi agricoli
I	stalla per la rimonta interna
L	salto di mangiatoia, servizi, box vitelli
M	stalla a stabbulazione libera
N	piattaforma letame
O	Vasca liquami
P	Essiccatore per foraggi
Q	Fienile
T	piattaforma di stoccaggio letame

Planimetria aziendale di stato di progetto scala 1:1000



LEGENDA FABBRICATI

A	diluizione
B	autotrennsu
C	porto
D	ricovero attrezzi agricoli
E	tettola
F	servizi
G	ricovero attrezzi agricoli
H	ricovero attrezzi agricoli
I	stalla per la rimonta interna
L	solo di magazzino, servizi, box vitelli
M	stalla a stabulazione libera
N	pista di lancio
O	vasca di igiene
P	Esaurimento per irrigazione
Q	Fienile
R	Ampiamento stalla in progetto
S	Ricovero attrezzi agricoli in progetto
T	Preparazione, riuso e dimostrazione dei bovini in progetto

### **3. INQUADRAMENTO TETTONICO E CENNI DI GEOLITOLOGIA**

L'intero territorio del Comune risulta compreso nel bacino subsidente pliocenico-quaternario della Pianura Padana, costituito da un'ampia depressione a stile compressivo colmata da sedimenti mesozoici, terziari e quaternari.

I litotipi che compongono il primo sottosuolo, in relazione alle evoluzioni idrografiche di fiumi e torrenti, hanno un andamento lentiforme, discontinuo, con passaggi laterali e verticali da una componente granulometrica all'altra più o meno graduali.

Dal punto di vista stratigrafico, il territorio in esame si presenta quindi di una complessità non trascurabile dovuta a migrazioni di fiumi e torrenti, al costipamento differenziato dei sedimenti fluviali, nonché al massiccio intervento antropico volto alla regimazione dei corsi d'acqua, con tutta una serie di deviazioni, canalizzazioni e bonifiche.

Consultando la cartografia geologica ufficiale, si può facilmente notare come il territorio in esame si trovi a E/SE dell'asse di un'anticlinale sepolta che, con direzione SW/NE, costituisce le ultime propaggini della dorsale ferrarese (cf. Foglio n° 74 - Reggio nell'Emilia).

In questa località l'Agip Mineraria ha effettuato una serie di trivellazioni per la ricerca di idrocarburi, il più profondo dei quali raggiunge i 2605 m.

I dati forniti da queste indagini hanno consentito di quantificare lo spessore dei sedimenti e delle alluvioni quaternarie in circa 1000 m; tuttavia, secondo quanto riportato dal "Rilevamento-studio delle risorse idriche sotterranee nel territorio della provincia di Reggio Emilia", edito dall'Amministrazione provinciale, il limite effettivo delle conoscenze stratigrafiche è di 220 m dal piano campagna.

Utilizzando una sezione riportata nello studio in precedenza citato, si nota che, a intervalli regolari, abbiamo numerosi livelli sabbiosi che si alternano alla prevalente massa limo-argillosa.

Caratteristica principale di questi sedimenti è infatti la prevalenza di materiali limo-argillosi rispetto a quelli permeabili.

La carta geologica del Servizio Geologico d’Italia mostra inoltre come il territorio in esame si caratterizzi per la presenza, in superficie, di alluvioni oloceniche prevalentemente argillose, appartenenti al cosiddetto *alluvium antico* (a<sub>1</sub>).

La “Carta della litologia di superficie” (cf. stralcio in scala 1 : 25.000) evidenzia che l’area in esame ricade su “depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose in subordine” che sia ad oriente sia ad occidente sfumano in “depositi prevalentemente argillosi o argilloso-limosi”, tutti di età olocenica.

Le prove penetrometriche statiche effettuate per accertare la reale natura del primo sottosuolo, spinte sino alla profondità di 18 m dalla quota dell’attuale piano cortilivo, avallando le caratteristiche del deposito riportate in carta, hanno riscontrato che, sino alla profondità di 10÷11 m, vi sono in prevalenza limi ma anche argille, talora organiche, a cui si alternano livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. A questi terreni, con un modesto grado di consolidazione, seguono sedimenti di natura prevalentemente coesiva, argille talora organiche in genere con un elevato grado di consolidazione.

#### **4. METODOLOGIA D’INDAGINE**

Le caratteristiche geomeccaniche del terreno vengono determinate sulla base dei dati acquisiti con tre prove penetrometriche.

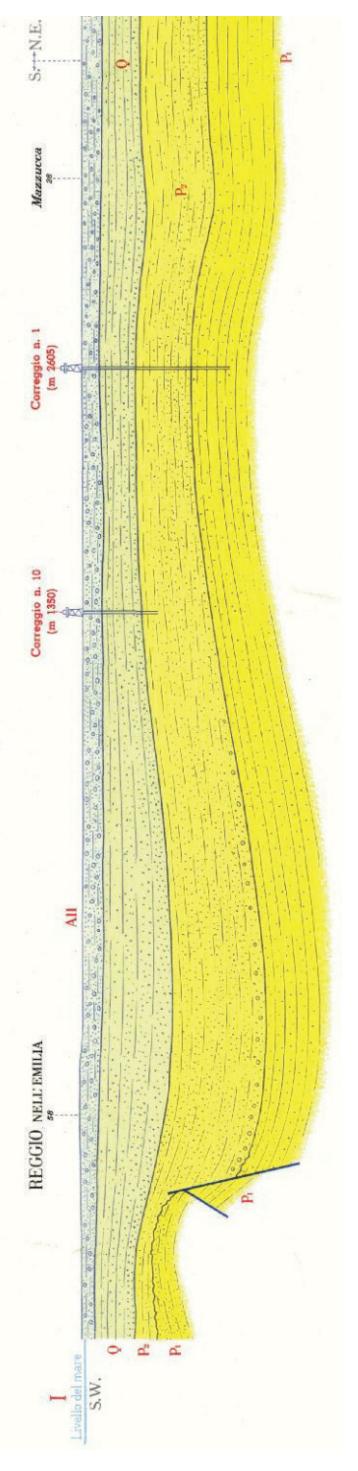
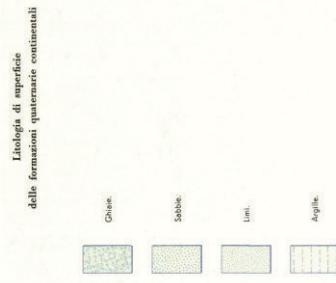
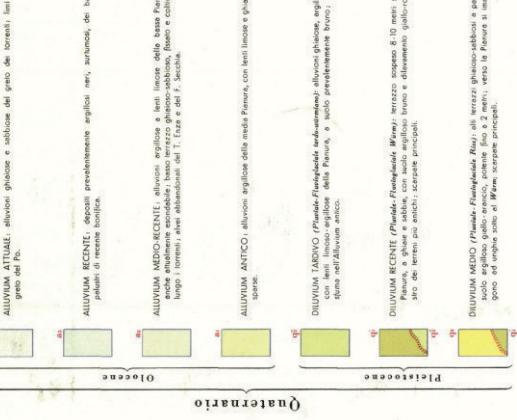
Le penetrometrie sono state eseguite utilizzando un penetrometro statico tipo GOUDA da 15 t.

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ( $v = 2 \text{ cm/sec} \pm 0.5 \text{ cm/sec}$ ).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

# CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

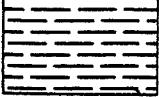
=oglio n° 74 - Reggio nell'Emilia

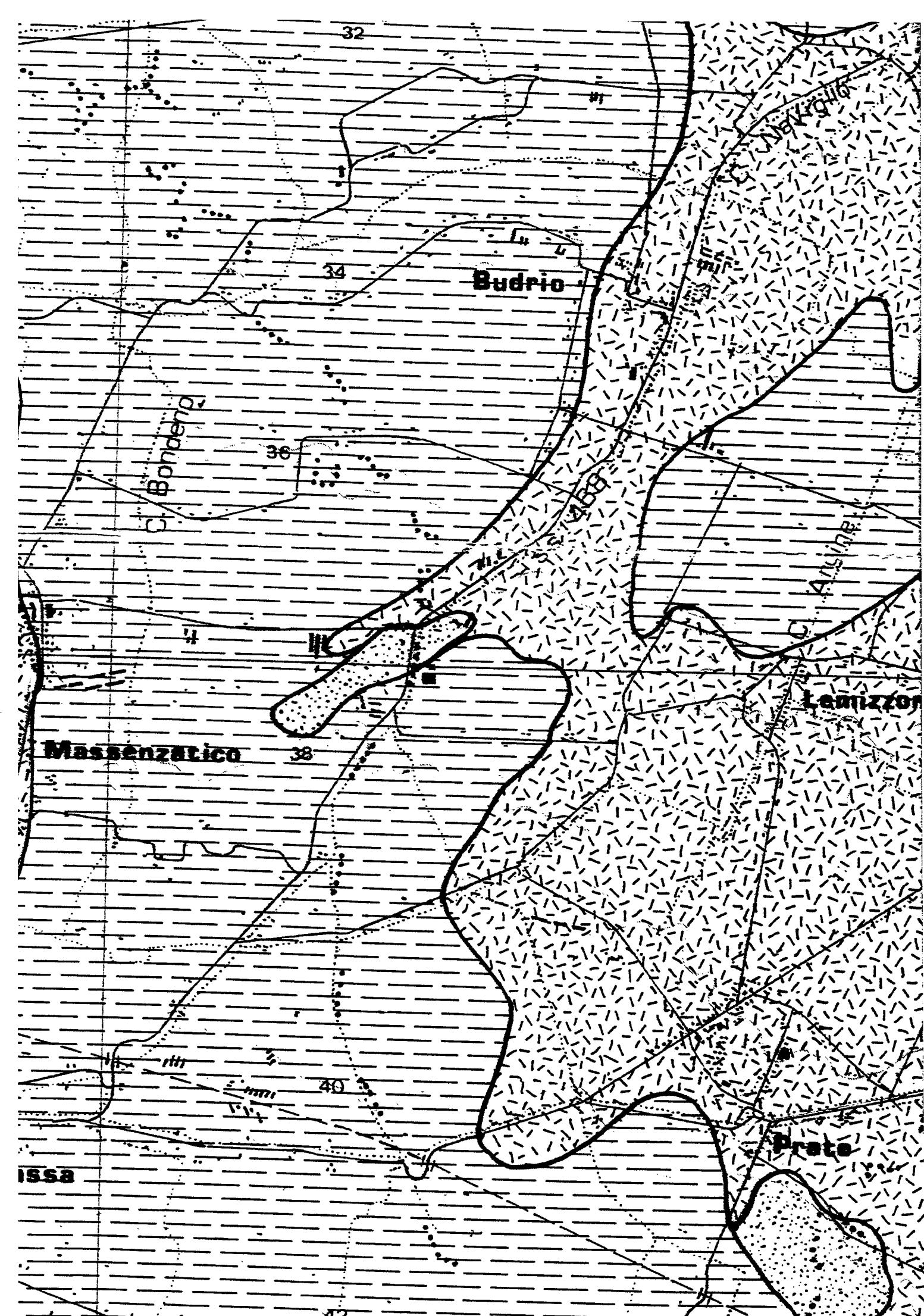


## **CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE**

**(SCALA 1 : 25.000)**

### **LEGENDA**

-  Depositi prevalentemente argillosi o argilloso-limosi. Dlocene
-  Depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose in subordine. Dlocene
-  Depositi prevalentemente sabbiosi, con scarse lenti di ghiaie fini e/o di limi. Pleistocene sup.-Dlocene
-  Depositi di ghiaie eterometriche alternati a livelli con granulometria più fine. Pleistocene sup. (Wurm)-Dlocene
-  Ghiaie grossolane debolmente cementate con lenti di sabbie e limi sabbiosi. Limi eolici (Loess) dell' altopiano del Ghiardo. Riss
-  Conglomerati sabbioso-arenacei con clasti alterati. Mindel



Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico.

La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura all'attrito laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono  $\phi = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono  $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto  $m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'approfondimento.

Nei diagrammi e tavelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- $R_p (\text{Kg/cm}^2)$  = resistenza alla punta (conica)
- $R_L (\text{Kg/cm}^2)$  = resistenza laterale (manicotto)

(la resistenza alla punta  $R_p$  e la resistenza laterale  $R_L$  sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto  $R_p/R_L$  fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di  $R_p$  e del rapporto  $FR = (R_L/R_p) \%$  (esperienze di Schmertmann - 1978).

Sempre con riferimento alle prove penetrometriche statiche CPT, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata  $C_u$ , angolo di attrito interno efficace  $\phi'$ , densità relativa  $D_r$ , modulo edometrico  $M_o$ , moduli di deformazione non drenato  $E_u$  e drenato  $E'$ , peso di volume  $Y$ , ecc.).

## 5. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E PARAMETRI GEOTECNICI

Per ogni indagine sono stati individuati i vari strati a cui si attribuiscono le caratteristiche litologiche ed i parametri geotecnici caratteristici:

### PROVA PENETROMETRICA CPT1

Strato	Descri- zione	Quota iniziale [m]	Quota finale [m]	Spes- sore [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	Cu [kN/m <sup>2</sup> ]	$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Mo [kN/m <sup>2</sup> ]	E [kN/m <sup>2</sup> ]
A	Argille ad elevata componente organica e torbosa	0,0	4,0	4,0	18,14	19,12	18,0	39,22	7,84	3922,0	2941,0
B	Argille talora organiche con livelli di limi sabbiosi	4,0	5,8	1,8	17,65	18,14	15,0	29,41	4,9	2941,0	1961,0
C	Sabbie limose e sabbie	5,8	6,8	1,0	18,63	19,12	30,0	0,0	0,0	8825,0	7845,0
D	Argille organiche con livelli di limi sabbiosi	6,8	9,5	2,7	17,65	18,14	15,0	34,32	7,84	3432,0	2941,0
E	Argille organiche	9,5	11,0	1,5	18,14	19,12	18,0	49	9,81	4903,0	3922,0
F	Argille	11,0	---	---	18,63	19,12	20,0	98	19,61	9803,0	8825,0

PROVA PENETROMETRICA CPT2

Strato	Descri- zione	Quota iniziale [m]	Quota finale [m]	Spes- sore [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	Cu [kN/m <sup>2</sup> ]	$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Mo [kN/m <sup>2</sup> ]	E [kN/m <sup>2</sup> ]
A	Argille ad elevata componente organica e torbosa con sottili livelli di limi sabbiosi e sabbie limose	0,0	5,0	5,0	18,14	19,12	18,0	39,22	7,84	3922,0	2941,0
B	Argille talora organiche con livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie	5,0	9,0	4,0	17,65	18,14	15,0	29,41	4,9	2941,0	1961,0
C	Argille talora organiche	9,0	11,0	2,0	18,14	19,12	18,0	49	9,81	4903,0	3922,0
D	Argille	11,0	---	---	18,63	19,12	20,0	98	19,61	9803,0	8825,0

PROVA PENETROMETRICA CPT3

Strato	Descri- zione	Quota iniziale [m]	Quota finale [m]	Spes- sore [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	Cu [kN/m <sup>2</sup> ]	$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Mo [kN/m <sup>2</sup> ]	E [kN/m <sup>2</sup> ]
A	Argille talora organiche con livelli di limi sabbiosi	0,0	3,0	3,0	18,14	19,12	18,0	39,22	7,84	3922,0	2941,0

B	Argille talora organiche con livelli di limi sabbiosi e sabbie limose	3,0	7,5	4,5	17,65	18,14	15,0	29,41	4,9	2941,0	1961,0
C	Argille talora organiche con livelli di limi sabbiosi	7,5	11,0	3,5	17,65	18,14	15,0	34,32	7,84	3432,0	2941,0
D	Argille	11,0	---	---	18,63	19,12	20,0	98	19,61	9803,0	8825,0

dove:

$\gamma$  = peso di volume;

$\gamma_{\text{sat}}$  = peso di volume saturo;

$C_u$  = coesione non drenata;

$c'$  = coesione efficace;

$\phi'$  = angolo di attrito;

$M_o$  = modulo edometrico;

$E$  = modulo elastico.

## **6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E LOCALE**

L'acquifero che si rinviene nel territorio del Comune di Correggio (RE) è ascrivibile all'Unità Idrogeologica della Media Pianura.

In realtà, quest'ultima è costituita da un insieme di unità idrogeologiche appenniniche, malamente individuabili e suddividibili, che possono essere accumunate in un'unica unità dalle caratteristiche abbastanza omogenee.

I limiti territoriali di questa zona sono infatti molto sfumati verso sud mentre sono abbastanza netti verso nord, a confine con l'Unità idrogeologica del Po.

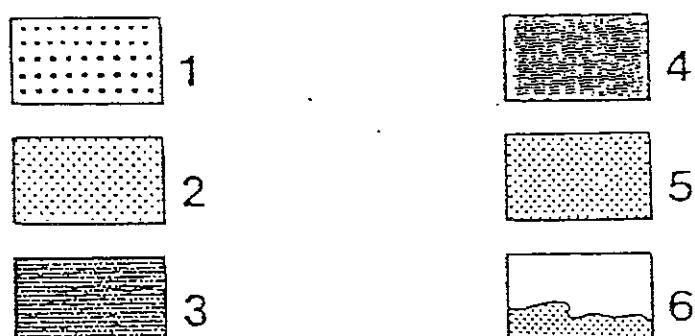
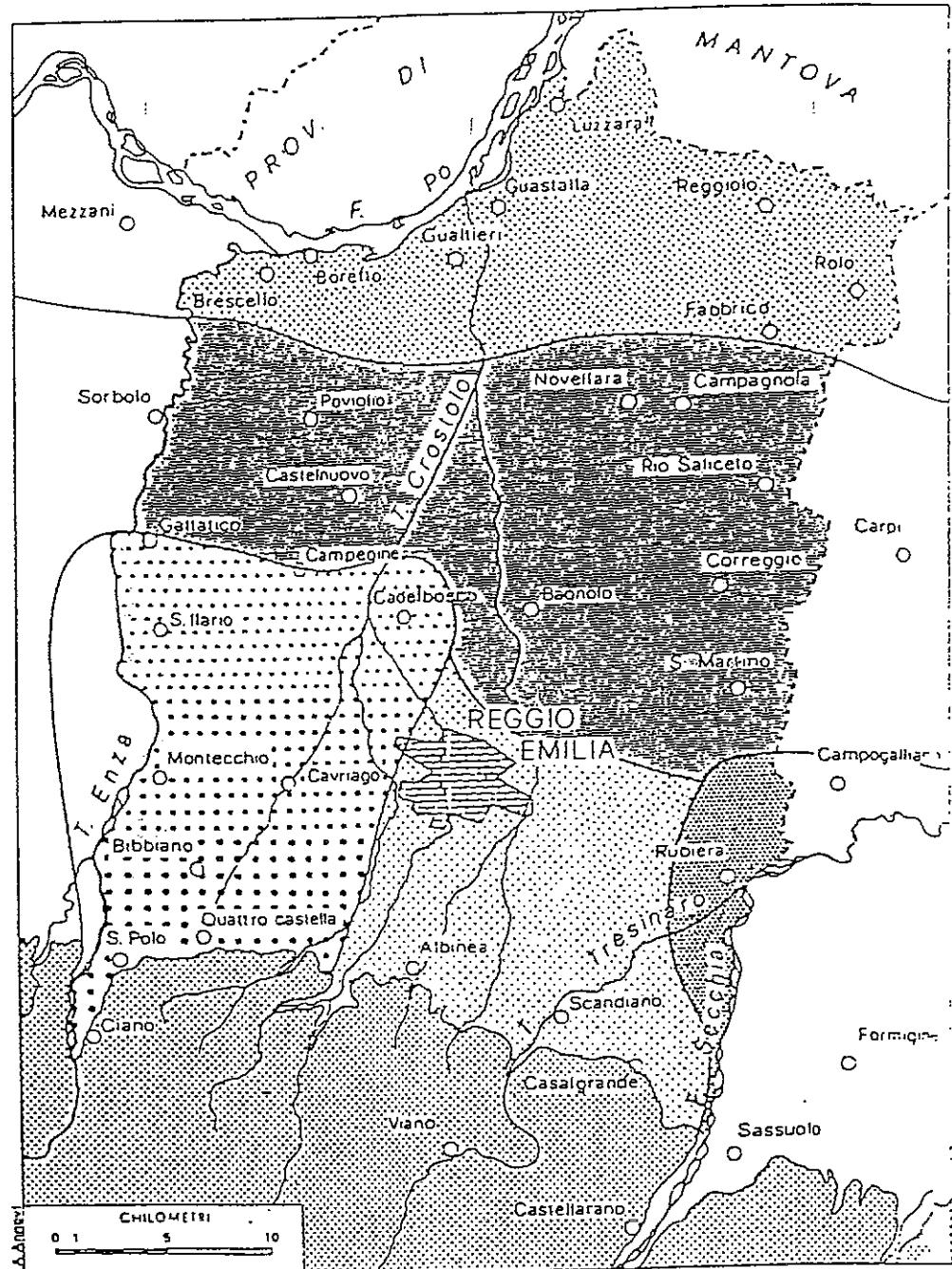
La caratteristica principale di questa unità è la prevalenza di materiali limo-argillosi impermeabili rispetto a quelli permeabili: si tratta pertanto di una zona povera di acque sotterranee.

I materiali permeabili, acquiferi, sono rappresentati da sabbie (le ghiaie sono quasi assenti) in lenti sottili e discontinue. L'alimentazione delle falde è ancora di provenienza appenninica, dalle falde delle conoidi dell'Enza, del Secchia e dei corsi d'acqua minori; l'infiltrazione diretta, dal suolo, è invece molto limitata. È altresì accertato che, a profondità superiori ai 300 metri, le falde hanno spessore e continuità maggiore, ma cambia sensibilmente il chimismo dell'acqua. I numerosi dati acquisiti con perforazioni per pozzi idrici e sondaggi geognostici effettuati nel territorio hanno consentito di ricostruire, per i primi 220 metri del sottosuolo, la serie idrogeologica locale.

La serie è stata ricreata nell'ambito di studi territoriali quali il "Rilevamento-studio delle risorse idriche sotterranee nel territorio della provincia di Reggio Emilia" - Edito dall'Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia e lo "Studio geologico del territorio di media pianura: Comprensorio Carpi-Correggio".

Come in precedenza accennato, nel territorio in esame, l'acquifero si caratterizza per l'alternanza di litotipi argillosi e argilloso-limosi con frequenti lenti di sabbia.

La serie può essere così sintetizzata:

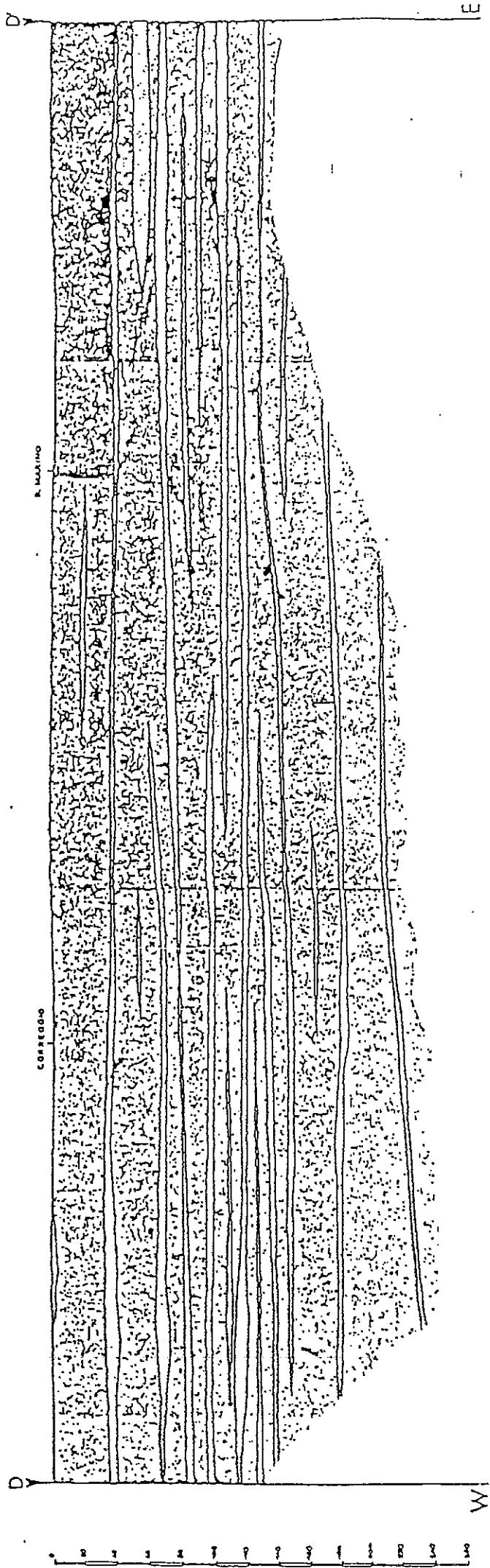


L'elaborato è tratto da "Indagine sullo stato delle acque sotterranee della pianura reggiana"; 1988 - Amministrazione Provinciale di Reggio nell'Emilia

- a) orizzonte a litologia variabile, della potenza di 15-20 metri, costituito da un'alternanza di livelli lentiformi formati da argille, torbe e sabbie medio-fini talvolta affioranti; all'interno del suddetto orizzonte è sempre presente, in livelli sabbiosi di paleoalveo a struttura spiccatamente lentiforme, l'acquifero freatico direttamente interessato da ricarica per infiltrazione dalla superficie;
- b) unità sostanzialmente impermeabile formata prevalentemente da limi e argille - potenza da 15 a 30 m;
- c) orizzonte permeabile, formato da sabbie fini, avente uno spessore variabile tra 3 e 6 m, che di solito si riscontra tra -35 e -45 m dal p.c.; è questo il primo acquifero artesiano che è tuttavia permeato da acque di qualità scadente;
- d) complesso impermeabile, dello spessore di 20/40 m, formato da livelli argillosi più o meno limosi con locali intercalazioni sabbioso fini limose;
- e) livello sostanzialmente sabbioso, della potenza di 3/6 metri, rinvenibile mediamente tra -60 e -80 m dal p.c., permeato da acque dolci;
- f) orizzonte impermeabile, della potenza di 25/35 m, che si riscontra tra -80 e -110 m dal p.c., che ingloba lenti sabbiose - sabbioso fini;
- g) unità permeabile sostanzialmente sabbiosa, della potenza di 2/5 m, rilevabile tra 90 e 120 m dal p.c.;
- h) insieme impermeabile, prevalentemente argilloso limoso, posto generalmente tra 120 e 160 m dal p.c.;
- i) livello permeabile, avente uno spessore medio di cinque metri, posto tra 160 e 190 metri dal p.c.;
- l) insieme impermeabile, prevalentemente argilloso limoso, avente uno spessore di 20/30 m, posto tra 180 e 210 m dal p.c.;
- m) livello permeabile, in litotipi prevalentemente sabbiosi, avente uno spessore di 3/8 m, posizionato tra 190 e 220 m dal p.c.

Come è facilmente intuibile, tale schematizzazione è puramente indicativa, vista l'estrema variabilità laterale e verticale dei depositi in esame.

L'elaborato è tratto da "Studio geologico del territorio di media pianura: Compressoio Carpi-Correggio"



## **7. IDROGEOLOGIA DELLA FALDA FREATICA**

Come in precedenza evidenziato, sul territorio sono stati effettuati numerosi studi che, tra l'altro, si sono proposti di ricostruire, in dettaglio, l'assetto idrogeologico della falda freatica. La morfologia della superficie freatica è stata pertanto desunta da rilevazioni del livello statico in pozzi a grande diametro.

In tal senso, il Prof. Maurizio Pellegrini, Ordinario di Geologia Applicata presso l'Università degli Studi di Modena, nell'indagine geologico-ambientale allegata alla Variante Generale al P.R.G., riprendendo studi precedenti effettuati dal Prof. Sergio Tagliavini, per decenni docente di geologia dell'Università degli Studi di Parma, afferma che “Dalla morfologia della superficie freatica, possiamo notare che questa coincide con l'andamento della superficie topografica e presenta quindi un andamento complessivamente Sud/Ovest-Nord/Est, caratteristico di questo tratto della media pianura. I gradienti idraulici sono molto bassi e oscillano attorno a valori dell'1-3%”.

In effetti, la conformazione della falda freatica, oltre che dall'assetto topografico, è condizionata dall'andamento del substrato impermeabile, dai valori di trasmissività dell'acquifero, dal reticolo idrografico superficiale e dai terreni affioranti al piano campagna.

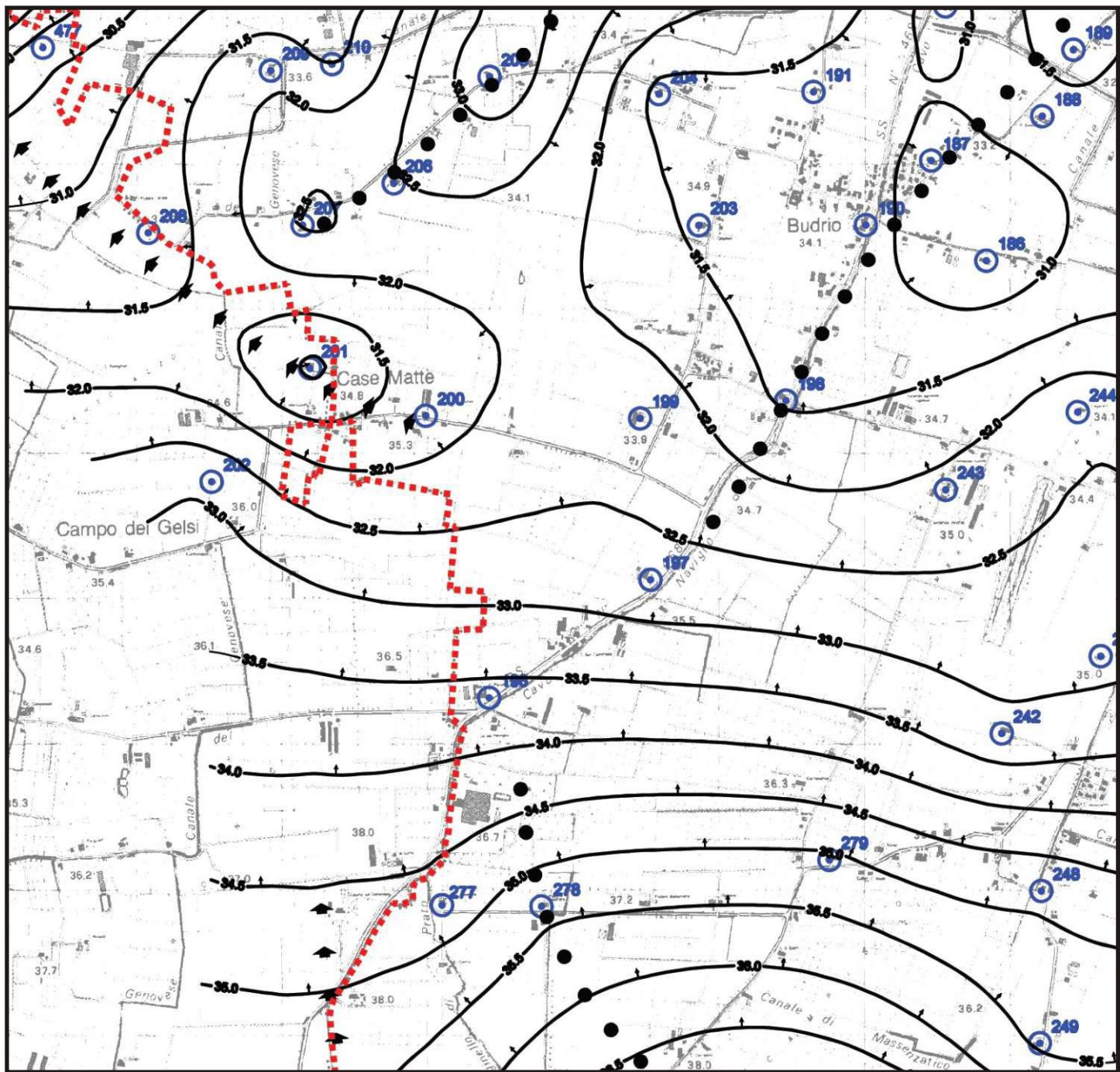
Nel territorio il deflusso delle acque presenta un andamento da sud verso nord in direzione di un'asse di drenaggio idrico sotterraneo principale che lambisce la periferia ovest dell'abitato di Correggio. Come si evince dalla carta delle isopieze freatiche, tratta dalla tav. G3 del P.S.C. del Comune di Correggio, l'area in esame ricade all'altezza di uno spartiacque idrico sotterraneo principale che in questa zona, verso settentrione, in direzione dell'abitato di Budrio, ripercorre l'andamento della strada provinciale e del Cavo Naviglio (cf. stralcio in allegato).

La carta idrogeologica evidenzia altresì che, nel territorio in esame, l'acqua di falda è posta a 1.5÷2 m di profondità rispetto alla quota del piano campagna.

Le verifiche effettuate nei fori di sonda al termine delle indagini hanno riscontrato che il livello statico della falda si è in breve tempo stabilizzato alla profondità di 1.2÷1.3 m.

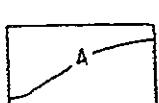
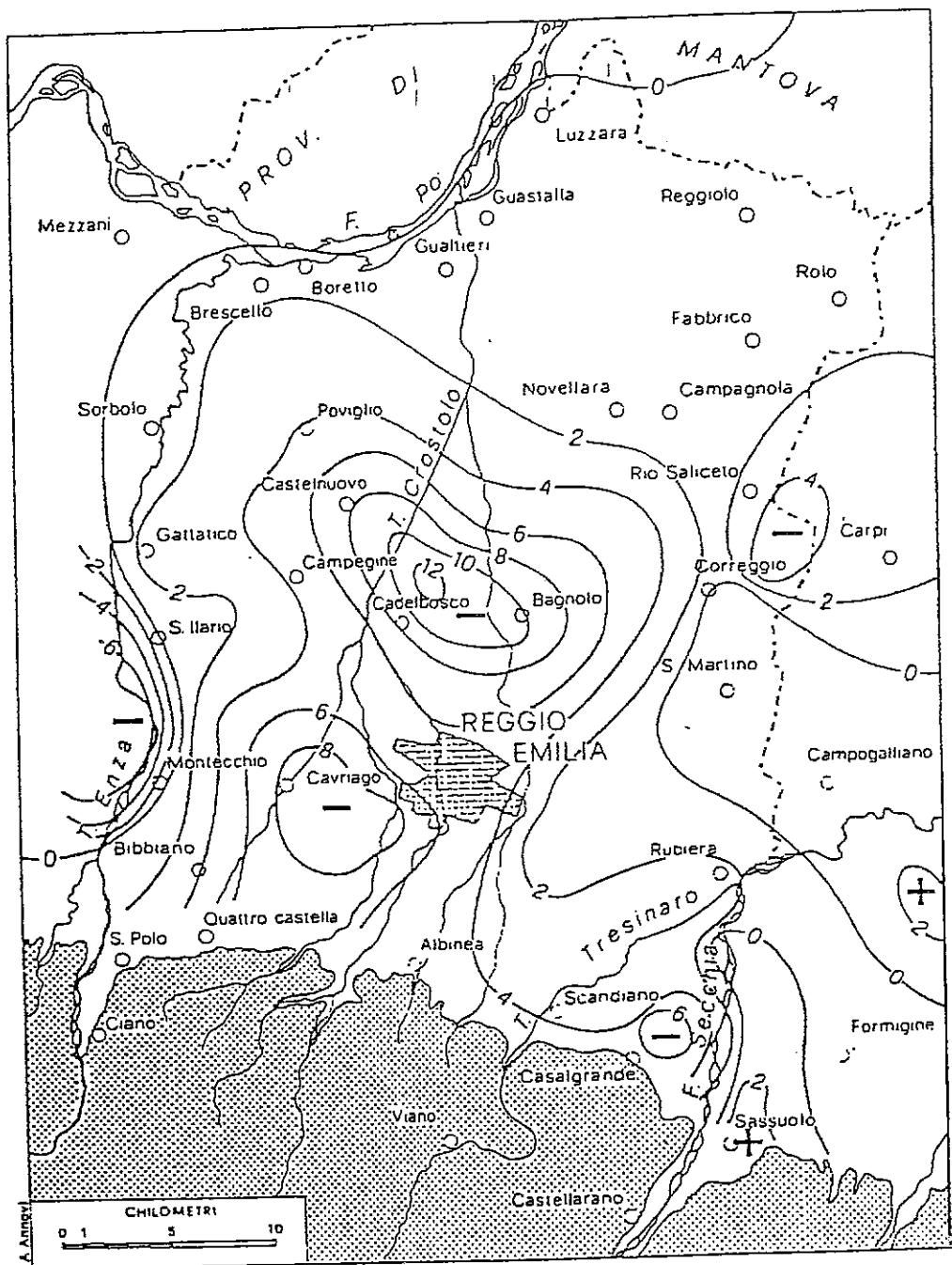
## **CARTA DELLE ISOPIEZE DELLA FALDA FREATICA**

## Stralcio tratto dalla tav. G3 del P.S.C. del Comune di Correggio

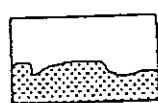


## LEGENDA





1



2

L'elaborato è tratto da "Indagine sullo stato delle acque sotterranee della pianura reggiana"; 1983 - Amministrazione Provinciale di Reggio nell'Emilia

Essendo state realizzate all'inizio di giugno, prima quindi del periodo estivo normalmente maggiormente siccioso, è normale che il livello sia stato riscontrato leggermente più vicino alla superficie rispetto a quanto la carta tematica invece ci indica.

A prescindere da anomalie ascrivibili ad interventi di origine antropica, tali da aver localmente alterato l'assetto idrogeologico del primo sottosuolo, che il territorio in esame non sia soggetto a sostanziali variazioni del livello statico della falda ci viene del resto testimoniato dalla Figura n° 2 tratta da “Indagine sullo stato delle acque sotterranee nella pianura reggiana; 1988 - Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia”. La carta evidenzia infatti che nel territorio in esame, situato a sud dell'abitato di Correggio Budrio, ad occidente dell'abitato di San Martino in Rio, la variazione di livello statico delle falde sotterranee deve essere considerata praticamente nulla.

## **8. RISCHIO IDRAULICO**

Ponendosi l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture, la Regione Emilia-Romagna ha predisposto un “Piano di gestione del rischio di alluvioni”.

Redatto in conformità con quanto previsto lo studio ha privilegiato un approccio di pianificazione a lungo termine, scandito in tre tappe successive e tra loro concatenate:

- fase 1: una valutazione preliminare del rischio di alluvioni (entro il 22 settembre 2011);
- fase 2: elaborazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione (entro il 22 dicembre 2013);
- fase 3: predisposizione ed attuazione di piani di gestione del rischio di alluvioni (entro il 22 dicembre 2015).

Secondo le direttive del Piano, adottato il 17 dicembre 2015 ed approvato il 3 marzo 2016 dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali, tutto il territorio della Regione Emilia-

Romagna è stato interessato da tre nuovi Piani: il PGRA del distretto padano, il distretto dell'Appennino Settentrionale e quello dell'Appennino Centrale.

Secondo le direttive dell'art. 6 dalla Direttiva Europea 2007/60/CE e dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010, sono state restituite specifiche mappe della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti differenziandole rispetto agli ambiti territoriali in cui viene restituita una distinzione fra un “reticolo naturale principale e secondario” ed un “reticolo secondario di pianura” (cf. stralci in allegato). Nella fattispecie, sono state analizzate le tavole 201NO – Correggio che, nel caso del “reticolo naturale principale e secondario”, più diffusamente nel territorio di Correggio e nello specifico nella zona esaminata posta a sud dell'abitato di Budrio non individuano elementi di pericolosità e di rischio.

Per quanto concerne invece l'ambito territoriale in cui viene analizzato il “reticolo secondario di pianura”, rispetto alla mappa di pericolosità si evince che l'area in esame può essere interessata da alluvioni poco frequenti con una media probabilità nel tempo di ritorno tra i 100 ed i 200 anni (scenario di pericolosità P2 – M) mentre per quanto riguarda la mappa del rischio, trattandosi di un'area già da tempo edificata, essa viene considerata a rischio medio (R2), in un ambito generale tuttavia in cui il rischio viene considerato moderato o nullo (R1).

Nel rispetto di quanto individuato in mappa, ci si dovrà pertanto attenere alle disposizioni specifiche riportate al punto 5.2 della normativa secondo le quali si dovrà garantire, anche a tutela della vita umana, misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture nonché, nel rispetto dell'invarianza idraulica, interventi finalizzati a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e che siano atti a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

Si fa pertanto qui presente che quanto in progetto, in sede di rilascio del titolo edilizio, dovrà fornire i possibili accorgimenti necessari per mitigare il rischio e garantire la compatibilità degli interventi con le condizioni di pericolosità.

In tal senso, si ritiene opportuno qui di seguito riportare quanto puntualizzato in normativa e che dovrà essere verificato dall'Amministrazione Comunale competente:

*a. Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture:*

*a.1. la quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione;*

*a.2. è da evitare le realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio:*

*- le pareti perimetrali e il solaio di base siano realizzati a tenuta d'acqua;*

*- vengano previste scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani;*

*- gli impianti elettrici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto anche in caso di allagamento;*

*- le aperture siano a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee;*

*- le rampe di accesso siano provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc);*

*- siano previsti sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica.*

*Si precisa che in tali locali sono consentiti unicamente usi accessori alla funzione principale.*

*a.3. favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.*

*La documentazione tecnica di supporto alla procedura abilitativa deve comprendere una valutazione che consenta di definire gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità idrauliche rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione.*

Tutto ciò premesso, vista la morfologia dei luoghi, in relazione alle accertare caratteristiche geomeccaniche dei terreni ed all'idrogeologia del territorio, si può sintetizzare quanto segue:

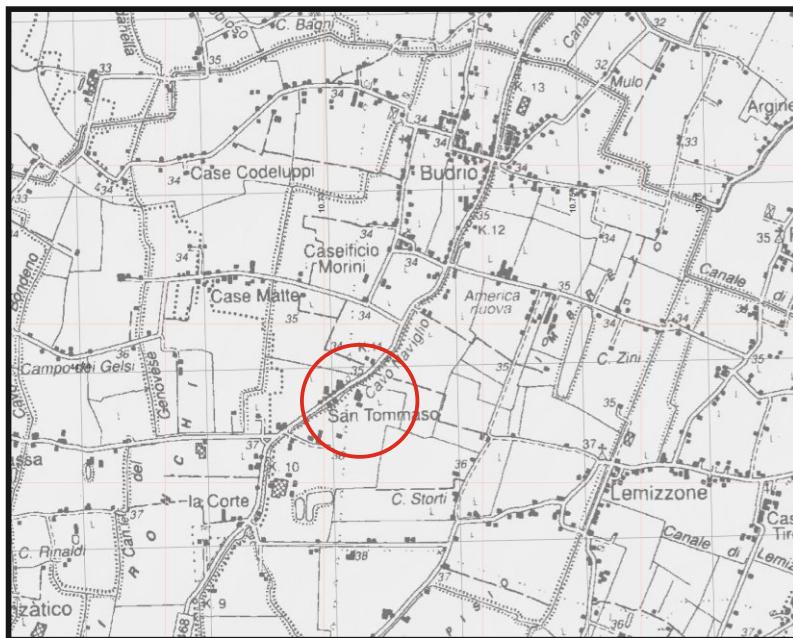
- 1 - per l'area esaminata dovrà essere tenuta la medesima quota di quella su cui insistono i preesistenti fabbricati dell'azienda, già più alta rispetto al piano campagna esistente e di per stessa quindi meno esposta ad eventuali eventi che possano comportare un allagamento;
- 2 - così operando, le strutture in elevazione, in relazione anche al corretto utilizzo di idonee malte cementizie, saranno ancor più tutelate dalla risalita dell'acqua di falda per via capillare;
- 3 - in tal senso, occorre tuttavia tener presente che nel corso delle indagini, in sintonia con le indicazioni delle carte tematiche, è stata riscontrata una profondità di falda ben superiore al metro rispetto alla quota del piano campagna, in base alle carte tematiche conservativa nel tempo e quindi tale da poter considerare scarso il rischio derivante da una sua interazione con il piano d'appoggio delle fondazioni;
- 5 - le indagini hanno messo chiaramente in risalto che i livelli di natura granulare che alimentano la falda sono nei primi metri immersi in una preponderante massa coesiva, argille tra l'altro di natura organica e torbosa, materiali quindi impermeabili che, se direttamente presenti alla base delle fondazioni, facilitano il ristagno e l'ammollimento e contribuiscono ad innescare processi di plasticizzazione;
- 6 – per non contribuire quindi ad incrementare i cedimenti attesi, come detto dovuti alla presenza in profondità di materiali con caratteristiche geomeccaniche relativamente modeste (cf. capitolo 5 - caratteristiche stratigrafiche e parametri geotecnici), si dovrà pertanto aver cura di raccogliere ed allontanare, in direzione della rete fognaria principale, tutte le acque di scarico mediante l'utilizzo di condutture e raccordi a perfetta tenuta;
- 7 - in relazione a quanto riportato dal punto a.3, per favorire il rapido deflusso delle acque di esondazione, si dovrà infine aver cura di verificare la costante efficienza della rete scolante.

**Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla  
valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni  
Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti  
(art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)**

Ambito territoriale: Reticolo naturale principale e secondario  
Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità  
di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

201NO - CORREGGIO

**MAPPA PERICOLOSITÀ**



**Scenari di Pericolosità**

- P3 – H (Alluvioni frequenti; tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 – M (Alluvioni poco frequenti; tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

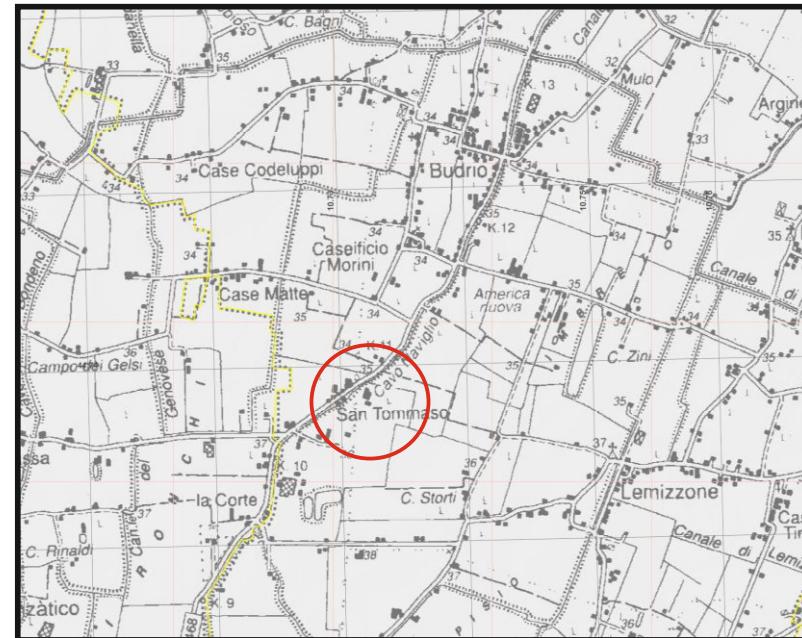
**Legenda**

- Arearie Protette**
- Zone Parco
  - SIC - ZPS

**Elementi Potenzialmente Esposti**

- |   | areali | puntuali | lineari |
|---|--------|----------|---------|
| Zone urbane   |        |          |         |
| Attività produttive   |        |          |         |
| Strutture strategiche e sedi di attività collettive   |        |          |         |
| Infrastrutture strategiche  |        |          |         |
| Insediamenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale |        |          |         |
| Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse   |        |          |         |
- scuola** **ospedale** **diga** **impianti** **insediamenti**
- reti per la distribuzione di servizi**
- reti stradali secondarie e spazi accessori**
- reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori**

**MAPPA RISCHIO**



**Legenda**

- Arearie Protette**
- Zone Parco
  - SIC - ZPS

**Classi di Rischio**

- |                                      | puntuali | lineari | areali |
|--------------------------------------|----------|---------|--------|
| <b>R1</b> (rischio moderato o nullo) |          |         |        |
| <b>R2</b> (rischio medio)            |          |         |        |
| <b>R3</b> (rischio elevato)          |          |         |        |
| <b>R4</b> (rischio molto elevato)    |          |         |        |

Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla  
valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni  
Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti  
(art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

Ambito territoriale: Reticolo Secondario di Pianura  
Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità  
di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

201NO - CORREGGIO

### MAPPA PERICOLOSITÀ



### MAPPA RISCHIO



#### Scenari di Pericolosità

- P3 – H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 – M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 – L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

#### Legenda

- Zone Parco
- SIC - ZPS

#### Elementi Potenzialmente Esposti

- |  | areali | puntuali | lineari |
|--|--------|----------|---------|
| Zone urbanizzate   |        |          |         |
| Attività produttive  |        |          |         |
| Strutture strategiche e sedi di attività collettive  |        |          |         |
| Infrastrutture strategiche   |        |          |         |
| Insediamenti produttivi o impianti tecnologici potenzialmente percorribili dai punti di vista ambientale |        |          |         |
| Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse  |        |          |         |

#### Legenda

#### Area Protette

- Zone Parco
- SIC - ZPS

#### Classi di Rischio

- R1** (rischio moderato o nullo)
- R2** (rischio medio)
- R3** (rischio elevato)
- R4** (rischio molto elevato)

#### puntuali



#### lineari



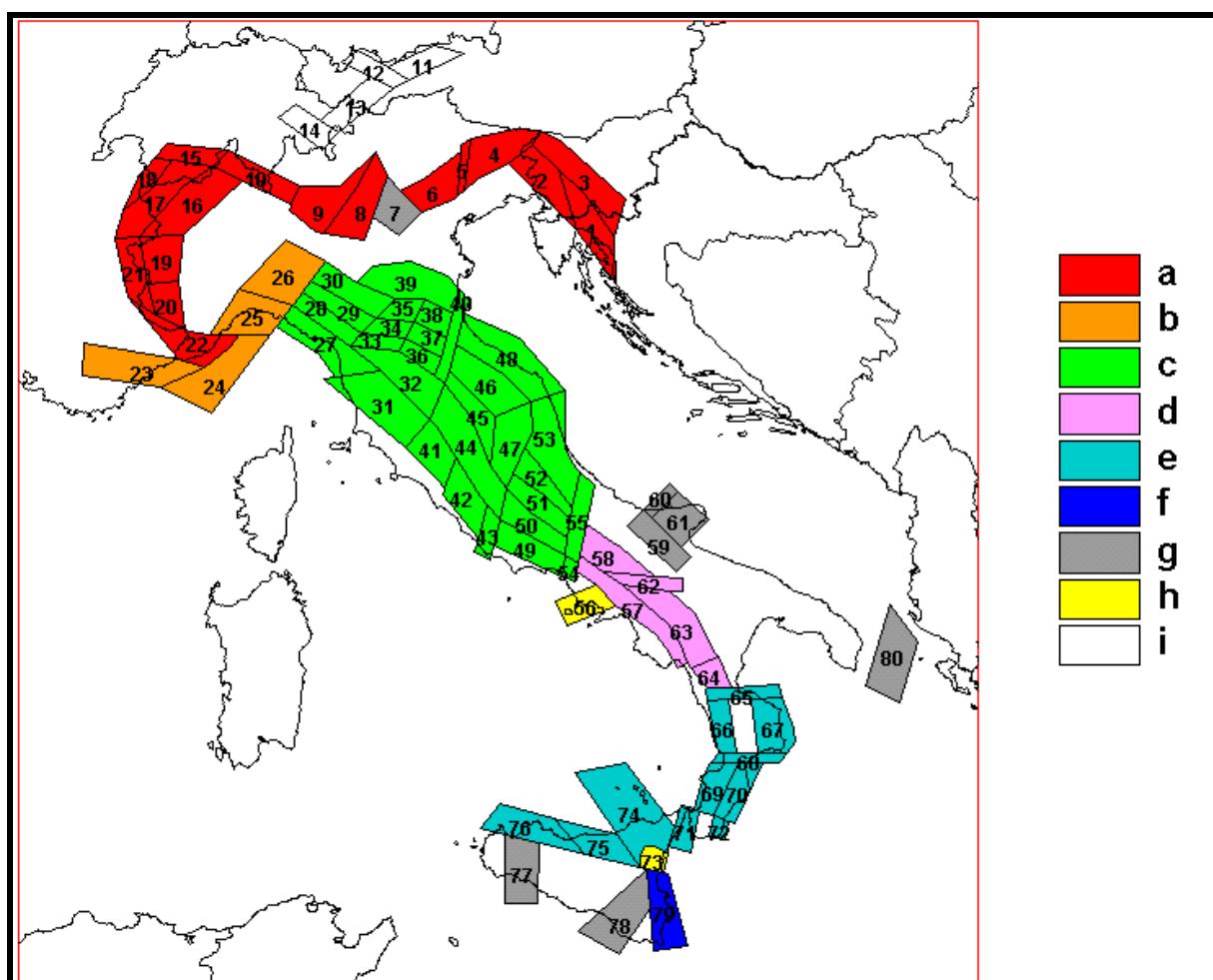
#### areali



## 9. SISMICITÀ DELL'AREA

Per caratterizzare la sismicità dell'area si è fatto riferimento, oltre che alla normativa vigente, ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dal GNDT del CNR (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti).

Si è presa in considerazione la zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS4 (progetto di P. Scandone e M. Stucchi – marzo 1999 – cf. tav. seg.) che considera 80 sorgenti omogenee dal punto di vista strutturale e sismogenetico. Secondo questa suddivisione l'area oggetto di studio ricade nell'area 39, appartenente alla fascia padano-adriatica in compressione legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale secondo cui i meccanismi di rottura attesi sono di tipo thrust e strike-slip con assi di subduzione da SW a NE.



Attraverso elaborazioni probabilistiche il GNDT ha prodotto, per un tempo di ritorno di 475 anni (equivalente alla probabilità di superamento nell'arco temporale di 50 anni – vita media di un edificio), la zonazione del territorio italiano, come riportato in figura. Per la zona le accelerazioni orizzontali di picco attese sono state considerate, in accordo con quanto proposto dal GNDT, pari a  $PGA = 0.15g$  (Peak Ground Acceleration).

L'intensità massima risentita nella zona, come risulta dai dati del catalogo del Servizio Sismico Nazionale, non ha superato in epoca storica il valore del VII grado MCS (cf. tabelle qui di seguito indicate).

**Storia sismica di Correggio (RE)**  
[44.771, 10.779]

Osservazioni disponibili: 65

Effetti	In occasione del terremoto del	Area epicentrale	Io	Mw
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se			
5	1661 03 21 23	Modenese	6-7	4.86
5	1661 03 22 12 50	Appennino forlivese	9	6.05
5	1671 06 20 10	Modenese-Reggiano	7	5.27
6	1796 10 22 04	Emilia orientale	7	5.45
6	1799 02 22 05 45	Correggio	5	4.16
5	1801 10 08 07 52 5	Bolognese	6	4.90
F	1802 05 12 09 30	Valle dell'Oglio	8	5.60
7	1806 02 12	Reggiano	7	5.21
4	1811 07 15 22 44	Modenese-Reggiano	6-7	5.13
5	1818 12 09 18 55	Parmense	7	5.24
5	1828 10 09 02 20	Oltrepò Pavese	8	5.72
F	1831 07 14 15 30	Reggiano	5-6	4.60
6	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	7-8	5.48
5	1832 03 11 06 45	Carpi	5	4.51
4-5	1832 03 11 08 45	Parmense		
F	1832 03 12 08 45	Reggiano		
7	1832 03 13 03 30	Reggiano	7-8	5.51
F	1832 03 14 07 41	Reggiano		
F	1832 04 19 14 14	Reggiano		
F	1834 02 14 13 15	Val di Taro-Lunigiana	9	5.96
F	1834 07 04 00 45	Val di Taro-Lunigiana	6-7	5.08
3	1834 10 04 19	Bolognese	6	4.71
F	1837 04 11 17	Lunigiana	9	5.94
5	1886 10 15 02 20	Collecchio	6	4.70
F	1887 02 23 05 21 5	Liguria occidentale	9	6.27
F	1891 06 07 01 06 1	Valle d'Illasi	8-9	5.8
3-4	1894 11 27 05 07	Bresciano	6	4.89

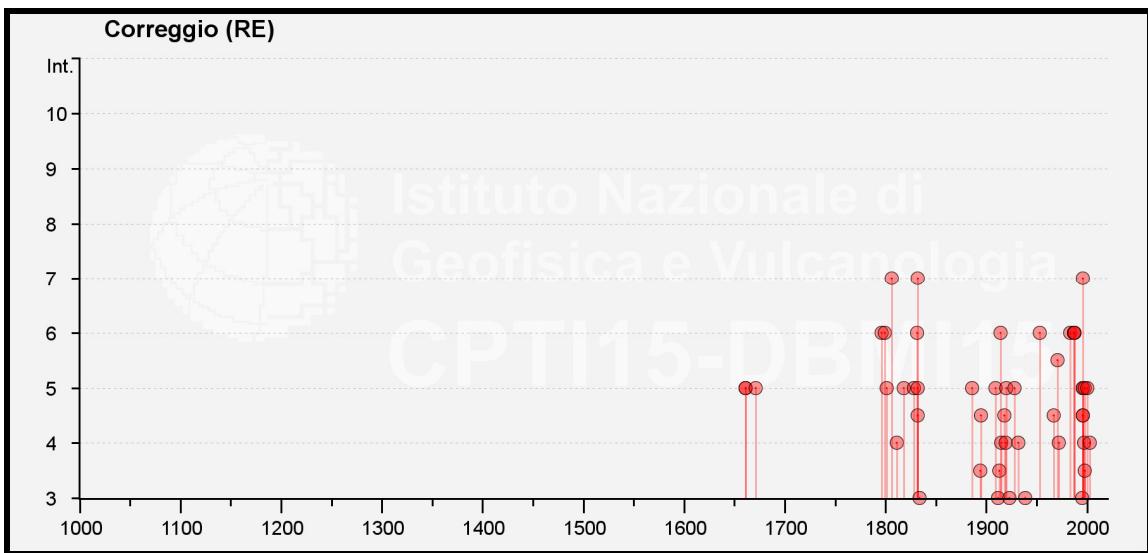
Effetti	In occasione del terremoto del					
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Io	Mw
4-5	1895 05 12 20 29				4-5	3.98
NF	1904 11 17 05 02				7	5.10
5	1909 01 13 00 45				6-7	5.36
3	1912 09 12 21 15				4	3.76
3-4	1913 11 25 20 55				4-5	4.65
6	1914 10 27 09 22				7	5.63
4	1915 10 10 23 10				6	4.87
4-5	1918 05 06 08 05				5-6	4.41
4	1919 06 29 15 06 1				10	6.38
5	1920 09 07 05 55 4				10	6.53
3	1923 06 28 15 12				6	5.04
5	1928 06 13 08				6	4.67
4	1932 07 13 03 42				4-5	3.86
3	1939 10 15 14 05				6-7	4.96
6	1953 08 22 05 26				6	4.73
NF	1965 11 09 15 35				5	4.17
4-5	1967 04 03 16 36 1				5	4.44
5-6	1971 09 11 23 18 1				5	4.19
4	1972 10 25 21 56 1				5	4.87
6	1983 11 09 16 29 5				6-7	5.04
NF	1984 04 29 05 02 5				7	5.62
2	1986 12 06 17 07 1				6	4.43
6	1987 04 24 02 30 2				6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5				6	4.71
6	1988 03 15 12 03 1				6	4.57
3	1995 10 10 06 54 2				7	4.82
7	1996 10 15 09 55 5				7	5.38
5	1996 10 26 04 56 5				5-6	3.94
5	1996 10 26 06 50 2				5-6	3.63
4-5	1996 11 25 19 47 5				5-6	4.29
4-5	1996 12 16 09 09 5				5-6	4.06
4	1997 05 12 22 13 5				4-5	3.68
5	1998 02 21 02 21 1				5	3.93
3-4	1998 03 26 16 26 1					5.26
5	2000 06 18 07 42 0				5-6	4.40
NF	2002 06 18 22 23 3				4	4.30
4	2003 09 14 21 42 5				6	5.24
F	2008 12 23 15 24 2				6-7	5.36

Intendendo:

Int = Intensità al sito (MCS)

Io = Intensità epicentrale (MCS)

Mw = Magnitudo



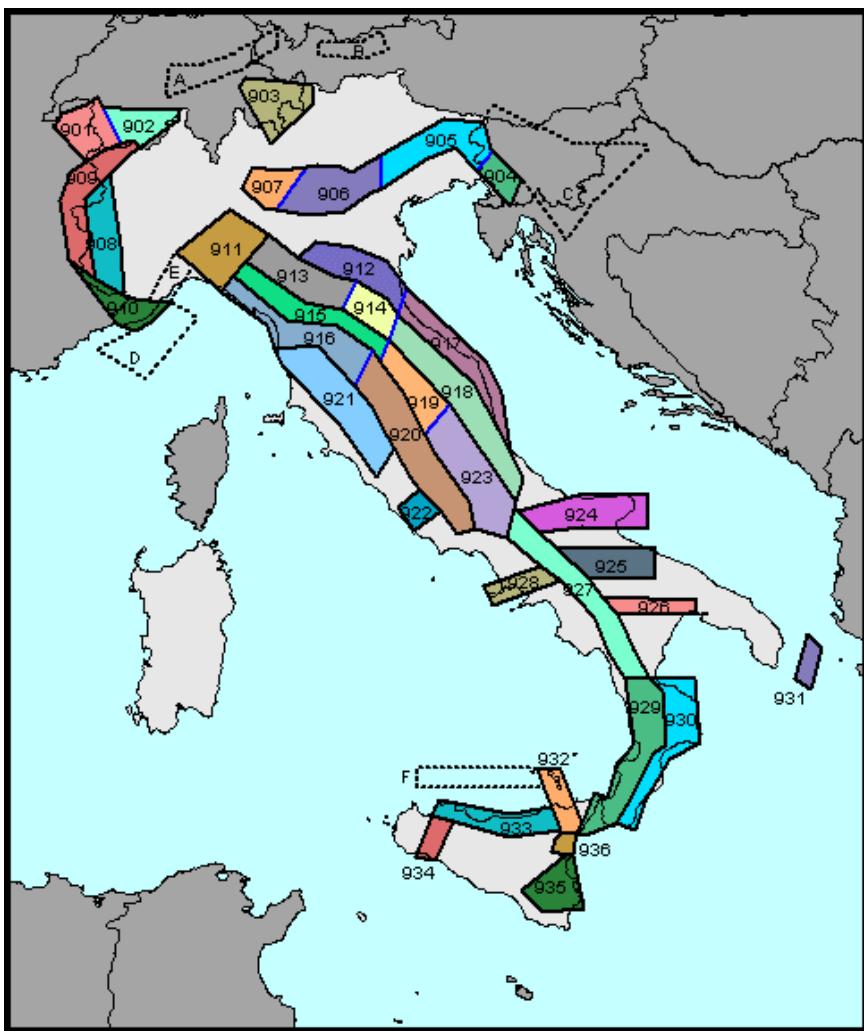
La sovrastante rappresentazione evidenzia, molto semplicemente, gli eventi della precedente tabella nel rapporto tra anni (in ascisse) ed intensità sismica (in ordinate).

L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 ha aggiornato la normativa sismica con l'attribuzione, alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento di accelerazione al suolo.

Il territorio del comune di Correggio, secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (progetto a cura di C. Meletti e G. Valensise del marzo 2004) è incluso nella zona 912, al passaggio, verso sud, con la zona 913 (cf. tavola nella pagina seguente). In base a questa nuova zonazione, il territorio in esame (secondo la precedente classificazione non classificato), è stato inserito in zona Z3 a bassa sismicità.

Come espressamente specificato al punto 2.4 della circolare n° 1677/2005 (prot. GEO/05/87449) emanata in data 24710/2005 dalla Giunta della Regione Emilia Romagna, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, può essere assegnato, a zone come questa di bassa sismicità, un valore ( $a_g/g$ ), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a 0.15.

Più precisamente, al comune di Correggio, l'allegato 4 dell'Assemblea Legislativa n° 2131 – prot. n° 8511 del 2 maggio 2007, assegna il valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè  $T = 0$ , espressa in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$  ( $a_{refg}$ ), di 0.152.



Zonazione sismogenetica ZS9

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le modifiche ed integrazioni dell'Ordinanza propongono una caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo. Secondo il D.M. 17/1/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni”, in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori delle velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio, mediate sui primi 30 metri di terreno ( $V_{S30}$ ), vengono individuate cinque categorie (A – B – C – D – E).

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa è stato effettuato un sondaggio sismico passivo HVSR. La prova, nota semplicemente con il nome H/V, fu sperimentata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi nel 1970 ma è stata poi diffusa successivamente, nel 1989, da Nakamura (infatti la prova viene anche definita come metodo di Nakamura).

L'indagine consiste in una valutazione sperimentale del rapporto di ampiezza esistente tra la media delle componenti orizzontali e di quella verticale delle vibrazioni ambientali (sismica passiva), misurate in un determinato punto della superficie terrestre tramite un velocimetro triassiale (due orizzontali perpendicolari tra loro ed una verticale).

Quanto detto, giustifica la definizione della metodologia e cioè prova HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) oppure HVSNR (Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio).

Le vibrazioni misurate sono i cosiddetti microtremori e sono l'effetto di una serie di sorgenti le quali sono attive per una molteplicità di frequenze, anche se quelle che interessano a fini ingegneristici sono generalmente quelle comprese nell'intervallo 0,5 – 20 Hz. Le principali sorgenti sono sia di origine antropica (traffico veicolare, attività industriale, rumore urbano in genere) che naturale (onde marine, perturbazioni atmosferiche, cicloni oceanici, tremori vulcanici). Durante l'acquisizione dei dati vanno rispettate una precisa metodologia ed alcune accortezze per fare in modo che il dato sia statisticamente corretto.

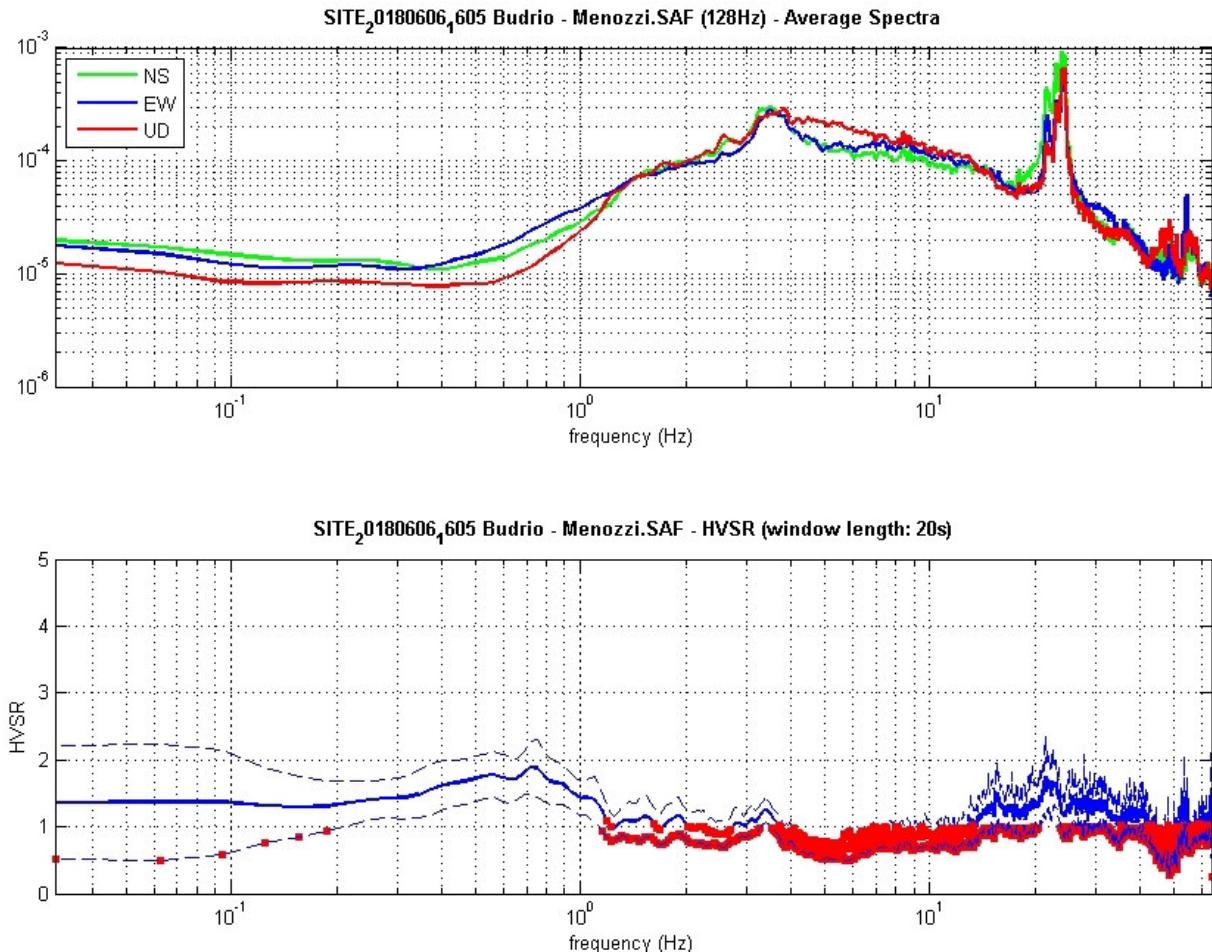
Questa metodologia a stazione singola del microtremore sismico consente la misura della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici, oltre che la stima, in maniera rapida, della stratigrafia superficiale e del Vs30, così come richiesto dalle normative antisismiche vigenti.

Le misure sono state effettuate con uno strumento denominato Gemini 2 prodotto dalla ditta Pasi di Torino. Il Gemini 2 è un acquisitore dati HVSR costituito da una terna di geofoni con frequenza di risonanza di 2 Hz, accoppiati sia meccanicamente che elettricamente e da un acqui-sitore di dati a 24 bit reali appositamente progettato. Per il suo funzionamento in campagna il Gemini 2 viene collegato ad un computer portatile tramite un'interfaccia USB.

I tre geofoni interni sono orientati secondo una terna di assi cartesiani, assumendo la convenzione descritta nelle linee guida del Progetto S.E.S.A.M.E.: l'asse Z corrisponde al geofono verticale (direzione Up-Down), l'asse X e l'asse Y corrispondono rispettivamente al geofono orizzontale (direzione East-West) e al geofono orizzontale (direzione North-South).

La misurazione, della durata di venti minuti pari a 200 Hz, è stata eseguita utilizzando il software WinHVSR, prodotto dalla ditta Eliosoft.

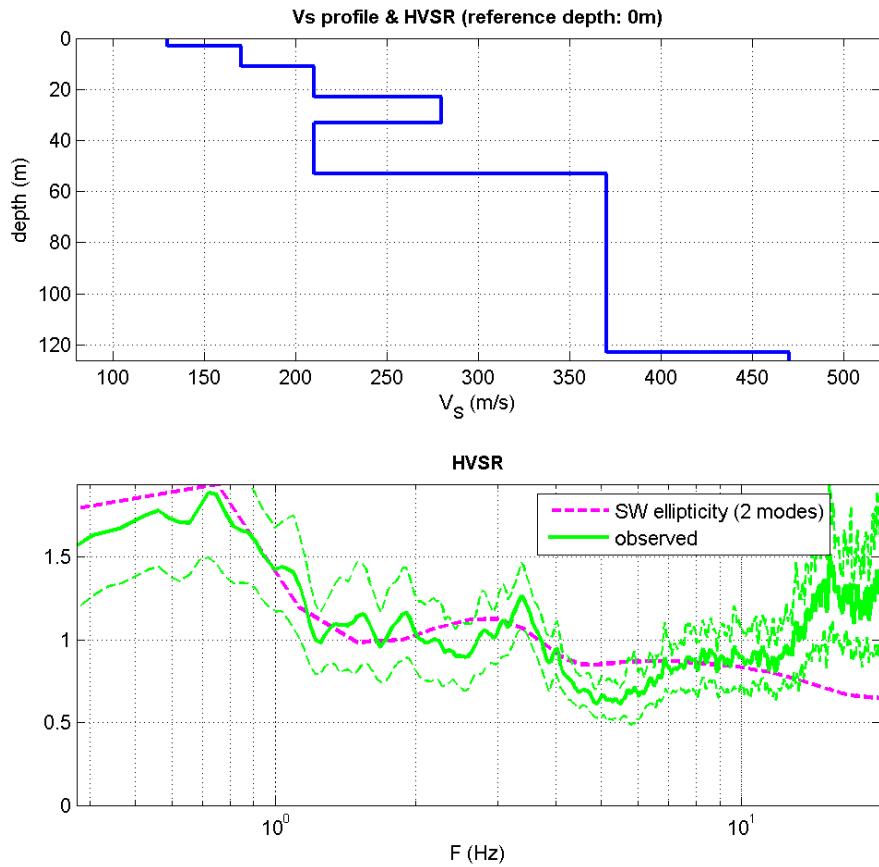
In base all'elaborazione dei dati di campagna sono stati ottenuti i seguenti risultati:



### In the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 0.8 ( $\pm 7.0$ )

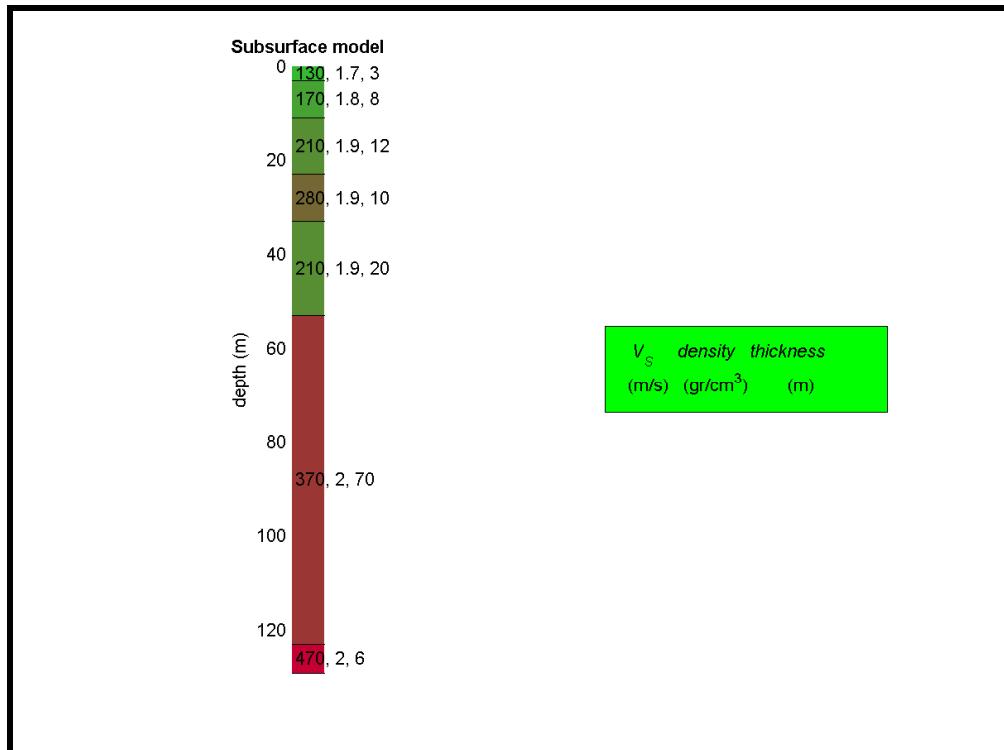
Peak HVSR value: 1.9 ( $\pm 0.4$ )



### Mean model

Vs (m/s): 130 170 210 280 210 370 470

Thickness (m): 3.0, 8.0, 12.0, 10.0, 20.0, 70.0



Sono stati presi in considerazione quattro strati a cui è stata attribuita la velocità delle onde di taglio  $V_s$  (Vs) ed il rispettivo spessore (d):

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO
$V_s = 130 \text{ m/s}$	$V_s = 170 \text{ m/s}$	$V_s = 210 \text{ m/s}$	$V_s = 280 \text{ m/s}$
$d = 3.0 \text{ m}$	$d = 8.0 \text{ m}$	$d = 12.0 \text{ m}$	$d = 7.0 \text{ m}$

La valutazione del valore  $V_{s30}$  viene ottenuta mediante l'utilizzo della seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{hi}{vi}}$$

dove:

$hi$  = spessore dello strato iesimo, m

$vi$  = velocità onde di taglio strato iesimo, m/s

ottenendo:

$$V_{s30} = 197 \text{ m/s}$$

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, il suolo di fondazione può essere pertanto assimilato alla categoria C di azione sismica “*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.

## **10. RISPOSTA SISMICA LOCALE SEMPLIFICATA**

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 recante le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, attualmente aggiornato dal D.M. del 17/1/2018, definisce i criteri antisismici generali, precisando le azioni che devono essere impiegate in fase progettuale per la sicurezza strutturale delle opere.

L’azione sismica sulle costruzioni è valutata partendo da una “pericolosità sismica di base”, derivata da studi eseguiti a livello nazionale e definita sulla base di condizioni ideali in superficie di suolo rigido e topografia orizzontale.

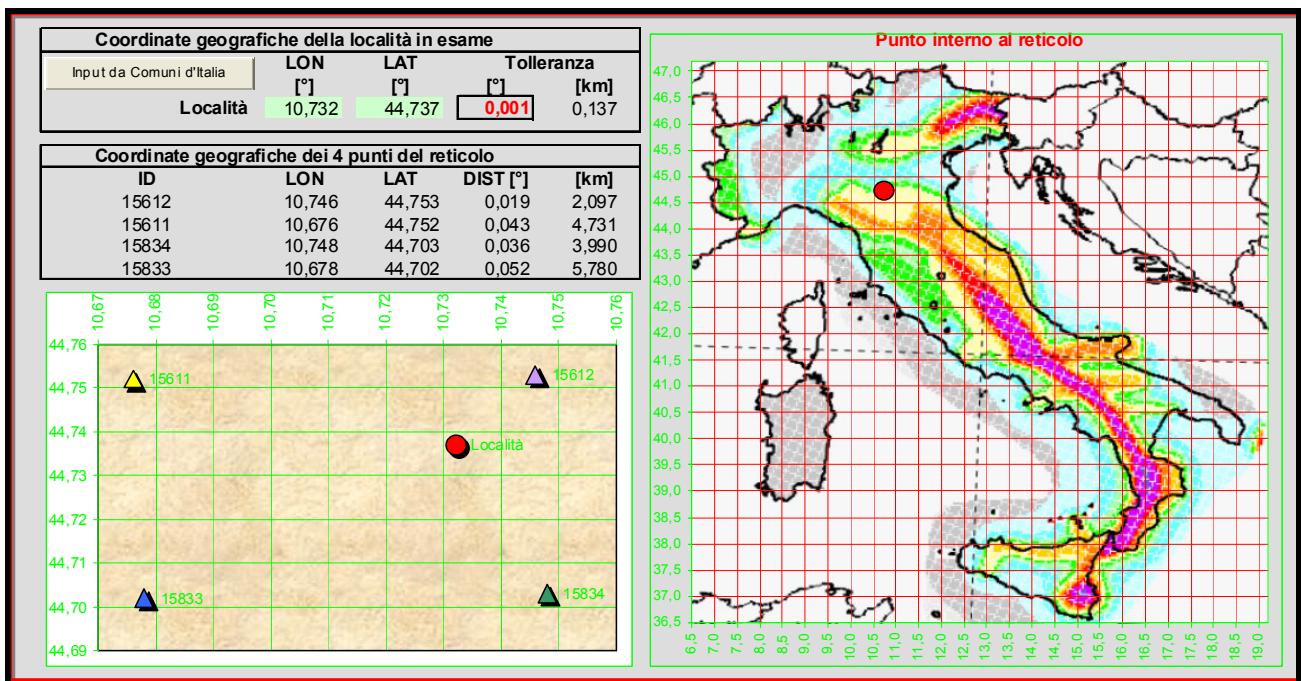
Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

- $ag$  = accelerazione orizzontale massima
- $Fo$  = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale
- $Tc^*$  = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono inoltre definiti secondo termini probabilistici differenti, con periodi di ritorno TR di 30, 50, 475, 975 anni; per tale motivo, ai fini progettuali, occorre fissare la vita di riferimento VR della costruzione e la probabilità di superamento associata a ciascuno degli stati limite considerati.

I valori dei parametri  $ag$ ,  $Fo$  e  $Tc^*$  per la definizione dell’Azione Sismica possono essere calcolati mediante l’utilizzo del programma di calcolo “Calcolo Spettro Sismico”, ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

I primi dati ad essere stati introdotti nel programma sono le coordinate geografiche (latitudine e longitudine) del sito di riferimento (vedi figura in allegato).



Come si può visualizzare nella tabella sottostante, per ottenere gli spettri di risposta sismica locale, sono stati inoltre introdotti i valori della vita della struttura e le caratteristiche sismiche del terreno.

**VITA DELLA STRUTTURA**

Vita nominale	<b>V<sub>N</sub></b>	<b>50</b>	[anni]
Classe d'uso	<b>C<sub>U</sub></b>	<b>II</b>	
Vita di riferimento	<b>V<sub>R</sub></b>	<b>50</b>	[anni]

**CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO**

Topografia	<b>T<sub>1</sub></b>
Coeff. topografico	<b>S<sub>T</sub></b>
Categoria suolo	<b>C</b>

SL	P <sub>VR</sub>	T <sub>R</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>o</sub>	T <sub>C</sub> *	S	T <sub>b</sub>	T <sub>c</sub>	T <sub>d</sub>	F <sub>v</sub>
sle Operatività	81%	30	<b>0,454</b>	<b>2,49</b>	<b>0,25</b>	1,50	0,14	0,41	1,78	0,72
sle Danno	63%	50	<b>0,568</b>	<b>2,50</b>	<b>0,27</b>	1,50	0,14	0,43	1,83	0,80
slu Salv. Vita	10%	475	<b>1,562</b>	<b>2,44</b>	<b>0,29</b>	1,47	0,15	0,45	2,22	1,30
slu Colllasso	5%	975	<b>2,068</b>	<b>2,45</b>	<b>0,29</b>	1,40	0,15	0,46	2,43	1,50

I valori dei principali parametri sismici ( $ag$ ,  $Fo$ ,  $Tc^*$ ) riferiti all'area in oggetto al  $TR = 475$  anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita esplicitati sono:

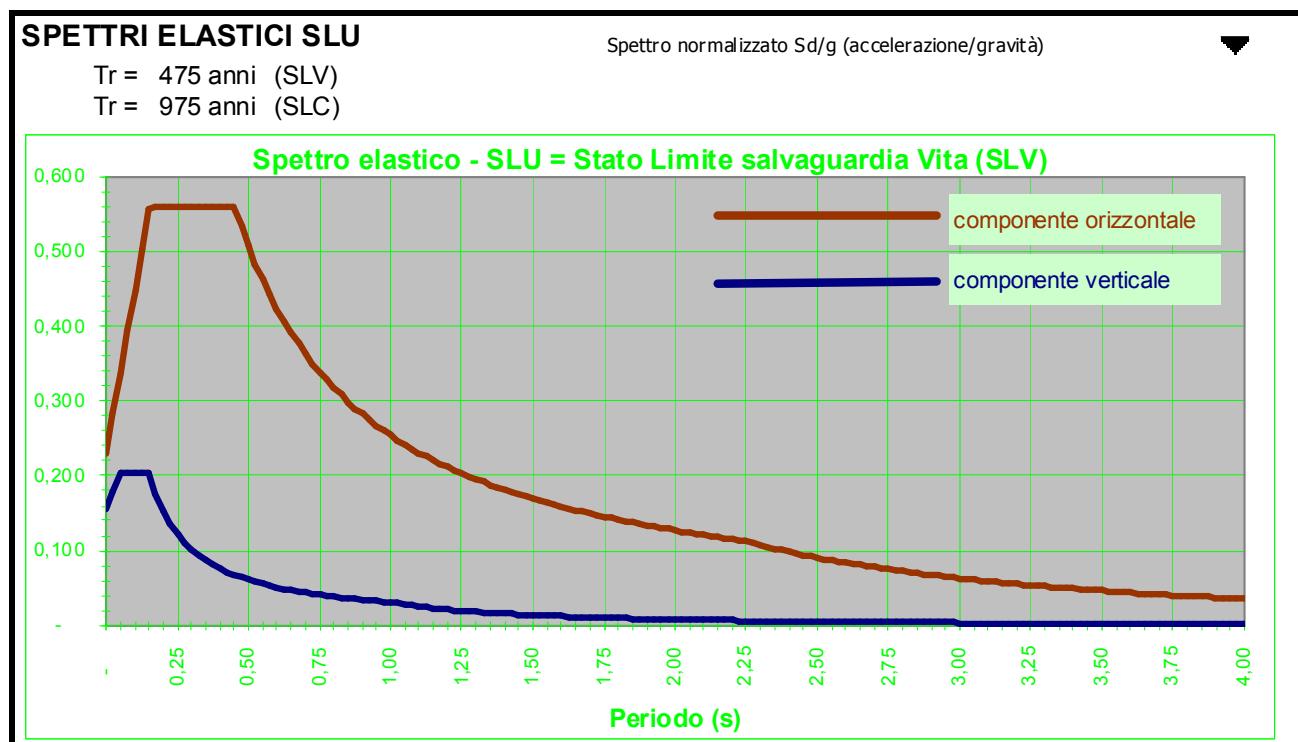
$$ag = ag/g = 1.562 / 9.81 = 0.159$$

$$Fo = 2.44$$

$$Tc^* = 0.29$$

Elaborando i dati forniti, il programma di calcolo ha prodotto gli spettri di risposta elastica necessari per definire gli stati limite ultimo.

Nella fattispecie è stato ottenuto il grafico degli spettri elastici SLU:



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

$$a_{\max} = Ss \cdot St \cdot ag$$

in cui:

$S_s$  = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica;

$S_t$  = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica;

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A.

**Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$**

<b>Categoria sottosuolo</b>	<b><math>S_s</math></b>
<b>A</b>	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Nel caso in esame potrà essere assunto:

VN 50 anni - Classe d'Uso II

Stato limite SLV e TR = 475 anni (*Paragrafo 7.1 D.M. 17.01.2018*):

$S_s = 1.47$  - Categoria sottosuolo C

$S_t = 1.0$  - Categoria topografica T1

$a_g = 0.159 \cdot g$

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.47 \cdot 1.0 \cdot 0.159 = 0.233 \cdot g$$

## **11. MICROZONAZIONE SISMICA**

Il Dgr 2193/2015 integra la Delibera Regionale 112/2007, emessa dalla Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna in data 2 Maggio 2007, fornendo i criteri per l'individuazione delle aree che potrebbero essere soggette ad effetti sismici locali (microzonazione sismica) in modo da orientare le scelte di pianificazione verso le aree a minor rischio. La metodologia indicata per tali tipi di studio prevede due fasi di analisi, con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase ha carattere qualitativo ed è diretta ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

Essa viene realizzata sulla base di rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati.

La seconda fase ha invece come obiettivo la microzonazione sismica del territorio. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) analisi semplificata (secondo livello di approfondimento); basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologico più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in situ e su prove geotecniche di tipo standard; essa viene svolta nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività minore o uguale a 15° in cui il deposito ha spessore costante;

b) analisi approfondita (terzo livello di approfondimento), richiesta nei seguenti casi:

- Aree soggette a liquefazione e densificazione;
- Aree instabili e potenzialmente instabili;

- Aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- Aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Secondo quanto riportato dalla Tav. P9b “Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento” prodotta a corredo del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell’Emilia e sulla tav. dei livelli di approfondimento prodotta a corredo del PSC di Correggio, i terreni in esame necessitano di analisi approfondita di III livello.

La microzonazione prevede la valutazione dei fattori di amplificazione  $F_a$  sulla base delle velocità medie delle onde di taglio all’interno della copertura ( $V_{sH}$ ) o nei primi 30 metri dalla superficie ( $V_{s30}$ ), calcolate secondo le seguenti formule:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}} \quad V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

I fattori stimati esprimono l’amplificazione del moto sismico al passaggio dal bedrock alla superficie. Essi possono essere espressi sia come rapporto di PGA che come rapporto tra le intensità spettrali calcolate sugli spettri di pseudo-velocità all’interno di due o tre intervalli distinti:

SI1: 0.1-0.5 sec

SI2: 0.5-1.0 sec

SI3: 0.5-1.5 sec

L’analisi semplificata di secondo livello propone l’utilizzo di una serie di tabelle di carattere empirico che mettono in relazione i valori di  $V_{sH}$  o di  $V_{s30}$  con i fattori di amplificazione.

Le varie Tabelle rispecchiano situazioni geologiche tipiche del territorio regionale, tra le quali occorre scegliere quella che meglio corrisponde alle caratteristiche dell’area di studio.

La tabella di riferimento per la valutazione dei fattori di amplificazione Fa è riportata nella sottostante tabella:

$Vs_{30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5
F.A. SI1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	3.1	3.0	2.7	2.4	2.1	2.0
F.A. SI3	3.6	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0

La tabella è relativa ad una stratigrafia della Pianura 2 ovvero il settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e del tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.

In base al valore di Vs30 di 197 m/s, ottenuto estrapolando i dati dall'analisi di sismica a rifrazione tipo MASW, si ritiene opportuno adottare i seguenti fattori di amplificazione:

$$\text{PGA F.A.} = 1.7$$

$$\text{SI 1}(0.1 - 0.5 \text{ sec}) \text{ F.A.} = 2.0$$

$$\text{SI 2}(0.5 - 1.0 \text{ sec}) \text{ F.A.} = 3.0$$

$$\text{SI 3}(0.5 - 1.5 \text{ sec}) \text{ F.A.} = 3.3$$

## **12. RISPOSTA SISMICA DI III° LIVELLO**

Come in precedenza detto viene qui di seguito proposta un'analisi sismica di III° livello, in cui vengono definiti i Fattori di Amplificazione di P.G.A. e di Intensità Spettrale secondo Housner.

La modellazione numerica della risposta sismica locale (RSL) è stata effettuata utilizzando il software “RSL III” della ditta Geostru di Bianco (RC), avvalendosi dello specifico codice di calcolo monodimensionale “SHAKE”.

L'elaborazione ha permesso di valutare l'amplificazione dell'impulso sismico al suolo e di quantificare gli spettri di risposta sulla base di terremoti di riferimento (TR 712 anni con smorzamento pari al 5%) forniti dalla Regione Emilia-Romagna, per lo Stato Limite Ultimo SLV.

Il Software RSL III permette di valutare puntualmente l'effettiva amplificazione stratigrafica sfruttando la soluzione dell'equazione differenziale che governa il problema della propagazione di onde di taglio in un solido alla Kelvin-Voigt ed un comportamento dei terreni secondo curve di decadimento per G e lo smorzamento tratte dalla letteratura scientifica e/o normative, o ancora, curve di decadimento personalizzate. La procedura di calcolo utilizzata da RSL III per la risposta sismica locale è di tipo lineare equivalente su un modello di n strati piani e paralleli di estensione orizzontale infinita su un semispazio corrispondente al bedrock.

L'input sismico, rappresentato da più accelerogrammi, viene applicato al bedrock e viene valutato il moto di propagazione delle onde in direzione perpendicolare alla superficie utilizzando l'equazione di equilibrio dinamico in funzione dello spostamento. I valori finali forniti dall'analisi di risposta sismica locale sono gli accelerogrammi e i relativi spettri di risposta, lo spettro medio e quello medio normalizzato da confrontare con lo spettro di normativa.

La verifica monodimensionale dell'amplificazione locale, tramite l'utilizzo di Shake, si compone di due fasi: elaborazione del modello e simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto.

La prima fase consiste nel costruire la colonna di sottosuolo di riferimento, rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (Vs).

Il modello geologico si è basato sulla stratigrafia, redatta sugli esiti delle prove penetrometriche statiche e dell’indagine passiva HVSR.

La prova HVSR consente di valutare la distribuzione delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (Vs) nei primi trenta metri pari a 197 m/s. All’interno del modello geologico utilizzato per l’analisi di RSL si sono quindi inseriti i sismostrati riportati nel capitolo “Sismicità dell’Area” di suddetta relazione; il bedrock sismico è stato quindi impostato alla profondità di 150 m dal piano campagna attuale attribuendo una velocità di 650 m/s.

Occorre poi procedere all’inserimento degli input sismici, desunti dai segnali di riferimento selezionati dalla banca dati accelerometrica “European Strong Motiondatabase” e forniti dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale. Si tratta di tre tipologie di segnali, già “scalati” per il territorio comunale a cui si riferiscono e sono rappresentati dai tre differenti accelerogrammi di progetto:

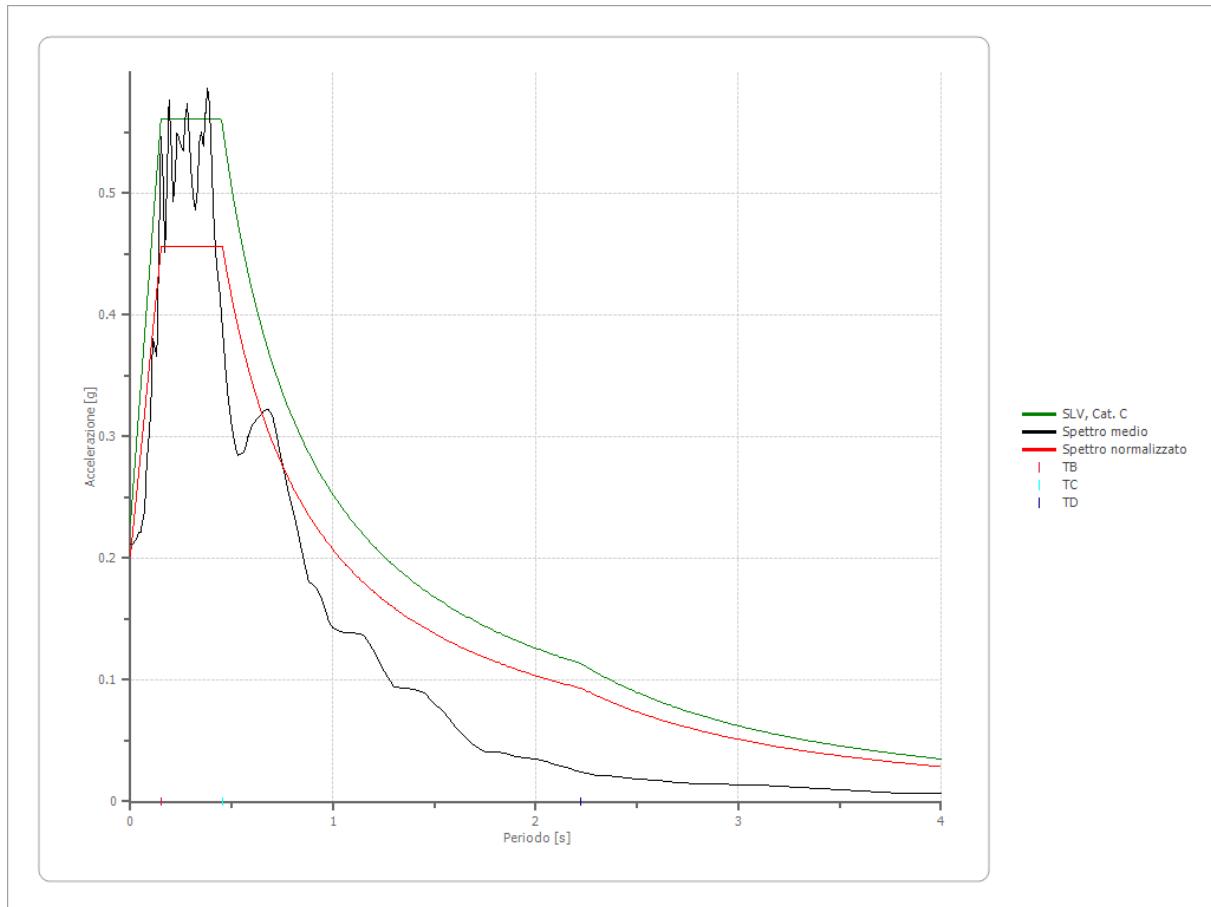
- 1) impulsivo;
- 2) con ampio contenuto in frequenze;
- 3) con componente predominante alle alte frequenze.

La modellazione consente la valutazione dell’amplificazione locale intesa come rapporto PGA/PGA0 ossia come rapporto dell’ $a_{g\max}$  al suolo (calcolata con SHAKE) con quella del suolo rigido. Si rammenta ancora che per il Comune di Correggio la DAL 112/2007 riporta un’ $a_{g\max}$  al suolo rigido pari a 0,152 g.

In allegato vengono riportate tutte le elaborazioni fornite dal software RSL III, da cui sono stati estrapolati i risultati qui di seguito forniti.

I risultati ottenuti evidenziano che il fattore di amplificazione FA è pari a 1.329 e un fattore di amplificazione spettrale massima Fo di 2.258, da cui deriva un  $a_{\max}$  o PGA al sito pari a 0.202 g.

Visionando il grafico del rapporto degli spettri, suddetto valore di accelerazione risulta essere inferiore rispetto a quello calcolato nel capitolo precedente con una risposta sismica semplificata, a favore della sicurezza, si dovrà pertanto adottare il valore di 0.233 g per il dimensionamento delle strutture.



#### CONFRONTO SPETTRO DI PROGETTO E SPETTRO DA NORMATIVA

Per quanto riguarda la stima dell'intensità spettrale di Housner (SI), intesa come rapporto fra gli spettri PSV al suolo e PSV al pseudo-bedrock, la modellazione espletata con SHAKE ha permesso di ricavare gli esiti negli intervalli temporali rispettivamente di 0,1s ÷ 0,5s; 0,5s ÷ 1,0s e 0,5s ÷ 1,5s, come richiesto dal Dgr 2193/2015, pari rispettivamente a F.A. = 1.560, F.A. = 1.781 e F.A. = 1.838.

### **13. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE**

Con il termine liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad egualare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

In conformità con quanto richiesto dal Dgr 2193/2015 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno. La verifica è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson, che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo le indagini penetrometriche accertato, nei primi metri dal piano campagna, la presenza di livelli di limi sabbiosi e sabbie limose che si alternano alle argille con modeste caratteristiche geomeccaniche, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione basso.

Più precisamente, secondo Iwasaki, è stato rilevato un indice del potenziale di liquefazione (IPL) di 1.79 in CPT1, 1.24 in CPT2 e 1.82 in CPT3.

#### **14. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Le prove penetrometriche statiche, effettuate per accertare la reale natura del primo sottosuolo, spinte sino alla profondità di 18 m dalla quota dell'attuale piano cortilivo, avallando le caratteristiche del deposito, hanno riscontrato che, sino alla profondità di 10÷11 m, vi sono in prevalenza limi ma anche argille, talora organiche, a cui si alternano livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. A questi terreni, con un modesto grado di consolidazione, seguono sedimenti di natura prevalentemente coesiva, argille talora organiche in genere con un elevato grado di consolidazione.

Nel corso delle indagini è stata accertata l'esistenza della falda freatica che nei primi metri si alimenta entro strati di natura granulare. Nei fori di sonda, al termine delle prospezioni, il livello statico si è stabilizzato alla profondità di 1.2÷1.3 m rispetto alla quota dell'attuale piano campagna. Essendo state realizzate all'inizio di giugno, prima del periodo estivo normalmente più siccitoso, è normale che il livello sia stato riscontrato leggermente più vicino alla superficie rispetto a quanto la carta tematica di PSC lo indica (1.5÷2 m).

In base alle considerazioni relative al rischio idraulico trattate in perizia, che devono rispondere alle direttive 2007/60/CE e al D.Lgs. 49/2010, a cui si attiene il “Piano di gestione del rischio di alluvioni”, l'ambito territoriale preso qui in esame rientra negli scenari previsti dal Reticolo Secondario di Pianura mentre esula da quelli relativi ai Reticoli Naturali principale e secondario.

Più precisamente, in quest'ultimo caso, nel territorio di Correggio e nello specifico nella zona esaminata, posta a sud dell'abitato di Budrio, non vengono individuati elementi di pericolosità e di rischio.

Per quanto concerne invece l'ambito territoriale in cui viene analizzato il “reticolo secondario di pianura”, rispetto alla mappa di pericolosità si evince che l'area in esame può essere interessata da alluvioni poco frequenti con una media probabilità nel tempo di ritorno tra i 100 ed i 200 anni (scenario di pericolosità P2 – M) mentre per quanto riguarda la mappa del rischio, trattandosi di

un'area già da tempo edificata, essa viene considerata a rischio medio (R2), in un ambito generale tuttavia in cui il rischio viene considerato moderato o nullo (R1).

Nel rispetto di quanto individuato in mappa, ci si dovrà pertanto attenere alle disposizioni specifiche riportate al punto 5.2 della normativa secondo le quali si dovrà garantire, anche a tutela della vita umana, misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture nonché, nel rispetto dell'invarianza idraulica, interventi finalizzati a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e che siano atti a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

Al punto 5.2 la normativa fornisce alcune direttive che dovranno essere rispettate, in particolare essa fa presente che il primo piano utile dovrà essere ad un'altezza utile sufficiente tale da limitare gli effetti di un eventuale allagamento e non si dovrà perciò possibilmente procedere all'esecuzione di piani anche solo parzialmente interrati.

In risposta, si è sottolineato che l'area esaminata dovrà essere tenuta alla medesima quota di quella su cui insistono i preesistenti fabbricati dell'azienda, già più alta rispetto al piano campagna esistente e di per stessa quindi meno esposta ad eventuali eventi che possano comportare un allagamento. Così operando, le strutture in elevazione, in relazione anche al corretto utilizzo di idonee malte cementizie, saranno ancor più tutelate nei confronti della risalita dell'acqua di falda per via capillare. Si è altresì evidenziato che è stata riscontrata una profondità di falda ben superiore al metro rispetto alla quota del piano campagna, in base alle carte tematiche conservativa nel tempo e quindi tale da poter considerare scarso il rischio derivante da una sua interazione con il piano d'appoggio delle fondazioni. In relazione alla prevalente natura coesiva del primo sottosuolo, tale da facilitare il ristagno, l'ammollimento e pertanto contribuire ad innescare processi di plasticizzazione, è stato inoltre consigliato di procedere alla raccolta e all'allontanamento, in direzione della rete fognaria principale, di tutte le acque di scarico mediante l'utilizzo di condutture e raccordi a perfetta tenuta. Per favorire il rapido deflusso delle acque di esondazione, norma sarà infine di verificare la costante efficienza della rete scolante.

In base alle risultanze di un'apposita indagine geofisica passiva HVSR, per il terreno sono stati ottenuti valori di picco della frequenza di risonanza (Peak frequency - Hz) di 0.8 e del rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e verticale (Peak HVSR value) di 1.9.

La velocità di propagazione delle onde sismiche, nei primi trenta metri (Vs30), è stata quantificata in 197 m/sec; in ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, il suolo di fondazione può essere pertanto assimilato alla categoria C di azione sismica “*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.

Mediante l'utilizzo di un apposito programma per il “Calcolo dello Spettro Sismico”, ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito, si è proceduto poi al calcolo del valore dei parametri ag, Fo e Tc\* per la definizione dell’Azione Sismica locale. Riferiti all’area in oggetto, al TR = 475 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori: ag = ag/g = 1.562 / 9.81 = 0.159; Fo = 2.44; Tc\* = 0.29.

Elaborando i dati, il programma ha prodotto gli spettri elastici SLU; è stata inoltre calcolata l’accelerazione massima attesa al sito di  $a_{max} = Ss \cdot St \cdot ag = 1.47 \cdot 1.0 \cdot 0.159 = 0.233 \cdot g$ .

Utilizzando il software RSL III, è stata effettuata l’analisi approfondita di III° livello di risposta sismica locale.

I risultati ottenuti evidenziano che il fattore di amplificazione FA è pari a 1.329 e un fattore di amplificazione spettrale massima Fo di 2.258, da cui deriva un  $a_{max}$  o PGA al sito pari a 0.202 g.

Sudetto valore di accelerazione risulta essere inferiore rispetto a quello calcolato nel capitolo precedente con una risposta sismica semplificata, a favore della sicurezza, si dovrà pertanto adottare il valore di 0.233 g per il dimensionamento delle strutture.

Per quanto riguarda la stima dell'intensità spettrale di Housner (SI), intesa come rapporto fra gli spettri PSV al suolo e PSV al pseudo-bedrock, la modellazione espletata con SHAKE ha permesso di ricavare gli esiti negli intervalli temporali rispettivamente di  $0,1s \div 0,5s$ ;  $0,5s \div 1,0s$  e  $0,5s \div 1,5s$ , come richiesto dal Dgr 2193/2015, pari rispettivamente a  $F.A. = 1.560$ ,  $F.A. = 1.781$  e  $F.A. = 1.838$ .

In conformità con quanto richiesto dal Dgr 2193/2015 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno. La verifica è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson, che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo le indagini penetrometriche accertato, nei primi metri dal piano campagna, la presenza di livelli di limi sabbiosi e sabbie limose che si alternano alle argille con modeste caratteristiche geomeccaniche, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione basso.

Più precisamente, secondo Iwasaki, è stato rilevato un indice del potenziale di liquefazione (IPL) di 1.79 in CPT1, 1.24 in CPT2 e 1.82 in CPT3.

Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con le indagini si è infine proceduto alla valutazione del peso di volume ( $\gamma$ ), dell'angolo di attrito interno ( $\phi$ ), della coesione non drenata ( $C_u$ ), della coesione efficace ( $c'$ ), del modulo edometrico ( $M_o$ ) e del modulo elastico ( $E$ ) per gli strati che caratterizzano il primo sottosuolo.

Suddetti valori potranno poi essere utilizzati per il dimensionamento strutturale in conformità con quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018.

Nel rispetto di quanto in precedenza esposto e delle disposizioni delle leggi vigenti, siano esse nazionali che regionali, che prescrivono un'attenta verifica dell'idoneità delle strutture in funzione delle caratteristiche del primo sottosuolo, si attesta l'idoneità dell'area ai fini edilizi e si concede quindi parere geologico favorevole.

Scandiano, agosto 2018



## **ALLEGATI**



- A) UBICAZIONE INDAGINI**
- B) PROVE PENETROMETRICHE STATICHE**  
(eseguite con penetrometro statico tipo GOUDA da 15 t)
- C) INDAGINE HVSR**  
(effettuata con GEMINI 2 della Ditta PASI di Torino)
- D) RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° LIVELLO**  
(svolta con il programma RLS III della Ditta Geostru)
- E) VERIFICA A LIQUEFAZIONE**  
(effettuata con il programma Liquiter della Ditta Geostru)

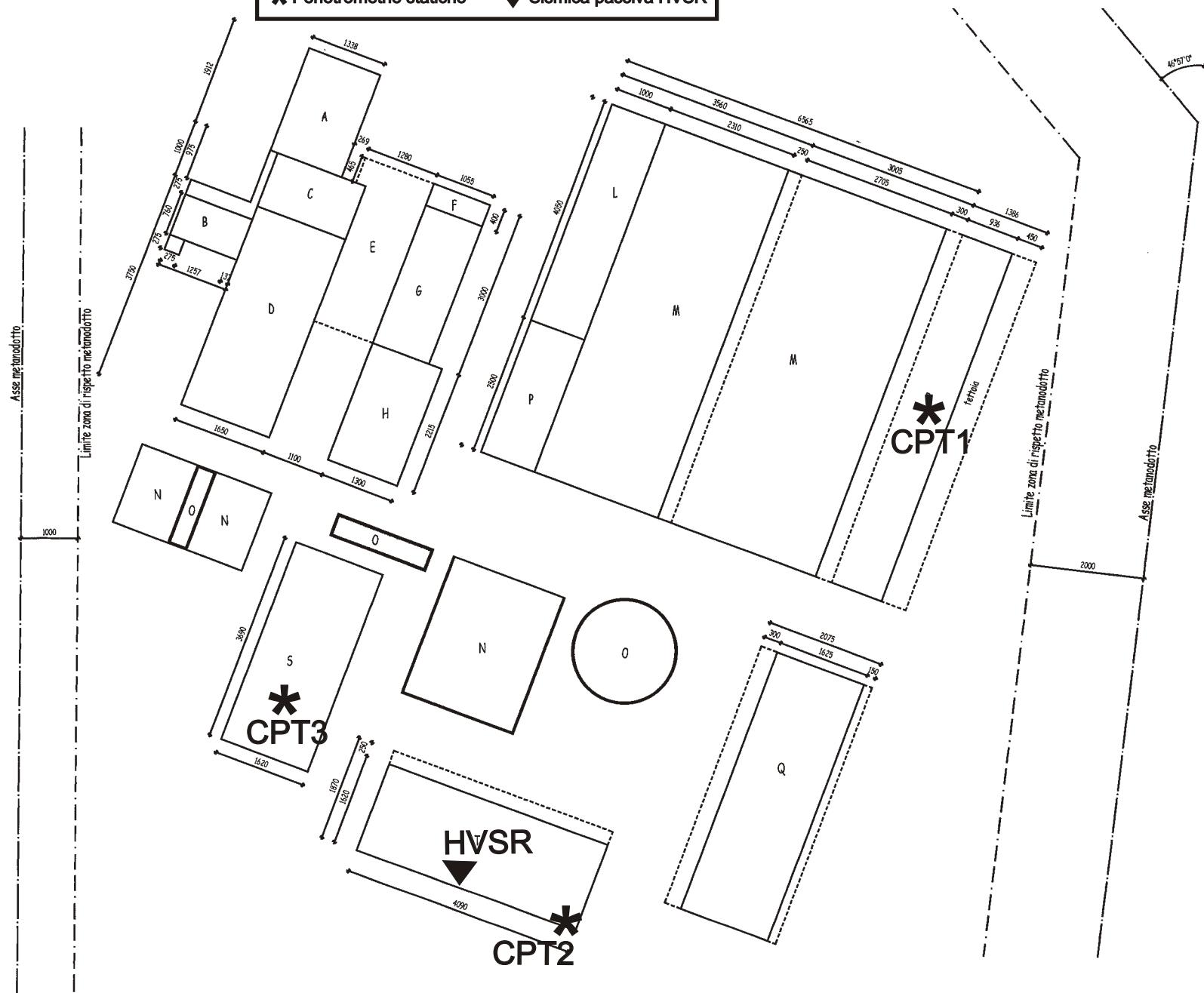


LEGENDA FABBRICATI	
A	abitazione
B	autorimessa
C	portico
D	ricovero attrezzi agricoli
E	tettoia
F	servizi
G	ricovero attrezzi agricoli
H	ricovero attrezzi agricoli
I	stalla per la rimonta interna
L	sala di mungitura, servizi, box vitelli
M	stalla a stabulazione libera
N	Platea letame
O	Vasca liquami
P	Essiccatore per foraggi
Q	Fienile
R	Ampliamento stalla in progetto
S	Ricovero attrezzi agricoli in progetto
T	Preparazione razioni alimentari dei bovini in progetto

## UBICAZIONE INDAGINI

**SCALA 1:1000**

\* Penetrometrie statiche ▼ Sismica passiva HVSR



## **- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE -**



**DIAGRAMMI DI RESISTENZA**

**TABELLE E VALORI DI RESISTENZA**

**VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

**PARAMETRI GEOTECNICI**

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

### PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$  - ( area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$  )
- manicotto laterale di altrito tipo 'Begemann' (  $\varnothing$  35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. =  $150 \text{ cm}^2$  )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm / sec}$  (  $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$  )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett.  $\Rightarrow$  Spinta)  $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

$$\text{fase 1 - resistenza alla punta} \quad R_p (\text{Kg / cm}^2) = (\text{L. punta}) \quad C_t / 10$$

$$\text{fase 2 - resistenza laterale locale} \quad R_L (\text{Kg / cm}^2) = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] \quad C_t / 150$$

$$\text{fase 3 - resistenza totale} \quad R_t (\text{Kg}) = (\text{L. totale}) \quad C_t$$

$R_p / R_L$  = 'rapporto Begemann'

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )

- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )

- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S$  ( Kg ) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $C_t$  .

N.B. : causa la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale  $R_L$  viene computata 20 cm sopra la punta .

## CONVERSIONI

$$1 \text{ kN ( kiloNewton )} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t} - 1 \text{ MN ( megaNewton )} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$$

$$1 \text{ kPa ( kiloPascal )} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ MPa ( MegaPascal )} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t/m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$$

## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto:  $F = (Rp / RL)$

( Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977 )

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = Rp / RL$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F < 15$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 < F \leq 30$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 < F \leq 60$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di Rp e di FR = (RL / Rp) % :

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato, per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato), per depositi coesivi.

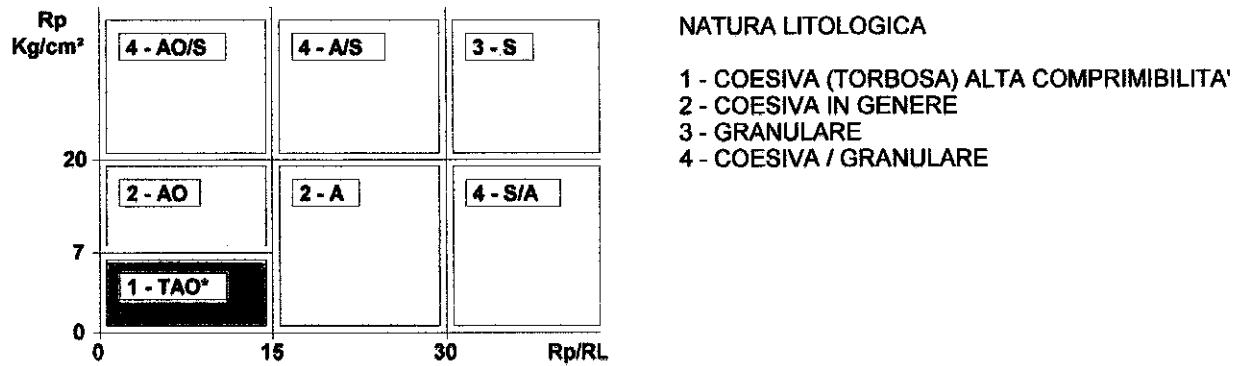
## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

### SCELTE LITOLOGICHE ( validità orientativa )

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $Rp / RL$   
 ( Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977 ), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$Rp \leq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni COESIVI anche se  $(Rp / RL) > 30$

$Rp \geq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni GRANULARI anche se  $(Rp / RL) < 30$



### PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  -  $Rp$  - natura ]  
 ( Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982 )  
 $\sigma'vo$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )  
 $Cu$  = coesione non drenata (terreni coesivi) [ correlazioni :  $Cu$  -  $Rp$  ]  
 $OCR$  = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [ correlazioni :  $OCR$  -  $Cu$  -  $\sigma'vo$  ]  
 ( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )  
 $Eu$  = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [ correl. :  $Eu$  -  $Cu$  -  $OCR$  -  $Ip$   $Ip$ = ind.plast.]  
 Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico  
 pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )  
 $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  -  $Rp$  ]  
 E'50 - E'25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico  
 pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
 ( Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983 )  
 $Mo$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. :  $Mo$  -  $Rp$  - natura ]  
 ( Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )  
 $Dr$  = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)  
 [ correlazioni :  $Dr$  -  $Rp$  -  $\sigma'vo$ ] ( Schmertmann 1976 )  
 $\emptyset'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\emptyset'$  -  $Dr$  -  $Rp$  -  $\sigma'vo$ ]  
 ( Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976 )  
 $\emptyset'1s$  - ( Schmertmann ) sabbia fine uniforme       $\emptyset'2s$  - sabbia media unif./ fine ben gradata  
 $\emptyset'3s$  - sabbia grossa unif./ media ben gradata       $\emptyset'4s$  - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.  
 $\emptyset'dm$  - ( Durgunoglu & Mitchell ) sabbie N.C.       $\emptyset'my$  - ( Meyerhof ) sabbie limose  
 $A_{max}$  = accelerazione al suolo che può causare liquefazione ( terreni granulari )  
 (  $g$  = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976 ) [ correlazioni :  $(A_{max}/g)$  -  $Dr$  ]

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 1**

2.010496-059

- committente : Società Agricola Menozzi Edgardo, Rainero e Mauro  
 - lavoro : Piano di sviluppo aziendale  
 - località : Via Provinciale per Reggio - Budrio di Correggio RE  
 - note :

- data : 06/06/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,20 m da quota inizio  
 - pagina : 1

prf m	LP Kg/cm <sup>2</sup>	LL Kg/cm <sup>2</sup>	Rp Kg/cm <sup>2</sup>	RL Kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RI -	prf m	LP Kg/cm <sup>2</sup>	LL Kg/cm <sup>2</sup>	Rp Kg/cm <sup>2</sup>	RL Kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RI -
0,20	3,0	----	6,0	0,13	45,0	9,20	2,5	5,0	5,0	0,13	37,0
0,40	5,0	6,0	10,0	0,93	11,0	9,40	7,0	8,0	14,0	0,33	42,0
0,60	5,0	12,0	10,0	0,80	12,0	9,60	4,0	6,5	8,0	0,40	20,0
0,80	4,5	10,5	9,0	0,80	11,0	9,80	5,0	8,0	10,0	0,53	19,0
<b>1,00</b>	3,0	9,0	6,0	0,73	8,0	<b>10,00</b>	6,0	10,0	12,0	0,87	14,0
1,20	3,5	9,0	7,0	0,53	13,0	10,20	4,5	11,0	9,0	0,67	13,0
1,40	4,0	8,0	8,0	0,67	12,0	10,40	6,0	11,0	12,0	0,80	15,0
1,60	5,0	10,0	10,0	0,67	15,0	10,60	6,0	12,0	12,0	0,80	15,0
1,80	3,0	8,0	6,0	0,40	15,0	10,80	5,5	11,5	11,0	0,87	13,0
<b>2,00</b>	4,0	7,0	8,0	0,33	24,0	<b>11,00</b>	6,5	13,0	13,0	1,00	13,0
2,20	4,0	6,5	8,0	0,40	20,0	11,20	7,5	15,0	15,0	1,20	12,0
2,40	5,0	8,0	10,0	0,40	25,0	11,40	11,0	20,0	22,0	1,60	14,0
2,60	6,0	9,0	12,0	0,67	18,0	11,60	13,0	25,0	26,0	1,80	14,0
2,80	5,0	10,0	10,0	0,60	17,0	11,80	11,5	25,0	23,0	1,73	13,0
<b>3,00</b>	4,5	9,0	9,0	0,33	27,0	<b>12,00</b>	11,0	24,0	22,0	1,60	14,0
3,20	3,5	6,0	7,0	0,33	21,0	12,20	13,0	25,0	26,0	1,67	16,0
3,40	4,0	6,5	8,0	0,33	24,0	12,40	13,0	25,5	26,0	1,67	16,0
3,60	4,5	7,0	9,0	0,47	19,0	12,60	11,5	24,0	23,0	1,47	16,0
3,80	3,0	6,5	6,0	0,27	22,0	12,80	12,0	23,0	24,0	2,00	12,0
<b>4,00</b>	4,0	6,0	8,0	0,33	24,0	<b>13,00</b>	15,0	30,0	30,0	1,60	19,0
4,20	3,0	5,5	6,0	0,20	30,0	13,20	9,0	21,0	18,0	1,33	13,0
4,40	2,5	4,0	5,0	0,13	37,0	13,40	12,0	22,0	24,0	1,07	22,0
4,60	2,5	3,5	5,0	0,20	25,0	13,60	13,0	21,0	26,0	1,60	16,0
4,80	2,5	4,0	5,0	0,20	25,0	13,80	15,0	27,0	30,0	2,00	15,0
<b>5,00</b>	3,5	5,0	7,0	0,27	26,0	<b>14,00</b>	15,0	30,0	30,0	2,00	15,0
5,20	4,0	6,0	8,0	0,33	24,0	14,20	16,0	31,0	32,0	2,07	15,0
5,40	2,5	5,0	5,0	0,20	25,0	14,40	14,5	30,0	29,0	2,13	14,0
5,60	2,0	3,5	4,0	0,27	15,0	14,60	15,5	31,5	31,0	2,20	14,0
5,80	2,0	4,0	4,0	0,13	30,0	14,80	18,5	35,0	37,0	2,13	17,0
<b>6,00</b>	7,0	8,0	14,0	0,33	42,0	<b>15,00</b>	19,0	35,0	38,0	2,20	17,0
6,20	11,0	13,5	22,0	0,27	82,0	15,20	14,5	31,0	29,0	2,00	14,0
6,40	15,0	17,0	30,0	0,07	450,0	15,40	15,0	30,0	30,0	1,80	17,0
6,60	19,0	19,5	38,0	0,73	52,0	15,60	16,5	30,0	33,0	2,07	16,0
6,80	5,5	11,0	11,0	0,60	18,0	15,80	17,5	33,0	35,0	2,20	16,0
<b>7,00</b>	3,5	8,0	7,0	0,40	17,0	<b>16,00</b>	14,0	30,5	28,0	1,80	16,0
7,20	2,0	5,0	4,0	0,33	12,0	16,20	15,0	28,5	30,0	1,93	16,0
7,40	2,0	4,5	4,0	0,33	12,0	16,40	16,5	31,0	33,0	2,20	15,0
7,60	2,5	5,0	5,0	0,27	19,0	16,60	18,5	35,0	37,0	2,20	17,0
7,80	2,0	4,0	4,0	0,47	9,0	16,80	13,0	29,5	26,0	1,60	16,0
<b>8,00</b>	3,0	6,5	6,0	0,27	22,0	<b>17,00</b>	16,0	28,0	32,0	1,87	17,0
8,20	3,0	5,0	6,0	0,33	18,0	17,20	13,0	27,0	26,0	1,67	16,0
8,40	3,5	6,0	7,0	0,27	26,0	17,40	11,5	24,0	23,0	1,20	19,0
8,60	3,0	5,0	6,0	0,27	22,0	17,60	11,0	20,0	22,0	1,33	16,0
8,80	3,0	5,0	6,0	0,53	11,0	17,80	13,0	23,0	26,0	1,60	16,0
<b>9,00</b>	4,0	8,0	8,0	0,33	24,0	<b>18,00</b>	15,0	27,0	30,0	----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allungatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE  $C_t = 20$  - 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>)

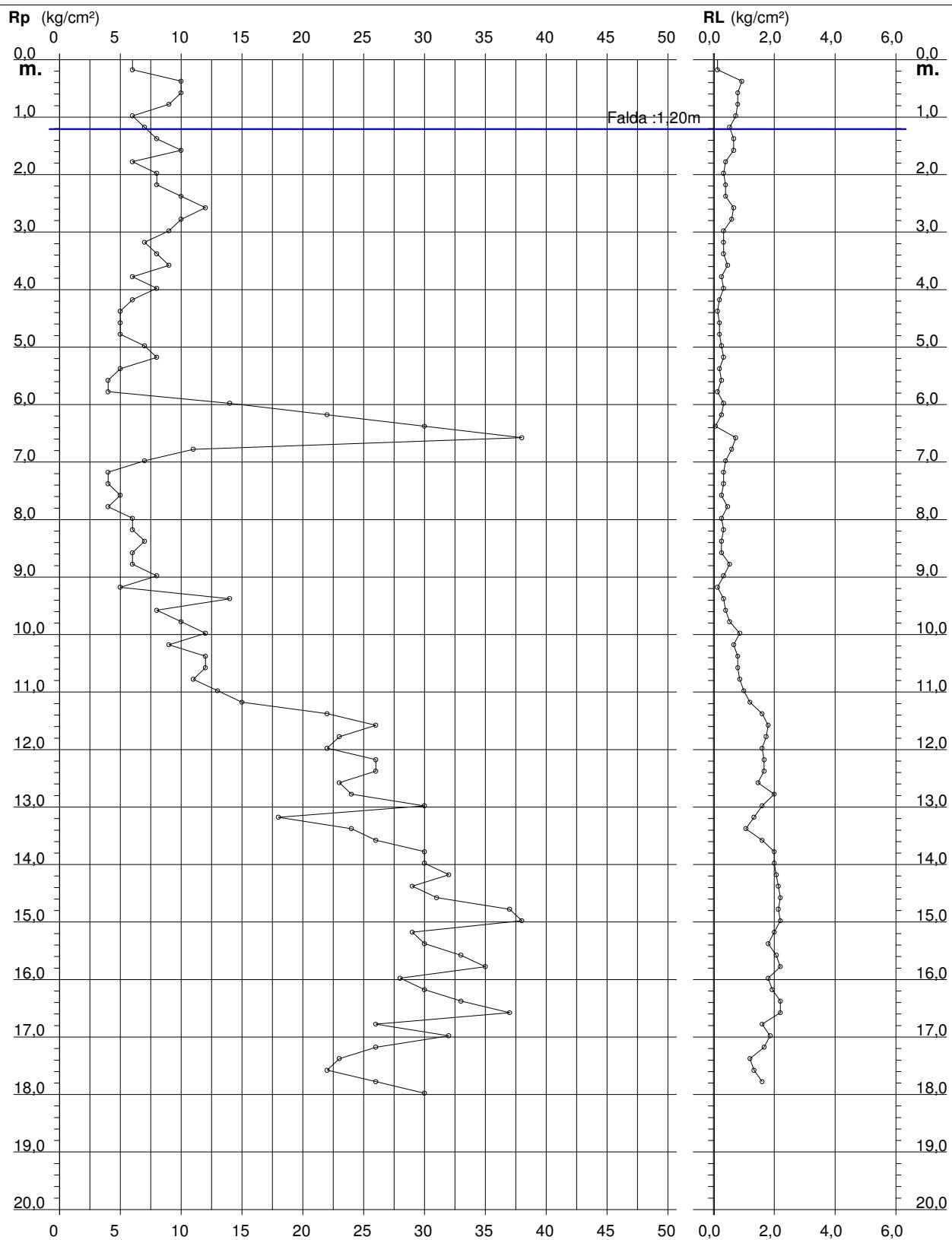
**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ  
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 1**

2.010496-059

- committente : Società Agricola Menozzi Edgardo, Rainero e Mauro  
 - lavoro : Piano di sviluppo aziendale  
 - località : Via Provinciale per Reggio - Budrio di Correggio RE

- data : 06/06/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,20 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



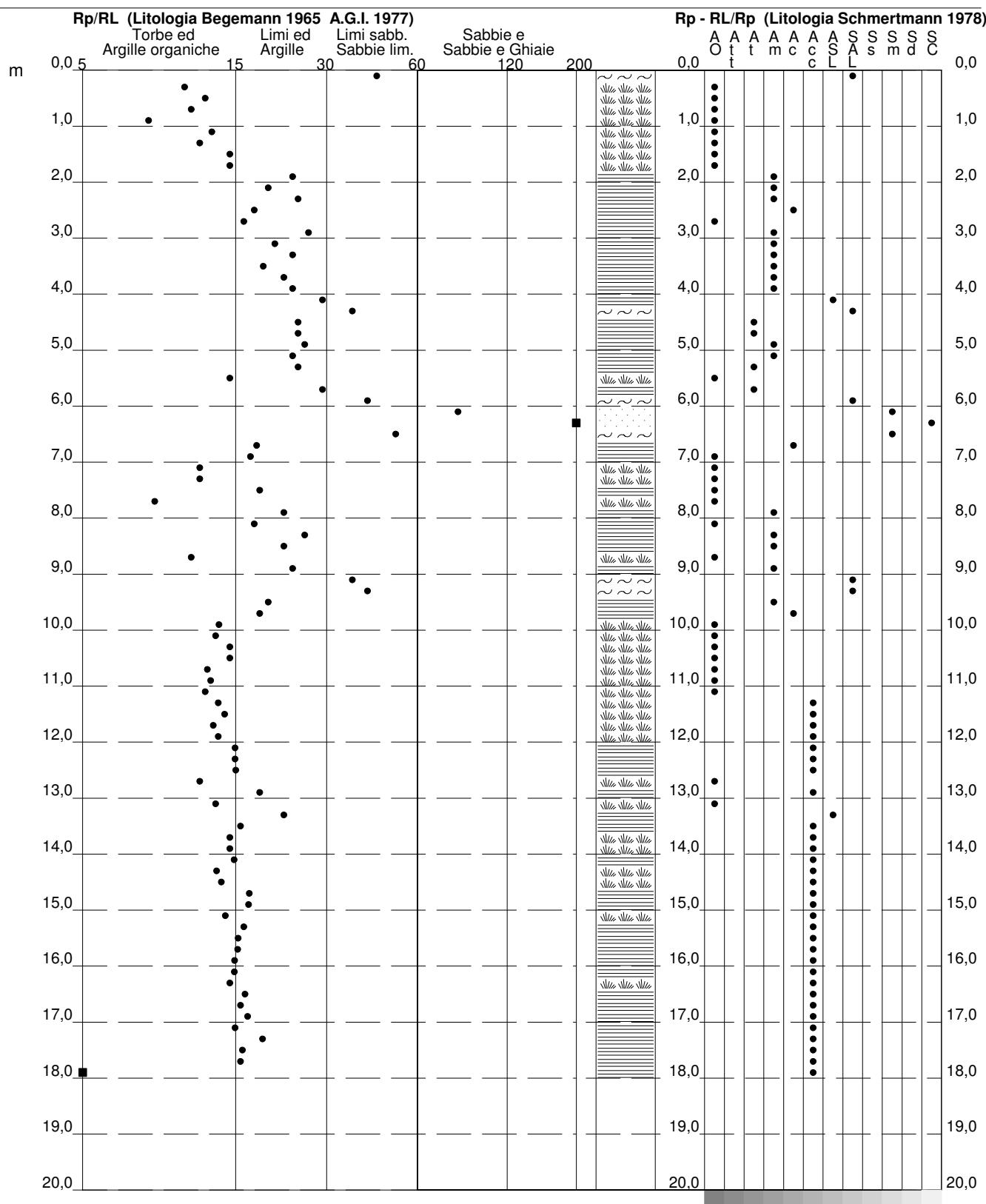
**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ  
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

**CPT 1**

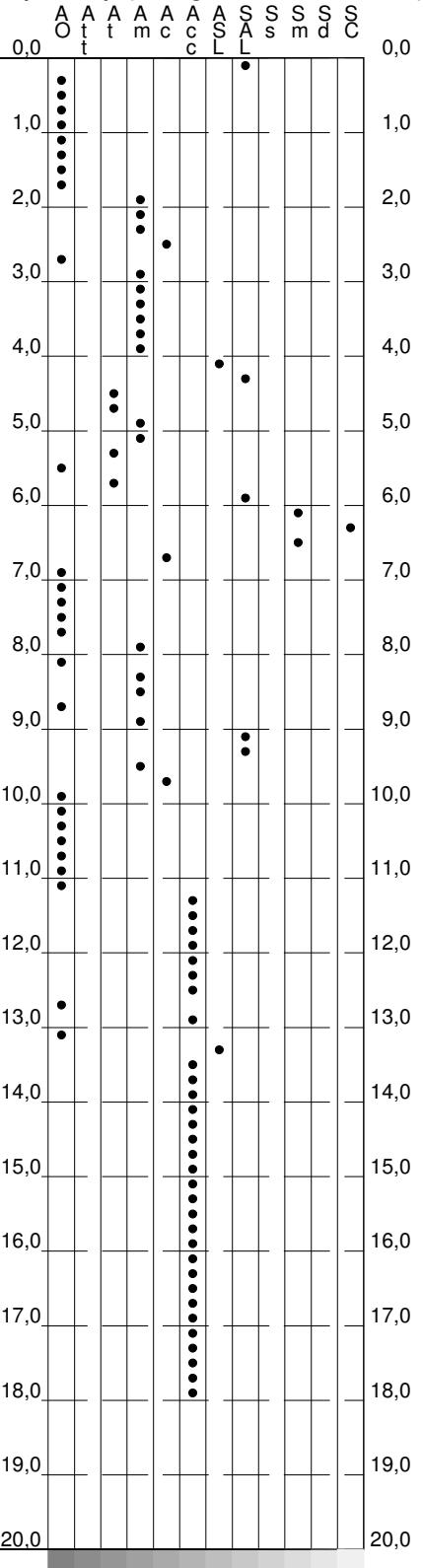
2.010496-059

- committente : Società Agricola Menozzi Edgardo, Rainero e Mauro  
 - lavoro : Piano di sviluppo aziendale  
 - località : Via Provinciale per Reggio - Budrio di Correggio RE  
 - note :

- data : 06/06/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,20 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



**Right Column (Depth in cm):**



**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ**  
**TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT 1**

2.010496-059

- committente : Società Agricola Menozzi Edgardo, Rainero e Mauro  
 - lavoro : Piano di sviluppo aziendale  
 - località : Via Provinciale per Reggio - Budrio di Correggio RE  
 - note :

- data : 06/06/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,20 m da quota inizio  
 - pagina : 1

Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	NATURA COESIVA			NATURA GRANULARE										
								Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo
0,20	6	45	4/://	1,85	0,04	0,30	85,9	51	77	29	56	36	38	40	42	39	26	0,119	10	15	18
0,40	10	11	2///	1,85	0,07	0,50	68,4	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	10	12	2///	1,85	0,11	0,50	41,2	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	9	11	2///	1,85	0,15	0,45	25,2	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	6	8	1***	1,85	0,19	0,30	11,5	12	18	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	7	13	1***	0,46	0,19	0,35	13,1	14	21	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	8	12	2///	0,86	0,21	0,40	13,9	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	10	15	2///	0,90	0,23	0,50	16,6	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	6	15	1**	0,46	0,24	0,30	8,4	13	20	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	8	24	2///	0,86	0,26	0,40	11,0	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	8	20	2///	0,86	0,27	0,40	10,1	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	10	25	2///	0,90	0,29	0,50	12,4	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	12	18	2///	0,92	0,31	0,57	13,5	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	10	17	2///	0,90	0,33	0,50	10,7	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	9	27	2///	0,88	0,35	0,45	8,8	82	123	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	7	21	2///	0,84	0,36	0,35	6,0	96	143	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	8	24	2///	0,86	0,38	0,40	6,7	97	145	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	9	19	2///	0,88	0,40	0,45	7,4	98	147	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	6	22	2///	0,82	0,41	0,30	4,2	115	173	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	8	24	2///	0,86	0,43	0,40	5,7	115	173	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	6	30	4/://	0,82	0,45	0,30	3,8	126	189	29	--	28	31	35	38	26	26	10	15	18	--
4,40	5	37	4/://	0,81	0,46	0,25	2,9	125	188	25	--	28	31	35	38	25	25	8	13	15	--
4,60	5	25	2///	0,80	0,48	0,25	2,8	127	191	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	5	25	2///	0,80	0,49	0,25	2,7	129	194	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	7	26	2///	0,84	0,51	0,35	3,9	143	215	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	8	24	2///	0,86	0,53	0,40	4,4	148	221	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	5	25	2///	0,80	0,54	0,25	2,4	135	202	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	4	15	1***	0,46	0,55	0,20	1,8	25	37	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	4	30	4/://	0,80	0,57	0,20	1,7	115	172	20	--	28	31	35	38	25	25	7	10	12	--
6,00	14	42	4/://	0,89	0,59	0,64	6,9	148	222	48	17	30	33	36	39	29	26	0,033	23	35	42
6,20	22	82	3:::	0,86	0,60	--	--	--	--	--	32	33	35	38	41	31	28	0,062	37	55	66
6,40	30	450	3:::	0,88	0,62	--	--	--	--	--	42	34	36	39	41	33	29	0,085	50	75	90
6,60	38	52	3:::	0,90	0,64	--	--	--	--	--	50	35	37	40	42	34	30	0,103	63	95	114
6,80	11	18	2///	0,91	0,66	0,54	4,9	182	274	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	7	17	2///	0,84	0,68	0,35	2,8	179	269	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	4	12	1***	0,46	0,68	0,20	1,3	26	38	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	4	12	1***	0,46	0,69	0,20	1,3	26	38	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	5	19	2///	0,80	0,71	0,25	1,7	144	215	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	4	9	1***	0,46	0,72	0,20	1,3	26	38	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	6	22	2///	0,82	0,74	0,30	2,0	167	251	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,20	6	18	2///	0,82	0,75	0,30	2,0	168	252	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,40	7	26	2///	0,84	0,77	0,35	2,3	189	283	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,60	6	22	2///	0,82	0,78	0,30	1,9	170	255	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	6	11	1***	0,46	0,79	0,30	1,9	37	55	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	8	24	2///	0,86	0,81	0,40	2,6	209	314	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,20	5	37	4/://	0,81	0,83	0,25	1,4	147	220	25	--	28	31	35	38	25	25	8	13	15	--
9,40	14	42	4/://	0,89	0,84	0,64	4,4	236	354	48	9	29	32	35	39	27	26	0,018	23	35	42
9,60	8	20	2///	0,86	0,86	0,40	2,4	215	322	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	10	19	2///	0,90	0,88	0,50	3,1	243	364	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	12	14	2///	0,92	0,90	0,57	3,6	254	380	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	9	13	2///	0,88	0,92	0,45	2,6	236	354	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	12	15	2///	0,92	0,93	0,57	3,4	263	394	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	12	15	2///	0,92	0,95	0,57	3,3	267	400	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	11	13	2///	0,91	0,97	0,54	3,0	265	398	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	13	13	2///	0,93	0,99	0,60	3,4	278	417	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	15	12	2///	0,95	1,01	0,67	3,7	284	427	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	22	14	4/://	0,93	1,03	0,85	4,9	284	426	66	19	31	34	36	40	28	28	0,037	37	55	66
11,60	26	14	4/://	0,95	1,05	0,93	5,4	295	427	78	25	31	34	37	40	29	28	0,047	43	65	78
11,80	23	13	4/://	0,94	1,07	0,87	4,9	295	443	69	20	31	34	37	40	28	28	0,038	38	58	69
12,00	22	14	4/://	0,93	1,08	0,85	4,6	302	453	66	18	31	33	36	39	28	28	0,034	37	55	66
12,20	26	16	4/://	0,95	1,10	0,93	5,1	304	456	78	23	31	34	37	40	29	28	0,044	43	65	78
12,40	26	16	4/://	0,95	1,12	0,93	5,0	310	465	78	23	31	34	37	40	29	28	0,043	43	65	78
12,60	23	16	4/://	0,94	1,14	0,87	4,5	318	477	69	18	31	33	36	39	28	28	0,035	38	58	69
12,80	24	12	4/://	0,94	1,16	0,89	4,5	323	485												

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

2.010496-059

- committente : Società Agricola Menozzi Edgardo, Rainero e Mauro  
 - lavoro : Piano di sviluppo aziendale  
 - località : Via Provinciale per Reggio - Budrio di Correggio RE  
 - note :

- data : 06/06/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,20 m da quota inizio  
 - pagina : 1

prf m	LP Kg/cm <sup>2</sup>	LL Kg/cm <sup>2</sup>	Rp Kg/cm <sup>2</sup>	RL Kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RI -	prf m	LP Kg/cm <sup>2</sup>	LL Kg/cm <sup>2</sup>	Rp Kg/cm <sup>2</sup>	RL Kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RI -
0,20	5,0	----	10,0	0,47	21,0	9,20	5,0	5,5	10,0	0,33	30,0
0,40	4,5	8,0	9,0	1,07	8,0	9,40	4,5	7,0	9,0	0,40	22,0
0,60	5,5	13,5	11,0	0,87	13,0	9,60	4,0	7,0	8,0	0,40	20,0
0,80	4,5	11,0	9,0	1,00	9,0	9,80	5,0	8,0	10,0	0,60	17,0
<b>1,00</b>	<b>3,5</b>	<b>11,0</b>	<b>7,0</b>	<b>0,40</b>	<b>17,0</b>	<b>10,00</b>	<b>5,5</b>	<b>10,0</b>	<b>11,0</b>	<b>0,67</b>	<b>16,0</b>
1,20	3,0	6,0	6,0	0,20	30,0	10,20	4,5	9,5	9,0	0,53	17,0
1,40	4,0	5,5	8,0	0,20	40,0	10,40	6,0	10,0	12,0	0,73	16,0
1,60	4,0	5,5	8,0	0,27	30,0	10,60	6,5	12,0	13,0	0,93	14,0
1,80	4,0	6,0	8,0	0,27	30,0	10,80	7,0	14,0	14,0	0,87	16,0
<b>2,00</b>	<b>4,5</b>	<b>6,5</b>	<b>9,0</b>	<b>0,40</b>	<b>22,0</b>	<b>11,00</b>	<b>7,0</b>	<b>13,5</b>	<b>14,0</b>	<b>0,93</b>	<b>15,0</b>
2,20	3,5	6,5	7,0	0,33	21,0	11,20	7,5	14,5	15,0	0,93	16,0
2,40	5,0	7,5	10,0	0,47	21,0	11,40	9,5	16,5	19,0	1,20	16,0
2,60	6,0	9,5	12,0	0,67	18,0	11,60	8,5	17,5	17,0	1,20	14,0
2,80	5,0	10,0	10,0	0,53	19,0	11,80	9,0	18,0	18,0	1,33	13,0
<b>3,00</b>	<b>5,0</b>	<b>9,0</b>	<b>10,0</b>	<b>0,53</b>	<b>19,0</b>	<b>12,00</b>	<b>10,0</b>	<b>20,0</b>	<b>20,0</b>	<b>1,27</b>	<b>16,0</b>
3,20	3,5	7,5	7,0	0,33	21,0	12,20	12,5	22,0	25,0	1,47	17,0
3,40	5,5	8,0	11,0	0,60	18,0	12,40	11,0	22,0	22,0	1,47	15,0
3,60	3,5	8,0	7,0	0,33	21,0	12,60	12,0	23,0	24,0	1,73	14,0
3,80	3,5	6,0	7,0	0,40	17,0	12,80	13,0	26,0	26,0	1,80	14,0
<b>4,00</b>	<b>4,0</b>	<b>7,0</b>	<b>8,0</b>	<b>0,33</b>	<b>24,0</b>	<b>13,00</b>	<b>17,5</b>	<b>31,0</b>	<b>35,0</b>	<b>2,20</b>	<b>16,0</b>
4,20	3,5	6,0	7,0	0,33	21,0	13,20	7,5	24,0	15,0	1,47	10,0
4,40	4,0	6,5	8,0	0,27	30,0	13,40	11,0	22,0	22,0	1,20	18,0
4,60	4,0	6,0	8,0	0,47	17,0	13,60	12,0	21,0	24,0	1,47	16,0
4,80	6,5	10,0	13,0	0,67	19,0	13,80	13,0	24,0	26,0	1,60	16,0
<b>5,00</b>	<b>5,0</b>	<b>10,0</b>	<b>10,0</b>	<b>0,33</b>	<b>30,0</b>	<b>14,00</b>	<b>12,0</b>	<b>24,0</b>	<b>24,0</b>	<b>1,47</b>	<b>16,0</b>
5,20	3,0	5,5	6,0	0,27	22,0	14,20	12,0	23,0	24,0	1,67	14,0
5,40	3,0	5,0	6,0	0,33	18,0	14,40	13,0	25,5	26,0	1,67	16,0
5,60	3,0	5,5	6,0	0,33	18,0	14,60	18,0	30,5	36,0	2,40	15,0
5,80	3,5	6,0	7,0	0,27	26,0	14,80	17,0	35,0	34,0	2,40	14,0
<b>6,00</b>	<b>3,5</b>	<b>5,5</b>	<b>7,0</b>	<b>0,33</b>	<b>21,0</b>	<b>15,00</b>	<b>15,0</b>	<b>33,0</b>	<b>30,0</b>	<b>1,87</b>	<b>16,0</b>
6,20	3,5	6,0	7,0	0,33	21,0	15,20	13,0	27,0	26,0	1,67	16,0
6,40	2,5	5,0	5,0	0,33	15,0	15,40	12,5	25,0	25,0	1,67	15,0
6,60	2,5	5,0	5,0	0,27	19,0	15,60	12,5	25,0	25,0	1,87	13,0
6,80	2,5	4,5	5,0	0,33	15,0	15,80	11,0	25,0	22,0	1,53	14,0
<b>7,00</b>	<b>3,5</b>	<b>6,0</b>	<b>7,0</b>	<b>0,27</b>	<b>26,0</b>	<b>16,00</b>	<b>13,5</b>	<b>25,0</b>	<b>27,0</b>	<b>1,73</b>	<b>16,0</b>
7,20	3,0	5,0	6,0	0,40	15,0	16,20	15,0	28,0	30,0	1,80	17,0
7,40	9,0	12,0	18,0	0,20	90,0	16,40	16,5	30,0	33,0	2,13	15,0
7,60	3,5	5,0	7,0	0,40	17,0	16,60	16,5	32,5	33,0	1,53	22,0
7,80	3,0	6,0	6,0	0,27	22,0	16,80	11,5	23,0	23,0	1,33	17,0
<b>8,00</b>	<b>4,5</b>	<b>6,5</b>	<b>9,0</b>	<b>0,33</b>	<b>27,0</b>	<b>17,00</b>	<b>13,0</b>	<b>23,0</b>	<b>26,0</b>	<b>1,67</b>	<b>16,0</b>
8,20	3,0	5,5	6,0	0,27	22,0	17,20	12,5	25,0	25,0	1,53	16,0
8,40	3,0	5,0	6,0	0,20	30,0	17,40	13,0	24,5	26,0	1,73	15,0
8,60	3,5	5,0	7,0	0,27	26,0	17,60	14,0	27,0	28,0	1,93	14,0
8,80	3,0	5,0	6,0	0,33	18,0	17,80	15,0	29,5	30,0	1,87	16,0
<b>9,00</b>	<b>4,0</b>	<b>6,5</b>	<b>8,0</b>	<b>0,07</b>	<b>120,0</b>	<b>18,00</b>	<b>15,0</b>	<b>29,0</b>	<b>30,0</b>	<b>----</b>	<b>----</b>

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allungatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE  $C_t = 20$  - 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>)

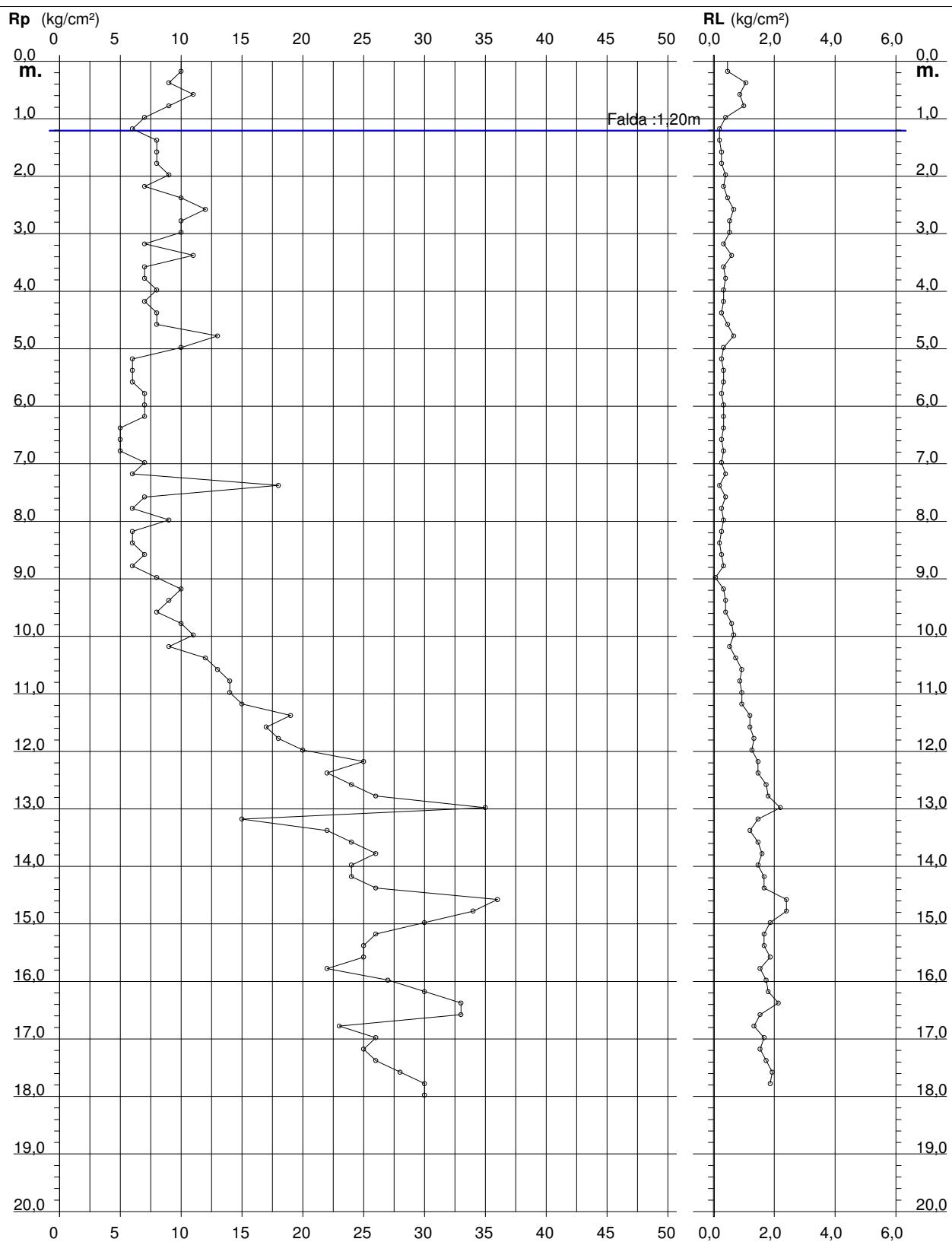
**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ  
DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 2**

2.010496-059

- committente : Società Agricola Menozzi Edgardo, Rainero e Mauro  
- lavoro : Piano di sviluppo aziendale  
- località : Via Provinciale per Reggio - Budrio di Correggio RE

- data : 06/06/2018  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,20 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



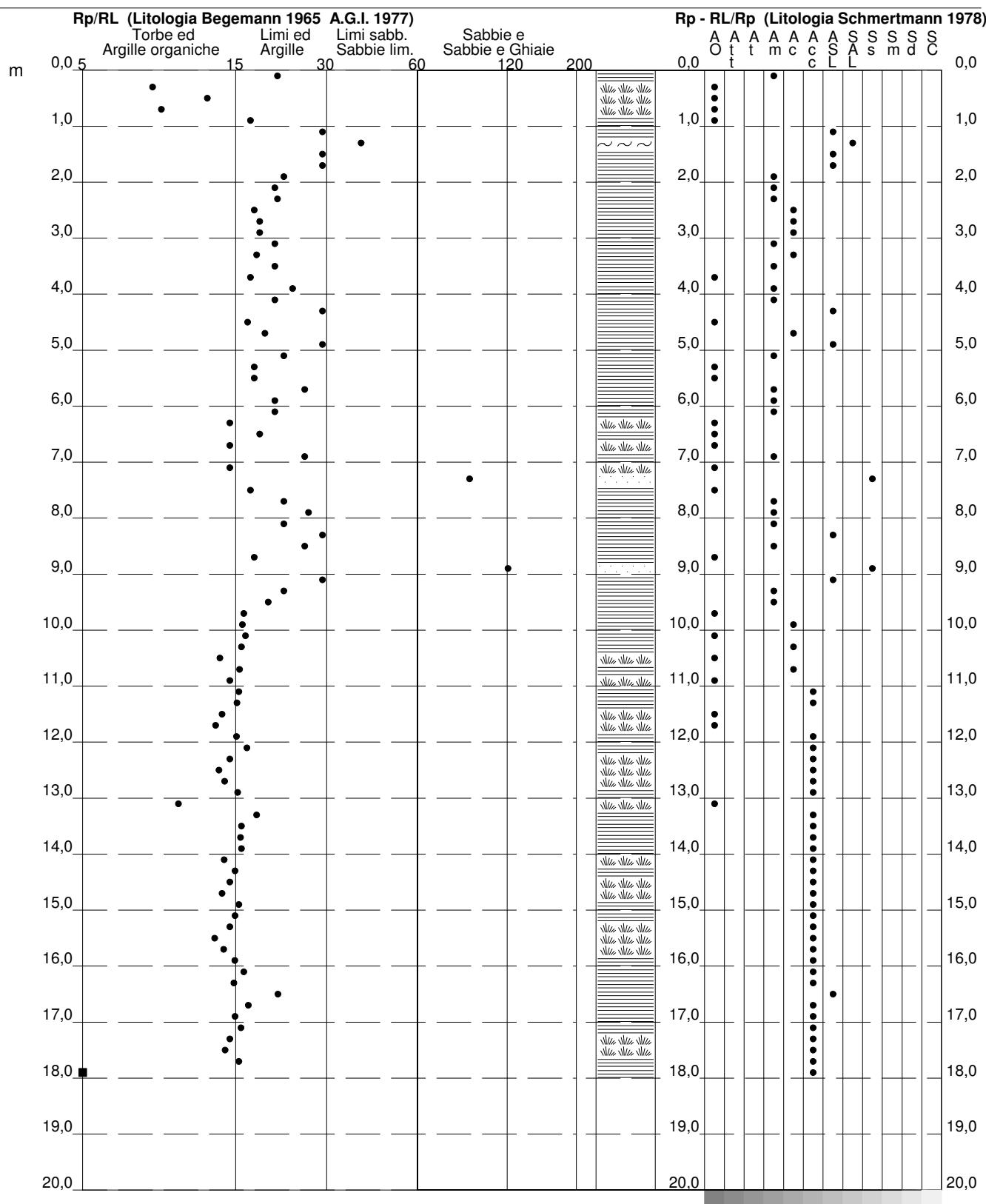
**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ  
 VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

**CPT 2**

2.010496-059

- committente : Società Agricola Menozzi Edgardo, Rainero e Mauro  
 - lavoro : Piano di sviluppo aziendale  
 - località : Via Provinciale per Reggio - Budrio di Correggio RE  
 - note :

- data : 06/06/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,20 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ**  
**TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT 2**

2.010496-059

- committente : Società Agricola Menozzi Edgardo, Rainero e Mauro  
 - lavoro : Piano di sviluppo aziendale  
 - località : Via Provinciale per Reggio - Budrio di Correggio RE  
 - note :

- data : 06/06/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,20 m da quota inizio  
 - pagina : 1

Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	NATURA COESIVA			NATURA GRANULARE										
								Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo
0,20	10	21	2///	1,85	0,04	0,50	99,9	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,40	9	8	2///	1,85	0,07	0,45	60,0	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,60	11	13	2///	1,85	0,11	0,54	45,0	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0,80	9	9	2///	1,85	0,15	0,45	25,2	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,00	7	17	2///	1,85	0,19	0,35	13,9	59	89	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1,20	6	30	4/://	0,82	0,20	0,30	10,3	51	77	29	14	30	33	36	39	30	26	0,028	10	15	18
1,40	8	40	4/://	0,84	0,22	0,40	13,4	68	102	35	22	31	34	37	40	31	26	0,042	13	20	24
1,60	8	30	4/://	0,84	0,23	0,40	12,2	68	102	35	21	31	34	37	40	31	26	0,039	13	20	24
1,80	8	30	4/://	0,84	0,25	0,40	11,2	68	102	35	19	31	34	36	40	31	26	0,036	13	20	24
2,00	9	22	2///	0,88	0,27	0,45	11,9	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,20	7	21	2///	0,84	0,29	0,35	8,1	69	103	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,40	10	21	2///	0,90	0,30	0,50	11,7	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,60	12	18	2///	0,92	0,32	0,57	12,8	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
2,80	10	19	2///	0,90	0,34	0,50	10,1	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,00	10	19	2///	0,90	0,36	0,50	9,5	86	129	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,20	7	21	2///	0,84	0,38	0,35	5,8	101	151	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,40	11	18	2///	0,91	0,39	0,54	9,2	94	141	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,60	7	21	2///	0,84	0,41	0,35	5,1	113	169	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3,80	7	17	2///	0,84	0,43	0,35	4,9	118	177	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,00	8	24	2///	0,86	0,44	0,40	5,5	120	181	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,20	7	21	2///	0,84	0,46	0,35	4,4	129	193	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,40	8	30	4/://	0,84	0,48	0,40	5,0	132	198	35	3	28	32	35	38	27	26	0,008	13	20	24
4,60	8	17	2///	0,86	0,50	0,40	4,8	137	206	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4,80	13	19	2///	0,93	0,51	0,60	7,7	125	187	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,00	10	30	4/://	0,86	0,53	0,50	5,8	142	213	40	8	29	32	35	39	28	26	0,018	17	25	30
5,20	6	22	2///	0,82	0,55	0,30	3,0	149	223	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,40	6	18	2///	0,82	0,56	0,30	2,9	151	227	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,60	6	18	2///	0,82	0,58	0,30	2,8	154	231	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5,80	7	26	2///	0,84	0,60	0,35	3,2	166	249	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,00	7	21	2///	0,84	0,61	0,35	3,1	170	254	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,20	7	21	2///	0,84	0,63	0,35	3,0	172	259	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,40	5	15	1**	0,46	0,64	0,25	1,9	30	45	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,60	5	19	2///	0,80	0,66	0,25	1,9	142	212	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6,80	5	15	1**	0,46	0,66	0,25	1,8	31	46	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,00	7	26	2///	0,84	0,68	0,35	2,7	180	270	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,20	6	15	1**	0,46	0,69	0,30	2,2	35	52	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,40	18	90	4/://	0,91	0,71	0,75	6,7	181	271	56	21	31	34	37	40	29	27	0,041	30	45	54
7,60	7	17	2///	0,84	0,73	0,35	2,5	185	277	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7,80	6	22	2///	0,82	0,74	0,30	2,0	168	251	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,00	9	27	2///	0,88	0,76	0,45	3,3	212	318	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,20	6	22	2///	0,82	0,78	0,30	1,9	169	254	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,40	6	30	4/://	0,82	0,79	0,30	1,9	170	255	29	--	28	31	35	38	25	26	--	10	15	18
8,60	7	26	2///	0,84	0,81	0,35	2,2	192	288	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8,80	6	18	2///	0,82	0,83	0,30	1,8	171	257	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,00	8	120	4/://	0,84	0,84	0,40	2,5	213	319	35	--	28	31	35	38	25	26	--	13	20	24
9,20	10	30	4/://	0,86	0,86	0,50	3,2	239	358	40	--	28	31	35	38	25	26	--	17	25	30
9,40	9	22	2///	0,88	0,88	0,45	2,7	231	347	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,60	8	20	2///	0,86	0,89	0,40	2,3	217	326	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9,80	10	17	2///	0,90	0,91	0,50	3,0	248	372	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,00	11	16	2///	0,91	0,93	0,54	3,2	258	387	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,20	9	17	2///	0,88	0,95	0,45	2,5	239	359	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,40	12	16	2///	0,92	0,97	0,57	3,3	270	405	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,60	13	14	2///	0,93	0,99	0,60	3,4	277	416	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10,80	14	16	2///	0,94	1,00	0,64	3,5	283	425	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,00	14	15	2///	0,94	1,02	0,64	3,5	288	432	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,20	15	16	2///	0,95	1,04	0,67	3,6	294	441	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,40	19	16	2///	0,99	1,06	0,78	4,2	297	445	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,60	17	14	2///	0,97	1,08	0,72	3,8	305	457	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11,80	18	13	2///	0,98	1,10	0,75	3,9	309	464	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12,00	20	16	4/://	0,93	1,12	0,80	4,1	313	469	60	14	30	33	36	39	27	27	0,027	33	50	60
12,20	25	17	4/://	0,94	1,14	0,91	4,7	316	474	75	21	31	34	37	40	29	28	0,040	42	63	75
12,40	22	15	4/://	0,93	1,16	0,85	4,2	323	485	66	16	30	33	36	39	28	28	0,031	37	55	66
12,60	24	14	4/://	0,94	1,18	0,89	4,4	328	492	72	19	31	34	36	40	28	28	0,036	40	60	72
12,80	26	14	4/://	0,95	1,19	0,93	4,6	333	499	78	21	31	34	37	40	28	28	0,041	43	65	78
13,00	35	16	4/://	0,98	1,21	1,17	6,0	322	483	105	31	32	35	38	40	30	29	0,060	58	88	

**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

2.010496-059

- committente : Società Agricola Menozzi Edgardo, Rainero e Mauro  
 - lavoro : Piano di sviluppo aziendale  
 - località : Via Provinciale per Reggio - Budrio di Correggio RE  
 - note :

- data : 06/06/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,30 m da quota inizio  
 - pagina : 1

prf m	LP Kg/cm <sup>2</sup>	LL Kg/cm <sup>2</sup>	Rp Kg/cm <sup>2</sup>	RL Kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RI -	prf m	LP Kg/cm <sup>2</sup>	LL Kg/cm <sup>2</sup>	Rp Kg/cm <sup>2</sup>	RL Kg/cm <sup>2</sup>	Rp/RI -
0,20	6,0	----	12,0	0,33	36,0	9,20	5,0	6,0	10,0	0,40	25,0
0,40	10,5	13,0	21,0	1,60	13,0	9,40	4,0	7,0	8,0	0,20	40,0
0,60	9,0	21,0	18,0	1,73	10,0	9,60	4,5	6,0	9,0	0,33	27,0
0,80	6,5	19,5	13,0	1,53	8,0	9,80	3,5	6,0	7,0	0,53	13,0
<b>1,00</b>	<b>4,5</b>	<b>16,0</b>	<b>9,0</b>	<b>0,87</b>	<b>10,0</b>	<b>10,00</b>	<b>5,0</b>	<b>9,0</b>	<b>10,0</b>	<b>0,53</b>	<b>19,0</b>
1,20	4,0	10,5	8,0	0,47	17,0	10,20	5,0	9,0	10,0	0,67	15,0
1,40	4,0	7,5	8,0	0,27	30,0	10,40	4,0	9,0	8,0	0,60	13,0
1,60	4,0	6,0	8,0	0,20	40,0	10,60	4,0	8,5	8,0	0,40	20,0
1,80	5,5	7,0	11,0	0,20	55,0	10,80	7,0	10,0	14,0	0,87	16,0
<b>2,00</b>	<b>5,0</b>	<b>6,5</b>	<b>10,0</b>	<b>0,27</b>	<b>37,0</b>	<b>11,00</b>	<b>6,0</b>	<b>12,5</b>	<b>12,0</b>	<b>0,67</b>	<b>18,0</b>
2,20	5,0	7,0	10,0	0,40	25,0	11,20	7,0	12,0	14,0	0,53	26,0
2,40	6,0	9,0	12,0	0,73	16,0	11,40	8,0	12,0	16,0	0,80	20,0
2,60	6,5	12,0	13,0	0,80	16,0	11,60	9,0	15,0	18,0	0,93	19,0
2,80	5,0	11,0	10,0	0,67	15,0	11,80	11,0	18,0	22,0	1,20	18,0
<b>3,00</b>	<b>4,0</b>	<b>9,0</b>	<b>8,0</b>	<b>0,27</b>	<b>30,0</b>	<b>12,00</b>	<b>11,0</b>	<b>20,0</b>	<b>22,0</b>	<b>1,07</b>	<b>21,0</b>
3,20	3,0	5,0	6,0	0,13	45,0	12,20	11,0	19,0	22,0	1,00	22,0
3,40	4,0	5,0	8,0	0,20	40,0	12,40	11,0	18,5	22,0	1,20	18,0
3,60	3,0	4,5	6,0	0,20	30,0	12,60	11,0	20,0	22,0	1,13	19,0
3,80	4,5	6,0	9,0	0,53	17,0	12,80	12,5	21,0	25,0	1,47	17,0
<b>4,00</b>	<b>5,0</b>	<b>9,0</b>	<b>10,0</b>	<b>0,47</b>	<b>21,0</b>	<b>13,00</b>	<b>13,0</b>	<b>24,0</b>	<b>26,0</b>	<b>1,47</b>	<b>18,0</b>
4,20	4,5	8,0	9,0	0,33	27,0	13,20	12,0	23,0	24,0	1,40	17,0
4,40	3,0	5,5	6,0	0,27	22,0	13,40	9,0	19,5	18,0	1,27	14,0
4,60	4,0	6,0	8,0	0,27	30,0	13,60	8,5	18,0	17,0	1,13	15,0
4,80	3,0	5,0	6,0	0,40	15,0	13,80	11,5	20,0	23,0	1,67	14,0
<b>5,00</b>	<b>4,0</b>	<b>7,0</b>	<b>8,0</b>	<b>0,27</b>	<b>30,0</b>	<b>14,00</b>	<b>12,5</b>	<b>25,0</b>	<b>25,0</b>	<b>1,33</b>	<b>19,0</b>
5,20	3,0	5,0	6,0	0,07	90,0	14,20	11,0	21,0	22,0	1,33	16,0
5,40	3,5	4,0	7,0	0,13	52,0	14,40	11,0	21,0	22,0	1,20	18,0
5,60	3,0	4,0	6,0	0,27	22,0	14,60	11,0	20,0	22,0	1,47	15,0
5,80	3,0	5,0	6,0	0,13	45,0	14,80	13,5	24,5	27,0	1,40	19,0
<b>6,00</b>	<b>5,0</b>	<b>6,0</b>	<b>10,0</b>	<b>0,33</b>	<b>30,0</b>	<b>15,00</b>	<b>15,0</b>	<b>25,5</b>	<b>30,0</b>	<b>1,93</b>	<b>16,0</b>
6,20	3,5	6,0	7,0	0,33	21,0	15,20	13,5	28,0	27,0	1,67	16,0
6,40	3,5	6,0	7,0	0,27	26,0	15,40	13,0	25,5	26,0	1,47	18,0
6,60	3,0	5,0	6,0	0,33	18,0	15,60	14,0	25,0	28,0	1,47	19,0
6,80	4,0	6,5	8,0	0,47	17,0	15,80	12,0	23,0	24,0	1,47	16,0
<b>7,00</b>	<b>3,0</b>	<b>6,5</b>	<b>6,0</b>	<b>0,33</b>	<b>18,0</b>	<b>16,00</b>	<b>11,0</b>	<b>22,0</b>	<b>22,0</b>	<b>1,20</b>	<b>18,0</b>
7,20	3,0	5,5	6,0	0,20	30,0	16,20	11,5	20,5	23,0	1,27	18,0
7,40	3,0	4,5	6,0	0,20	30,0	16,40	15,5	25,0	31,0	1,73	18,0
7,60	3,5	5,0	7,0	0,20	35,0	16,60	17,0	30,0	34,0	2,13	16,0
7,80	3,5	5,0	7,0	0,40	17,0	16,80	18,0	34,0	36,0	1,47	25,0
<b>8,00</b>	<b>4,0</b>	<b>7,0</b>	<b>8,0</b>	<b>0,27</b>	<b>30,0</b>	<b>17,00</b>	<b>16,0</b>	<b>27,0</b>	<b>32,0</b>	<b>1,73</b>	<b>18,0</b>
8,20	7,0	9,0	14,0	0,27	52,0	17,20	13,0	26,0	26,0	1,60	16,0
8,40	3,0	5,0	6,0	0,20	30,0	17,40	11,0	23,0	22,0	1,20	18,0
8,60	4,0	5,5	8,0	0,33	24,0	17,60	11,0	20,0	22,0	1,47	15,0
8,80	3,5	6,0	7,0	0,40	17,0	17,80	12,0	23,0	24,0	1,60	15,0
<b>9,00</b>	<b>4,5</b>	<b>7,5</b>	<b>9,0</b>	<b>0,13</b>	<b>67,0</b>	<b>18,00</b>	<b>16,0</b>	<b>28,0</b>	<b>32,0</b>	<b>----</b>	<b>----</b>

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allungatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE  $C_t = 20$  - 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>)

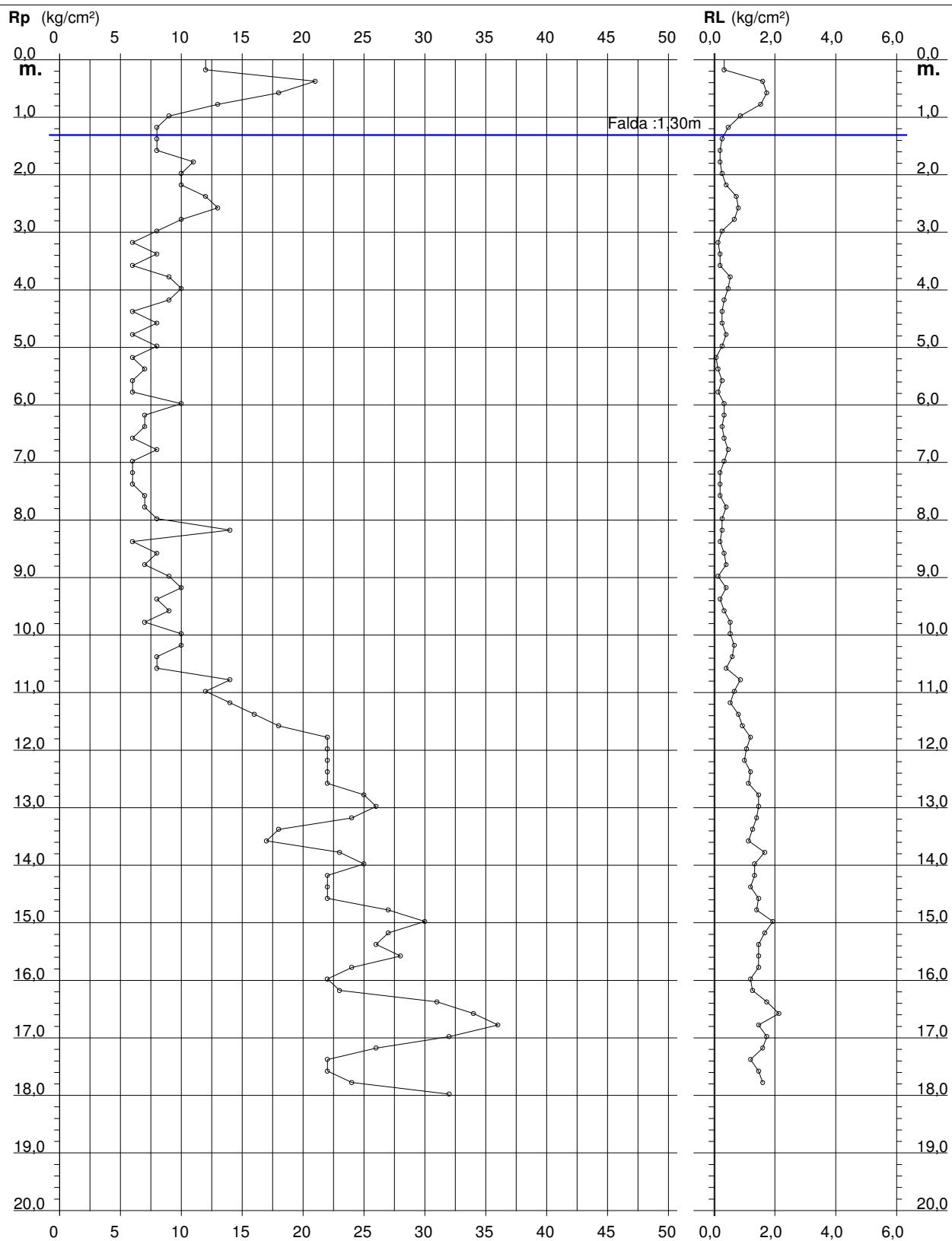
**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ  
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

**CPT 3**

2.010496-059

- committente : Società Agricola Menozzi Edgardo, Rainero e Mauro  
 - lavoro : Piano di sviluppo aziendale  
 - località : Via Provinciale per Reggio - Budrio di Correggio RE

- data : 06/06/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,30 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



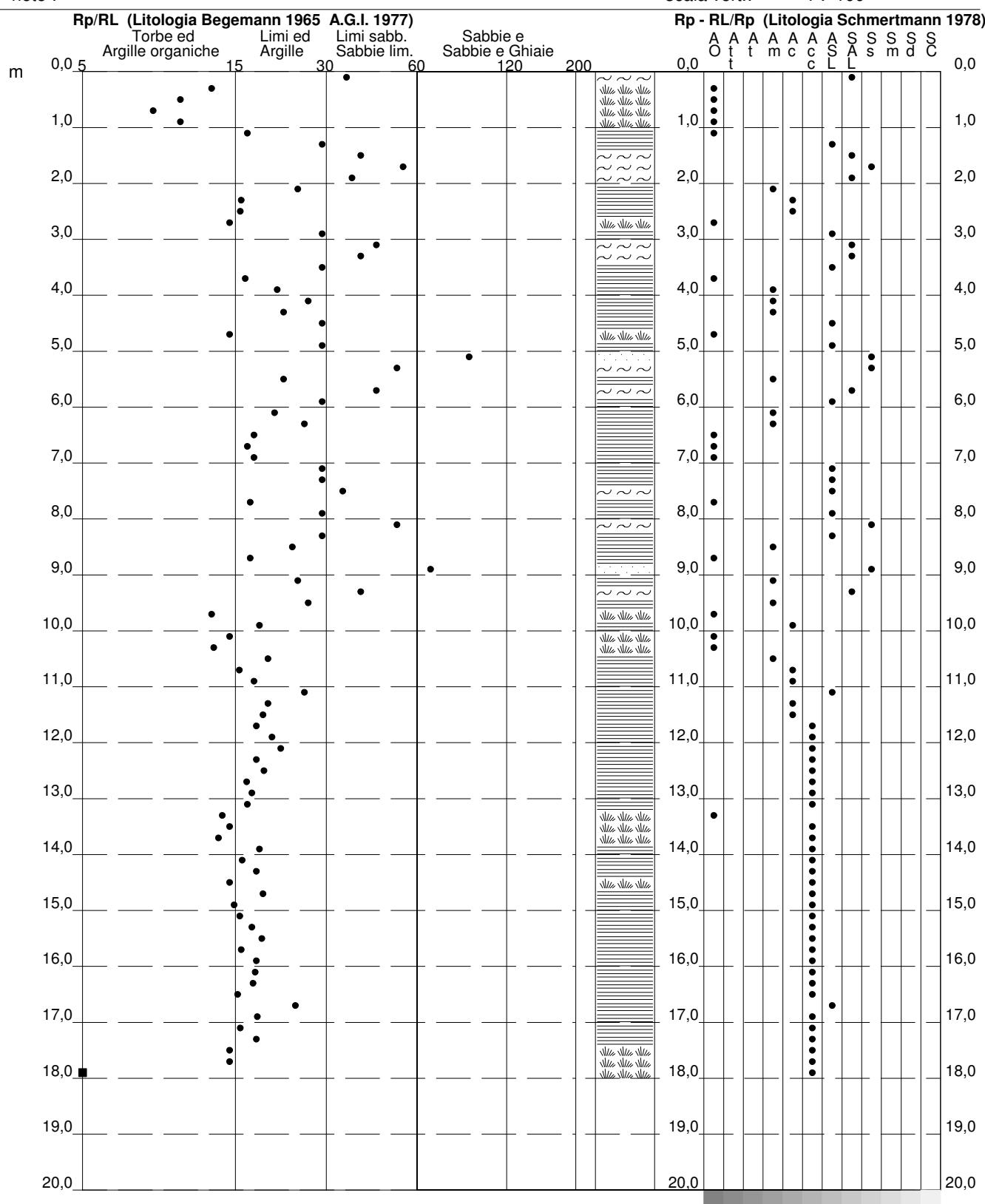
**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ**  
**VALUTAZIONI LITOLOGICHE**

**CPT 3**

2.010496-059

- committente : Società Agricola Menozzi Edgardo, Rainero e Mauro  
 - lavoro : Piano di sviluppo aziendale  
 - località : Via Provinciale per Reggio - Budrio di Correggio RE  
 - note :

- data : 06/06/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,30 m da quota inizio  
 - scala vert.: 1 : 100



**PROVA PENETROMETRICA STATICÀ**  
**TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT 3**

2.010496-059

- committente : Società Agricola Menozzi Edgardo, Rainero e Mauro  
 - lavoro : Piano di sviluppo aziendale  
 - località : Via Provinciale per Reggio - Budrio di Correggio RE  
 - note :

- data : 06/06/2018  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,30 m da quota inizio  
 - pagina : 1

Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	NATURA COESIVA			NATURA GRANULARE															
			Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo
0,20	12	36	4/;/	1,85	0,04	0,57	99,9	97	146	45	80	39	41	43	44	42	26	0,189	20	30	36
0,40	21	13	4/;/	1,85	0,07	0,82	99,9	140	210	63	82	39	41	43	45	42	27	0,196	35	53	63
0,60	18	10	2/;/	1,85	0,11	0,75	68,4	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	13	8	2/;/	1,85	0,15	0,60	36,5	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	9	10	2/;/	1,85	0,19	0,45	19,1	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	8	17	2/;/	1,85	0,22	0,40	13,1	68	102	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	8	30	4/;/	0,84	0,24	0,40	12,0	68	102	35	20	31	34	37	40	31	26	0,038	13	20	24
1,60	8	40	4/;/	0,84	0,26	0,40	11,0	68	102	35	18	31	33	36	39	30	26	0,035	13	20	24
1,80	11	55	4/;/	0,87	0,27	0,54	14,6	91	137	42	28	32	35	37	40	32	26	0,053	18	28	33
2,00	10	37	4/;/	0,86	0,29	0,50	12,4	85	128	40	23	31	34	37	40	31	26	0,044	17	25	30
2,20	10	25	2/;/	0,90	0,31	0,50	11,5	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	12	16	2/;/	0,92	0,33	0,57	12,6	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	13	16	2/;/	0,93	0,35	0,60	12,7	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	10	15	2/;/	0,90	0,36	0,50	9,4	87	130	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	8	30	4/;/	0,84	0,38	0,40	6,7	97	145	35	9	29	32	35	39	28	26	0,018	13	20	24
3,20	6	45	4/;/	0,82	0,40	0,30	4,4	111	166	29	--	28	31	35	38	26	26	--	10	15	18
3,40	8	40	4/;/	0,84	0,41	0,40	6,0	109	164	35	7	29	32	35	39	28	26	0,015	13	20	24
3,60	6	30	4/;/	0,82	0,43	0,30	4,0	120	180	29	--	28	31	35	38	26	26	--	10	15	18
3,80	9	17	2/;/	0,88	0,45	0,45	6,3	116	174	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	10	21	2/;/	0,90	0,47	0,50	6,9	118	176	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	9	27	2/;/	0,88	0,48	0,45	5,8	129	194	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	6	22	2/;/	0,82	0,50	0,30	3,3	140	210	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	8	30	4/;/	0,84	0,52	0,40	4,6	144	216	35	1	28	31	35	38	27	26	0,003	13	20	24
4,80	6	15	1***	0,46	0,53	0,30	3,1	29	44	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	8	30	4/;/	0,84	0,54	0,40	4,3	151	227	35	--	28	31	35	38	26	26	--	13	20	24
5,20	6	90	4/;/	0,82	0,56	0,30	2,9	151	226	29	--	28	31	35	38	25	26	--	10	15	18
5,40	7	52	4/;/	0,83	0,57	0,35	3,4	161	242	32	--	28	31	35	38	25	26	--	12	18	21
5,60	6	22	2/;/	0,82	0,59	0,30	2,7	155	233	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	6	45	4/;/	0,82	0,61	0,30	2,6	157	235	29	--	28	31	35	38	25	26	--	10	15	18
6,00	10	30	4/;/	0,86	0,62	0,50	4,8	174	260	40	4	29	32	35	38	27	26	0,011	17	25	30
6,20	7	21	2/;/	0,84	0,64	0,35	2,9	174	261	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	7	26	2/;/	0,84	0,66	0,35	2,8	177	265	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	6	18	2/;/	0,82	0,67	0,30	2,3	163	245	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	8	17	2/;/	0,86	0,69	0,40	3,2	192	288	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	6	18	2/;/	0,82	0,71	0,30	2,1	166	248	29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	6	30	4/;/	0,82	0,72	0,30	2,1	167	250	29	--	28	31	35	38	25	26	--	10	15	18
7,40	6	30	4/;/	0,82	0,74	0,30	2,0	168	251	29	--	28	31	35	38	25	26	--	10	15	18
7,60	7	35	4/;/	0,83	0,76	0,35	2,4	188	282	32	--	28	31	35	38	25	26	--	12	18	21
7,80	7	17	2/;/	0,84	0,77	0,35	2,3	189	284	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	8	30	4/;/	0,84	0,79	0,40	2,7	207	311	35	--	28	31	35	38	25	26	--	13	20	24
8,20	14	52	4/;/	0,89	0,81	0,64	4,7	225	338	48	10	29	32	35	39	27	26	0,020	23	35	42
8,40	6	30	4/;/	0,82	0,83	0,30	1,8	171	257	29	--	28	31	35	38	25	26	--	10	15	18
8,60	8	24	2/;/	0,86	0,84	0,40	2,5	213	319	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,80	7	17	2/;/	0,84	0,86	0,35	2,0	195	293	32	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,00	9	67	4/;/	0,85	0,88	0,45	2,7	231	347	38	--	28	31	35	38	25	26	--	15	23	27
9,20	10	25	2/;/	0,90	0,89	0,50	3,0	245	368	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,40	8	40	4/;/	0,84	0,91	0,40	2,2	218	328	35	--	28	31	35	38	25	26	--	13	20	24
9,60	9	27	2/;/	0,88	0,93	0,45	2,5	237	356	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9,80	7	13	1***	0,46	0,94	0,35	1,8	43	64	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,00	10	19	2/;/	0,90	0,96	0,50	2,8	255	382	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,20	10	15	2/;/	0,90	0,97	0,50	2,7	257	386	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,40	8	13	2/;/	0,86	0,99	0,40	2,0	224	335	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	8	20	2/;/	0,86	1,01	0,40	2,0	225	337	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,80	14	16	2/;/	0,94	1,03	0,64	3,5	289	434	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,00	12	18	2/;/	0,92	1,05	0,57	2,9	284	426	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	14	26	2/;/	0,94	1,06	0,64	3,3	298	447	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	16	20	2/;/	0,96	1,08	0,70	3,6	306	459	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,60	18	19	2/;/	0,98	1,10	0,75	3,9	310	465	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	22	18	4/;/	0,93	1,12	0,85	4,4	313	470	66	17	30	33	36	39	28	28	0,033	37	55	66
12,00	22	21	4/;/	0,93	1,14	0,85	4,3	319	478	66	17	30	33	36	39	28	28	0,032	37	55	66
12,20	22	22	4/;/	0,93	1,16	0,85	4,2	324	486	66	16	30	33	36	39	28	28	0,031	37	55	66
12,40	22	18	4/;/	0,93	1,18	0,85	4,2	329	493	66	16	30	33	36	39	28	28	0,031	37	55	

## **INDAGINE HVSR**



**STRUMENTO: PASI GEMINI 2**

## Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

Date: 6 8 2018

Time: 15 19

Dataset: SITE\_20180606\_1605 Budrio - Menozzi.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Length of analysed temporal sequence (min): 20.0

Tapering (%): 10

---

### In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 0.8 ( $\pm 7.0$ )

Peak HVSR value: 1.9 ( $\pm 0.4$ )

---

#### ==== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. [ $f_0 > 10/L_w$ ]:  $0.8 > 0.5$  (OK)

#2. [ $n_c > 200$ ]:  $1771 > 200$  (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ]: (OK)

---

#### ==== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists  $f_-$  in the range  $[f_0/4, f_0]$  |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: (NO)

#2. [exists  $f_+$  in the range  $[f_0, 4f_0]$  |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 2.3Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]:  $1.9 < 2$  (NO)

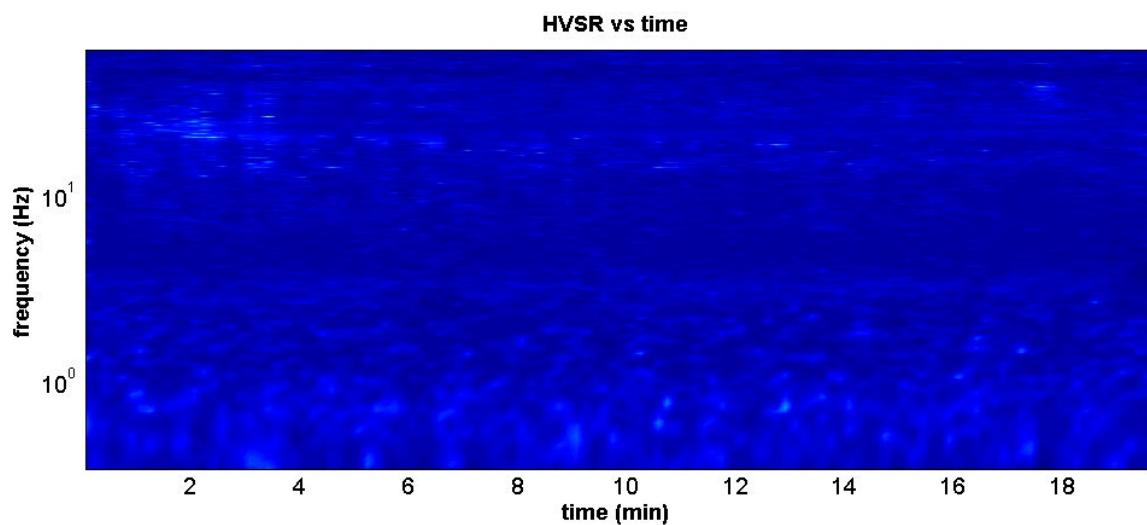
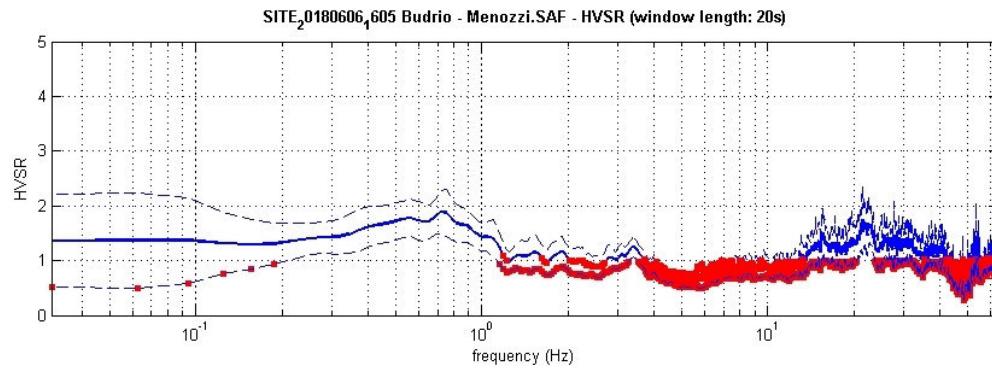
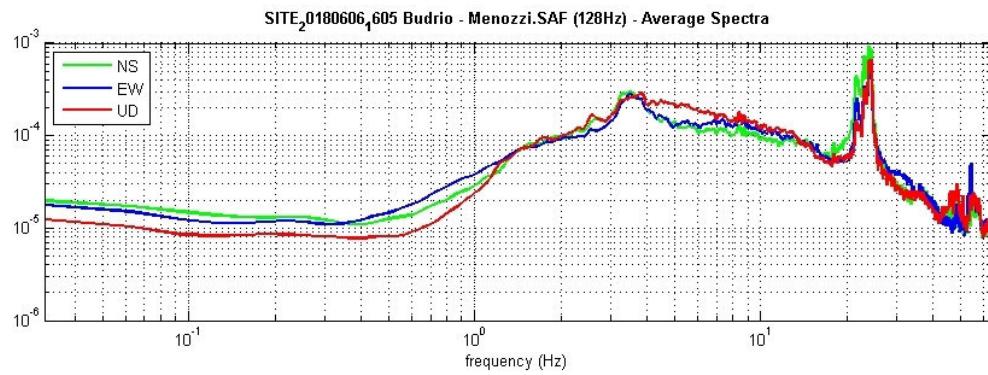
#4. [ $f_{peak}[AH/v(f) \pm \sigma A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)

#5. [ $\sigma A(f_0) < \epsilon(f_0)$ ]:  $7.030 > 0.113$  (NO)

#6. [ $\sigma A(f_0) < \theta(f_0)$ ]:  $0.391 < 2$  (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change.

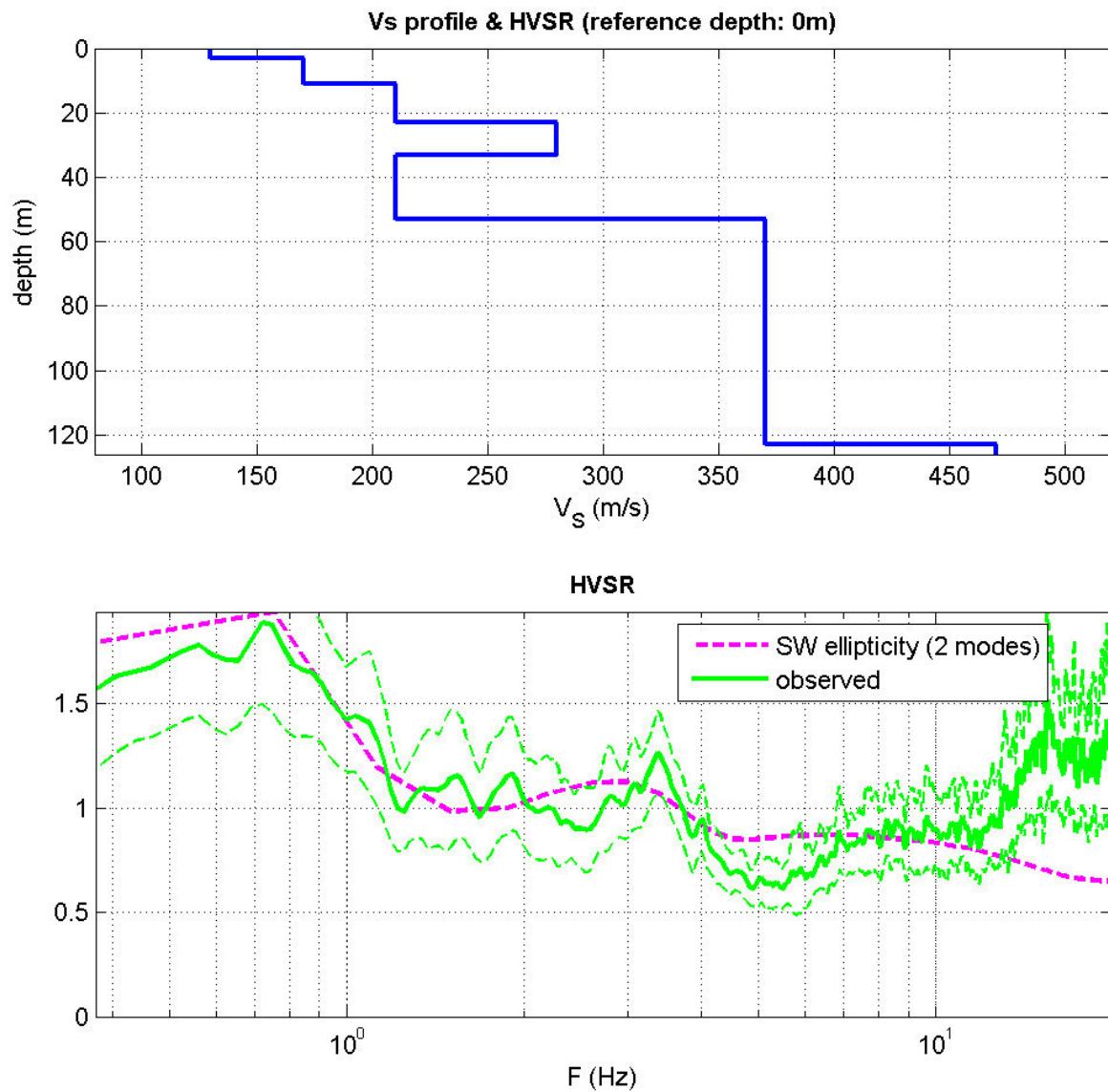


**winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves****Main results**[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

Date: 6 8 2018

Time: 15 32

Dataset:

**Mean model**

Vs (m/s): 130 170 210 280 210 370 470

Thickness (m): 3.0, 8.0, 12.0, 10.0, 20.0, 70.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.74 1.80 1.85 1.92 1.85 1.99 2.05

Shear modulus (MPa) (approximate values): 29 52 82 151 82 273 453

Analyzing Phase velocities

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 270 354 437 584 437 770 978

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vs30 (m/s): 197

*Pay attention*

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT30 > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu30 > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 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).

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero  $NSPT30 < 15$  nei terreni a grana grossa e  $cu30 < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $VS > 800$  m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero  $10 < cu30 < 20$  kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

**winMASW**

Surface Waves & Beyond [www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)



## **RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° LIVELLO**

### **Piano di Sviluppo Aziendale**

**Committente: Società Agricola Menozzi Edgardo, Rainero e Mauro**

**Data: agosto 2018**

Nr. Lic. 8R2XG-4FGCN-26XA8-MJ9YG

## INTRODUZIONE

### PROCEDURA DI CALCOLO

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
  - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
  - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
  - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;
- Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile “trasferire” l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove  $M$  rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto

da  $N$  strati orizzontali di cui l' $N$ -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt  $\left[ \tau = G\gamma + \eta \frac{\partial\gamma(z,t)}{\partial z \partial t} \right]$ , la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove:  $u$  rappresenta lo spostamento;  $t$  il tempo;  $\rho$  la densità;  $G$  il modulo di deformazione al taglio;  $\eta$  la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z,t) = U(z)^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (3)$$

dove  $\omega$  rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto  $G^* = G + i\omega\eta$ , ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove  $\xi$  rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, è fatta convenzione che l'apice \* indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

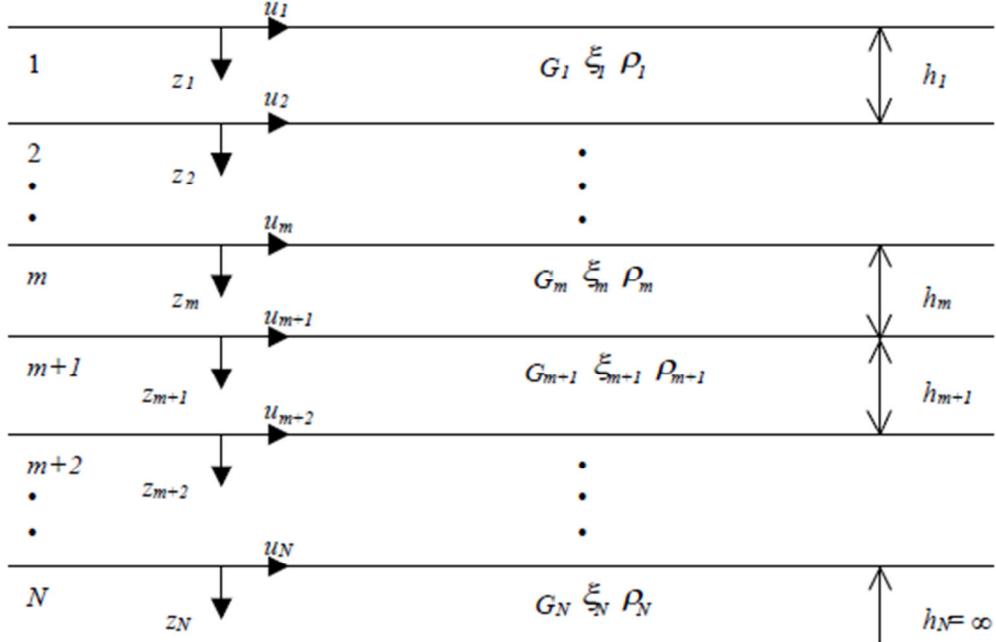


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre  $k^*$  rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* [E e^{i(\omega t + k^* z)} + F e^{i(\omega t - k^* z)}] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato  $m$  di spessore  $h_m$  gli spostamenti, rispettivamente in sommità ( $z = 0$ ) ed al fondo ( $z = h_m$ ), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' $m$ -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F e^{ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommendo la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove  $\alpha_m^*$  rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati  $m$  ed  $m+1$ , ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che  $E_1 = F_1$ .

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad  $m$ . La funzione di trasferimento  $A_{mn}$  che lega gli spostamenti in sommità degli strati  $m$  ed  $n$  è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

$A_{mn}$  rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti  $m$  e  $n$ .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento  $A_{mn}$  può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati  $n$  ed  $m$ :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità  $z$  e al tempo  $t$  dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

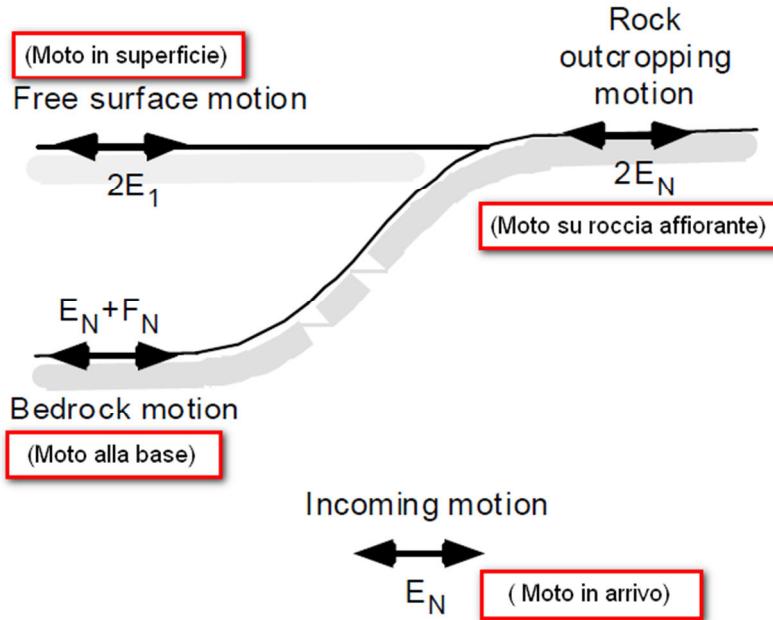


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad  $E_N$ ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a  $E_N + F_N$ . Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ( $E_N = F_N$ ), il moto avrà ampiezza pari a  $2E_N$ . La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché  $G$  è funzione di  $\gamma$ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di  $\gamma$ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo  $G$  così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per  $G(\gamma)$  adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[ \ln \left( \frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

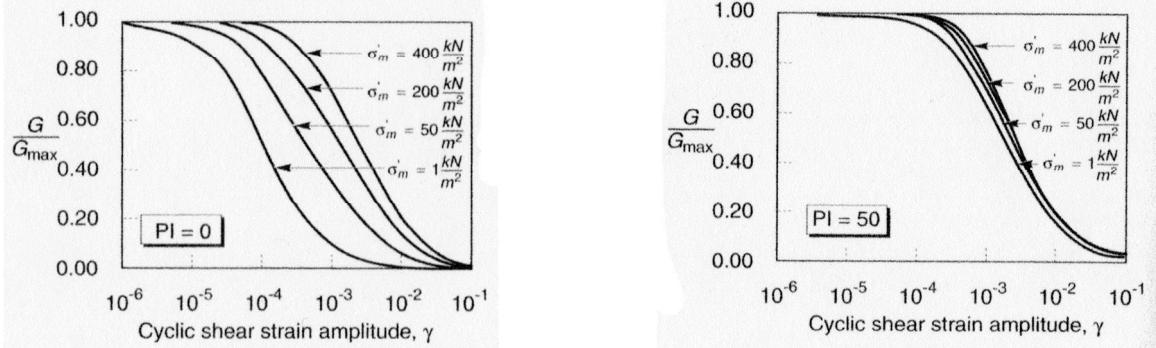
$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[ \ln \left( \frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove  $G_{max}$  è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove  $\rho$  è la densità del terreno e  $V_s$  la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di  $G$  per la prima iterazione.

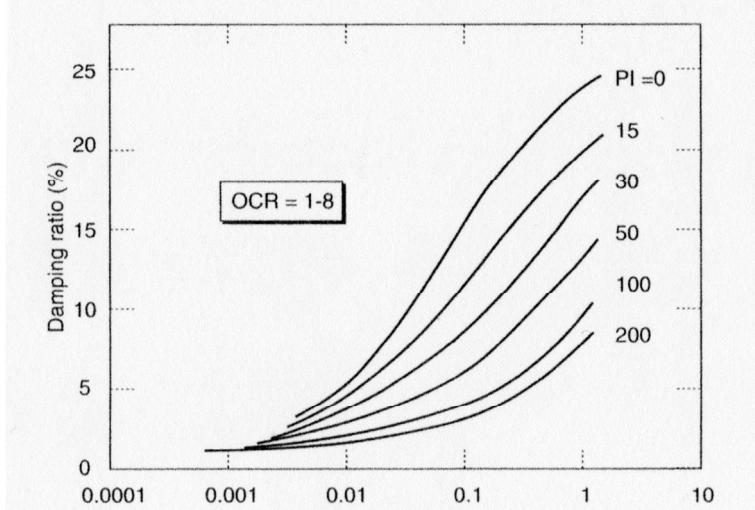


**Figura 2:** Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.8})}{2} \left[ 0.586 \left( \frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche  $\xi$  deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.



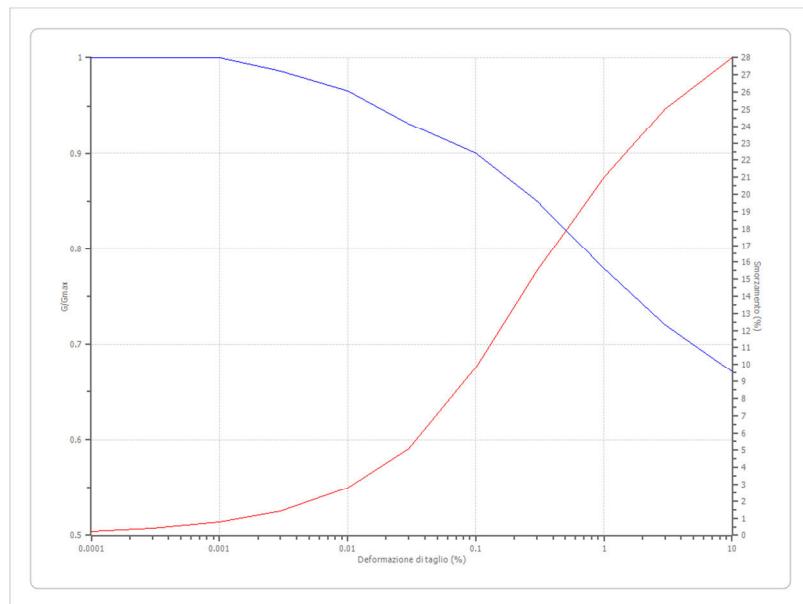
**Figura 3:** Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

sul coefficiente di smorzamento viscoso.

## Terreni

Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	1.000	0.001	0.800
0.003	0.986	0.003	1.400
0.010	0.966	0.010	2.800
0.030	0.931	0.030	5.100
0.100	0.900	0.100	9.800
0.300	0.850	0.300	15.500
1.000	0.779	1.000	21.000
3.000	0.720	3.000	25.000
10.000	0.671	10.000	28.000



## Stratigrafia

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Gmax [MPa]	Peso unità vol. [kN/m³]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	--	3.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	31.18	18.1	130.0	27.2
2	3.0	8.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	53.32	18.1	170.0	87.5
3	11.0	12.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	81.37	18.1	210.0	170.4
4	23.0	10.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	156.64	19.6	280.0	269.1
5	33.0	20.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	89.91	20.0	210.0	419.9
6	53.0	70.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	293.06	21.0	370.0	913.5
7	123.0	27.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	495.39	22.0	470.0	1469.7
8	oo	--	Smorzamento costante	947.50	22.0	650.0	1634.2

Strato con falda:

1

Strato rilevamento accelerogramma:

8 Affiorante

### Elaborazione

Numero di iterazioni 16  
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5  
 Tipo di modulo elastico Shake  
 Massimo errore percentuale di convergenza 1.55 E-04

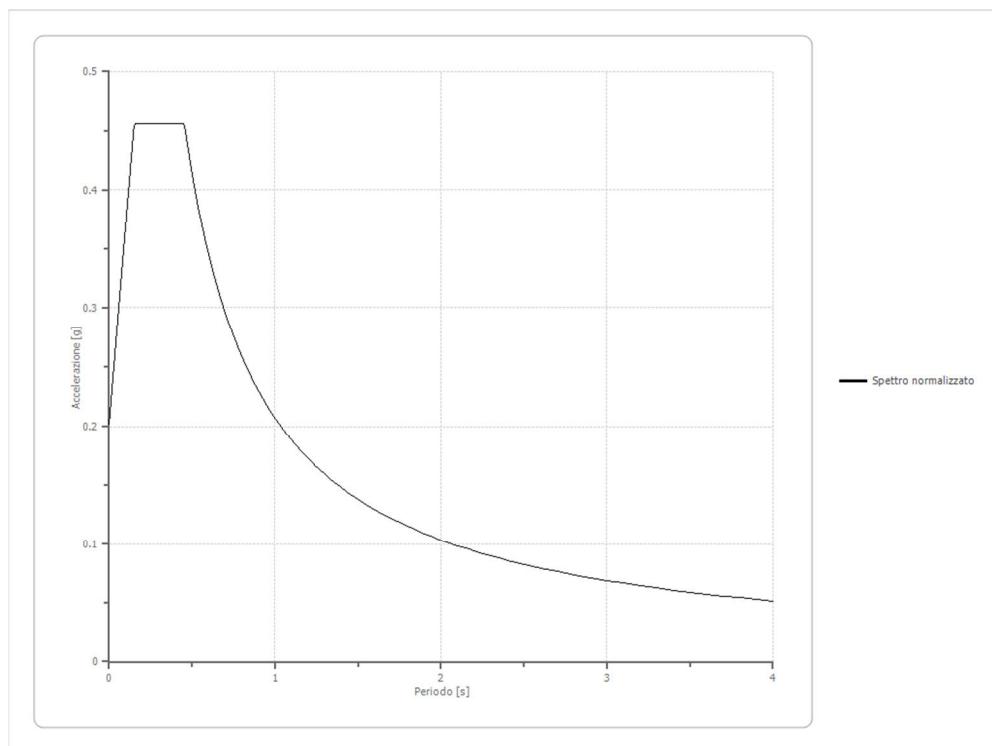
### Fattori di amplificazione ICMS 2008

Tai	0.150 [s]
Tvi	0.700 [s]
Tao	0.380 [s]
Tvo	0.740 [s]
Sami	3.367 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.179 [m/s]
Samo	4.474 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.323 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.329 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>1.801 [-]</b>
TB	0.151 [s]
TC	0.454 [s]
TD	2.224 [s]
SA(0)	0.202 [g]
SA(TB)	0.456 [g]

### Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minimo [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
0.100	0.500	0.055	0.086	0.200	1.560
0.500	1.000	0.085	0.152	0.500	1.781
0.500	1.500	0.153	0.281	0.333	1.838

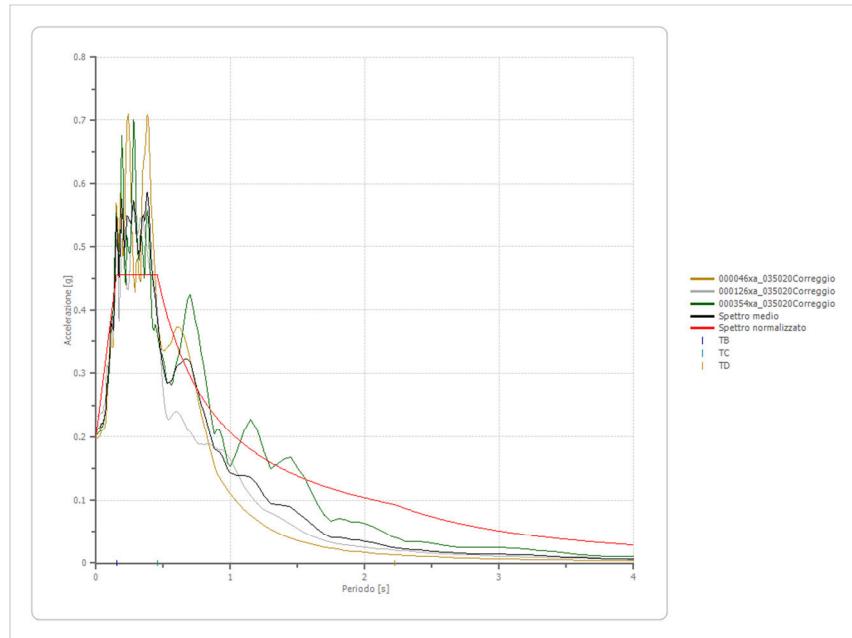
### Spettro normalizzato di risposta elastico



### Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
0.202	2.258	--	0.151	0.454	2.224	0.202	0.456

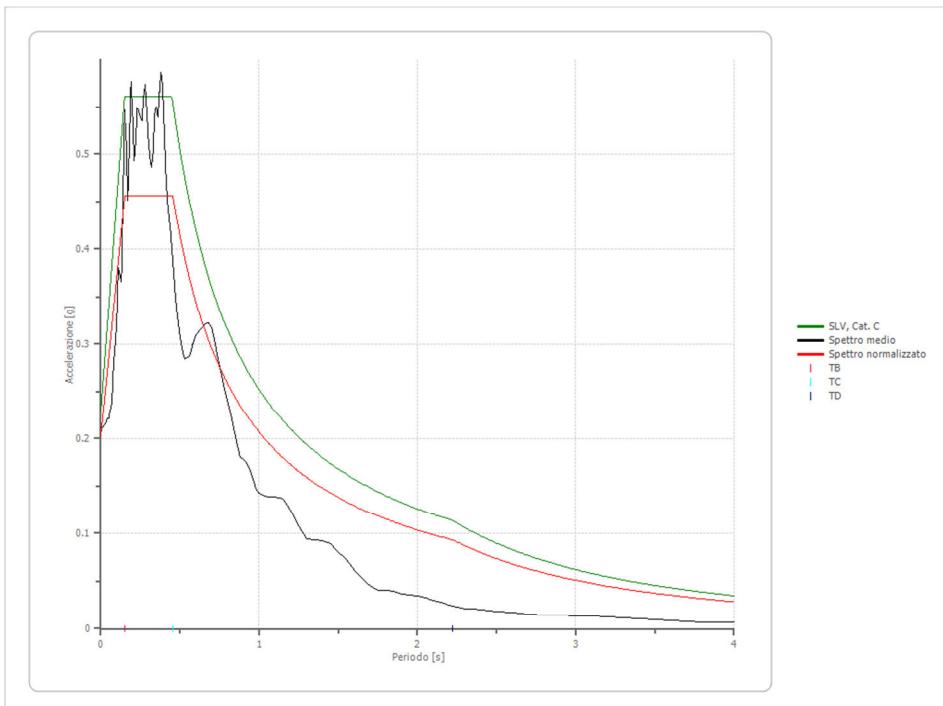
## Confronto tra gli spettri



## Confronto spettro normativa

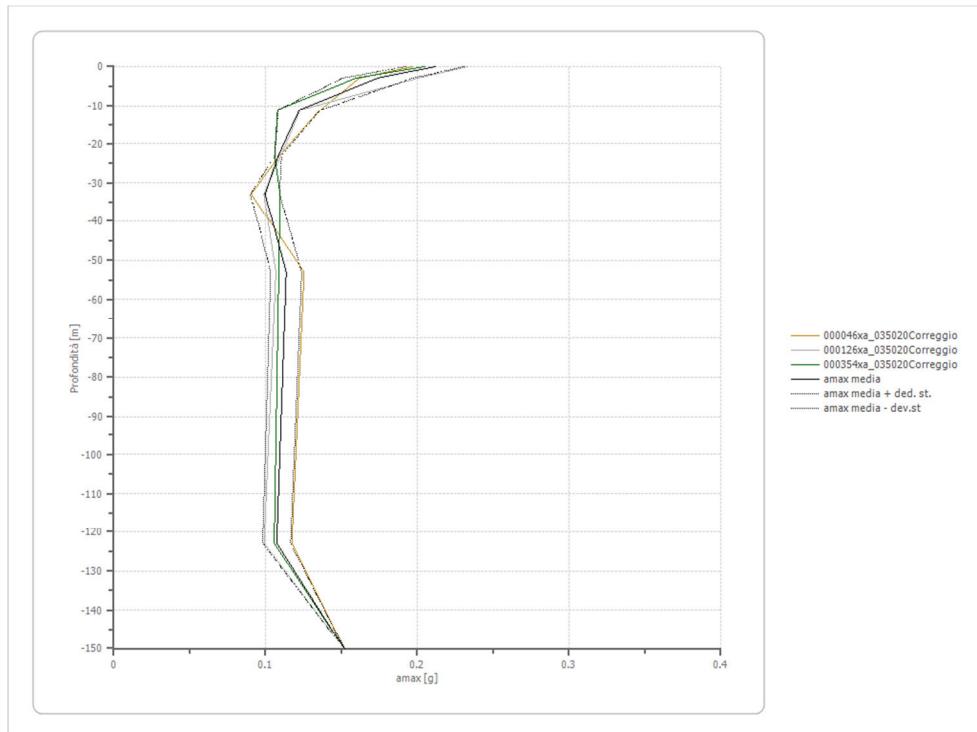
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	30	50	475	975
ag [g]	0.045	0.057	0.156	0.207
Fo	2.488	2.503	2.443	2.452
Tc* [s]	0.25	0.265	0.282	0.285
Ss	1.50	1.50	1.47	1.40
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.66	1.63	1.59	1.59
TB [s]	0.138	0.144	0.150	0.151
TC [s]	0.415	0.431	0.450	0.453
TD [s]	1.780	1.828	2.224	2.428
Se(0) [g]	0.068	0.086	0.230	0.289
Se(TB) [g]	0.168	0.214	0.561	0.708



## Profilo a max

	0.0 [m]	3.0 [m]	11.0 [m]	23.0 [m]	33.0 [m]	53.0 [m]	123.0 [m]	150.0 [m]
000046xa_03502	0.197	0.162	0.136	0.109	0.091	0.125	0.117	0.152
0Correggio [g]								
000126xa_03502	0.233	0.200	0.123	0.110	0.099	0.107	0.099	0.152
0Correggio [g]								
000354xa_03502	0.205	0.160	0.108	0.106	0.110	0.109	0.106	0.152
0Correggio [g]								
media [g]	0.212	0.174	0.122	0.108	0.100	0.114	0.107	0.152
Dev. St. [g]	0.019	0.023	0.014	0.002	0.010	0.010	0.009	0.000



# **VERIFICA A LIQUEFAZIONE**



**PROGRAMMA DI CALCOLO: LIQUITER (GEOSTRU)**

Progetto: Piano di sviluppo aziendale  
 Ditta: Società Agricola Menozzi Edgardo, Rainero e Mauro  
 Comune: Via Provinciale per Reggio - Budrio di Correggio (RE)

## Normative di riferimento

- Normativa sismica del GRUPPO NAZIONALE di Difesa dei Terremoti.
- Raccomandazioni del National Center for Earthquake Reserch (NCEER)
- Eurocodice 8, Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture
- Norme Tecniche D.M. del 17 Gennaio 2018

## Metodo di calcolo: Robertson e Wride (1997)

Il 'metodo di Robertson e Wride' è basato sui risultati di prove CPT (*Cone Penetration Test*) ed utilizza l'indice di comportamento per il tipo di suolo  $I_C$  che viene calcolato mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$I_c = \left[ (3,47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} R_f + 1,22)^2 \right]^{0,5} \quad (5.0a)$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left( \frac{Pa}{\sigma_{vo}} \right)^n \quad (5.0b)$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100 \quad (5.0c)$$

dove:

$q_c$  è la resistenza alla punta misurata

$Pa$  è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di  $\sigma_{vo}$

$f_s$  è l'attrito del manicotto

$n$  è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Inizialmente si assume  $n = 1$ , come per un suolo argilloso e si procede al calcolo di  $I_C$  con la (5.0a).

Se  $I_C > 2,6$  il suolo è probabilmente di tipo argilloso e l'analisi si ferma. Il terreno non si considera a rischio di liquefazione.

Se  $I_C \leq 2,6$ , vuol dire che l'ipotesi assunta è errata, il suolo è di natura granulare,  $Q$  verrà ricalcolato utilizzando la (5.0a) usando come esponente  $n= 0,5$ .

Se è ancora  $I_C \leq 2,6$ , significa che l'ipotesi è giusta e il suolo è probabilmente non plastico e granulare.

Se invece  $I_C > 2,6$ , vuol dire che l'ipotesi è di nuovo errata e il suolo è probabilmente limoso.  $Q$  deve essere nuovamente ricalcolato dalla (2.8b) ponendo  $n=0,75$ .

Calcolato  $I_C$ , si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata  $q_c$  mediante la seguente espressione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left( \frac{Pa}{\sigma_{vo}} \right)^n \quad (5.1)$$

Dove l'esponente di sforzo **n** è lo stesso utilizzato nel calcolo di  $I_c$ .

La correzione alla resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene determinata dalla seguente procedura:

### Robertson e Wride classico

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c q_{c1N} \quad (5.2a)$$

$$K_c = -0,403 I_c^4 + 5,581 I_c^3 - 21,63 I_c^2 + 33,75 I_c - 17,88 \quad (5.2b)$$

### Robertson e Wride modificato

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N} \quad (5.3a)$$

$$\Delta q_{c1N} = \frac{K_c}{1 - K_c} q_{c1N} \quad (5.3b)$$

dove  $K_c$  dipende dal contenuto di fine, FC (%):

$$K_c = 0 \quad \text{per } FC \leq 5$$

$$K_c = 0,0267(FC - 5) \quad \text{per } 5 < FC \leq 35$$

$$K_c = 0,8 \quad \text{per } FC > 35$$

FC (%) viene calcolato mediante l'espressione seguente:

$$FC(%) = 1,75 (I_c)^{3,25} - 3,7 \quad (5.4)$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**CRR<sub>7,5</sub>**) si calcola con le espressioni seguenti:

se  $(q_{c1N})_{cs} < 50$

$$CRR = 0,833 \left[ \frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0,05 \quad (5.5)$$

se  $50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$

$$CRR = 93 \left[ \frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0,08 \quad (5.6)$$

Il Rapporto di Tensione Ciclica per eventi sismici di magnitudo 7,5 (**CSR<sub>7,5</sub>**) si determina dalla seguente espressione:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma_{vo}} = \text{CSR}_{7,5} = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma_{vo}} r_d \quad (5.7)$$

Per magnitudo diverse occorre introdurre il fattore correttivo **MSF** (*Magnitudo Scaling Factor*) come raccomandato dal **NCEER** (vedi Tabella 1)

$$\text{CSR} = \frac{\text{CSR}_{7,5}}{\text{MSF}} \quad (5.8)$$

**Tabella 1- Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori**

Magnitudo	Seed H.B. & Idriss I.M. (1982)	Ambraseys N.N (1988).	NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003)
5,5	1,43	2,86	2,21
6,0	1,32	2,20	1,77
6,5	1,19	1,69	1,44
7,0	1,08	1,30	1,19
7,5	1,00	1,00	1,00
8,0	0,94	0,67	0,84
8,5	0,89	0,44	0,73

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo **r<sub>d</sub>** vengono utilizzate le formule raccomandate da un gruppo di esperti del **NCEER** (*National Center for Earthquake Engineering Research*):

per  $z < 9,15$  m

$$r_d = 1,0 - 0,00765 z \quad (5.9)$$

per  $9,15 \leq z < 23$  m

$$r_d = 1,174 - 0,00267 z \quad (5.10)$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione **FS** viene determinato dalla relazione:

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (5.11)$$

mentre **l'indice e il rischio di liquefazione** vengono calcolati con il metodo di **Iwasaki et alii** (1978; 1984).

## DATI GENERALI

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

Fattore sicurezza normativa 1.25

Profondità falda idrica 1.2 m

## DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.159

Fattore amplificazione 2.44

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  $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.47

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Peak ground acceleration (PGA) 0.233

## **PROVA PENETROMETRICA CPT1**

### **PARAMETRI GEOTECNICI**

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume satura (KN/mc)	Resistenza qc (kPa)	Resistenza attrito laterale fs (kPa)
1	Argille organiche e terreni misti	0	4	17.92	18.71	852.69	49.72
2	Argilla inorganica tenera	4	5.8	17.28	18.06	607.62	21.08
3	Sabbie	5.8	6.8	17.65	20.59	2347.52	39.23
4	Argilla inorganica di media consistenza	6.8	9.5	17.55	18.33	735.2	32.17
5	Argilla inorganica compatta	9.5	11	18.42	19.2	1210.24	72.77
6	Argilla inorganica molto compatta	11	18	19.93	20.71	2926.4	169.66

Correzione per la magnitudo (MSF) **1.67**

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)	Forza di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1.40	25.246	23.285	35.536	6.009	2.771	1.7	65.866	0.989	0.107	0.092	1.161	suscettibile	0.00	Molto basso
1.60	28.988	25.065	32.862	6.036	2.796	1.7	68.878	0.988	0.110	0.098	1.129	suscettibile	0.00	Molto basso
1.80	32.730	26.846	30.543	6.064	2.820	1.7	71.833	0.986	0.114	0.103	1.113	suscettibile	0.00	Molto basso
2.00	36.472	28.627	28.512	6.092	2.842	1.7	74.736	0.985	0.119	0.107	1.107	suscettibile	0.00	Molto basso
2.20	40.214	30.407	26.720	6.120	2.864	1.7	77.591	0.983	0.123	0.111	1.109	suscettibile	0.00	Molto basso
2.40	43.956	32.188	25.125	6.148	2.884	1.7	80.402	0.982	0.128	0.115	1.119	suscettibile	0.00	Molto basso
2.60	47.698	33.969	23.698	6.176	2.904	1.7	83.172	0.980	0.134	0.118	1.134	suscettibile	0.00	Molto basso
2.80	51.440	35.749	22.413	6.205	2.923	1.7	85.905	0.979	0.139	0.120	1.153	suscettibile	0.00	Molto basso
3.00	55.182	37.530	21.250	6.234	2.941	1.7	88.602	0.977	0.145	0.123	1.177	suscettibile	0.00	Molto basso
3.20	58.924	39.311	20.192	6.264	2.959	1.7	91.267	0.976	0.151	0.125	1.204	suscettibile	0.00	Molto basso
3.40	62.666	41.091	19.226	6.293	2.976	1.7	93.901	0.974	0.157	0.127	1.235	suscettibile	0.00	Molto basso
3.60	66.408	42.872	18.340	6.323	2.992	1.7	96.508	0.972	0.164	0.129	1.269	non suscettibile	0	Molto basso
3.80	70.150	44.653	17.525	6.354	3.008	1.7	99.088	0.971	0.170	0.131	1.306	non suscettibile	0	Molto basso
4.00	73.892	46.433	16.772	6.384	3.024	1.7	101.644	0.969	0.178	0.132	1.346	non suscettibile	0	Molto basso
4.20	77.504	48.084	11.025	3.976	3.034	1.7	73.631	0.968	0.117	0.133	0.877	suscettibile	4.61	Basso
4.40	81.116	49.735	10.586	4.004	3.050	1.7	75.553	0.966	0.120	0.135	0.891	suscettibile	4.29	Basso
4.60	84.728	51.385	10.176	4.031	3.065	1.7	77.471	0.965	0.123	0.136	0.905	suscettibile	3.86	Basso
4.80	88.340	53.036	9.791	4.059	3.081	1.7	79.383	0.963	0.127	0.137	0.922	suscettibile	3.32	Basso
5.00	91.952	54.687	9.429	4.088	3.095	1.7	81.292	0.962	0.130	0.138	0.939	suscettibile	2.66	Basso
5.20	95.564	56.337	9.089	4.117	3.110	1.7	83.198	0.960	0.134	0.139	0.958	suscettibile	1.89	Basso
5.40	99.176	57.988	8.768	4.146	3.125	1.7	85.101	0.959	0.137	0.140	0.979	suscettibile	1.00	Basso
5.60	102.788	59.639	8.465	4.176	3.139	1.676763	85.813	0.957	0.139	0.141	0.983	suscettibile	0.82	Basso
5.80	106.400	61.289	8.178	4.206	3.153	1.631603	85.325	0.956	0.138	0.142	0.970	suscettibile	1.47	Basso
6.00	110.518	63.446	29.472	1.754	2.479	1.255445	78.530	0.954	0.125	0.142	0.879	suscettibile	6.16	Alto
6.20	114.636	65.603	28.983	1.757	2.485	1.234636	78.123	0.953	0.124	0.142	0.873	suscettibile	6.66	Alto
6.40	118.754	67.759	28.518	1.760	2.492	1.214829	77.736	0.951	0.124	0.143	0.867	suscettibile	7.14	Alto
6.60	122.872	69.916	28.075	1.763	2.497	1.195946	77.367	0.950	0.123	0.143	0.862	suscettibile	7.61	Alto

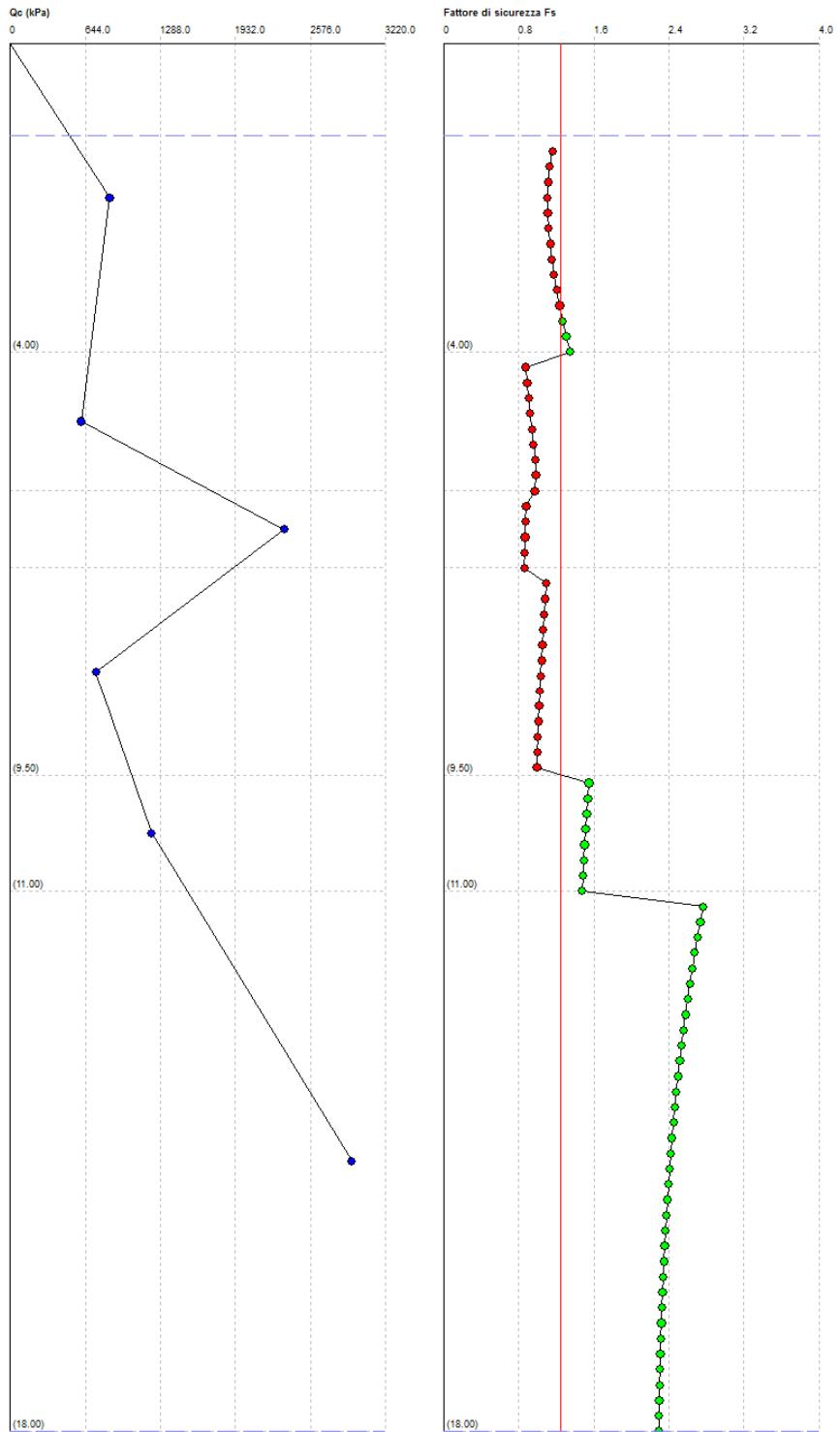
6.80	126.990	72.073	27.652	1.767	2.503	1.177916	77.014	0.948	0.122	0.143	0.857	suscettibile	8.08	Alto
7.00	130.656	73.777	8.194	5.321	3.213	1.355428	93.975	0.946	0.157	0.143	1.096	suscettibile	0.00	Molto basso
7.20	134.322	75.482	7.961	5.354	3.224	1.324818	93.458	0.945	0.156	0.144	1.084	suscettibile	0.00	Molto basso
7.40	137.988	77.187	7.737	5.387	3.236	1.295559	92.963	0.943	0.155	0.144	1.072	suscettibile	0.00	Molto basso
7.60	141.654	78.891	7.524	5.420	3.247	1.267565	92.489	0.942	0.154	0.145	1.061	suscettibile	0.00	Molto basso
7.80	145.320	80.596	7.319	5.454	3.258	1.240755	92.033	0.940	0.152	0.145	1.051	suscettibile	0.00	Molto basso
8.00	148.986	82.301	7.123	5.488	3.270	1.215055	91.596	0.939	0.151	0.145	1.042	suscettibile	0.00	Molto basso
8.20	152.652	84.005	6.935	5.522	3.280	1.190399	91.177	0.937	0.150	0.146	1.033	suscettibile	0.00	Molto basso
8.40	156.318	85.710	6.754	5.557	3.291	1.166723	90.775	0.936	0.150	0.146	1.024	suscettibile	0.00	Molto basso
8.60	159.984	87.415	6.580	5.593	3.302	1.143971	90.389	0.934	0.149	0.146	1.016	suscettibile	0.00	Molto basso
8.80	163.650	89.119	6.413	5.629	3.313	1.122089	90.018	0.933	0.148	0.147	1.009	suscettibile	0.00	Molto basso
9.00	167.316	90.824	6.253	5.665	3.323	1.101029	89.663	0.931	0.147	0.147	1.002	suscettibile	0.00	Molto basso
9.20	170.982	92.529	6.098	5.702	3.334	1.080745	89.321	0.928	0.146	0.147	0.996	suscettibile	0.25	Basso
9.40	174.648	94.233	5.949	5.739	3.344	1.061194	88.994	0.923	0.146	0.146	0.994	suscettibile	0.41	Basso
9.60	178.401	96.025	10.746	7.052	3.198	1.041394	116.180	0.918	0.226	0.146	1.548	non suscettibile	0	Molto basso
9.80	182.241	97.904	10.500	7.079	3.206	1.021411	115.454	0.912	0.223	0.145	1.535	non suscettibile	0	Molto basso
10.00	186.081	99.782	10.264	7.105	3.215	1.00218	114.751	0.907	0.221	0.145	1.524	non suscettibile	0	Molto basso
10.20	189.921	101.661	10.036	7.132	3.224	0.9836599	114.069	0.902	0.218	0.144	1.513	non suscettibile	0	Molto basso
10.40	193.761	103.540	9.817	7.159	3.232	0.965812	113.408	0.896	0.216	0.144	1.502	non suscettibile	0	Molto basso
10.60	197.601	105.419	9.606	7.186	3.240	0.9486001	112.766	0.891	0.213	0.143	1.493	non suscettibile	0	Molto basso
10.80	201.441	107.297	9.402	7.214	3.248	0.9319911	112.143	0.886	0.211	0.142	1.484	non suscettibile	0	Molto basso
11.00	205.281	109.176	9.205	7.241	3.257	0.9159536	111.539	0.880	0.209	0.142	1.476	non suscettibile	0	Molto basso
11.20	209.423	111.357	24.399	6.244	2.898	0.8980167	149.286	0.875	0.389	0.141	2.766	non suscettibile	0	Molto basso
11.40	213.565	113.537	23.894	6.254	2.905	0.8807688	148.188	0.870	0.383	0.140	2.734	non suscettibile	0	Molto basso
11.60	217.707	115.718	23.408	6.264	2.912	0.8641709	147.121	0.864	0.376	0.139	2.703	non suscettibile	0	Molto basso
11.80	221.849	117.899	22.940	6.273	2.919	0.848187	146.086	0.859	0.370	0.138	2.675	non suscettibile	0	Molto basso
12.00	225.991	120.079	22.489	6.283	2.926	0.8327839	145.079	0.854	0.364	0.137	2.648	non suscettibile	0	Molto basso
12.20	230.133	122.260	22.054	6.292	2.932	0.81793	144.099	0.848	0.358	0.137	2.622	non suscettibile	0	Molto basso
12.40	234.275	124.441	21.634	6.302	2.939	0.8035967	143.147	0.843	0.353	0.136	2.598	non suscettibile	0	Molto basso
12.60	238.417	126.621	21.229	6.312	2.945	0.7897572	142.219	0.838	0.348	0.135	2.575	non suscettibile	0	Molto basso
12.80	242.559	128.802	20.837	6.322	2.951	0.7763863	141.316	0.832	0.342	0.134	2.553	non suscettibile	0	Molto basso
13.00	246.701	130.983	20.458	6.331	2.958	0.7634605	140.436	0.827	0.338	0.133	2.533	non suscettibile	0	Molto basso
13.20	250.843	133.163	20.092	6.341	2.964	0.7509582	139.578	0.822	0.333	0.132	2.514	non suscettibile	0	Molto basso
13.40	254.985	135.344	19.738	6.351	2.970	0.7388587	138.741	0.816	0.328	0.132	2.495	non suscettibile	0	Molto basso
13.60	259.127	137.525	19.395	6.361	2.976	0.7271429	137.924	0.811	0.324	0.131	2.478	non suscettibile	0	Molto basso
13.80	263.269	139.705	19.063	6.371	2.982	0.7157928	137.127	0.806	0.320	0.130	2.462	non suscettibile	0	Molto basso
14.00	267.411	141.886	18.740	6.381	2.988	0.7047917	136.349	0.800	0.316	0.129	2.447	non suscettibile	0	Molto basso
14.20	271.553	144.067	18.428	6.391	2.994	0.6941236	135.589	0.795	0.312	0.128	2.432	non suscettibile	0	Molto basso
14.40	275.695	146.247	18.125	6.401	3.000	0.6837736	134.847	0.790	0.308	0.127	2.419	non suscettibile	0	Molto basso

14.60	279.837	148.428	17.831	6.411	3.005	0.6737279	134.121	0.784	0.304	0.127	2.406	non suscettibile	0	Molto basso
14.80	283.979	150.609	17.545	6.421	3.011	0.6639729	133.411	0.779	0.301	0.126	2.394	non suscettibile	0	Molto basso
15.00	288.121	152.789	17.267	6.431	3.016	0.6544964	132.717	0.774	0.297	0.125	2.383	non suscettibile	0	Molto basso
15.20	292.263	154.970	16.998	6.441	3.022	0.6452866	132.038	0.768	0.294	0.124	2.372	non suscettibile	0	Molto basso
15.40	296.405	157.151	16.736	6.451	3.027	0.6363324	131.373	0.763	0.291	0.123	2.362	non suscettibile	0	Molto basso
15.60	300.547	159.331	16.480	6.461	3.033	0.6276233	130.723	0.757	0.288	0.122	2.353	non suscettibile	0	Molto basso
15.80	304.689	161.512	16.232	6.471	3.038	0.6191494	130.086	0.752	0.285	0.121	2.345	non suscettibile	0	Molto basso
16.00	308.831	163.693	15.991	6.482	3.044	0.6109012	129.462	0.747	0.282	0.121	2.337	non suscettibile	0	Molto basso
16.20	312.973	165.873	15.756	6.492	3.049	0.6028699	128.851	0.741	0.279	0.120	2.330	non suscettibile	0	Molto basso
16.40	317.115	168.054	15.526	6.502	3.054	0.5950472	128.251	0.736	0.276	0.119	2.324	non suscettibile	0	Molto basso
16.60	321.257	170.235	15.303	6.513	3.059	0.5874246	127.664	0.731	0.274	0.118	2.318	non suscettibile	0	Molto basso
16.80	325.399	172.415	15.086	6.523	3.064	0.5799951	127.088	0.725	0.271	0.117	2.312	non suscettibile	0	Molto basso
17.00	329.541	174.596	14.874	6.533	3.069	0.572751	126.524	0.720	0.268	0.116	2.307	non suscettibile	0	Molto basso
17.20	333.683	176.777	14.667	6.544	3.074	0.5656857	125.970	0.715	0.266	0.115	2.303	non suscettibile	0	Molto basso
17.40	337.825	178.957	14.465	6.554	3.079	0.5587927	125.426	0.709	0.264	0.115	2.299	non suscettibile	0	Molto basso
17.60	341.967	181.138	14.268	6.565	3.084	0.5520654	124.893	0.704	0.261	0.114	2.296	non suscettibile	0	Molto basso
17.80	346.109	183.319	14.075	6.575	3.089	0.5454984	124.370	0.699	0.259	0.113	2.293	non suscettibile	0	Molto basso
18.00	350.251	185.499	13.888	6.586	3.094	0.5390856	123.856	0.693	0.257	0.112	2.291	non suscettibile	0	Molto basso

IPL (Iwasaki)=1.79 Zcrit=20 m Rischio=Basso

<FIELD1>  
<FIELD2>  
<FIELD3>  
<FIELD4>

1:75



## PROVA PENETROMETRICA CPT2

### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume satura (KN/mc)	Resistenza qc (kPa)	Resistenza attrito laterale fs (kPa)
1	Argilla inorganica di media consistenza	0	5	18.01	18.8	903.59	45.99
2	Argilla inorganica di media consistenza	5	9	17.7	18.48	787.96	28.44
3	Argilla inorganica compatta	9	11	18.44	19.22	1220.83	62.76
4	Argilla inorganica molto compatta	11	18	19.79	20.57	2692.91	156.32

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.67

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 effettiva CQ	Resistenza alla punta corretta qc1 (kPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1.40	25.372	23.411	37.514	5.237	2.712	1.7	62.719	0.989	0.103	0.097	1.058	suscettibile	0.00	Molto basso
1.60	29.132	25.209	34.688	5.259	2.737	1.7	65.650	0.988	0.106	0.104	1.026	suscettibile	0.00	Molto basso
1.80	32.892	27.008	32.239	5.282	2.761	1.7	68.530	0.986	0.110	0.109	1.008	suscettibile	0.00	Molto basso
2.00	36.652	28.807	30.095	5.305	2.783	1.7	71.363	0.985	0.114	0.114	1.001	suscettibile	0.00	Molto basso
2.20	40.412	30.605	28.204	5.328	2.805	1.7	74.153	0.983	0.118	0.118	1.001	suscettibile	0.00	Molto basso
2.40	44.172	32.404	26.522	5.351	2.826	1.7	76.903	0.982	0.122	0.121	1.007	suscettibile	0.00	Molto basso
2.60	47.932	34.203	25.017	5.375	2.845	1.7	79.616	0.980	0.127	0.125	1.018	suscettibile	0.00	Molto basso
2.80	51.692	36.001	23.663	5.399	2.864	1.7	82.294	0.979	0.132	0.128	1.034	suscettibile	0.00	Molto basso
3.00	55.452	37.800	22.438	5.422	2.883	1.7	84.940	0.977	0.137	0.130	1.053	suscettibile	0.00	Molto basso
3.20	59.212	39.599	21.323	5.447	2.900	1.7	87.556	0.976	0.142	0.132	1.076	suscettibile	0.00	Molto basso
3.40	62.972	41.397	20.306	5.471	2.917	1.7	90.143	0.974	0.148	0.134	1.101	suscettibile	0.00	Molto basso
3.60	66.732	43.196	19.373	5.496	2.934	1.7	92.705	0.972	0.154	0.136	1.130	suscettibile	0.00	Molto basso
3.80	70.492	44.995	18.515	5.520	2.950	1.7	95.242	0.971	0.160	0.138	1.161	suscettibile	0.00	Molto basso
4.00	74.252	46.793	17.723	5.545	2.965	1.7	97.756	0.969	0.167	0.140	1.195	suscettibile	0.00	Molto basso
4.20	78.012	48.592	16.990	5.571	2.980	1.7	100.248	0.968	0.174	0.141	1.231	suscettibile	0.00	Molto basso
4.40	81.772	50.391	16.309	5.596	2.995	1.7	102.720	0.966	0.181	0.142	1.270	non suscettibile	0	Molto basso
4.60	85.532	52.189	15.675	5.622	3.009	1.7	105.173	0.965	0.188	0.144	1.311	non suscettibile	0	Molto basso
4.80	89.292	53.988	15.083	5.648	3.023	1.7	107.608	0.963	0.196	0.145	1.354	non suscettibile	0	Molto basso
5.00	93.052	55.787	14.529	5.674	3.037	1.7	110.026	0.962	0.204	0.146	1.400	non suscettibile	0	Molto basso
5.20	96.748	57.521	12.017	4.115	3.013	1.7	92.285	0.960	0.153	0.147	1.044	suscettibile	0.00	Molto basso
5.40	100.444	59.256	11.602	4.137	3.026	1.687591	93.660	0.959	0.156	0.148	1.060	suscettibile	0.00	Molto basso
5.60	104.140	60.991	11.212	4.159	3.040	1.639593	92.979	0.957	0.155	0.148	1.043	suscettibile	0.00	Molto basso
5.80	107.836	62.725	10.843	4.182	3.053	1.59425	92.331	0.956	0.153	0.149	1.027	suscettibile	0.00	Molto basso
6.00	111.532	64.460	10.494	4.204	3.065	1.551348	91.711	0.954	0.152	0.150	1.013	suscettibile	0.00	Molto basso
6.20	115.228	66.195	10.163	4.228	3.078	1.510694	91.120	0.953	0.150	0.151	0.999	suscettibile	0.06	Basso
6.40	118.924	67.929	9.849	4.251	3.090	1.472116	90.554	0.951	0.149	0.151	0.986	suscettibile	0.74	Basso
6.60	122.620	69.664	9.551	4.275	3.103	1.43546	90.013	0.950	0.148	0.152	0.974	suscettibile	1.41	Basso
6.80	126.316	71.399	9.267	4.298	3.114	1.400585	89.495	0.948	0.147	0.152	0.963	suscettibile	2.07	Basso
7.00	130.012	73.133	8.997	4.323	3.126	1.367364	88.999	0.946	0.146	0.153	0.953	suscettibile	2.71	Basso

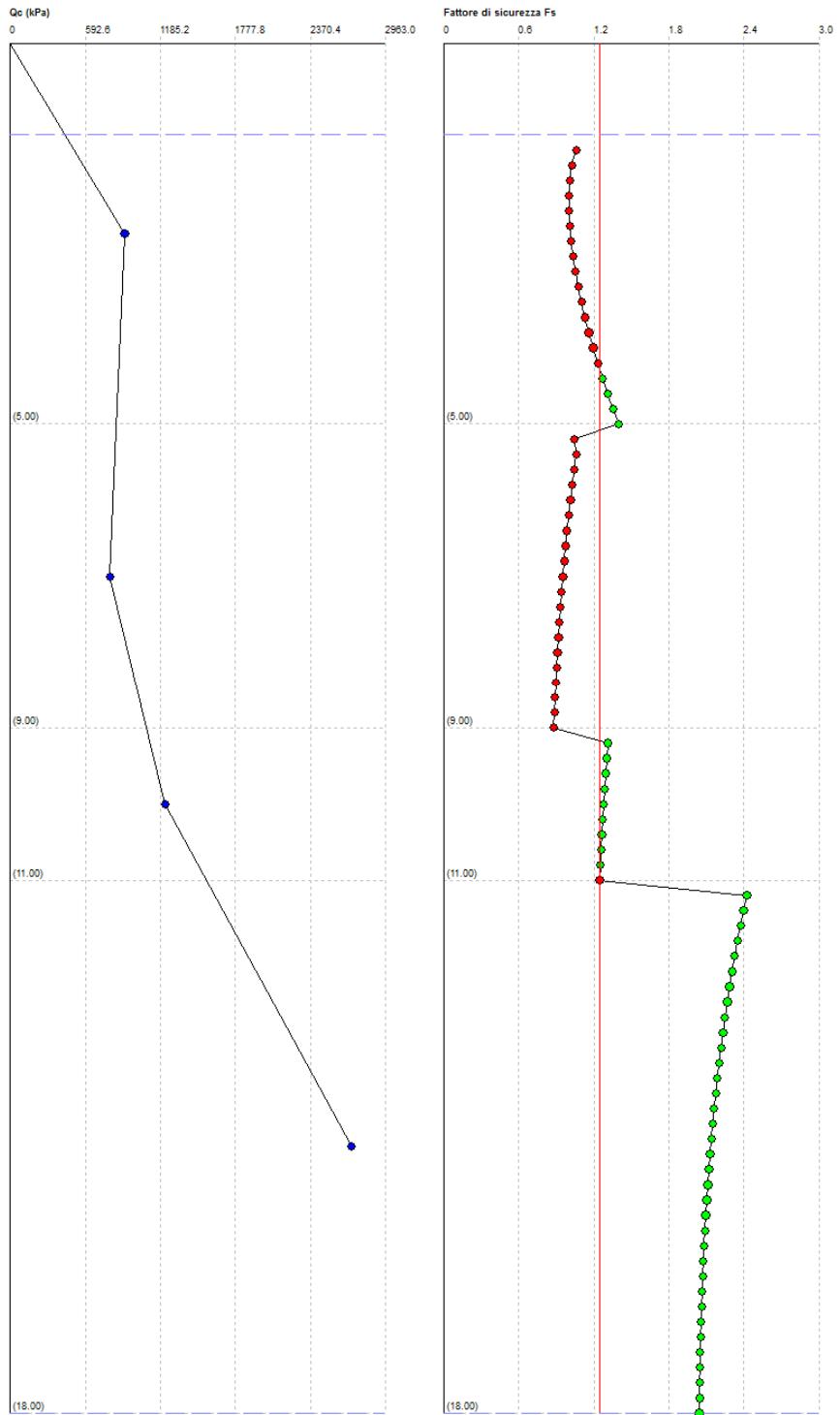
7.20	133.708	74.868	8.739	4.347	3.138	1.335682	88.524	0.945	0.145	0.153	0.943	suscettibile	3.34	Basso
7.40	137.404	76.603	8.493	4.372	3.149	1.305436	88.068	0.943	0.144	0.154	0.934	suscettibile	3.96	Basso
7.60	141.100	78.337	8.257	4.397	3.161	1.276529	87.631	0.942	0.143	0.154	0.926	suscettibile	4.56	Basso
7.80	144.796	80.072	8.032	4.422	3.172	1.248875	87.211	0.940	0.142	0.154	0.918	suscettibile	5.16	Alto
8.00	148.492	81.807	7.817	4.447	3.183	1.222393	86.808	0.939	0.141	0.155	0.910	suscettibile	5.73	Alto
8.20	152.188	83.541	7.610	4.473	3.194	1.197011	86.422	0.937	0.140	0.155	0.903	suscettibile	6.30	Alto
8.40	155.884	85.276	7.412	4.499	3.205	1.172661	86.051	0.936	0.139	0.155	0.897	suscettibile	6.85	Alto
8.60	159.580	87.011	7.222	4.526	3.215	1.149283	85.694	0.934	0.139	0.156	0.891	suscettibile	7.38	Alto
8.80	163.276	88.745	7.039	4.553	3.226	1.126818	85.352	0.933	0.138	0.156	0.885	suscettibile	7.91	Alto
9.00	166.972	90.480	6.863	4.580	3.236	1.105215	85.023	0.931	0.137	0.156	0.879	suscettibile	8.42	Alto
9.20	170.816	92.363	11.368	5.977	3.133	1.082687	110.308	0.928	0.205	0.156	1.314	non suscettibile	0	Molto basso
9.40	174.660	94.245	11.100	5.999	3.142	1.061059	109.626	0.923	0.203	0.155	1.304	non suscettibile	0	Molto basso
9.60	178.504	96.128	10.843	6.021	3.151	1.040278	108.966	0.918	0.200	0.155	1.295	non suscettibile	0	Molto basso
9.80	182.348	98.011	10.596	6.043	3.160	1.020296	108.326	0.912	0.198	0.154	1.286	non suscettibile	0	Molto basso
10.00	186.192	99.893	10.357	6.066	3.168	1.001066	107.706	0.907	0.196	0.153	1.278	non suscettibile	0	Molto basso
10.20	190.036	101.776	10.128	6.089	3.177	0.9825487	107.105	0.902	0.194	0.153	1.271	non suscettibile	0	Molto basso
10.40	193.880	103.659	9.907	6.111	3.185	0.9647034	106.522	0.896	0.192	0.152	1.264	non suscettibile	0	Molto basso
10.60	197.724	105.542	9.694	6.134	3.194	0.9474948	105.957	0.891	0.191	0.152	1.258	non suscettibile	0	Molto basso
10.80	201.568	107.424	9.488	6.157	3.202	0.9308894	105.408	0.886	0.189	0.151	1.252	non suscettibile	0	Molto basso
11.00	205.412	109.307	9.290	6.181	3.210	0.914856	104.875	0.880	0.187	0.150	1.247	suscettibile	0.00	Molto basso
11.20	209.526	111.460	22.281	6.295	2.929	0.897187	144.683	0.875	0.362	0.149	2.422	non suscettibile	0	Molto basso
11.40	213.640	113.612	21.822	6.305	2.936	0.8801875	143.648	0.870	0.356	0.148	2.396	non suscettibile	0	Molto basso
11.60	217.754	115.765	21.381	6.316	2.943	0.8638202	142.643	0.864	0.350	0.148	2.371	non suscettibile	0	Molto basso
11.80	221.868	117.918	20.956	6.326	2.950	0.8480505	141.665	0.859	0.344	0.147	2.348	non suscettibile	0	Molto basso
12.00	225.982	120.070	20.546	6.337	2.957	0.8328463	140.715	0.854	0.339	0.146	2.325	non suscettibile	0	Molto basso
12.20	230.096	122.223	20.150	6.347	2.963	0.8181778	139.791	0.848	0.334	0.145	2.304	non suscettibile	0	Molto basso
12.40	234.210	124.376	19.768	6.358	2.970	0.8040168	138.891	0.843	0.329	0.144	2.284	non suscettibile	0	Molto basso
12.60	238.324	126.528	19.400	6.368	2.976	0.7903378	138.014	0.838	0.324	0.143	2.266	non suscettibile	0	Molto basso
12.80	242.438	128.681	19.043	6.379	2.983	0.7771164	137.161	0.832	0.320	0.142	2.248	non suscettibile	0	Molto basso
13.00	246.552	130.834	18.698	6.390	2.989	0.7643301	136.328	0.827	0.316	0.141	2.231	non suscettibile	0	Molto basso
13.20	250.666	132.986	18.365	6.401	2.995	0.7519578	135.517	0.822	0.311	0.141	2.216	non suscettibile	0	Molto basso
13.40	254.780	135.139	18.042	6.411	3.002	0.7399796	134.725	0.816	0.307	0.140	2.201	non suscettibile	0	Molto basso
13.60	258.894	137.292	17.729	6.422	3.008	0.7283771	133.953	0.811	0.304	0.139	2.187	non suscettibile	0	Molto basso
13.80	263.008	139.444	17.426	6.433	3.014	0.7171327	133.199	0.806	0.300	0.138	2.174	non suscettibile	0	Molto basso
14.00	267.122	141.597	17.132	6.444	3.020	0.7062303	132.462	0.800	0.296	0.137	2.161	non suscettibile	0	Molto basso
14.20	271.236	143.750	16.846	6.455	3.026	0.6956544	131.743	0.795	0.293	0.136	2.149	non suscettibile	0	Molto basso
14.40	275.350	145.902	16.570	6.466	3.031	0.6853906	131.040	0.790	0.289	0.135	2.139	non suscettibile	0	Molto basso
14.60	279.464	148.055	16.301	6.477	3.037	0.6754253	130.352	0.784	0.286	0.134	2.128	non suscettibile	0	Molto basso
14.80	283.578	150.208	16.040	6.488	3.043	0.6657454	129.680	0.779	0.283	0.133	2.119	non suscettibile	0	Molto basso
15.00	287.692	152.360	15.786	6.499	3.048	0.6563393	129.022	0.774	0.280	0.133	2.110	non suscettibile	0	Molto basso

15.20	291.806	154.513	15.540	6.510	3.054	0.6471952	128.379	0.768	0.277	0.132	2.102	non suscettibile	0	Molto basso
15.40	295.920	156.666	15.300	6.522	3.060	0.6383024	127.749	0.763	0.274	0.131	2.094	non suscettibile	0	Molto basso
15.60	300.034	158.818	15.067	6.533	3.065	0.6296506	127.133	0.757	0.271	0.130	2.087	non suscettibile	0	Molto basso
15.80	304.148	160.971	14.840	6.544	3.071	0.6212304	126.529	0.752	0.268	0.129	2.080	non suscettibile	0	Molto basso
16.00	308.262	163.124	14.619	6.555	3.076	0.6130322	125.937	0.747	0.266	0.128	2.074	non suscettibile	0	Molto basso
16.20	312.376	165.276	14.403	6.567	3.081	0.6050476	125.358	0.741	0.263	0.127	2.069	non suscettibile	0	Molto basso
16.40	316.490	167.429	14.194	6.578	3.087	0.5972684	124.790	0.736	0.261	0.126	2.064	non suscettibile	0	Molto basso
16.60	320.604	169.582	13.989	6.589	3.092	0.5896866	124.233	0.731	0.258	0.125	2.060	non suscettibile	0	Molto basso
16.80	324.718	171.734	13.790	6.601	3.097	0.5822951	123.687	0.725	0.256	0.125	2.056	non suscettibile	0	Molto basso
17.00	328.832	173.887	13.595	6.612	3.102	0.5750864	123.152	0.720	0.254	0.124	2.052	non suscettibile	0	Molto basso
17.20	332.946	176.040	13.406	6.624	3.107	0.568054	122.627	0.715	0.251	0.123	2.049	non suscettibile	0	Molto basso
17.40	337.060	178.192	13.221	6.635	3.112	0.5611917	122.111	0.709	0.249	0.122	2.047	non suscettibile	0	Molto basso
17.60	341.174	180.345	13.040	6.647	3.117	0.554493	121.606	0.704	0.247	0.121	2.045	non suscettibile	0	Molto basso
17.80	345.288	182.498	12.864	6.659	3.122	0.5479525	121.109	0.699	0.245	0.120	2.043	non suscettibile	0	Molto basso
18.00	349.402	184.650	12.692	6.670	3.127	0.5415644	120.622	0.693	0.243	0.119	2.042	non suscettibile	0	Molto basso

IPL (Iwasaki)=1.24 Zcrit=20 m Rischio=Basso

<FIELD1>  
<FIELD2>  
<FIELD3>  
<FIELD4>

1.76



## PROVA PENETROMETRICA CPT3

### PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume satura (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Argilla inorganica compatta	0	3	18.43	19.21	1145.03	67.57
2	Argilla inorganica di media consistenza	3	7.5	17.71	18.49	777.37	27.36
3	Argilla inorganica di media consistenza	7.5	11	18.12	18.9	1013.42	40.31
4	Argilla inorganica molto compatta	11	18	19.71	20.5	2579.05	130.04

### Correzione per la magnitudo (MSF)

1.67

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)	Forzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1.40	25.958	23.997	46.634	6.038	2.692	1.7	76.695	0.989	0.122	0.097	1.255	non suscettibile	0	Molto basso
1.60	29.800	25.877	43.097	6.059	2.716	1.7	80.139	0.988	0.128	0.103	1.238	suscettibile e	0.00	Molto basso
1.80	33.642	27.758	40.038	6.080	2.739	1.7	83.516	0.986	0.134	0.109	1.237	suscettibile e	0.00	Molto basso
2.00	37.484	29.639	37.368	6.101	2.761	1.7	86.831	0.985	0.141	0.113	1.246	suscettibile	0.00	Molto basso
2.20	41.326	31.519	35.017	6.122	2.781	1.7	90.090	0.983	0.148	0.117	1.265	non suscettibile	0	Molto basso
2.40	45.168	33.400	32.930	6.143	2.801	1.7	93.295	0.982	0.156	0.121	1.291	non suscettibile	0	Molto basso
2.60	49.010	35.281	31.066	6.165	2.820	1.7	96.451	0.980	0.163	0.124	1.322	non suscettibile	0	Molto basso
2.80	52.852	37.161	29.390	6.187	2.838	1.7	99.561	0.979	0.172	0.126	1.360	non suscettibile	0	Molto basso
3.00	56.694	39.042	27.876	6.209	2.855	1.7	102.628	0.977	0.181	0.129	1.402	non suscettibile	0	Molto basso
3.20	60.392	40.779	17.582	3.816	2.863	1.7	70.622	0.976	0.113	0.131	0.860	suscettibile	4.13	Basso
3.40	64.090	42.515	16.777	3.836	2.880	1.7	72.769	0.974	0.116	0.133	0.869	suscettibile	4.07	Basso
3.60	67.788	44.252	16.035	3.856	2.897	1.7	74.903	0.972	0.119	0.135	0.881	suscettibile	3.91	Basso
3.80	71.486	45.989	15.349	3.876	2.913	1.7	77.023	0.971	0.122	0.137	0.894	suscettibile	3.64	Basso
4.00	75.184	47.725	14.713	3.896	2.929	1.7	79.131	0.969	0.126	0.139	0.909	suscettibile	3.26	Basso
4.20	78.882	49.462	14.122	3.917	2.944	1.7	81.227	0.968	0.130	0.140	0.927	suscettibile	2.76	Basso
4.40	82.580	51.199	13.570	3.938	2.960	1.7	83.313	0.966	0.134	0.141	0.946	suscettibile	2.13	Basso
4.60	86.278	52.935	13.055	3.959	2.974	1.7	85.389	0.965	0.138	0.143	0.966	suscettibile	1.38	Basso
4.80	89.976	54.672	12.573	3.980	2.989	1.7	87.456	0.963	0.142	0.144	0.988	suscettibile	0.50	Basso
5.00	93.674	56.409	12.120	4.002	3.003	1.7	89.514	0.962	0.147	0.145	1.012	suscettibile	0.00	Molto basso
5.20	97.372	58.145	11.695	4.024	3.016	1.7	91.565	0.960	0.151	0.146	1.037	suscettibile	0.00	Molto basso
5.40	101.070	59.882	11.294	4.046	3.030	1.669949	91.954	0.959	0.152	0.147	1.037	suscettibile	0.00	Molto basso
5.60	104.768	61.619	10.916	4.068	3.043	1.622883	91.308	0.957	0.151	0.148	1.021	suscettibile	0.00	Molto basso
5.80	108.466	63.355	10.558	4.090	3.056	1.578397	90.691	0.956	0.149	0.149	1.006	suscettibile	0.00	Molto basso
6.00	112.164	65.092	10.219	4.113	3.069	1.536285	90.102	0.954	0.148	0.149	0.992	suscettibile	0.42	Basso
6.20	115.862	66.829	9.899	4.136	3.082	1.496362	89.539	0.953	0.147	0.150	0.979	suscettibile	1.10	Basso
6.40	119.560	68.565	9.594	4.159	3.094	1.458461	89.002	0.951	0.146	0.151	0.967	suscettibile	1.78	Basso
6.60	123.258	70.302	9.304	4.183	3.106	1.422433	88.487	0.950	0.144	0.151	0.956	suscettibile	2.44	Basso
6.80	126.956	72.039	9.029	4.207	3.118	1.388142	87.995	0.948	0.143	0.152	0.945	suscettibile	3.09	Basso
7.00	130.654	73.775	8.766	4.231	3.130	1.355465	87.524	0.946	0.142	0.152	0.936	suscettibile	3.72	Basso
7.20	134.352	75.512	8.515	4.255	3.141	1.324291	87.072	0.945	0.141	0.153	0.926	suscettibile	4.34	Basso
7.40	138.050	77.249	8.276	4.280	3.153	1.294519	86.639	0.943	0.140	0.153	0.918	suscettibile	4.95	Basso

7.60	141.789	79.026	11.030	4.625	3.073	1.265399	97.444	0.942	0.166	0.153	1.082	suscettibile	0.00	Molto basso
7.80	145.569	80.845	10.735	4.645	3.084	1.236933	96.854	0.940	0.164	0.154	1.070	suscettibile	0.00	Molto basso
8.00	149.349	82.664	10.453	4.665	3.094	1.20972	96.286	0.939	0.163	0.154	1.059	suscettibile	0.00	Molto basso
8.20	153.129	84.482	10.183	4.686	3.104	1.183678	95.738	0.937	0.162	0.154	1.048	suscettibile	0.00	Molto basso
8.40	156.909	86.301	9.925	4.706	3.114	1.158733	95.210	0.936	0.160	0.154	1.038	suscettibile	0.00	Molto basso
8.60	160.689	88.120	9.677	4.727	3.124	1.134819	94.700	0.934	0.159	0.155	1.028	suscettibile	0.00	Molto basso
8.80	164.469	89.938	9.439	4.748	3.134	1.111871	94.208	0.933	0.158	0.155	1.019	suscettibile	0.00	Molto basso
9.00	168.249	91.757	9.211	4.769	3.144	1.089833	93.732	0.931	0.157	0.155	1.010	suscettibile	0.00	Molto basso
9.20	172.029	93.576	8.992	4.791	3.153	1.068653	93.273	0.928	0.155	0.155	1.003	suscettibile	0.00	Molto basso
9.40	175.809	95.394	8.780	4.812	3.163	1.048279	92.829	0.923	0.154	0.154	1.000	suscettibile	0.01	Basso
9.60	179.589	97.213	8.577	4.834	3.172	1.028667	92.399	0.918	0.153	0.154	0.997	suscettibile	0.25	Basso
9.80	183.369	99.032	8.382	4.856	3.181	1.009776	91.984	0.912	0.152	0.153	0.994	suscettibile	0.47	Basso
10.00	187.149	100.851	8.193	4.879	3.190	0.991567	91.582	0.907	0.151	0.153	0.991	suscettibile	0.67	Basso
10.20	190.929	102.669	8.011	4.901	3.199	0.9740024	91.193	0.902	0.151	0.152	0.989	suscettibile	0.84	Basso
10.40	194.709	104.488	7.835	4.924	3.208	0.9570493	90.817	0.896	0.150	0.152	0.987	suscettibile	1.00	Basso
10.60	198.489	106.307	7.666	4.946	3.217	0.9406762	90.452	0.891	0.149	0.151	0.985	suscettibile	1.13	Basso
10.80	202.269	108.125	7.502	4.969	3.226	0.9248542	90.100	0.886	0.148	0.150	0.984	suscettibile	1.25	Basso
11.00	206.049	109.944	7.343	4.993	3.234	0.9095554	89.758	0.880	0.147	0.150	0.983	suscettibile	1.34	Basso
11.20	210.149	112.083	21.135	5.489	2.905	0.8922001	132.316	0.875	0.295	0.149	1.984	non suscettibile	0	Molto basso
11.40	214.249	114.221	20.704	5.499	2.912	0.8754945	131.433	0.870	0.291	0.148	1.966	non suscettibile	0	Molto basso
11.60	218.349	116.360	20.288	5.509	2.919	0.8594031	130.576	0.864	0.287	0.147	1.950	non suscettibile	0	Molto basso
11.80	222.449	118.499	19.887	5.518	2.926	0.8438925	129.741	0.859	0.283	0.146	1.934	non suscettibile	0	Molto basso
12.00	226.549	120.637	19.501	5.528	2.933	0.8289319	128.930	0.854	0.279	0.146	1.919	non suscettibile	0	Molto basso
12.20	230.649	122.776	19.128	5.537	2.940	0.8144925	128.140	0.848	0.276	0.145	1.906	non suscettibile	0	Molto basso
12.40	234.749	124.915	18.767	5.547	2.947	0.8005474	127.371	0.843	0.272	0.144	1.893	non suscettibile	0	Molto basso
12.60	238.849	127.053	18.419	5.557	2.953	0.7870719	126.622	0.838	0.269	0.143	1.881	non suscettibile	0	Molto basso
12.80	242.949	129.192	18.082	5.567	2.960	0.7740425	125.892	0.832	0.266	0.142	1.869	non suscettibile	0	Molto basso
13.00	247.049	131.331	17.757	5.576	2.966	0.7614375	125.180	0.827	0.262	0.141	1.858	non suscettibile	0	Molto basso
13.20	251.149	133.469	17.441	5.586	2.972	0.7492366	124.486	0.822	0.259	0.140	1.848	non suscettibile	0	Molto basso
13.40	255.249	135.608	17.136	5.596	2.979	0.7374204	123.808	0.816	0.256	0.139	1.839	non suscettibile	0	Molto basso
13.60	259.349	137.747	16.840	5.606	2.985	0.725971	123.147	0.811	0.254	0.139	1.830	non suscettibile	0	Molto basso
13.80	263.449	139.885	16.554	5.616	2.991	0.7148718	122.501	0.806	0.251	0.138	1.822	non suscettibile	0	Molto basso
14.00	267.549	142.024	16.275	5.626	2.997	0.7041069	121.870	0.800	0.248	0.137	1.815	non suscettibile	0	Molto basso
14.20	271.649	144.163	16.006	5.636	3.003	0.6936615	121.254	0.795	0.246	0.136	1.808	non suscettibile	0	Molto basso
14.40	275.749	146.301	15.744	5.646	3.009	0.6835213	120.651	0.790	0.243	0.135	1.801	non suscettibile	0	Molto basso
14.60	279.849	148.440	15.489	5.656	3.015	0.6736734	120.062	0.784	0.241	0.134	1.795	non suscettibile	0	Molto basso
14.80	283.949	150.579	15.242	5.666	3.021	0.6641051	119.486	0.779	0.239	0.133	1.790	non suscettibile	0	Molto basso
15.00	288.049	152.717	15.002	5.676	3.026	0.6548049	118.922	0.774	0.236	0.132	1.785	non suscettibile	0	Molto basso
15.20	292.149	154.856	14.768	5.686	3.032	0.6457617	118.370	0.768	0.234	0.132	1.781	non suscettibile	0	Molto basso

15.40	296.249	156.995	14.541	5.697	3.038	0.6369647	117.830	0.763	0.232	0.131	1.777	non suscettibile	0	Molto basso	
15.60	300.349	159.133	14.319	5.707	3.043	0.6284042	117.301	0.757	0.230	0.130	1.773	non suscettibile	0	Molto basso	
15.80	304.449	161.272	14.104	5.717	3.049	0.6200708	116.783	0.752	0.228	0.129	1.770	non suscettibile	0	Molto basso	
16.00	308.549	163.411	13.894	5.727	3.054	0.6119554	116.275	0.747	0.226	0.128	1.767	non suscettibile	0	Molto basso	
16.20	312.649	165.549	13.690	5.738	3.060	0.6040499	115.778	0.741	0.224	0.127	1.765	non suscettibile	0	Molto basso	
16.40	316.749	167.688	13.491	5.748	3.065	0.5963459	115.290	0.736	0.223	0.126	1.763	non suscettibile	0	Molto basso	
16.60	320.849	169.827	13.297	5.759	3.070	0.588836	114.812	0.731	0.221	0.125	1.761	non suscettibile	0	Molto basso	
16.80	324.949	171.965	13.108	5.769	3.076	0.5815129	114.344	0.725	0.219	0.124	1.760	non suscettibile	0	Molto basso	
17.00	329.049	174.104	12.923	5.780	3.081	0.5743695	113.884	0.720	0.217	0.124	1.759	non suscettibile	0	Molto basso	
17.20	333.149	176.243	12.743		5.790	3.086	0.5673997	113.433	0.715	0.216	0.123	1.759	non suscettibile	0	Molto basso
17.40	337.249	178.381	12.567	5.801	3.091	0.5605969	112.990	0.709	0.214	0.122	1.759	non suscettibile	0	Molto basso	
17.60	341.349	180.520	12.396	5.811	3.096	0.5539554	112.556	0.704	0.213	0.121	1.759	non suscettibile	0	Molto basso	
17.80	345.449	182.659	12.228	5.822	3.101	0.5474694	112.129	0.699	0.211	0.120	1.760	non suscettibile	0	Molto basso	
18.00	349.549	184.797	12.065	5.833	3.106	0.5411335	111.711	0.693	0.210	0.119	1.761	non suscettibile	0	Molto basso	

IPL (Iwasaki)=1.82 Zcrit=20 m Rischio=Basso

<FIELD1>  
<FIELD2>  
<FIELD3>  
<FIELD4>

1.76

