

R.T.P.

**STUDIO DI INGEGNERIA ING. MARCO POLI - STUDIO INGEGNERIA GUIDETTI-SERRI
STUDIO DI INGEGNERIA ING. FAUSTO VIESI - GEOL. ARRIGO GIUSTI**



Provincia di Reggio Emilia

Corso Garibaldi n. 59 - 42121 Reggio nell'Emilia



LAVORI DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA SUPERIORE DI 2° GRADO "I.T.L. EINAUDI" DI CORREGGIO - 1° LOTTO

CUP: C46F19000150001



Finanziato dall'Unione europea - NextGenerationEU

PROGETTO ESECUTIVO

Responsabile unico procedimento:
Arch. Raffaele Aliperti

Progettisti:

R.T.P.

STUDIO DI INGEGNERIA ING. MARCO POLI - STUDIO INGEGNERIA GUIDETTI-SERRI
STUDIO DI INGEGNERIA ING. FAUSTO VIESI - GEOL. ARRIGO GIUSTI

ELABORATO ST.01.05

RELAZIONE GEOLOGICA E
SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

AGOSTO 2022

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE	CONTROLLATO	APPROVATO
00	AGO. 2022	PROGETTO ESECUTIVO	GEOL. ARRIGO GIUSTI		ING. MARCO POLI

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 PRATI - CAPOLUOGO

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA RIGUARDANTE I LAVORI DI
ADEGUAMENTO SISMICO DELLA SCUOLA SUPERIORE DI II° "I.T. L. EINAUDI"
LOTTO 1 - LOTTO 2**



COMMITTENTE: AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI REGGIO EMILIA

RELAZIONE GEOLOGICA E SULLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

CONSULENZE NEL CAMPO GEOLOGICO GEOTECNICO ED ESTRATTIVO

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE.....	3
3.	INQUADRAMENTO TETTONICO E CENNI DI GEOLITOLOGIA.....	6
4.	METODOLOGIA D'INDAGINE	10
5.	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE E PARAMETRI GEOTECNICI.....	11
6.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO E LOCALE.....	14
7.	IDROGEOLOGIA DELLA FALDA FREATICA	16
8.	RISCHIO IDRAULICO	18
9.	SISMICITÀ DELL'AREA	22
10.	RISPOSTA SISMICA LOCALE SEMPLIFICATA	29
11.	MICROZONAZIONE SISMICA	33
12.	ANALISI APPROFONDITA DI III° LIVELLO	35
13.	VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE.....	38
14.	RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	39

- ALLEGATI:

- UBICAZIONE DELLE INDAGINI
- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
- SISMICA A RIFRAZIONE TIPO MASW
- RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° LIVELLO
- VERIFICA A LIQUEFAZIONE

1. PREMESSA

Con riferimento agli accordi intercorsi con l'Ing. Marco Poli di Reggio nell'Emilia trasmetto la presente relazione geologica e sulla pericolosità sismica di base atta a valutare le caratteristiche geolitologiche, geomeccaniche e sismiche del terreno su cui è in studio la progettazione definitiva riguardante i lavori di adeguamento sismico della Scuola Superiore di II° "I. T. Luigi Einaudi" di Correggio (RE) – Lotto 1 e Lotto 2.,

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 eseguite due penetrometrie statiche nonché, per determinare il valore del V_{s30} , da cui la categoria di azione sismica, un sondaggio sismico a rifrazione tipo MASW.

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. Vengono qui di seguito elencate le principali normative di riferimento:

- D.G.R. n° 630 del 29/04/2019 revisione indirizzi per gli studi di microzonazione sismica;
- 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".

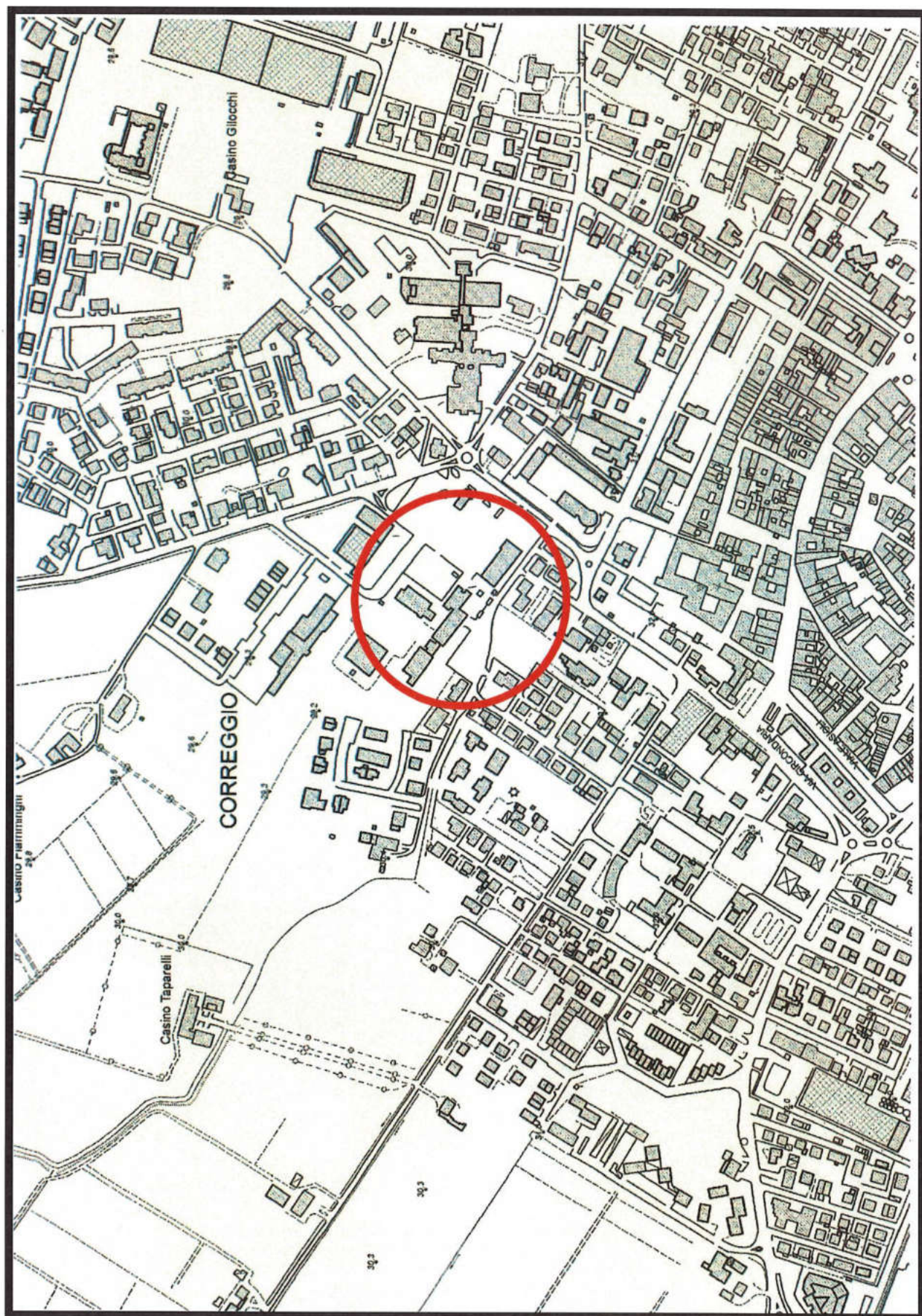
2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE

Il polo scolastico dell'Istituto Tecnico Luigi Einaudi è situato a settentrione del centro storico di Correggio, a occidente dell'Ospedale San Sebastiano.

Più precisamente, al terreno in esame, su cui ricadono i lotti 1 e 2, si accede da Via Prati, laterale di via Circondaria. All'edificio si ha accesso tramite una breve scalinata alla cui quota si adeguano anche le aree cortilive ad essa perimetrali; riferite all'originario piano campagna, circa 30 m s.l.m., le fondazioni risultano essere più basse di oltre un metro (cf. stralcio dalla C.T.R. in scala 1 : 5.000 – elementi n° 201023 – Correggio e 201024 – Mandriolo nonché ortofoto proposta sul frontespizio).

Il suolo qui presente, asportato in corrispondenza dei due blocchi scolastici o non altrimenti in adiacenza ricoperto con una coltre di riporto, ragionevolmente ascrivibile all'associazione dei suoli alluvionali, secondo la "Carta dei suoli dell'Emilia-Romagna" rientra nel Gruppo 3, a cui

STRALCIO DALLA CTR IN SCALA 1 : 5000
Elementi n° 201023 – Correggio e 201024 - Mandriolo



appartengono suoli in “aree morfologicamente rilevate della pianura alluvionale, ad alterazione biochimica con riorganizzazione interna dei carbonati”.

In questa fascia di territorio essi più precisamente rientrano nel Sottogruppo 3B - Unità 3Ab; di essi si dice che hanno una media tessitura, presentano una buona disponibilità di ossigeno e sono calcarei e moderatamente alcalini soprattutto negli orizzonti superficiali. Secondo la Legenda FAO, essi rientrano nei Calcaric Cambisols.

L'utilizzo è dei più vari, dalle colture erbacee intensive ed estensive, agli impianti arborei da frutto e da legno. La loro potenzialità è quindi elevata.

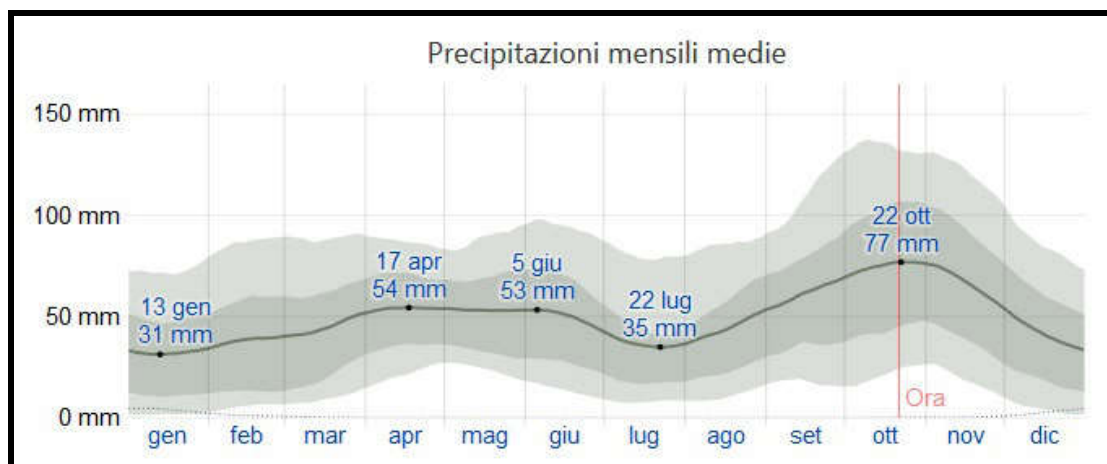
In base ad analoghi studi a carattere pedologico, contenuti nelle note illustrative della Carta Geologica d'Italia in scala 1 : 50.000, si fa altresì presente che questi suoli, secondo le più recenti suddivisioni stratigrafiche adottate a livello regionale posti al tetto dell'Unità di Modena (AES_{8a}), si tratta di suoli poco evoluti, calcarei di pochi decimetri di spessore e generalmente di colore bruno olivastro o bruno grigiastro (Hue 2.5 Y, Value 3-5, Chroma 2-6; profilo Ap-Bw/C: Entisuolo).

Il clima, in Correggio, secondo la classificazione stabilita da Köppen e Geiger è di tipo Cfa temperato umido subtropicale, con estati calde e prevalentemente serene ed inverni freddi e parzialmente nuvolosi.

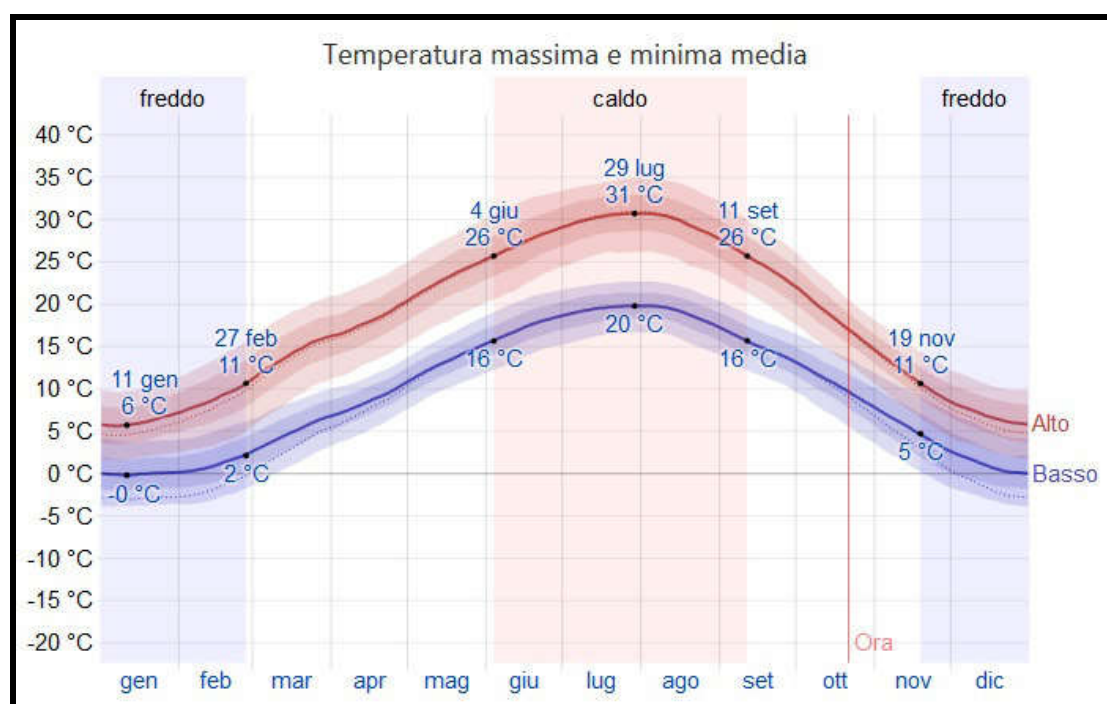
Ulteriori specifiche suddivisioni operate da Pinna M., adottate considerando il concetto di “mese estivo con forte flessione della piovosità”, secondo il *Regime delle precipitazioni* (carta pubblicata dal CNR) e non quello originale del climatologo russo-tedesco, per zone come questa della pianura alluvionale padana ci dicono altresì si può fare riferimento al clima Csa, temperato caldo dell'estate mediterranea.

L'Atlante Climatico dell'Emilia-Romagna dell'Agenzia ARPAE, rispetto all'intervallo 1961/1990, dal 1991 sino al 2015 riporta un incremento di 1.5 °C della temperatura media annua, da 12.7 °C a 14.2 °C mentre, sempre confrontando i due periodi, una diminuzione delle precipitazioni, da 745 mm a 685 mm.

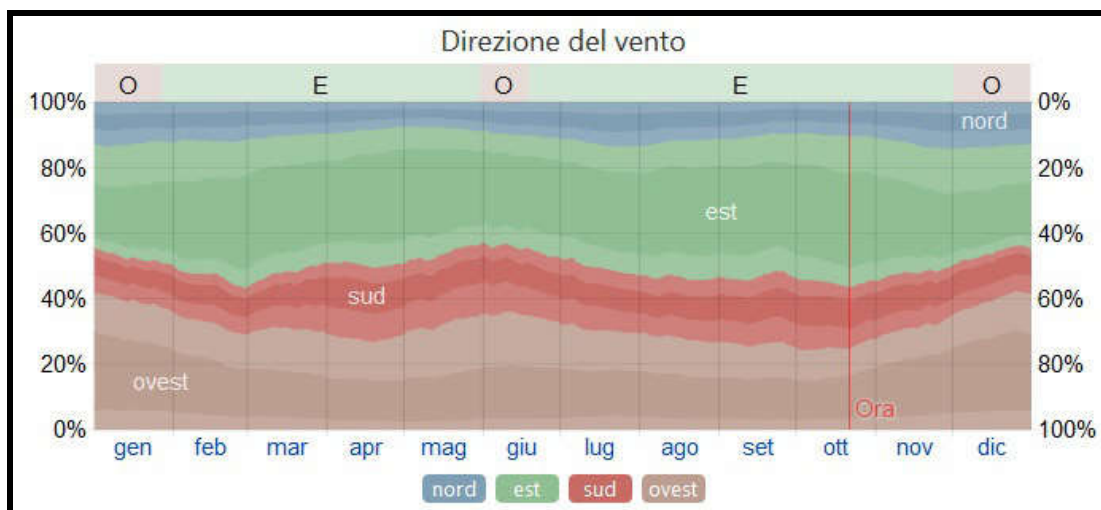
Le precipitazioni, valutate mensilmente, registrano un minimo di pioggia (31 mm) in inverno, nell'intervallo che ha il suo minimo il 13 gennaio ed anche in estate (35 mm), con minimo il 22 luglio mentre la massima piovosità (77 mm) si verifica invece in autunno nella mensilità con un massimo il 22 ottobre. Le precipitazioni, con medie mensili di 53÷54 mm, si mantengono costanti in primavera.



Nella stagione calda, da inizio giugno a fine prima decade di settembre, si registra una massima a fine luglio di 31 °C mentre in quella fredda, da inizio terza decade di novembre sino a fine febbraio, la minima è in gennaio con 0 °C.



Il vento è più spesso da est da fine gennaio a fine maggio e da metà giugno sino a fine novembre mentre proviene invece più spesso da ovest nella prima decade di giugno e nel periodo invernale, da inizio dicembre sin verso la fine gennaio.



3. INQUADRAMENTO TETTONICO E CENNI DI GEOLITOLOGIA

L'intero territorio del Comune risulta compreso nel bacino subsidente pliocenico-quadernario 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 gradualmente.

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 restituita dalla Carta Geologica d'Italia, foglio n° 74 Reggio nell'Emilia, si può facilmente notare come il territorio in esame ricada a valle di lineazioni che accompagnano il margine appenninico padano caratterizzate da strutture anticlinaliche e da faglie sepolte che, verso N/NO, evolvono in direzione della medio-alta pianura, in una sinclinale nonché ad oriente delle strutture che costituiscono le ultime propaggini delle “pieghe ferraresi”.

Più precisamente, l'interpretazione che fornisce la Carta Geologica prodotta dal progetto CARG della Regione è un'evoluzione del movimento traslativo, con creazione di sovrascorrimenti profondi post-tortoniani (cf. stralcio in scala 1:50.000).

Da oriente ad occidente, la Carta Geologica visualizza una risalita della base del Pliocene, dai 4.500 m nella periferia orientale dell'abitato sino ai 2.500 m all'altezza di Fosdondo.

La carta è inoltre testimone dell'esistenza del substrato pliocenico a 7.000 m all'altezza di Carpi e di un suo ulteriore approfondimento in direzione di Rubiera e della Via Emilia, dove ne viene infatti riconosciuta una profondità di ben 8.000 m.

I sovrascorrimenti possono essere altresì visti come dislocazioni, con quello individuato ad occidente di Correggio interpretabile come una zona di transizione tra il dominio delle “pieghe ferraresi”, a NO e quello a SE, di approfondimento del margine appenninico-padano, secondo il citato foglio n° 74 Reggio nell'Emilia non altro che una sinclinale.

Esula dagli scopi dello studio, comunque si tenga presente che è l'ambito delle “pieghe ferraresi”, come detto contraddistinto da tutta una serie di lineazioni, con faglie e sovrascorrimenti, ad essere stato responsabile del sisma del 15/10/1996 che nel territorio in esame ha interessato appunto la parte terminale di questa struttura e, più recentemente, di quelli avvenuti nel maggio 2012, a tutti ben noti, con epicentro nella bassa modenese e nel ferrarese.

In questa fascia di territorio, a valle delle superfici terrazzate che accompagnano il margine pedecollinare, i dati forniti dalle indagini effettuate dall'Agip mineraria hanno consentito di quantificare lo spessore dei sedimenti e delle alluvioni quaternarie in circa 1000 m tuttavia, secondo quanto visualizzato da una Sezione Geologica profonda prodotta dal Servizio CARG della Regione

Emilia-Romagna che da Scandiano passando da Masone ed attraversando la Via Emilia, si estende sino all'altezza di Correggio, il limite effettivo delle conoscenze stratigrafiche è di ~200 m (cf. Sezione Geologica profonda B – B' del progetto CARG della Regione Emilia-Romagna).

Nel comportamento geodinamico di tutti questi terreni ci torna utile la Carta Neotettonica dell'Appennino Settentrionale (cf. stralcio).

Redatta a cura del Consiglio Nazionale delle Ricerche e con studio pubblicato sul Bollettino della Società Geologica Italiana nel 1982, essa analizza il comportamento dinamico del territorio attraverso fasi temporali che dal Messiniano si spingono sino all'attuale e ci dice che il territorio in esame, posto nella medio pianura, rispetto all'ultimo intervallo (IV + V), all'inversione Matuyana-Brunhes al presente, più semplicemente dal Pleistocene medio-sup. all'Olocene, ricade in una zona attualmente soggetta ad un abbassamento.

Secondo la Carta Geologica d'Italia i depositi alluvionali che, in questa località, costituiscono il primo sottosuolo appartengono all'alluvium antico (a_1), sono di età olocenica e litologicamente sono delle argille. Anche la Carta della Litologia di Superficie (cf. stralcio in scala 1 : 25.000) ne individua anch'essa un'età olocenica e litologicamente li descrive come “depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose in subordine”.

Il medesimo elaborato mette altresì in risalto che, a SE dell'area in esame, da SO a NE, annettendo quindi il centro storico di Correggio, vi è una fascia di “depositi prevalentemente sabbiosi, con scarse lenti di ghiaie fini e/o di limi” sedimenti che in successione, a SE ma, come sottolineato, anche a O/NO, evolvono in “depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose in subordine” e “depositi prevalentemente argillosi o argilloso-limosi”, tutti di età olocenica.

Secondo le più recenti suddivisioni delle unità quaternarie continentali adottate sulla Carta Geologica del progetto CARG della Regione Emilia Romagna, pur sempre però in analogia con le precedenti classificazioni, il primo sottosuolo viene ascritto all'Unità di Modena (AES8a) con depositi che, verso S/SE, sfumano in quelli più antichi del Subsistema di Ravenna (AES8 - cf. stralcio in scala 1 : 50.000).

Per i depositi più recenti dell'Unità di Modena (AES8a), in un contesto simile, di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva, viene proposta questa descrizione "Unità costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose o da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua".

In base a datazioni radiometriche effettuate su tronchi di una foresta di querce seppelliti da episodi alluvionali rinvenuti in una zona paludosa, con spessori quantificati in circa 4 m, se ne restituisce un'età che dal 420 si porta sino al 670 d.C., giustificando quindi per l'Unità un'epoca post-romana che dal IV°-V° secolo d.C. si porta sino all'attuale.

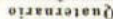
In bibliografia, al Subsintema di Ravenna viene invece proposta una datazione che dal Pleistocene Superiore si porta sino all'Olocene e la seguente descrizione "Limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali. Al tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno".

Per quanto concerne la potenza massima del deposito, si dice che essa non supera i 20 m; ai suoi sedimenti ne viene restituita un'età che dal Pleistocene sup. giunge sino all'Olocene e più precisamente, in base a datazioni effettuate con il metodo ^{14}C , alla base dell'unità se ne indica un'età oscillante tra 15.000 e 9.000 anni circa BP.

Foglio n° 74 - Reggio nell'Emilia





















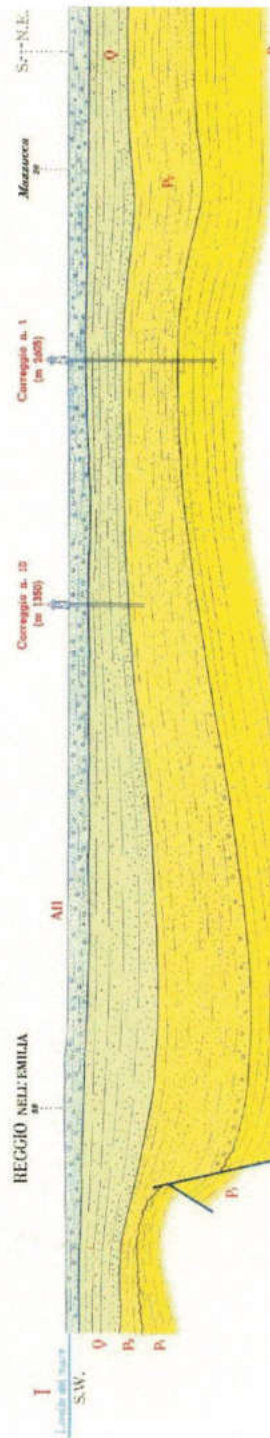
Foglio n° 74 - Reggio nell'Emilia

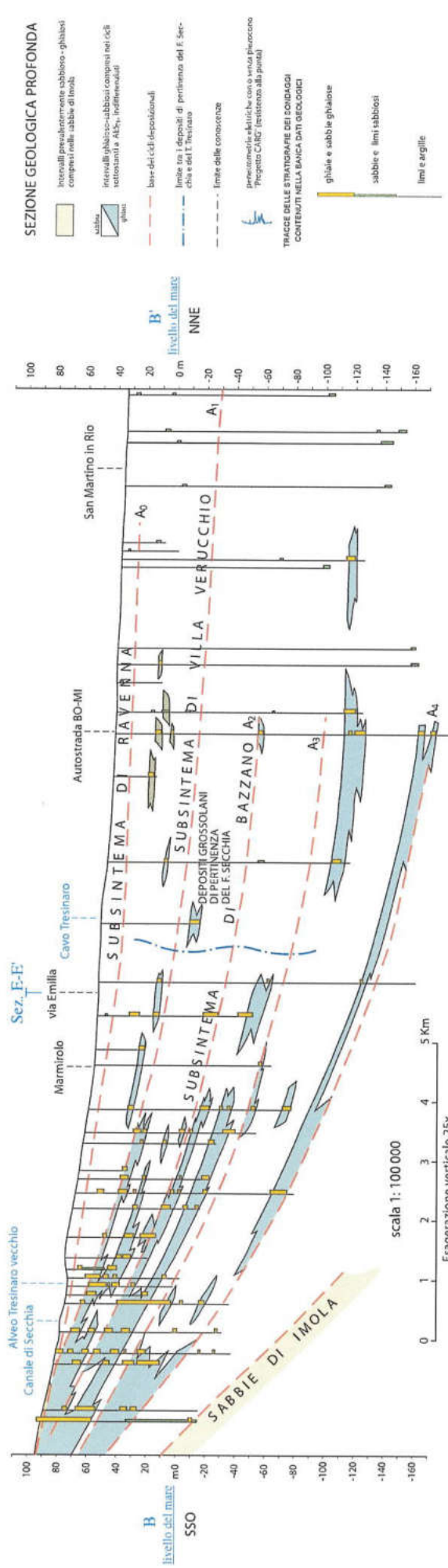


*Litologia di superficie
della formazione quaternaria continentale*



	Alto della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.
	Linea della scrittura: capitale e tipo corsivo.



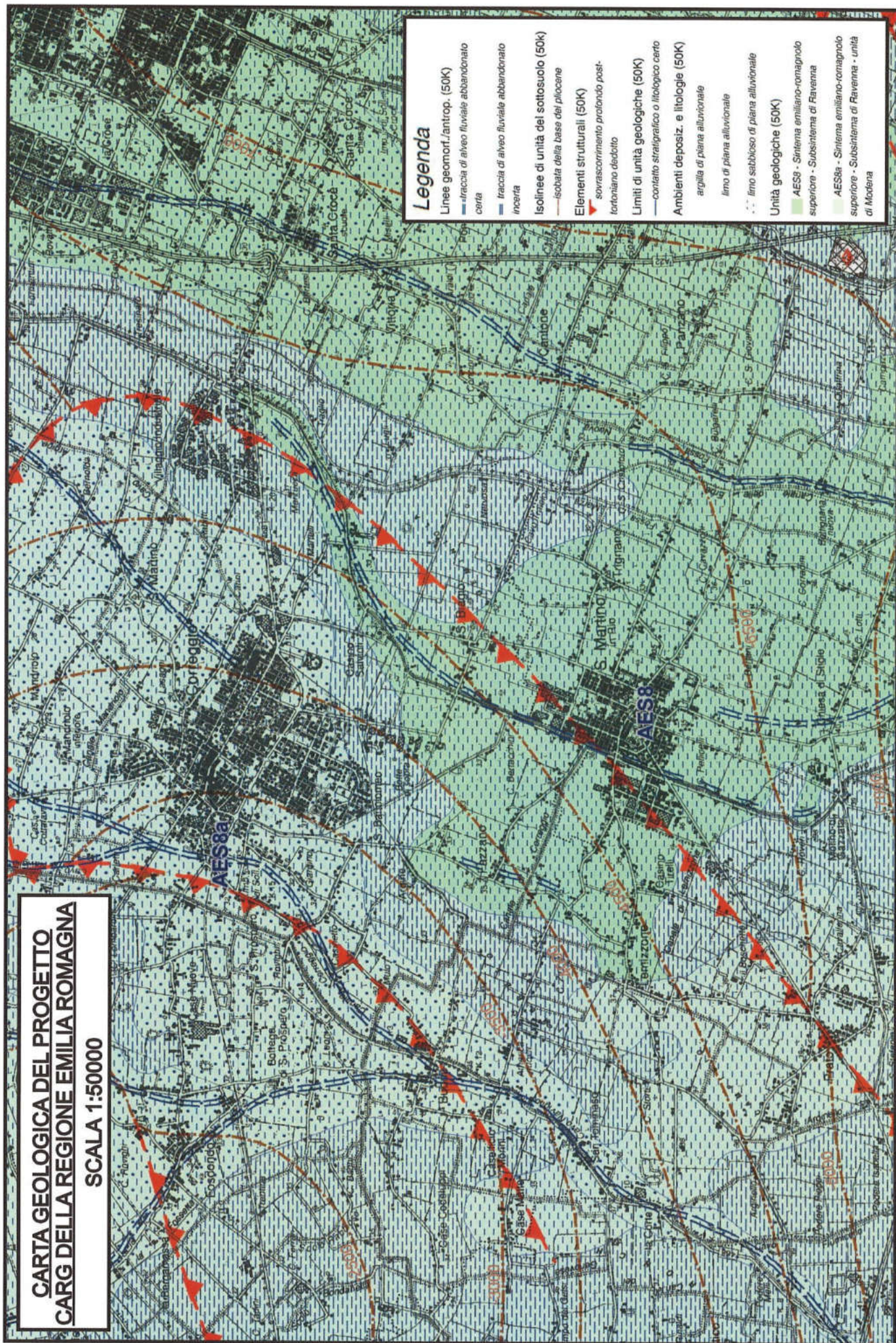


CARTA GEOLOGICA DEL PROGETTO CARG DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

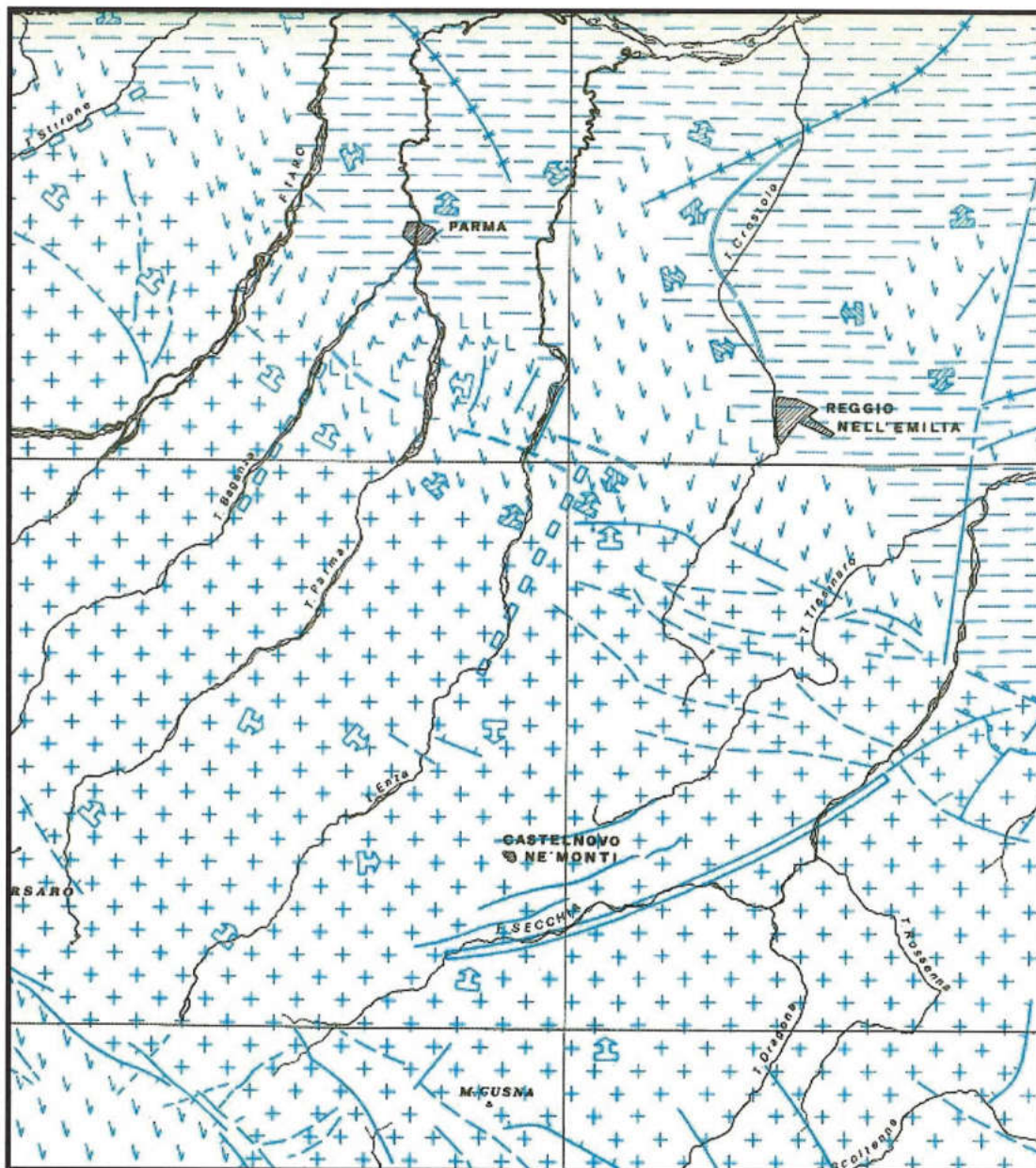
SCALA 1:50000

Legenda

- Linee geomorf./antrop. (50K)
 - traccia di alveo fluviale abbandonato
 - certa
 - traccia di alveo fluviale abbandonato
 - incerta
- Isolinee di unità del sottosuolo (50K)
 - isobata della base del pliocene
- Elementi strutturali (50K)
 - ▲ sovrascorrimento profondo post-tortoniano dedotto
- Limiti di unità geologiche (50K)
 - contatto stratigrafico o litologico certo
- Ambienti deposiz. e litologie (50K)
 - argilla di piana alluvionale
 - limo di piana alluvionale
 - ... limo sabbioso di piana alluvionale
- Unità geologiche (50K)
 - AES8 - Sistema emiliano-romagnolo superiore - Subsystema di Ravenna
 - AES8a - Sistema emiliano-romagnolo superiore - Subsystema di Ravenna - unità di Modena



INTERVALLO IV+V

[illegible]

- A - Età (in milioni di anni)
- B - Intervalli
- C - Suddivisioni cross-stratigrafiche
- D - Zone a foraminiferi planctonici
- E - Comparsa e scomparsa dei foraminiferi planctonici
- F - Comparsa e scomparsa dei foraminiferi bentonici
- G - Comparsa e scomparsa delle nanofossie
- H - Comparsa e scomparsa degli ostracodi
- I - Comparsa e scomparsa dei lamellibranchi
- L - Fossie a veribranchi

- | | |
|--|---|
| | Zona in sollevamento |
| | Zona in sollevamento probabile |
| | Zona in abbassamento |
| | Zona in abbassamento probabile |
| | Zona probabilmente stabile |
| Movimenti di verso variabile (si legge da sinistra verso destra). Per esempio: | |
| | Stasi, sollevamento, stasi probabile |
| | Abbassamento, sollevamento (di entità minore) |
| | Zona in sollevamento connesso con la messa in posto di massa magnetiche |
| | Zona in sollevamento (a) e abbassamento (b) differenziato. La freccia indica la parte meno sollevata (a) o quella più abbassata (b) |
| | Zona interessata da traslazioni orizzontali |

-  Faglia (certa o probabile)
a prevalente rigetto verticale (i trattini sono ri-
volti verso la parte abbassata, le frecce indicano
l'immersione dal piano di faglia)
-  Faglia (certa o probabile) a prevalente rigetto
orizzontale
-  Faglia con caratteristiche incerte
-  Flessura certa o probabile (i rettangoli sono ri-
volti verso la parte abbassata)
-  Fascia trasversale di deformazione o discontinui-
tà certa o probabile
-  Asse di sollevamento certo o probabile
-  Asse di abbassamento certo o probabile
-  Asse di anticlinale certo o probabile
-  Asse di sinclinale certo o probabile

CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE

(SCALA 1 : 25.000)

LEGENDA



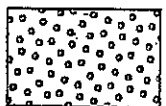
Depositi prevalentemente argillosi o argilloso-limosi.
Olocene



Depositi prevalentemente limosi con lenti sabbiose
in subordine. Olocene



Depositi prevalentemente sabbiosi, con scarse lenti
di ghiaie fini e/o di limi. Pleistocene sup.-Olocene



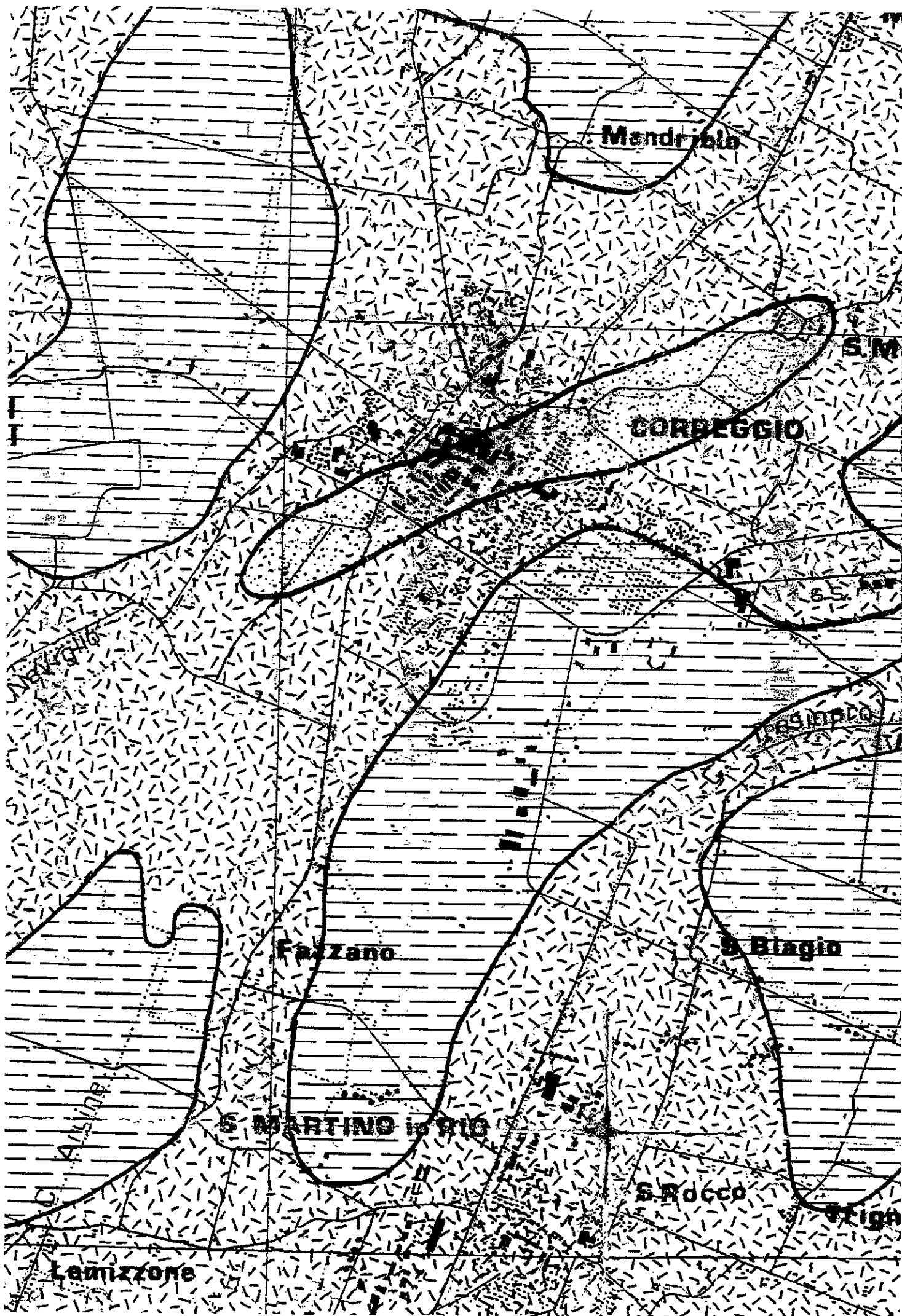
Depositi di ghiaie eterometriche alternati a
livelli con granulometria piu' fine.
Pleistocene sup. (Wurm)-Olocene



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



4. METODOLOGIA D'INDAGINE

Le caratteristiche geomeccaniche del terreno vengono determinate sulla base dei dati acquisiti con due 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.

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 tabelle 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)

- $RL \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza laterale (manicotto)}$

(la resistenza alla punta R_p e la resistenza laterale RL 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/RL 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 $FR = (RL/R_p) \%$ (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 ϕ' , 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

In sintonia con le carte tematiche, le prove penetrometriche statiche, appositamente effettuate per accertare la reale natura del primo sottosuolo, hanno riscontrato la presenza di materiali coesivi a cui si associano livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie.

Più precisamente, nei primi 8÷9 m, limi ed argille con un modesto grado di consolidazione e talora ad elevata componente organica e torbosa, si alternano a limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. Occorre sottolineare come entrambe le indagini abbiano riscontrato l'esistenza, nei primi due metri, di un terreno ad elevato grado di consolidazione, in prevalenza un riporto.

Oltre gli 8÷9 m le prove hanno restituito un graduale incremento delle resistenze alla rottura; si tratta di materiali coesivi, limi ed argille a cui, anche in questo caso, ma con minor frequenza, si associano livelli di natura granulare, limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. Occorre in tal senso segnalare che la prova CPT2, a fine prospezione, tra i 19 m ed i 20 m, ha individuato un banco di sabbie mediamente addensate.

In sintesi, le indagini effettuate hanno pertanto fornito elementi utili per ricostruire, per i vari strati, le caratteristiche stratigrafiche ed i parametri geotecnici caratteristici:

Livello A

Strato che alla base del riporto e del preesistente suolo, si approfondisce sino a 8÷9 m in argille talora organiche e torbose eteropicamente associate a limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie, con valori di:

coesivi	granulari
$\gamma = 1.80 \text{ t/m}^3 = 17.65 \text{ kN/m}^3$	$1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$
$\gamma_{\text{sat}} = 1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$	$1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$
$C_u = 0.4 \text{ kg/cm}^2 = 39.22 \text{ kPa}$	$0 \text{ kg/cm}^2 = 0 \text{ kPa}$
$c' = 0.08 \text{ kg/cm}^2 = 7.85 \text{ kPa}$	$0 \text{ kg/cm}^2 = 0 \text{ kPa}$
$\phi' = 15 [^\circ]$	$25 [^\circ]$
$M_o = 40 \text{ kg/cm}^2 = 3922 \text{ kN/m}^2$	$50 \text{ kg/cm}^2 = 4903 \text{ kN/m}^2$
$E' = 30 \text{ kg/cm}^2 = 2941 \text{ kN/m}^2$	$40 \text{ kg/cm}^2 = 3922 \text{ kN/m}^2$

Livello B

Da 8÷9 m sino a 14÷15 m vi sono argille talora organiche con sottili livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie, con valori di:

$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$
$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$
$C_u = 0.7 \text{ kg/cm}^2 = 68.64 \text{ kPa}$
$c' = 0.1 \text{ kg/cm}^2 = 9.81 \text{ kPa}$
$\phi' = 18 [^\circ]$
$M_o = 60 \text{ kg/cm}^2 = 5883 \text{ kPa}$
$E = 50 \text{ kg/cm}^2 = 4903 \text{ kPa}$

Livello C

Oltre 14÷15 m vi sono argille ed argille sabbioso limose con livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie, con valori di:

$$\gamma = 1.90 \text{ t/m}^3 = 18.63 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2.0 \text{ t/m}^3 = 19.61 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 1 \text{ kg/cm}^2 = 98 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.2 \text{ kg/cm}^2 = 19.61 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 22 [^\circ]$$

$$M_o = 90 \text{ kg/cm}^2 = 8825 \text{ kPa}$$

$$E = 80 \text{ kg/cm}^2 = 7845 \text{ kPa}$$

dove:

γ = peso di volume;

γ_{sat} = peso di volume saturo;

C_u = coesione non drenata;

c' = coesione efficace;

ϕ' = 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 accumulate 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.

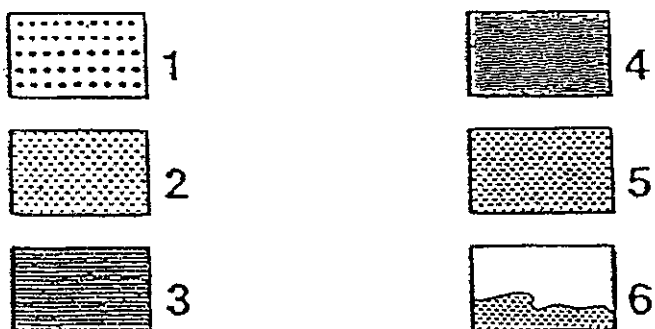
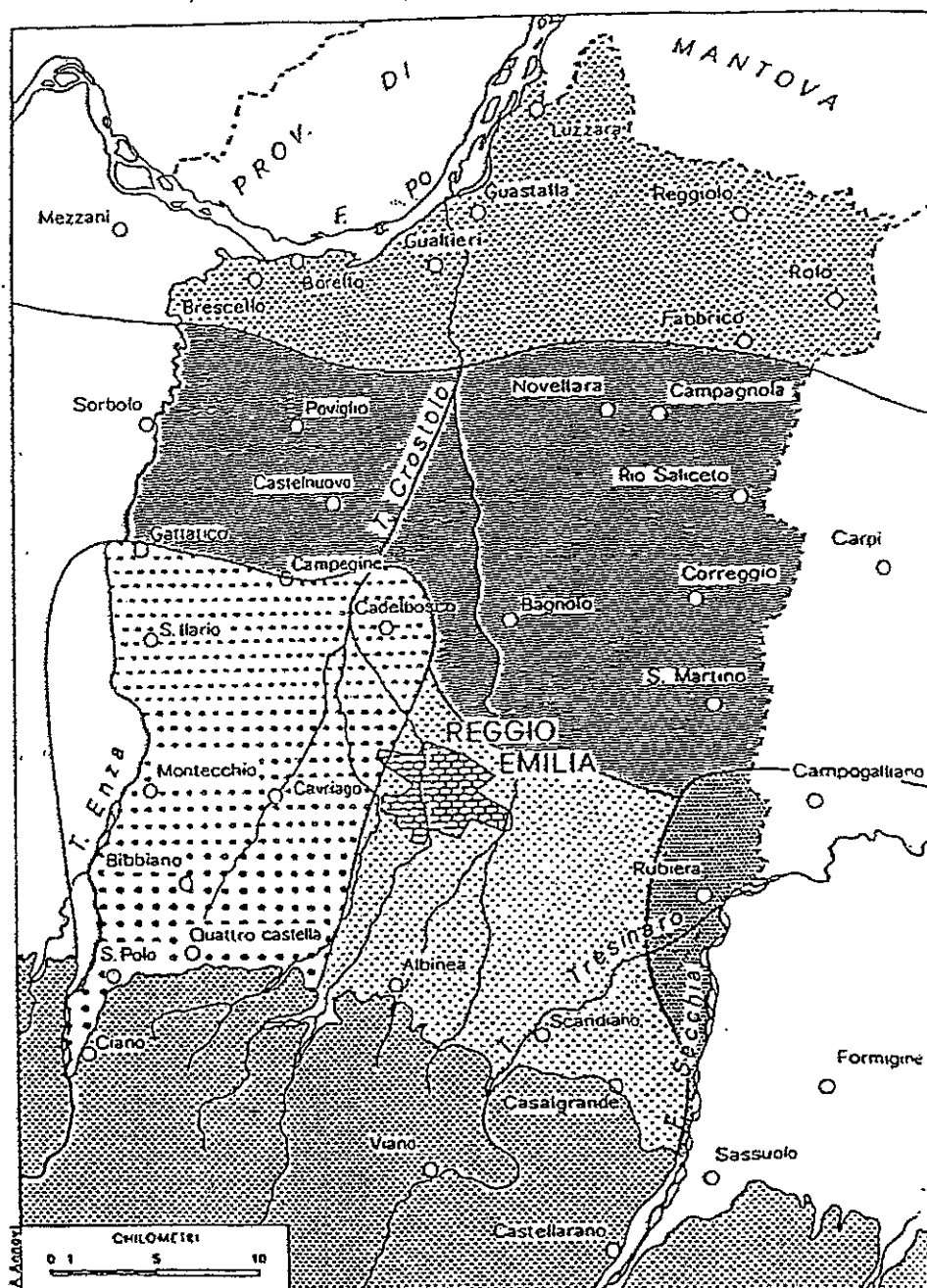
I materiali permeabili, acquiferi, sono rappresentati da sabbie (le ghiaie sono quasi assenti) in lenti sottili e discontinue. L'alimentazione delle falde è ancora di provenienza appenninica, dalle falde delle conoidi dell'Enza, del Secchia e dei corsi d'acqua minori; l'infiltrazione diretta, dal suolo, 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" - Editto 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.

Figura 1) - Distribuzione delle unità idrogeologiche della pianura reggiana: 1) Unità idrogeologica del T.Enza; 2) Unità idrogeologica dei corsi d'acqua minori; 3) Unità idrogeologica del F.Secchia; 4) Unità idrogeologica della media pianura; 5) Unità idrogeologica del F.Po; 6) Terreni impermeabili del margine appenninico che delimitano a sud i bacini idrici sotterranei.

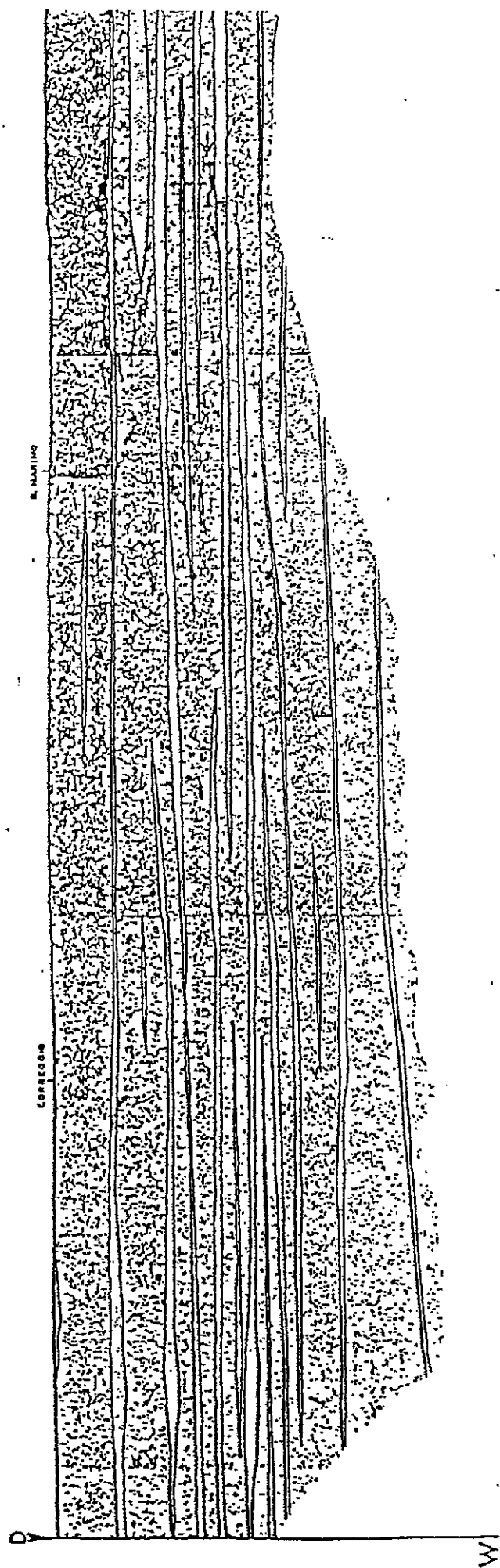


L'elaborato è tratto da "Indagine sullo stato delle acque sotterranee della pianura reggiana"; 1988 - Amministrazione Provinciale di Reggio nell'Emilia


La serie può essere così sintetizzata:


- 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.

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



legenda

 litotipi prevalentemente argillosi e argilloso limosi

 litotipi prevalentemente sabbiosi

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

7. IDROGEOLOGIA DELLA FALDA FREATICA

Come in precedenza sottolineato, il territorio è stato oggetto di 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, all'epoca 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, a sua volta 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.

Sostanzialmente in sintonia con l'andamento complessivo della superficie freatica, nel territorio l'andamento complessivo prevalente della superficie freatica rispecchia quello a suo tempo individuato dal Prof. M. Pellegrini, quindi da SO verso NE.

Nel dettaglio, come si evince sia dalla Carta delle Isopieze della Falda Freatica di P.S.C. sia da quella analoga delle Isopieze del primo acquifero allegata alla Microzonazione Sismica, l'abitato ricade in corrispondenza di uno spartiacque sotterraneo principale che da SO a NE lo attraversa.

Subparalleli ad esso, l'elaborato, ad oriente e ad occidente, individua due assi di drenaggio, rispettivamente principale e secondario, verso i quali avviene il deflusso idrico sotterraneo.

Rispetto a quanto indicato dalle carte tematiche ci troveremmo in una situazione intermedia in cui l'andamento prevalente della superficie freatica rispecchierebbe quello da SO a NE. Osservando l'elaborato, a questa altezza, si potrebbe anche ipotizzare l'esistenza di uno spartiacque secondario, non indicato però in carta, con andamento conforme a quello prevalente da SO a NE e asse ad oriente di Mandriolo, rispetto al quale le acque defluirebbero ad oriente e ad occidente in direzione di due assi di drenaggio secondari.

Le carte idrogeologiche segnalano poi che il livello statico della falda freatica ricade in corrispondenza dell'isopieza 29 m s.l.m., da cui se ne evince che la falda è normalmente qui presente ad una profondità di circa un metro rispetto alla quota del piano campagna.

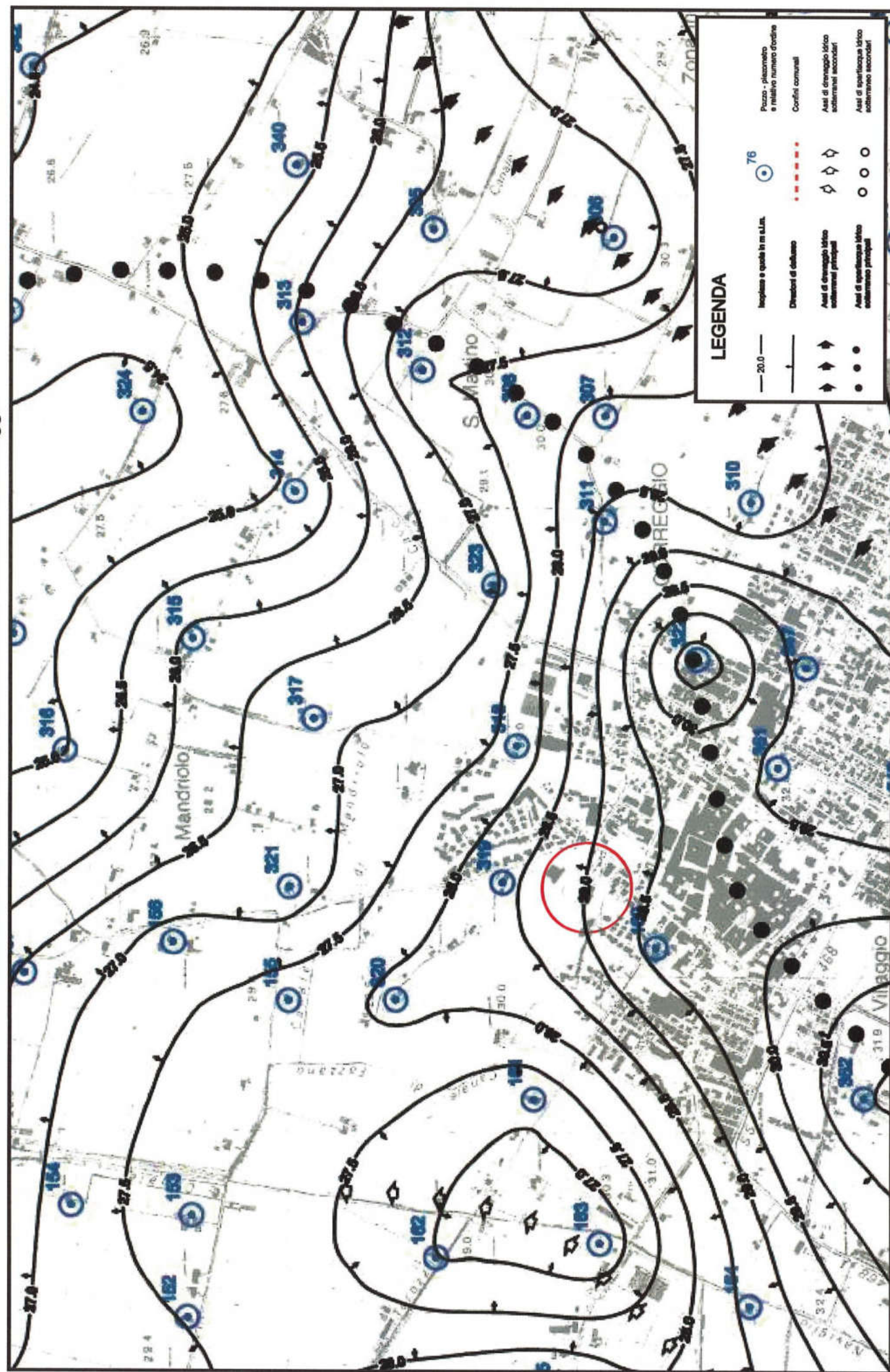
Misure effettuate al termine dei sondaggi, utilizzando un freatimetro a restituzione sonora, solo in CPT1 hanno consentito di misurarne il livello in quanto in CPT2 ostacolata dal riporto che ne ha ostruito il foro ad estrazione aste. In CPT1 il livello è stato misurato a - 2.8 m rispetto alla quota di inizio prova; tenuto conto del riporto ed essendo stata quindi la prova realizzata più in alto rispetto all'originale piano campagna, se ne deduce pertanto una profondità contenuta rispetto al piano campagna originale, 1 m o di poco superiore.

In base a questi dati, si giustificano quindi ampiamente le infiltrazioni nello scantinato della scuola, essendo lo stesso con piano d'appoggio situato più in basso rispetto al livello dell'acquifero freatico.

Pur non segnalando le carte tematiche, in tutto il territorio del Comune di Correggio, variazioni nel tempo dell'assetto idrogeologico sotterraneo (cf. figura 2 in allegato tratta da "Indagine sullo stato delle acque sotterranee nella pianura reggiana; 1988 - Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia"), così come riscontrato in occasione di precedenti studi, può essere altresì giustificata una variabilità stagionale che comporti una risalita a quote più vicine al piano campagna in concomitanza di periodi particolarmente piovosi od altrimenti un abbassamento, seppur contenuto,

CARTA DELLE ISOPIEZE DELLA FALDA FREATICA

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





PROTEZIONE CIVILE
Ministero del Centro e del Sud
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta isopieze primo acquifero

scala 1 : 10.000

Regione Emilia-Romagna
Comune di Correggio



Regione Emilia Romagna	Soggetto realizzatore Studio Geologico CENTROED Progetto Carlo Paoletti Collaboratori Stefano Gili, Annalisa Aluigi, Mauro Mazzanti Elaborazioni GIS Studio Benaglia Emilia-Romagna - Servizio Geologico Professionisti Associati Luca Martelli	Amministrazione comunale Sindaco Marzio Iotti Assessore all'Ambiente Paolo Pozzo Dirigente Settore Territorio Fabio Annani	Data Ottobre 2013	Tavola 1.3 - N. Ovest
---------------------------	--	--	----------------------	--------------------------

Legenda

Elementi geologici e idrogeologici

- 23.7.2011
Peculiarità della faglia (simboli sul livello del mare e numero d'ordine)
- 12
Iniziativa della faglia (simboli sul livello del mare) con direzione del flusso verso superficie
- 13
Fascia di saturazione idrica sotterranea
- 14
Fascia di drenaggio idrico sotterraneo

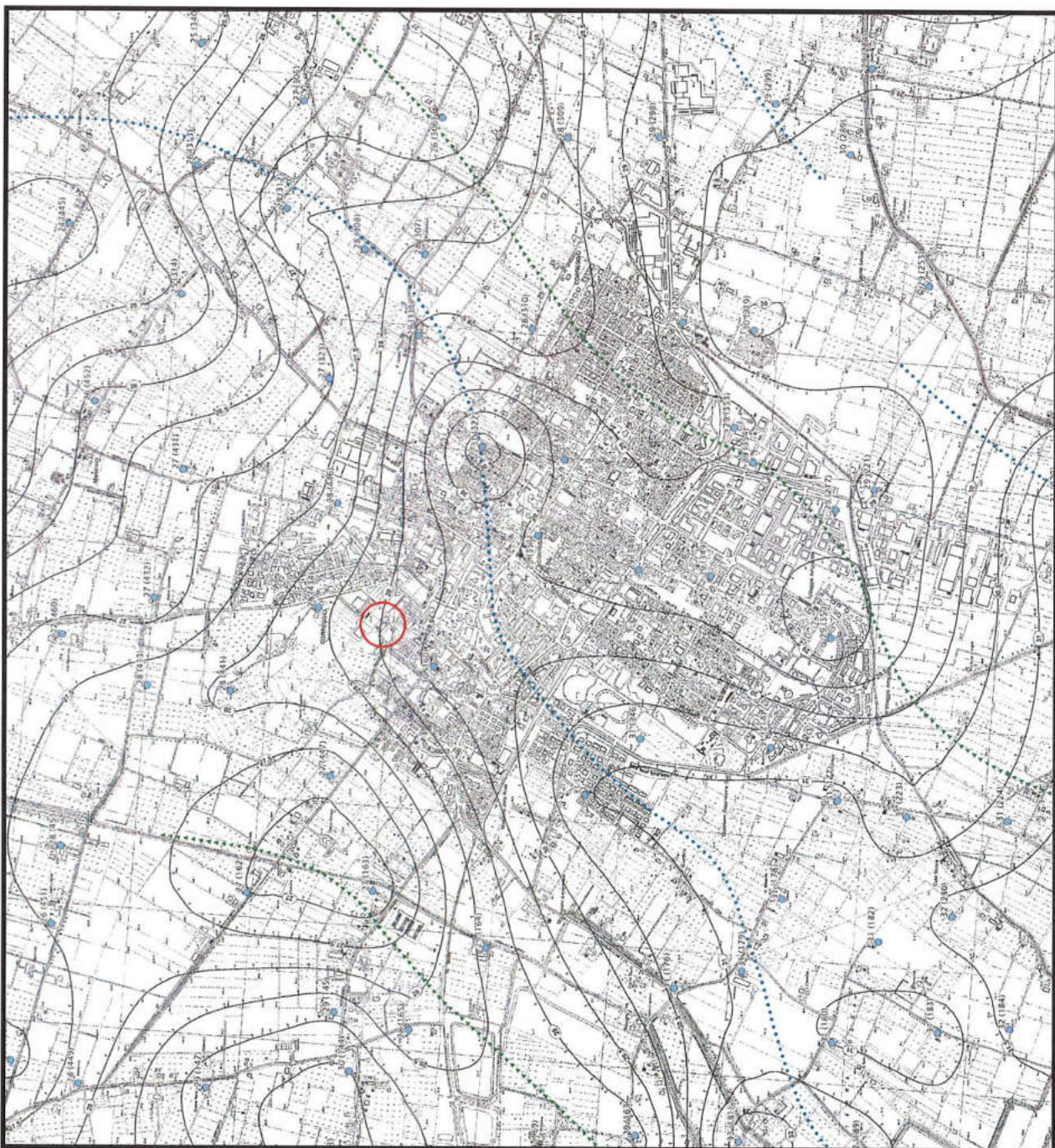
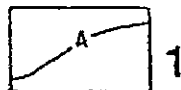
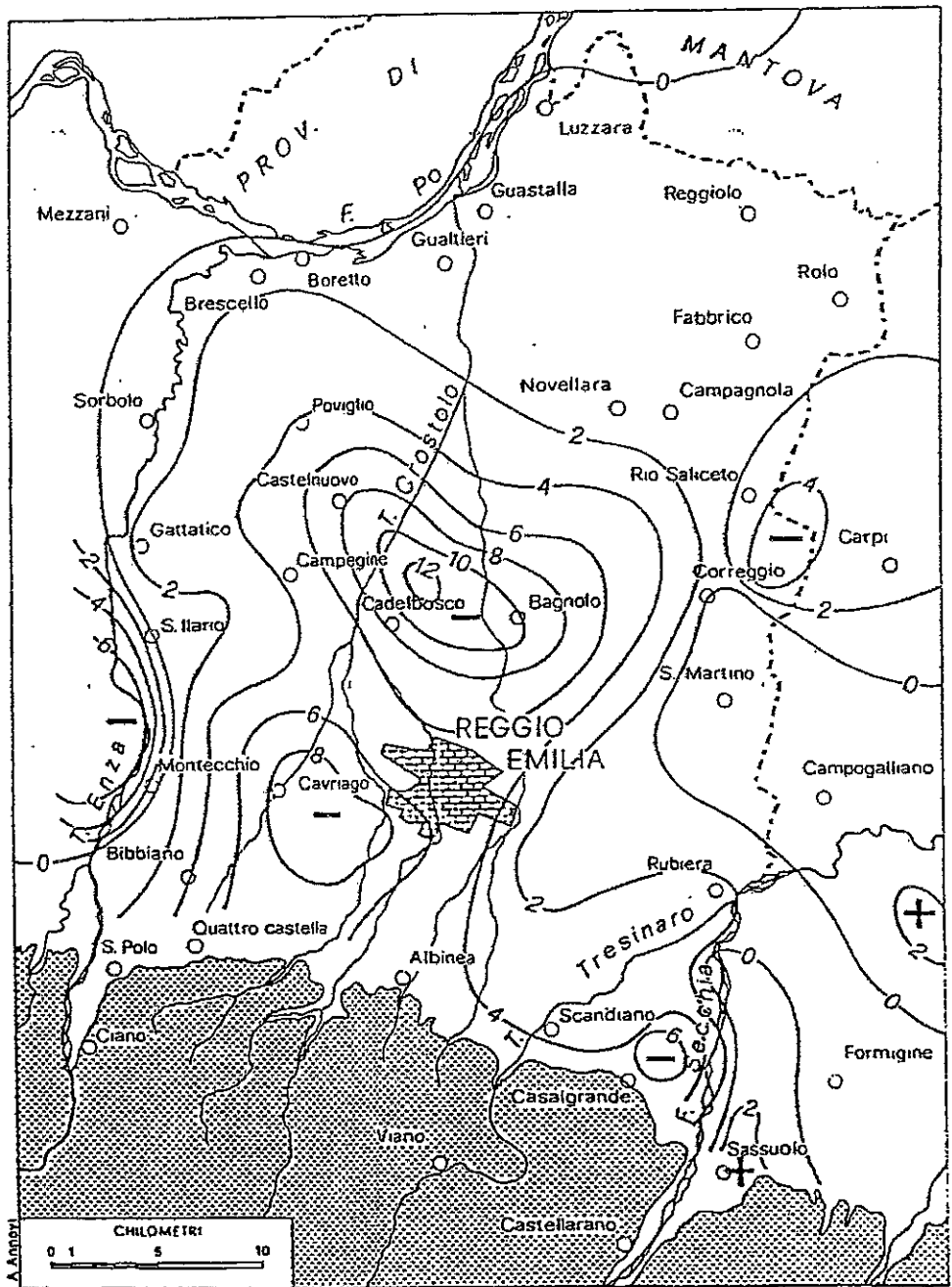


Figura 2) - Curve di uguale variazione del livello statico delle falde sotterranee nel periodo ottobre 1976 - ottobre 1983;
 1) Curve di uguale variazione in metri;
 2) Terreni impermeabili del margine appenninico che delimitano a sud i bacini idrici sotterranei.



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

al termine delle prolungate stagioni estive. Verosimilmente quindi gli eventi che hanno comportato l'allagamento dello scantinato si sono verificati in concomitanza di stagioni particolarmente piovose tali da giustificare la risalita dell'acquifero; in tal senso, se si fa riferimento ai dati relativi alle precipitazioni medie mensili riportati nel secondo capitolo è l'autunnale in Correggio la stagione più piovosa ed quindi soprattutto in quel periodo che si ha una ricarica dell'acquifero ed un inizio, dopo la siccità estiva, della risalita del livello.

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 settentrione dell’abitato 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 essa attualmente rientra nella classe di rischio R2 (medio). 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 dovranno essere individuati i possibili accorgimenti necessari per mitigare il rischio e fare in modo che la struttura possa risultare compatibile 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:

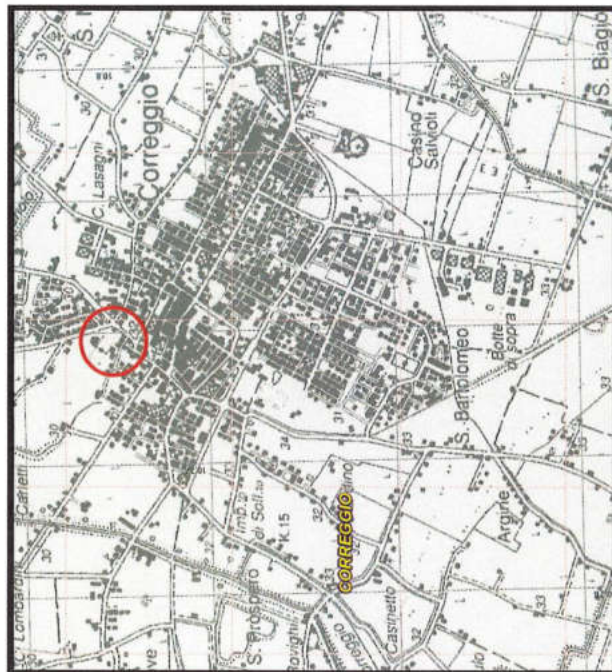
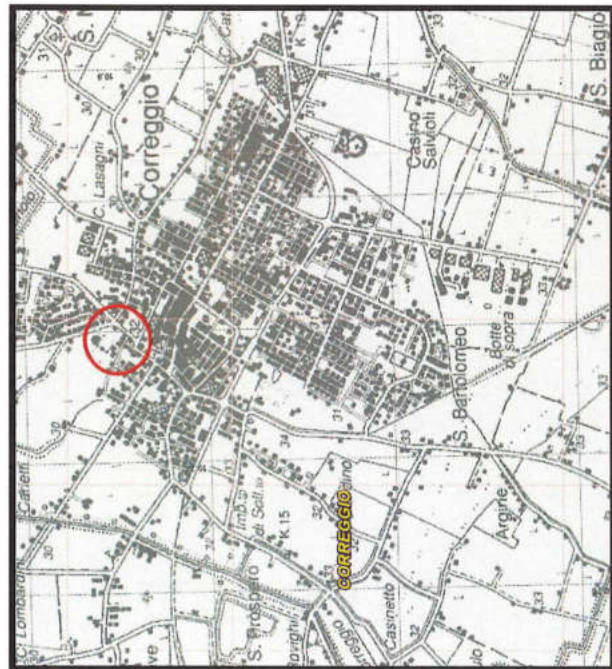
a.1. la quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all’altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione;

a.2. è da evitare la 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;

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)

MAPPA PERICOLOSITÀ

[illegible]

Classi di Rischio

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

Zone Parco

- Aree Protette**
- SIC - ZPS**

areali

- puntuali**
- lineari**

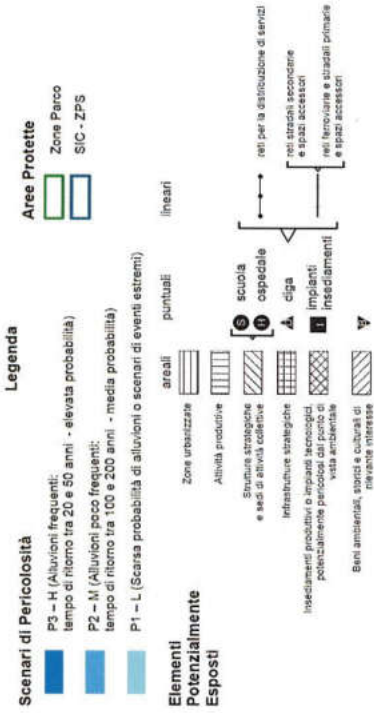
Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla
 valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni
 Mappa del rischio potenziale
 (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

Ambito territoriale: Reticolo Secondario di Pianura

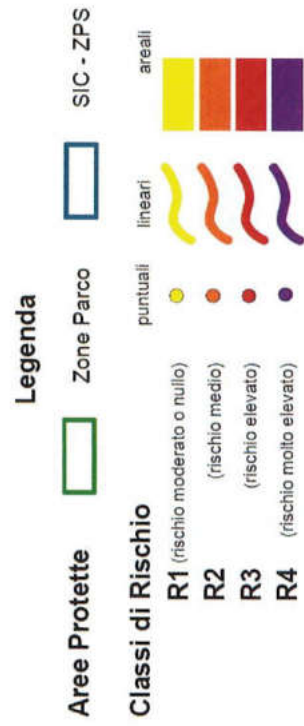
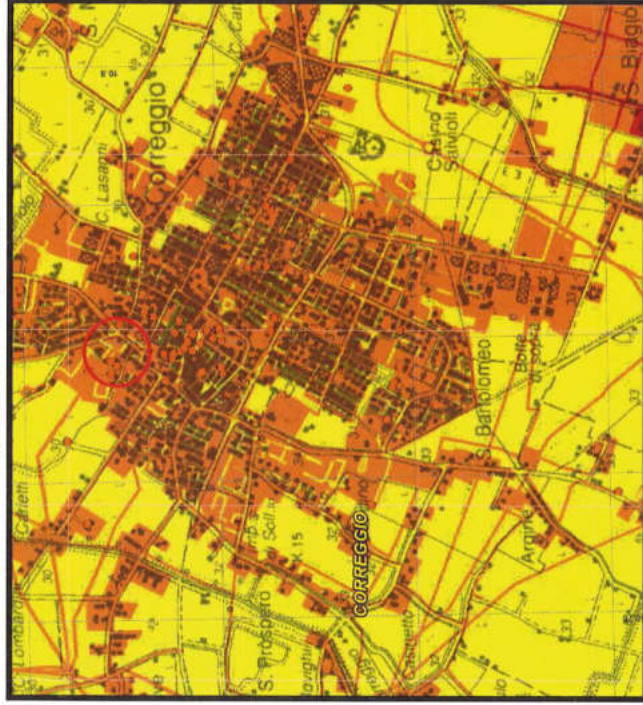
Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità
 di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

201NO - CORREGGIO

MAPPA PERICOLOSITÀ



MAPPA RISCHIO



- 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 accertate caratteristiche geomeccaniche dei terreni ed all'idrogeologia del territorio, si può sintetizzare quanto segue:

- 1 - nel foro di sonda della prospezione penetrometrica CPT1 il livello della falda freatica si è in breve tempo stabilizzato alla profondità di 2.8 m rispetto alla quota del piano cortilivo, più alto di oltre un metro rispetto all'originale piano campagna;
- 2 - con il supporto delle indicazioni delle carte tematiche, la profondità dell'acquifero a 1 m o di poco superiore rispetto al piano campagna, lo si deve considerare conservativo nel tempo;
- 3 - ribadendo quanto sottolineato nel capitolo 7, trovandosi il piano d'appoggio dell'interrato ad una quota inferiore rispetto al natural livello dell'acquifero freatico, è ampiamente giustificato, in

concomitanza di piogge intense, nelle stagioni normalmente piovose (autunno), un'infiltrazione dalle pareti o dal fondo stesso del rilevato;

4 – in conformità con quanto riportato dal punto a2, essendo l'edificio dotato di un piano interrato, dovranno essere adottati tutti i criteri a cui la normativa fa riferimento;

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 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;

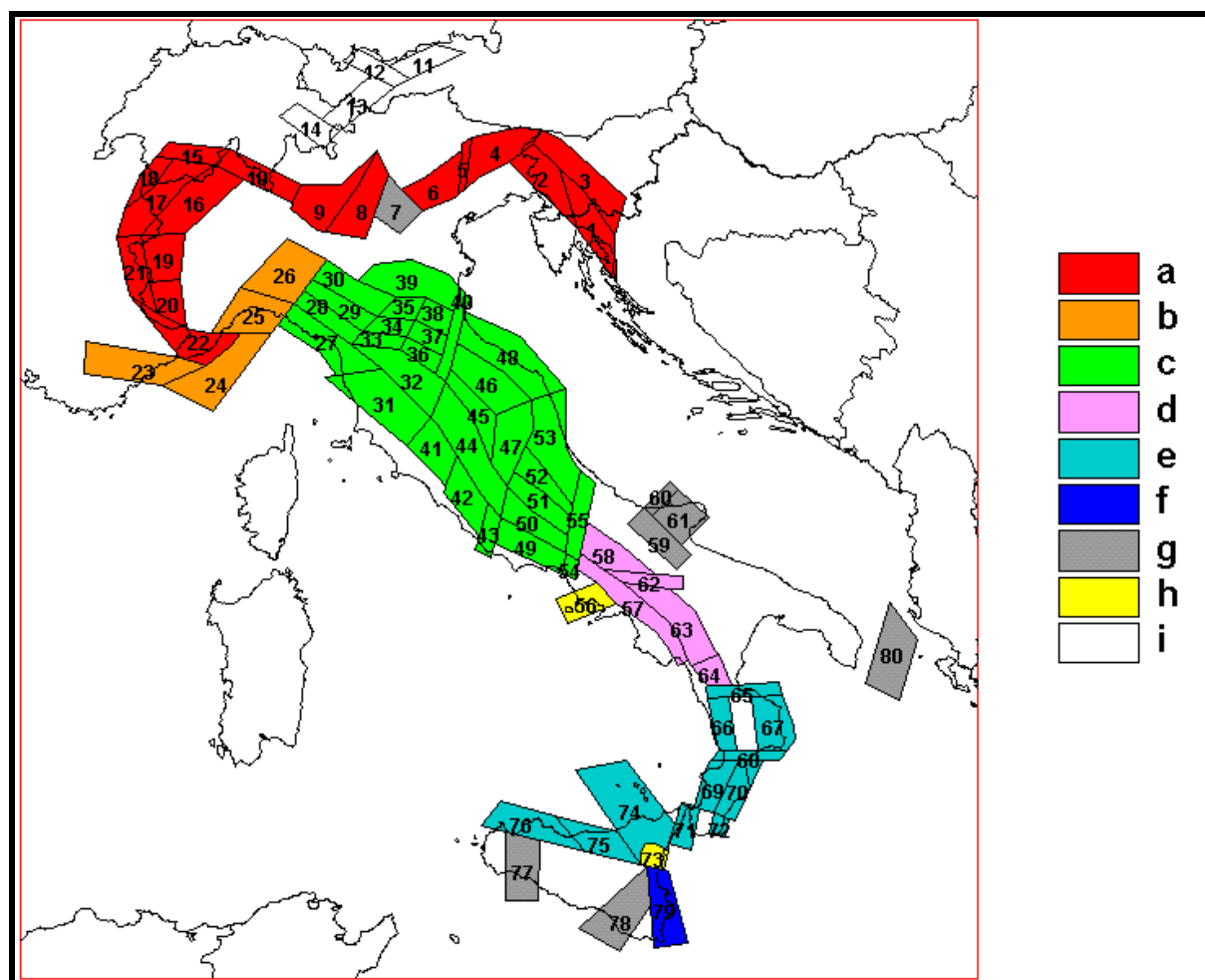
6 - pur avendo ragione di ritenere che i cedimenti attesi alla base delle strutture si siano esauriti nel tempo, per evitare tuttavia che si possano innescare cedimenti di origine secondaria tali da compromettere la staticità delle strutture in elevazione, si dovrà pertanto aver cura di verificare che tutte le acque meteoriche e di scarico vengano raccolte ed allontanate, in direzione della rete fognaria principale, mediante 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 nel collettore principale, qui rappresentato ad occidente dal Canale di Correggio, si dovrà infine aver cura di verificare la costante efficienza della rete scolante perimetrale al polo scolastico.

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 allegate).

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

Osservazioni disponibili: 65

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	Io	Mw	
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'Ilasi	8-9	5.87	
3-4	1894 11 27 05 07	Bresciano	6	4.89	

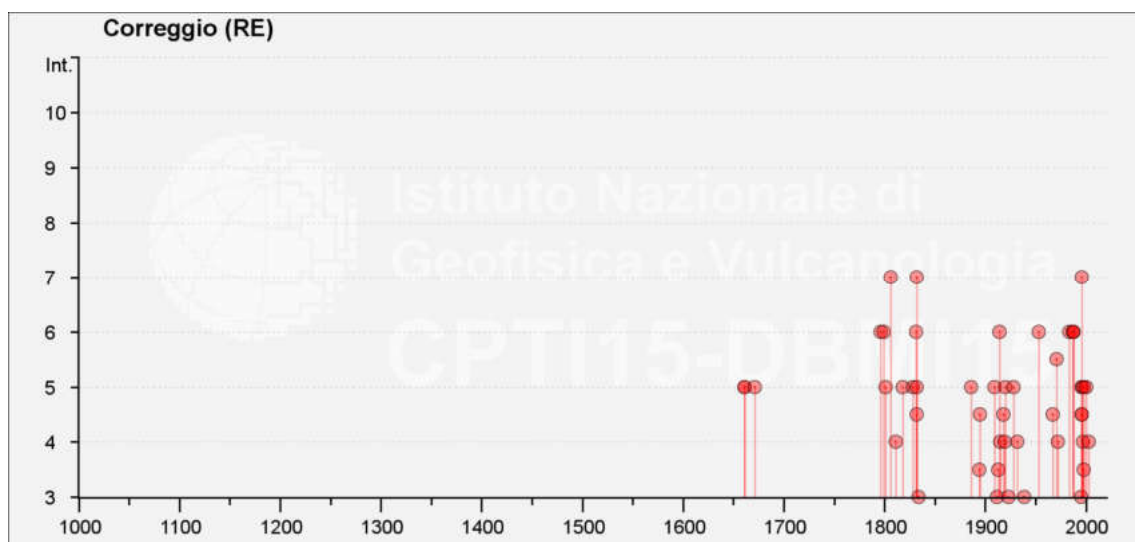
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale		Io	Mw
4-5	1895 05 12 20 29	Reggiano		4-5	3.98
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese		7	5.10
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale		6-7	5.36
3	1912 09 12 21 15	Carpi		4	3.76
3-4	1913 11 25 20 55	Appennino parmense		4-5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

Intendendo:

Is = Intensità al sito (MCS)

Io = Intensità epicentrale (MCS)

Mw = Magnitudo



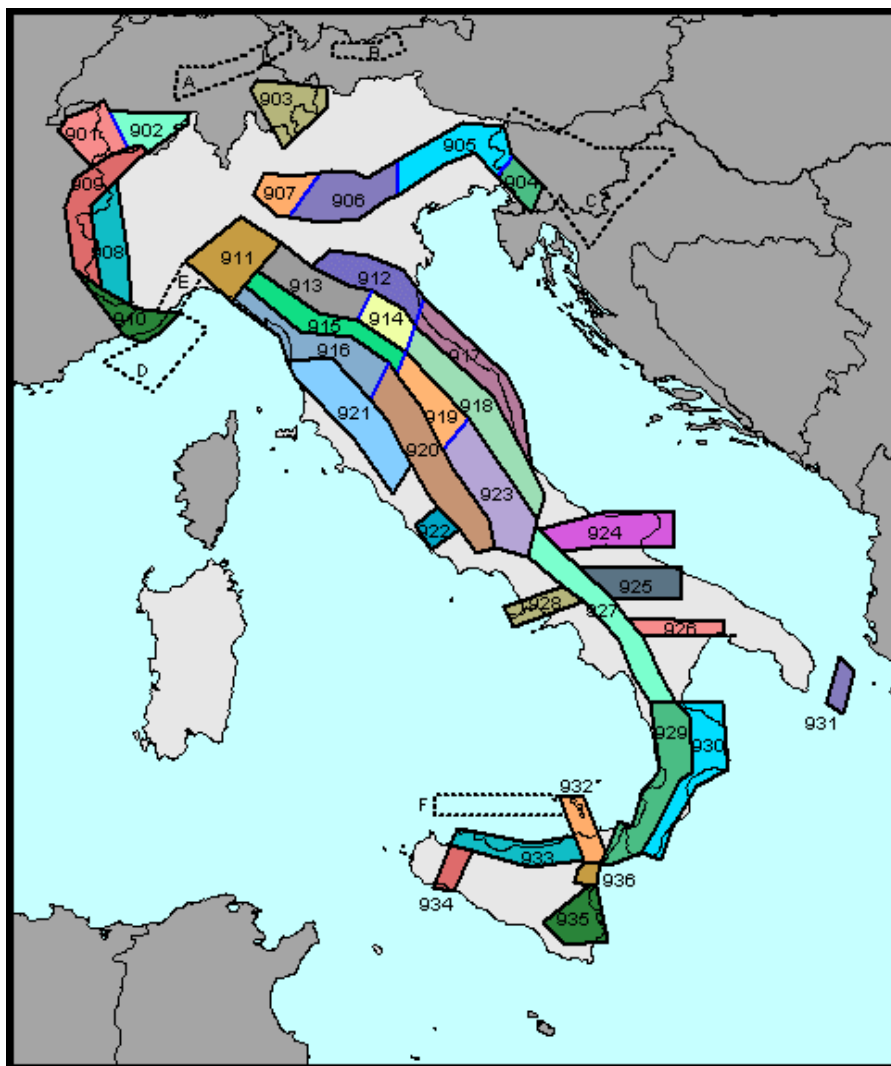
La sovrastante rappresentazione evidenzia, molto semplicemente, gli eventi della precedente tabella nel rapporto tra anni (in ascisse) ed intensità sismica (in ordinate).

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 24/10/2005 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. La prospezione geofisica è stata eseguita utilizzando un sismografo a 24 canali prodotto dalla Ditta PASI di Torino attrezzato con 24 geofoni orizzontali di ricezione, dotati di preamplificatori di segnale, disposti ad interasse di 2 m l'uno dall'altro.

L'indagine, effettuata mediante sismica a rifrazione applicando il metodo MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves, ha consentito di analizzare, nei primi 30 m, la velocità delle onde di taglio (S). Le onde S, analogamente a quelle di compressione (P), non sono dispersive e si propagano anche in mezzi perfettamente omogenei inducendo deformazioni puramente distorsionali. Gli elementi di volume investiti dall'onda vibrano in direzione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione.

Nella fattispecie, il sondaggio ha accertato la presenza di sette strati e ad ognuno di essi, mediante l'ausilio dell'apposito programma di calcolo winMASW 4.1.1 Pro, è stata attribuita la velocità delle onde di taglio S (V_S) ed il rispettivo spessore (d) (cf. tabelle e diagrammi proposti in allegato).

Per i primi sei strati sono stati rispettivamente ottenuti i seguenti valori:

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
$V_S = 211 \text{ m/sec}$	$V_S = 137 \text{ m/sec}$	$V_S = 159 \text{ m/sec}$
$d = 2.0 \text{ m}$	$d = 1.8 \text{ m}$	$d = 4.2 \text{ m}$

4° STRATO	5° STRATO	6° STRATO
$V_S = 241 \text{ m/sec}$	$V_S = 267 \text{ m/sec}$	$V_S = 286 \text{ m/sec}$
$d = 5.6 \text{ m}$	$d = 7.7 \text{ m}$	$d = 8.7 \text{ m}$

La valutazione del valore V_{S30} viene quindi ottenuta mediante l'utilizzo della seguente relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo, m

v_i = velocità onde di taglio strato i -esimo, m/sec

ottenendo:

$$V_{S30} = 228 \text{ m/sec}$$

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.

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.

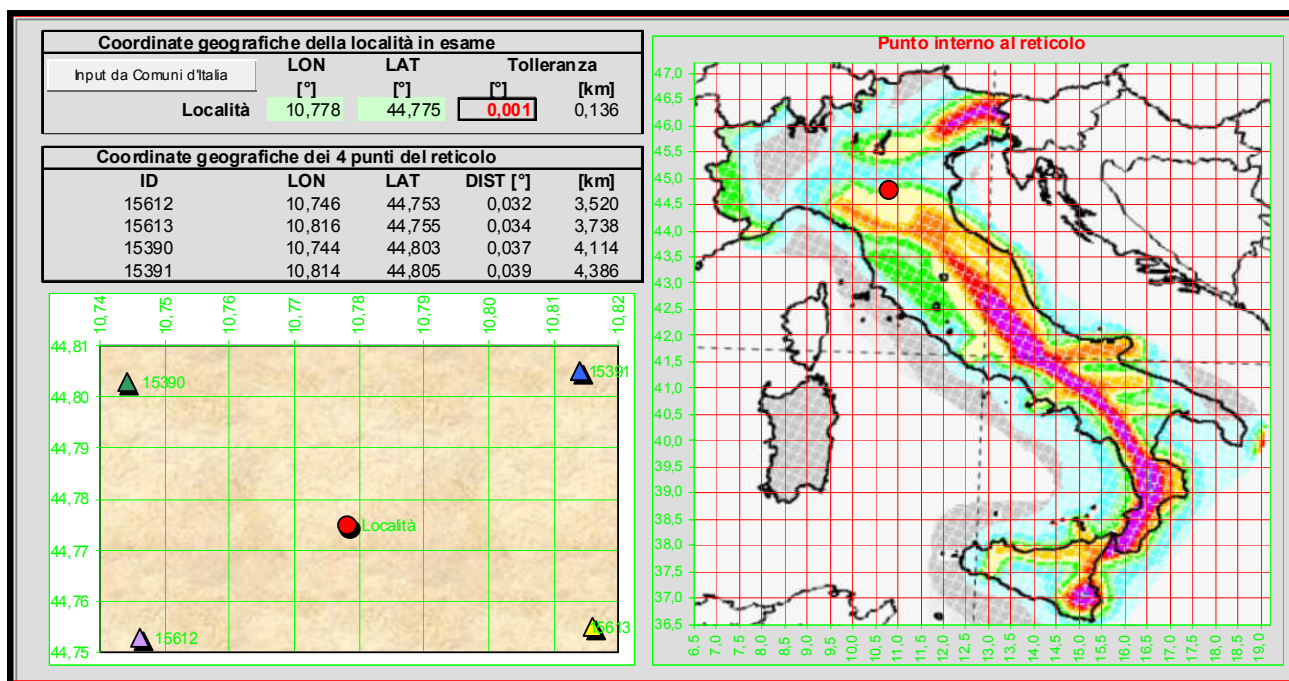
Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima
- F_o = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_{c^*} = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

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

I valori dei parametri a_g , F_o e T_{c^*} 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	V_N	50 [anni]
Classe d'uso	C_U	III
Vita di riferimento	V_R	75 [anni]

CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO		
Topografia		T1
Coeff. topografico	S_T	1,0
Categoria suolo		C

	SL	P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_C^*	S	Tb	T_C	T_D	F_v
sle	Operatività	81%	45	0,517	2,51	0,26	1,50	0,14	0,43	1,81	0,77
sle	Danno	63%	75	0,643	2,50	0,27	1,50	0,15	0,44	1,86	0,86
slu	Salv. Vita	10%	712	1,790	2,53	0,28	1,43	0,15	0,44	2,32	1,45
slu	Collasso	5%	1462	2,370	2,49	0,28	1,35	0,15	0,45	2,55	1,63

I valori dei principali parametri sismici (a_g , F_o , T_c^*) riferiti all'area in oggetto al $TR = 712$ anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita esplicitati sono:

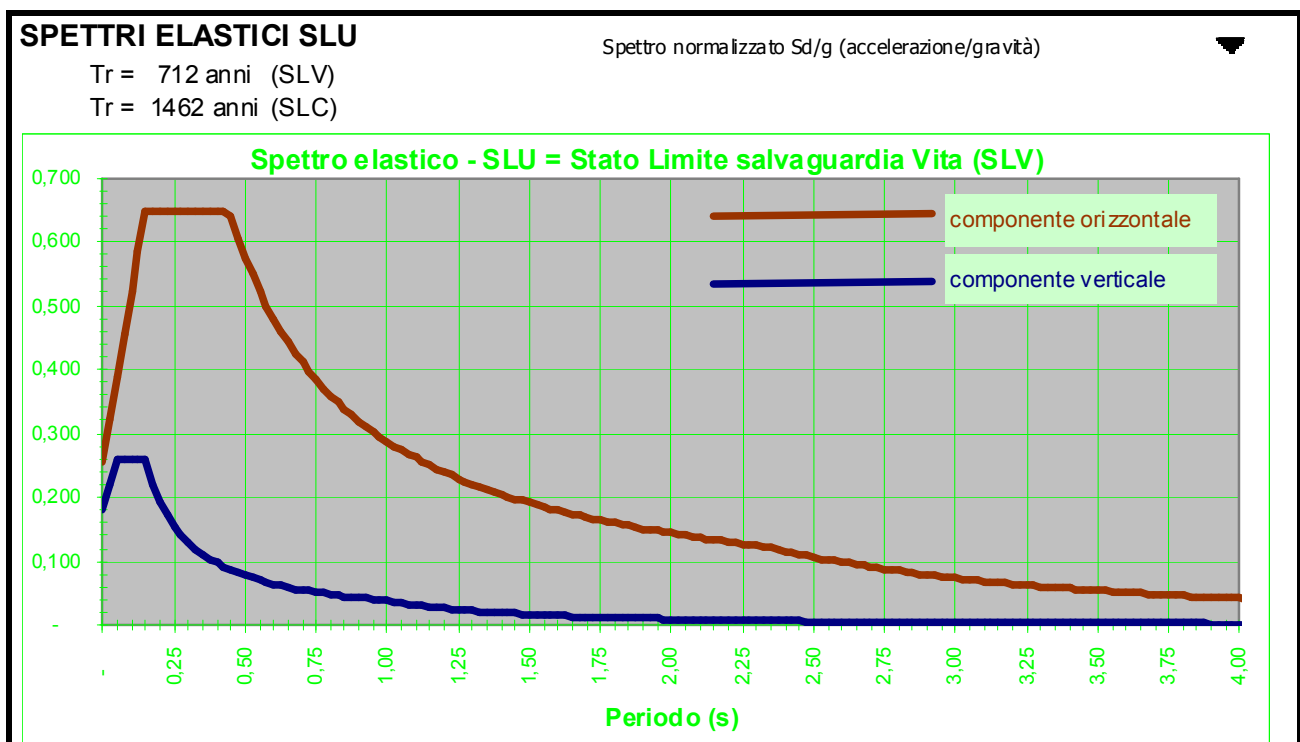
$$a_g = a_g/g = 1.790 / 9.81 = 0.182$$

$$F_o = 2.53$$

$$T_c^* = 0.28$$

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:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

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

Categoria sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Nel caso in esame potrà essere assunto:

VN 50 anni - Classe d'Uso III

Stato limite SLV e TR = 712 anni (*Paragrafo 7.1 D.M. 17.01.2018*):

$S_s = 1.43$ - Categoria sottosuolo C

$S_t = 1.0$ - Categoria topografica T1

$a_g = 0.182 \cdot g$

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.43 \cdot 1.0 \cdot 0.182 = 0.260 \cdot g$$

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 sito 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. P9a “Rischio Sismico – Carta degli effetti attesi – 201NO”, prodotta a corredo del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell’Emilia, l’area in esame ricade nella Classe G in cui si evidenziano effetti di amplificazione stratigrafica e di potenziale cedimento, pertanto la Tav. P9b del PTCP “Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento – 201NO” pone l’area in esame tra quelle che necessitano di un II° livello di approfondimento (cf. stralcio in allegato). Anche secondo quanto riportato dalla Tav. 1.6 - NE “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” prodotta dallo Studio Geologico CENTROGEO a corredo dello studio di microzonazione sismica del Comune di Correggio, l’area in esame ricade tra quelle per cui si può ritenere sufficiente procedere ad un’analisi semplificata di 2° livello in quanto situata al passaggio tra zone stabili suscettibili di amplificazioni locali per terreni moderatamente consistenti o non altrimenti eventualmente solo suscettibili di potenziali cedimenti differenziali.

In tavola 3.1 – NE “Carta di microzonazione sismica livello 3 – Fa PGA”, all’altezza dei lotti 1 e 2 viene riportato un valore di potenziale di liquefazione pari a 0.1, da cui un basso potenziale di liquefazione; anche i valori di rischio di liquefazione pari a 1.55 e 1.87 ottenuti con le prove penetrometriche statiche qui effettuate, applicando il metodo di Robertson e Wride, hanno confermato che i lotti ricadono in un areale a basso rischio di liquefazione ($0 < IL = 2$), per cui, così come richiesto dallo studio di microzonazione sismica comunale, occorre procedere ad un approfondimento di III° livello.



PTCP 2010
PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA



SAT. REGIONALE DI REGGIO EMILIA
SISTEMA REGIONALE DI REGGIO EMILIA
SISTEMA REGIONALE DI REGGIO EMILIA
SISTEMA REGIONALE DI REGGIO EMILIA

Rischio sismico -
Carta degli effetti attesi

Scala 1:25.000

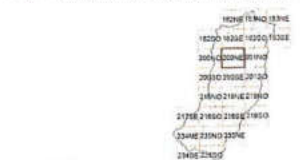
P9a
2010

CLASSI	EFFETTI ATTESI				
	AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	INSTABILITÀ DI VERSANTE	CEMENTI	LIDNEFAZIONE
A	X		X		
B	X	X	X		
C	X				
D	X	X			
E	X				
F	X			X (potenziale)	X
G					
H					



PTCP 2010
PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA



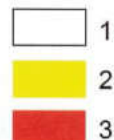
SAT. REGIONALE DI REGGIO EMILIA
SISTEMA REGIONALE DI REGGIO EMILIA
SISTEMA REGIONALE DI REGGIO EMILIA
SISTEMA REGIONALE DI REGGIO EMILIA

Rischio sismico -
Carta dei livelli di approfondimento

Scala 1:25.000

P9b
2010

LIVELLI DI APPROFONDIMENTO





PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

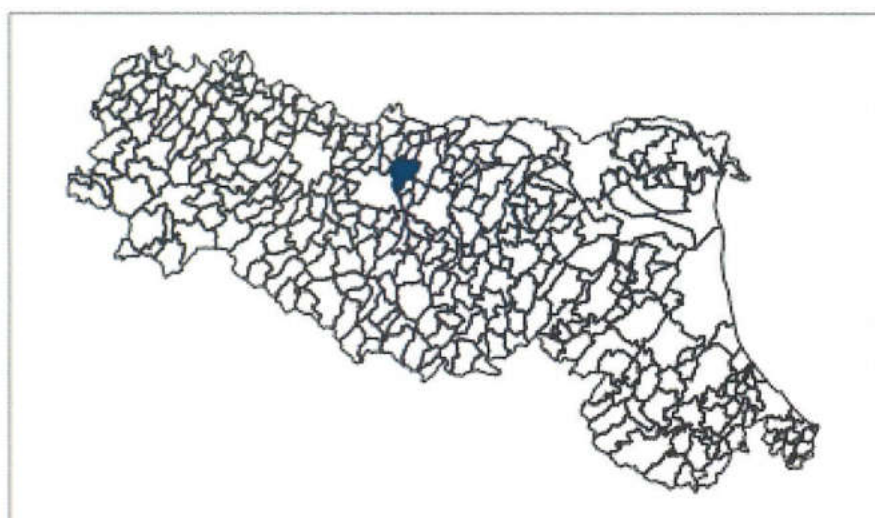
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica Livello 3 – F.a. P.G.A.

scala 1 : 10.000

Regione Emilia-Romagna
Comune di Correggio



Regione
Emilia Romagna

*Studio realizzato con il contributo di
cui all'OPCM 4007/2012.*
Coordinamento della Regione
Emilia-Romagna – Servizio Geologico
Luca Martelli

Soggetto realizzatore
Studio Geologico CENTROGEO
Progetto:
Gian Pietro Mazzetti
Collaboratori:
Stefano Gilli, Andrea Arbizzi,
Mauro Mazzetti
Elaborazioni GIS:
Studio Benaglia
Professionisti Associati
Corrado Ugoletti

Amministrazione comunale
Sindaco:
Marzio Iotti
Assessore all'Urbanistica:
Paolo Pozzi
Dirigente Settore Territorio:
Fausto Armani

Data
Ottobre 2013

Tavola
3.1 – Est

MICROZONAZIONE SISMICA
Carta delle microzone omogenee
in prospettiva sismica

scale 1 : 10,000

Regione Emilia-Romagna
Comune di Correggio

[illegible]

Legenda

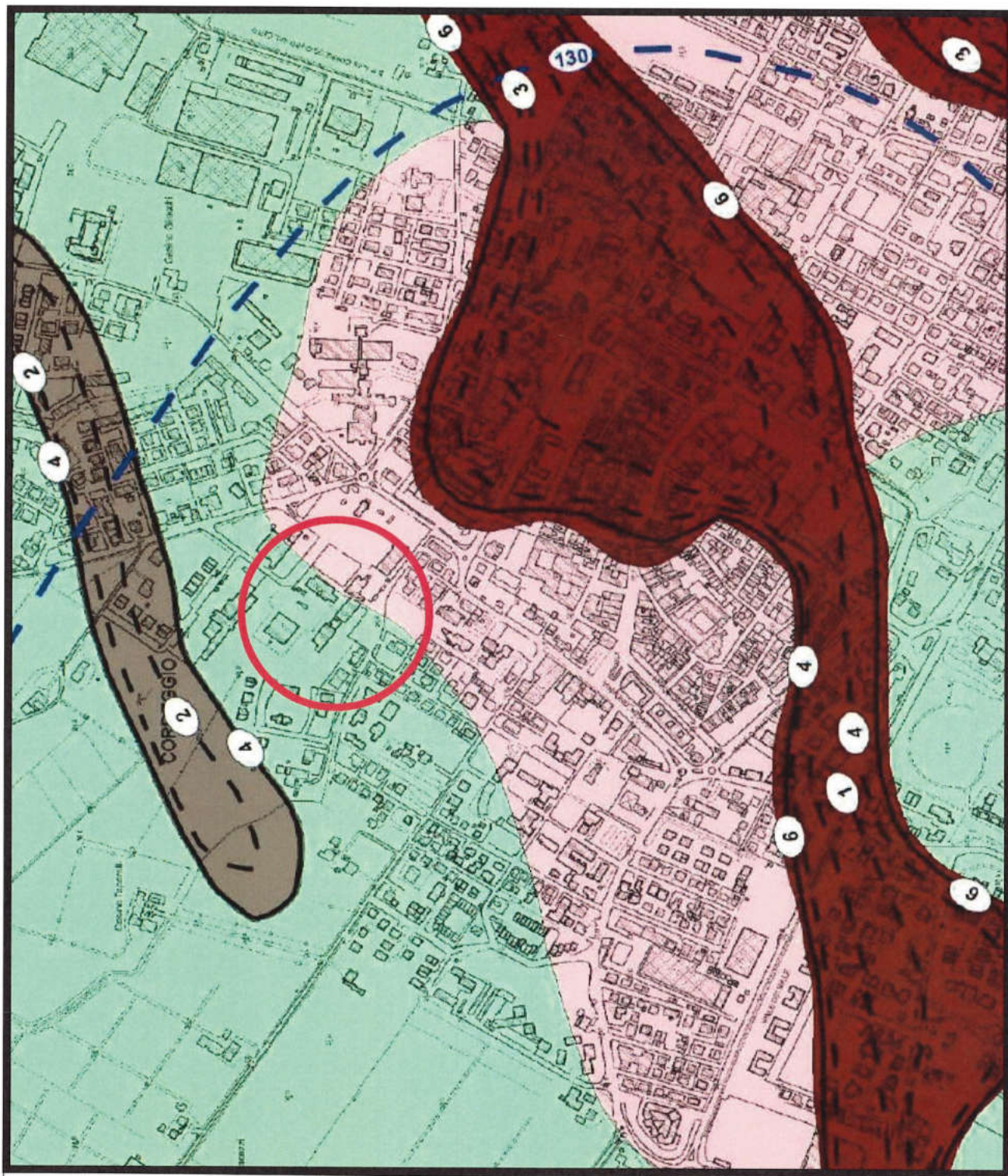
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Figure 1 *Phylogenetic relationships among the 10 species of the genus *Andrena* based on the 16S rDNA sequence. The scale bar represents 0.1 substitutions per site. The tree is rooted with *A. caerulea* as the outgroup. The species names are listed at the tips of the branches. The numbers in parentheses indicate the bootstrap values at the nodes. The species names are color-coded to match the corresponding bars in the legend.*

Zone suscettibili di instabilità




[illegible]

altri elementi rappresentati




[illegible]

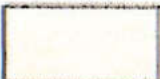
Zone suscettibili di instabilità

Aree soggette ad approfondimenti di III° livello

Potenziale liquefazione  $0 < IL \leq 2$  $2 < IL \leq 5$  $IL > 5$

Valore dell'indice di Liquefazione (IL: classificazione secondo Sannaz, 2008) (stima IL 1.5 m).

- 0,2  Rischio di liquefazione basso ($0 < IL \leq 2$)
3,3  Rischio di liquefazione moderato ($2 < IL \leq 5$)
6,5  Rischio di liquefazione consistente ($IL > 5$)

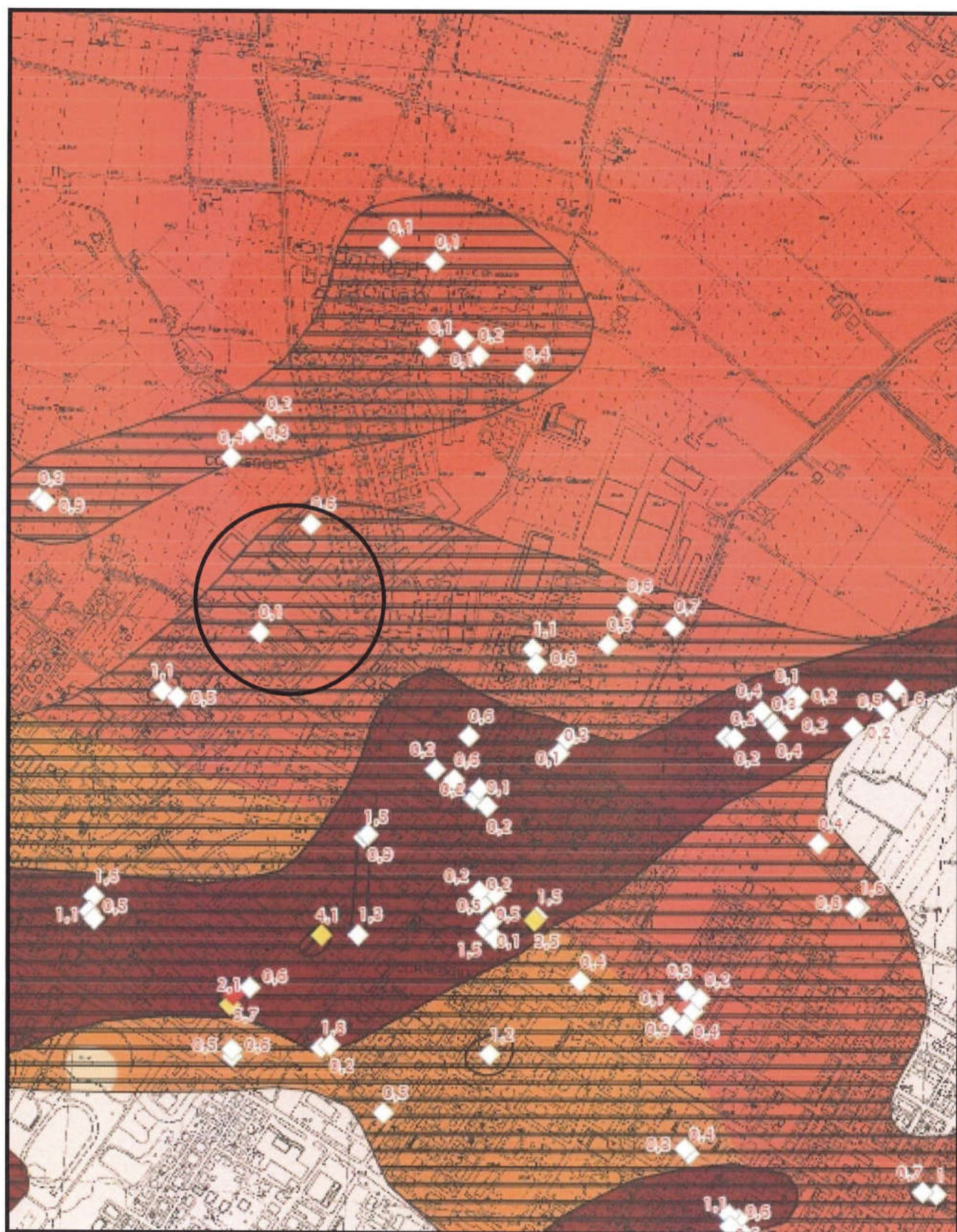
 Potenziali cedimenti differenziali

 Zona suscettibile di sovrapposizione di instabilità differenti

Altri elementi rappresentati

 Limite di Comune

0 100 200 400 1000 Metri



12. ANALISI APPROFONDATA DI III° LIVELLO

Come in precedenza sottolineato, per poter definire i Fattori di Amplificazione di P.G.A. e di Intensità Spettrale secondo Housner, occorre procedere ad un'analisi sismica di III° livello.

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

L'elaborazione permette 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 consente di quantificare 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 (V_s).

Il modello geologico si è basato sulla stratigrafia, redatta sugli esiti delle prove penetrometriche CPT e dello stendimento sismico a rifrazione MASW.

La prova MASW consente di valutare la distribuzione delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (V_s) nei primi trenta metri pari a 228 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 ~130 m dal piano campagna attuale attribuendo una velocità di 600 m/s.

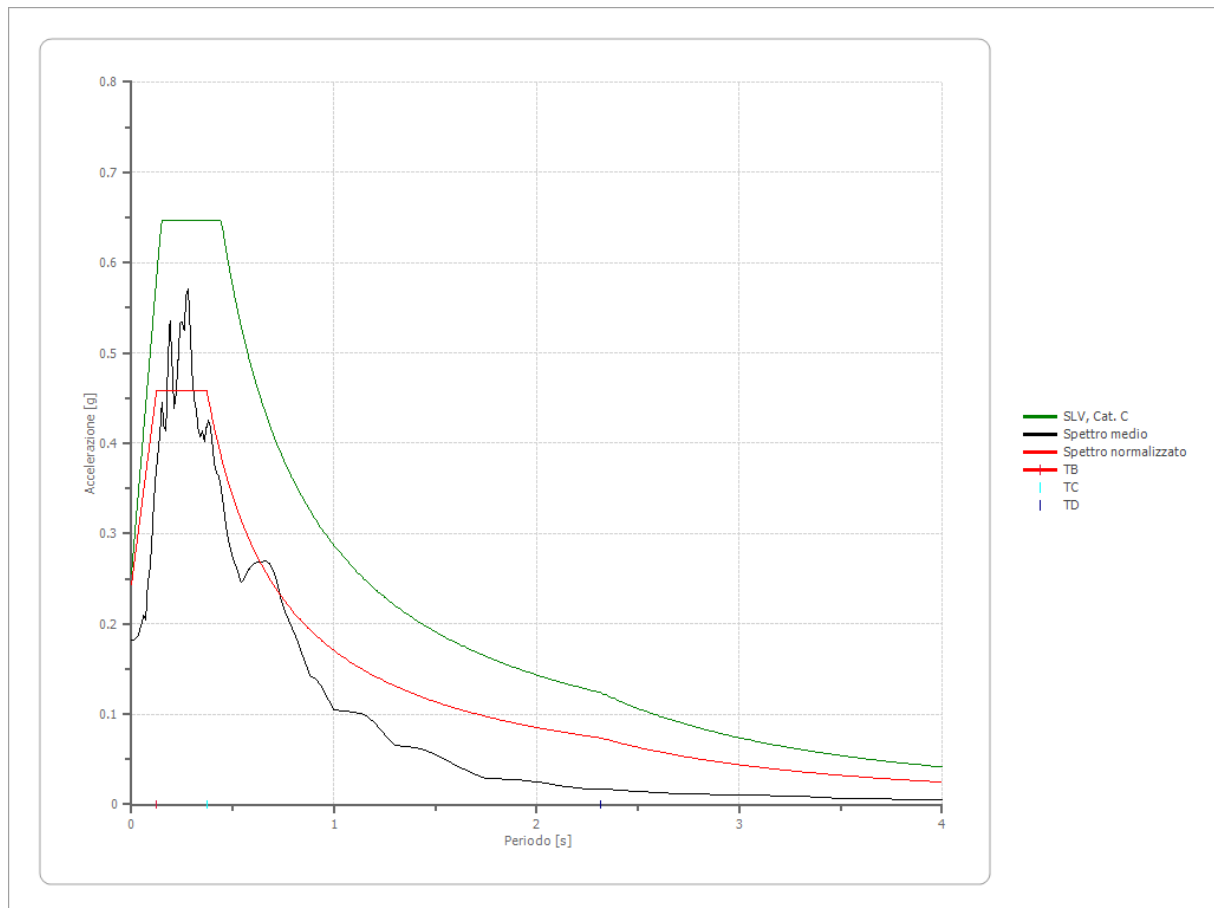
Occorre poi procedere all'inserimento degli input sismici, desunti dai segnali di riferimento selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion database" e forniti dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale. Si tratta di tre tipologie di segnali, già "scalati" per il territorio 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/PGA_0 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 seguenti risultati:

il fattore di amplificazione è risultato pari a 1.337 mentre per il fattore di amplificazione spettrale massimo è stato ottenuto il valore di 1.881, ne deriva quindi un a_{max} o PGA al sito pari a 0.244 g.



La risposta sismica locale non ha restituito amplificazioni rispetto alla risposta sismica locale semplificata secondo le NTC2018 per cui si potrà adottare il valore F_a di 1.43 restituito dalla risposta sismica locale semplificata, da cui una $a_{\max} = F_a \cdot a_g = 1.43 \cdot 0.182 = 0.260 \cdot g$.

RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° LIVELLO

ISTITUTO TECNICO COMMERCIALE L. EINAUDI

LOTTO 1-2

COMUNE DI CORREGGIO (RE)

VIA PRATI, 2

**Committente: AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE
DI REGGIO NELL'EMILIA**

Data: aprile 2021

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; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

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

che sostituita nella (1) pone

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

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

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

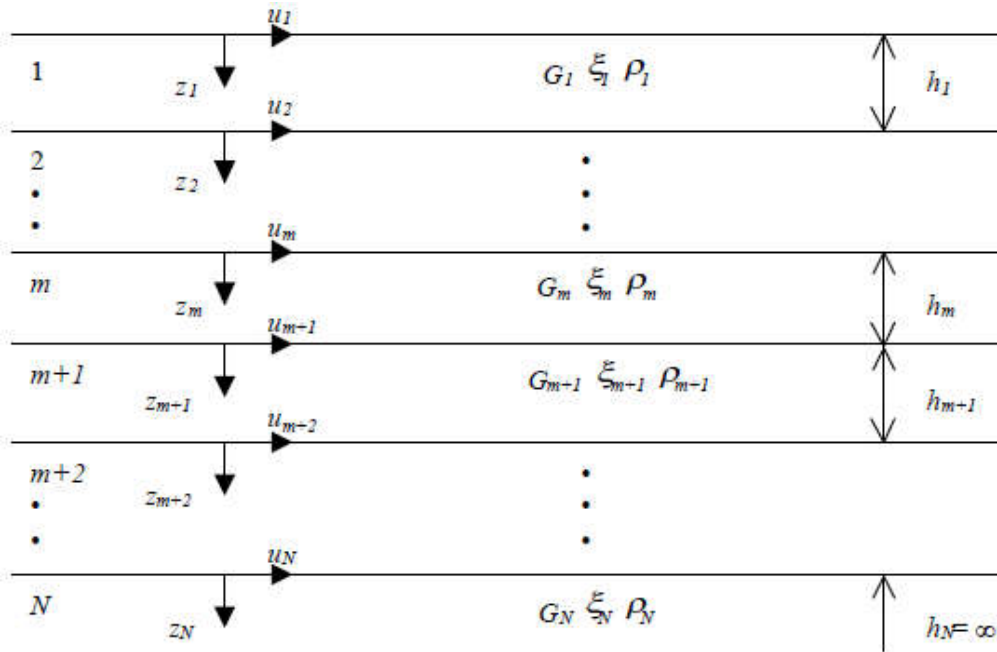


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

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:

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

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:

$$u_{m+1} = u_m \quad (12)$$

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:

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

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

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

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

ovvero

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

Sommando 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 α_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,

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

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.

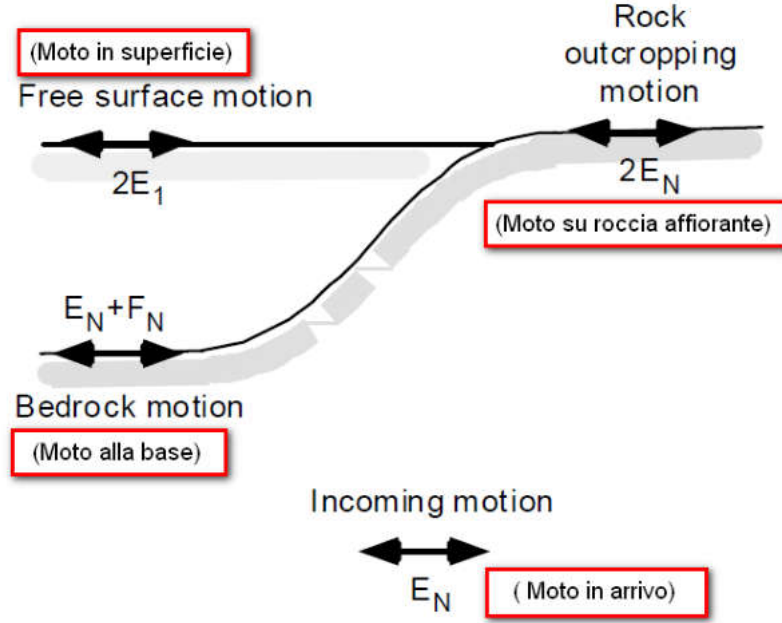


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

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 γ . 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 γ . 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:

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

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

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

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

dove G_{max} è dato dalla relazione

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

dove ρ 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.

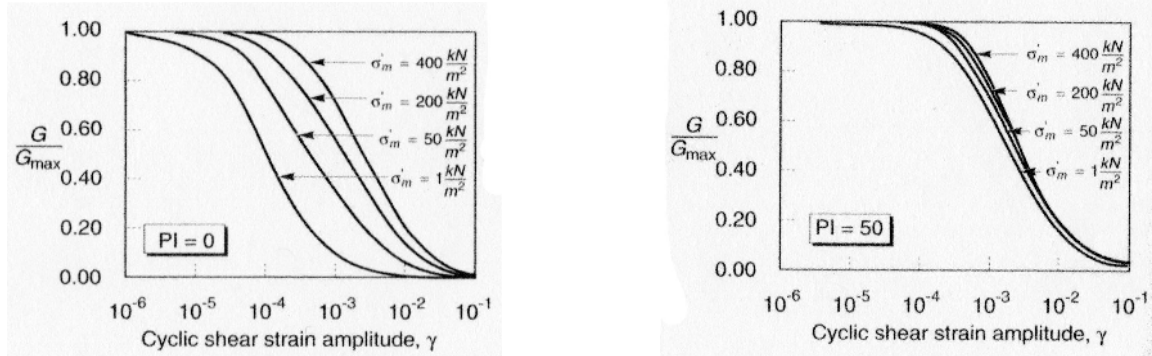


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

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

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.5})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

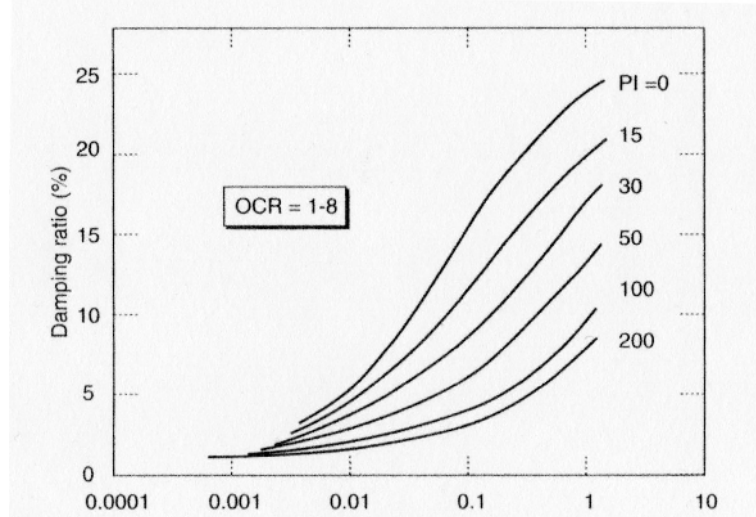


Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

Dati generali

Latitudine

44,77515[°]

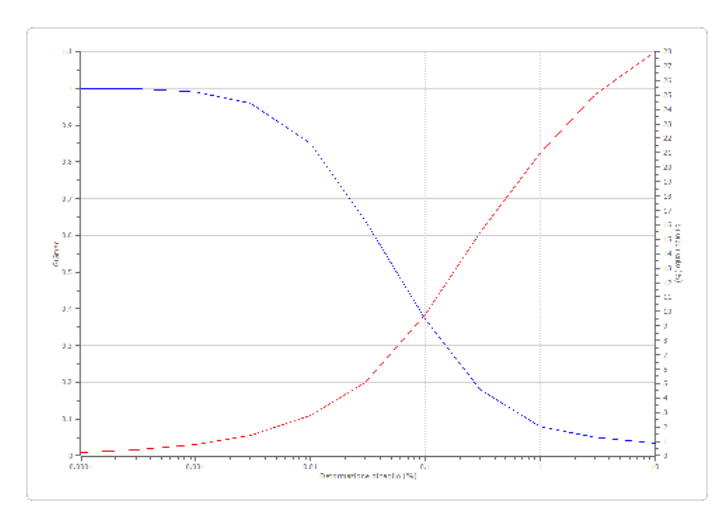
Longitudine

10,778389[°]

Terreni

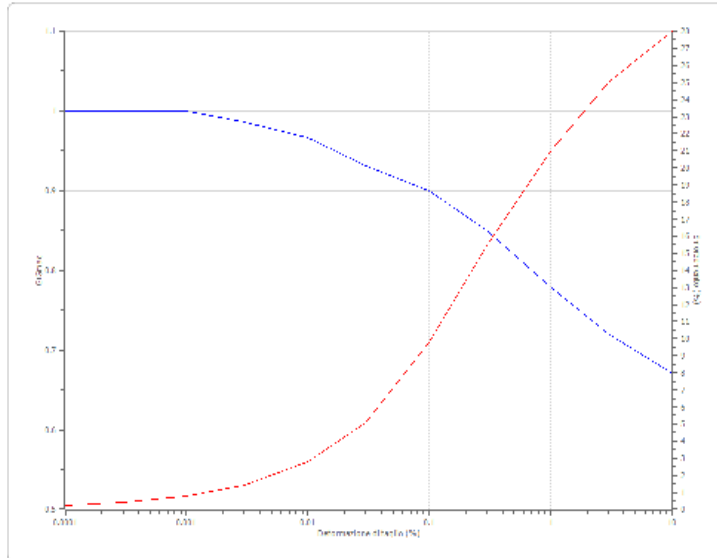
Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.240
0.0003	1.000	0.0003	0.420
0.001	0.990	0.001	0.800
0.003	0.960	0.003	1.400
0.010	0.850	0.010	2.800
0.030	0.640	0.030	5.100
0.100	0.370	0.100	9.800
0.300	0.180	0.300	15.500
1.000	0.080	1.000	21.000
3.000	0.050	3.000	25.000
10.000	0.035	10.000	28.000



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	--	2.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	99.84	18.0	211.0	12.2
2	2.0	1.8	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	89.70	18.0	137.0	44.2
3	3.8	4.2	Idriss (1990) Sand (Seed and Idriss 1970)	89.70	18.0	159.00	89.6
4	8.0	5.6	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	130.25	19.0	241.0	149.3
5	13.6	7.7	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	159.87	19.0	267.0	230.4
6	21.3	9.6	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	183.44	20.0	286.0	335.8
7	30.9	29.1	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	251.68	20.0	335.0	571.7
8	60.0	100.0	Idriss (1990) Clay (Seed and Sun 1989)	454.13	21.0	450.0	1358.6
9	160.0	--	Smorzamento costante	678.39	22.0	550.0	1968.1

Strato con falda: 2
Strato rilevamento accelerogramma: 9 Affiorante

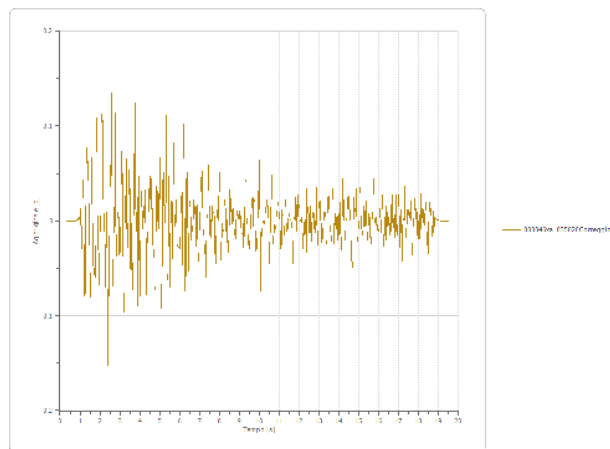
Elaborazione

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 7.76 E-05

Accelerogramma importato

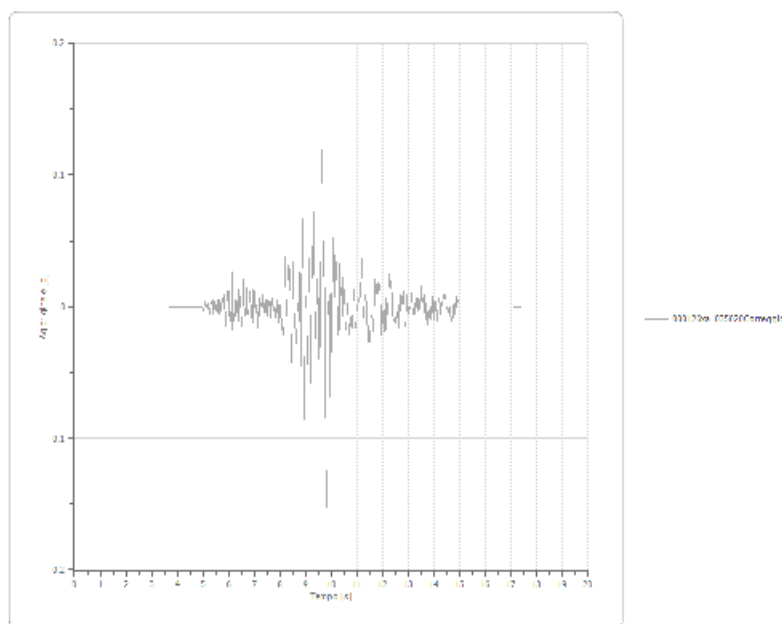
Nome del file 000046xa_035020Correggio

Durata della traccia	19.810 [s]
Accelerazione massima	0.152 [g]
Periodo con accelerazione massima	2.410 [s]



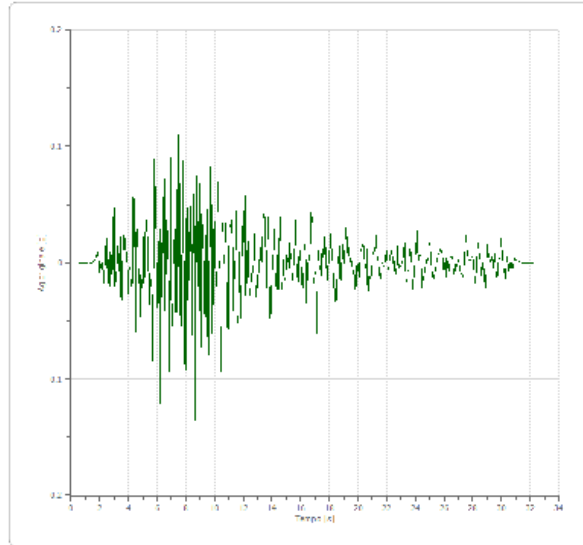
Accelerogramma importato

Nome del file	000126xa_035020Correggio
Durata della traccia	19.985 [s]
Accelerazione massima	0.152 [g]
Periodo con accelerazione massima	9.820 [s]



Accelerogramma importato

Nome del file	000354xa_035020Correggio
Durata della traccia	32.875 [s]
Accelerazione massima	0.152 [g]
Periodo con accelerazione massima	7.525 [s]



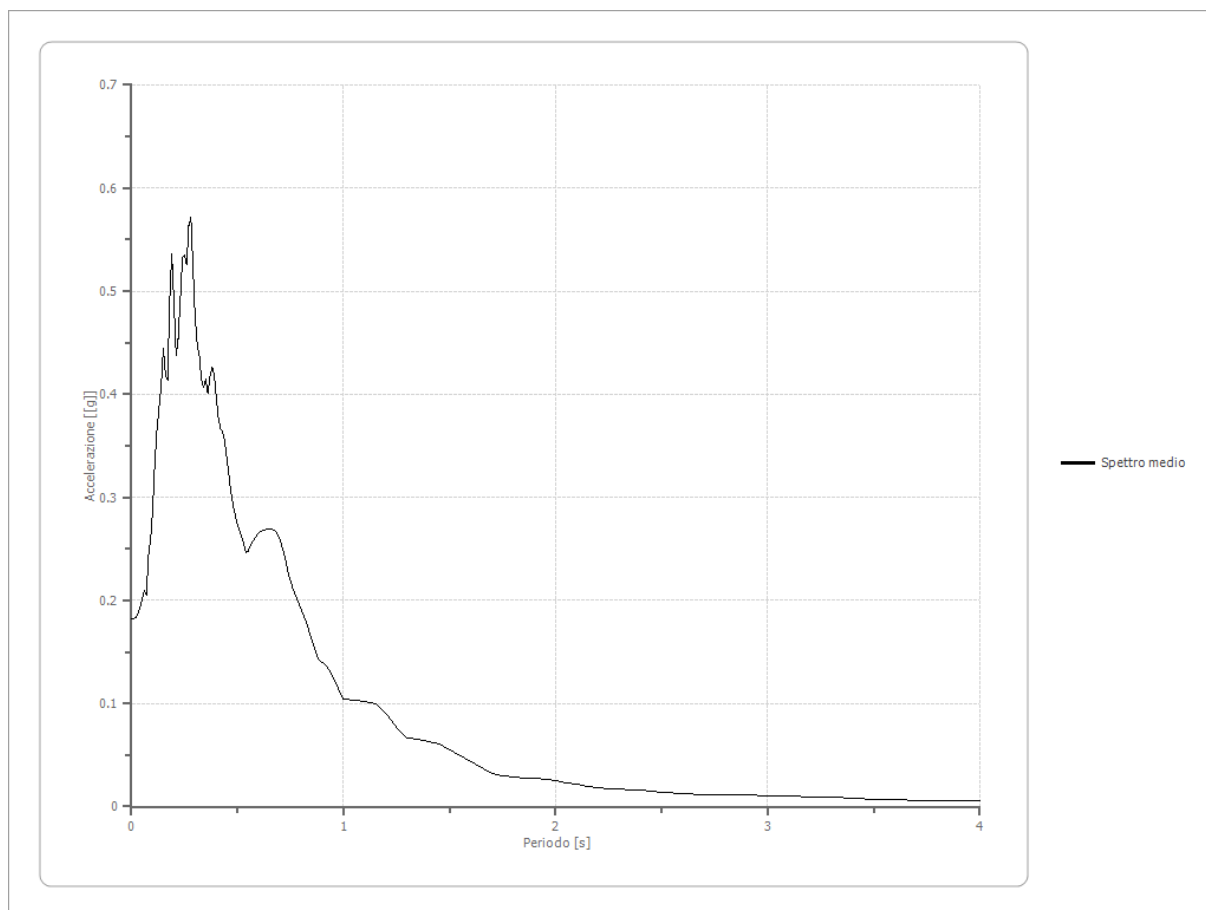
Fattori di amplificazione ICMS 2008

Tai	0.150 [s]
Tvi	0.700 [s]
Tao	0.280 [s]
Tvo	0.680 [s]
Sami	3.367 [m/s ²]
Svmi	0.179 [m/s]
Samo	4.501 [m/s ²]
Svmo	0.266 [m/s]
Fa	1.337 [-]
Fv	1.483 [-]
TB	0.124 [s]
TC	0.372 [s]
TD	2.316 [s]
SA(0)	0.244 [g]
SA(TB)	0.459 [g]

Spettro medio di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.1825	0.26	0.5256	0.52	0.2613	0.98	0.1123	2.25	0.0171
0.01	0.1825	0.27	0.5637	0.53	0.2540	1.00	0.1046	2.30	0.0168
0.02	0.1838	0.28	0.5714	0.54	0.2459	1.05	0.1036	2.35	0.0164
0.03	0.1862	0.29	0.5234	0.55	0.2478	1.10	0.1021	2.40	0.0158
0.04	0.1925	0.30	0.4748	0.56	0.2527	1.15	0.1001	2.50	0.0142
0.05	0.2001	0.31	0.4483	0.57	0.2565	1.20	0.0899	2.60	0.0128
0.06	0.2099	0.32	0.4372	0.58	0.2605	1.25	0.0772	2.70	0.0119
0.07	0.2047	0.33	0.4138	0.60	0.2654	1.30	0.0660	2.80	0.0115
0.08	0.2441	0.34	0.4068	0.62	0.2681	1.35	0.0648	2.90	0.0111
0.09	0.2588	0.35	0.4143	0.64	0.2691	1.40	0.0633	3.00	0.0106

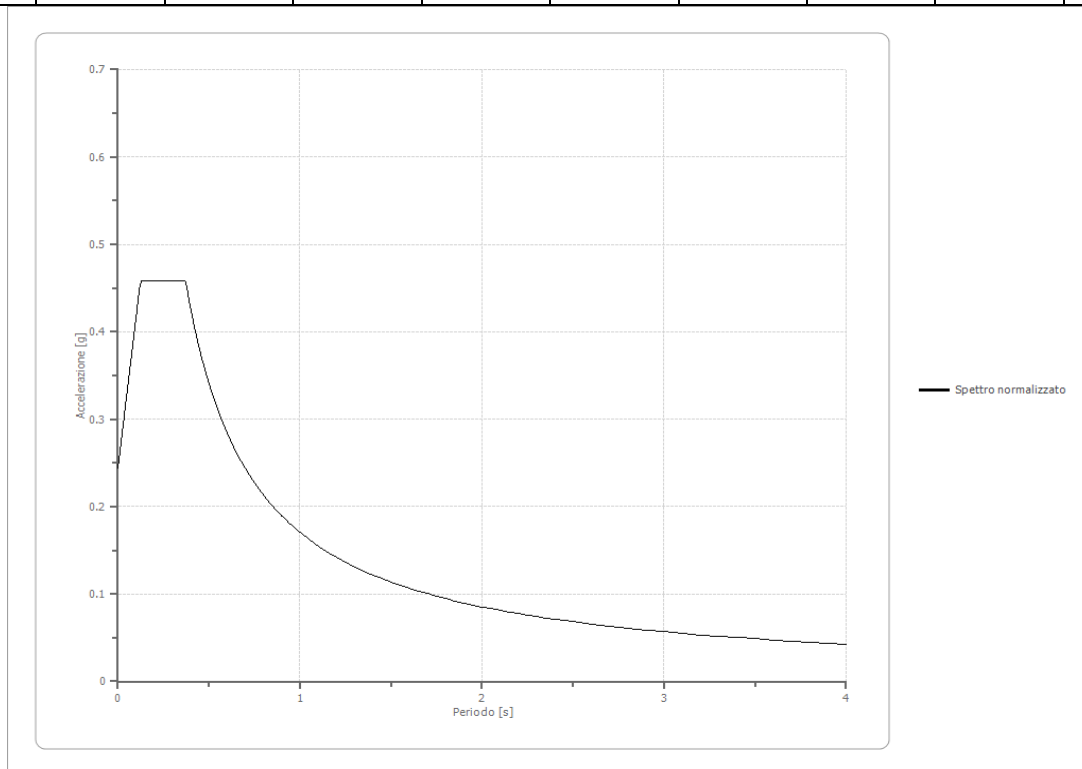
0.10	0.2892	0.36	0.4014	0.66	0.2692	1.45	0.0606	3.10	0.0100
0.11	0.3337	0.37	0.4171	0.68	0.2666	1.50	0.0549	3.20	0.0092
0.12	0.3652	0.38	0.4261	0.70	0.2592	1.55	0.0498	3.30	0.0087
0.13	0.3869	0.39	0.4180	0.72	0.2452	1.60	0.0438	3.40	0.0080
0.14	0.4092	0.40	0.3965	0.74	0.2259	1.65	0.0376	3.50	0.0071
0.15	0.4448	0.41	0.3756	0.76	0.2118	1.70	0.0325	3.60	0.0063
0.16	0.4195	0.42	0.3665	0.78	0.2021	1.75	0.0292	3.70	0.0061
0.17	0.4140	0.43	0.3636	0.80	0.1916	1.80	0.0286	3.80	0.0058
0.18	0.4907	0.44	0.3536	0.82	0.1805	1.85	0.0278	3.90	0.0055
0.19	0.5358	0.45	0.3373	0.84	0.1680	1.90	0.0273	4.00	0.0053
0.20	0.4904	0.46	0.3196	0.86	0.1553	1.95	0.0262		
0.21	0.4380	0.47	0.3034	0.88	0.1429	2.00	0.0246		
0.22	0.4541	0.48	0.2909	0.90	0.1402	2.05	0.0230		
0.23	0.4919	0.49	0.2817	0.92	0.1362	2.10	0.0212		
0.24	0.5330	0.50	0.2737	0.94	0.1292	2.15	0.0193		
0.25	0.5348	0.51	0.2670	0.96	0.1210	2.20	0.0184		



Spettro normalizzato di risposta elastico

Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]	Periodo [s]	Accelerazione [g]
0.00	0.2440	0.26	0.4588	0.52	0.3278	0.98	0.1739	2.25	0.0758
0.01	0.2613	0.27	0.4588	0.53	0.3216	1.00	0.1705	2.30	0.0741
0.02	0.2787	0.28	0.4588	0.54	0.3157	1.05	0.1623	2.35	0.0725

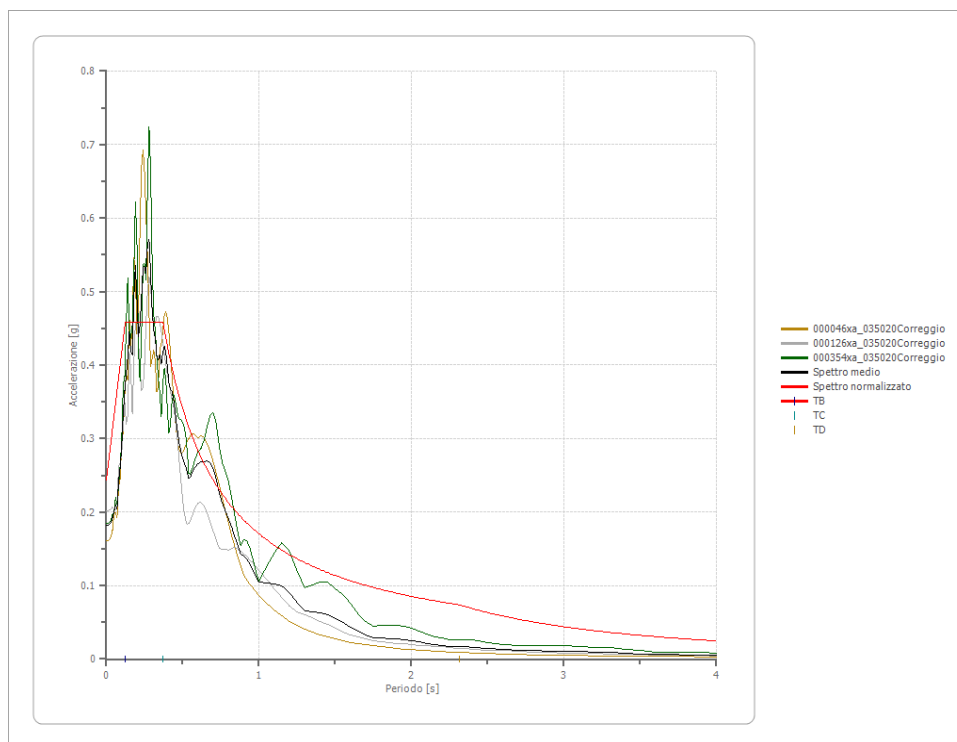
0.03	0.2960	0.29	0.4588	0.55	0.3099	1.10	0.1550	2.40	0.0710
0.04	0.3134	0.30	0.4588	0.56	0.3044	1.15	0.1482	2.50	0.0682
0.05	0.3307	0.31	0.4588	0.57	0.2990	1.20	0.1420	2.60	0.0656
0.06	0.3481	0.32	0.4588	0.58	0.2939	1.25	0.1364	2.70	0.0631
0.07	0.3654	0.33	0.4588	0.60	0.2841	1.30	0.1311	2.80	0.0609
0.08	0.3828	0.34	0.4588	0.62	0.2749	1.35	0.1263	2.90	0.0588
0.09	0.4001	0.35	0.4588	0.64	0.2663	1.40	0.1218	3.00	0.0568
0.10	0.4175	0.36	0.4588	0.66	0.2583	1.45	0.1176	3.10	0.0550
0.11	0.4348	0.37	0.4588	0.68	0.2507	1.50	0.1136	3.20	0.0533
0.12	0.4522	0.38	0.4486	0.70	0.2435	1.55	0.1100	3.30	0.0517
0.13	0.4588	0.39	0.4371	0.72	0.2367	1.60	0.1065	3.40	0.0501
0.14	0.4588	0.40	0.4261	0.74	0.2303	1.65	0.1033	3.50	0.0487
0.15	0.4588	0.41	0.4157	0.76	0.2243	1.70	0.1003	3.60	0.0473
0.16	0.4588	0.42	0.4058	0.78	0.2185	1.75	0.0974	3.70	0.0461
0.17	0.4588	0.43	0.3964	0.80	0.2131	1.80	0.0947	3.80	0.0449
0.18	0.4588	0.44	0.3874	0.82	0.2079	1.85	0.0921	3.90	0.0437
0.19	0.4588	0.45	0.3788	0.84	0.2029	1.90	0.0897	4.00	0.0426
0.20	0.4588	0.46	0.3705	0.86	0.1982	1.95	0.0874		
0.21	0.4588	0.47	0.3627	0.88	0.1937	2.00	0.0852		
0.22	0.4588	0.48	0.3551	0.90	0.1894	2.05	0.0831		
0.23	0.4588	0.49	0.3479	0.92	0.1853	2.10	0.0812		
0.24	0.4588	0.50	0.3409	0.94	0.1813	2.15	0.0793		
0.25	0.4588	0.51	0.3342	0.96	0.1776	2.20	0.0775		



Parametri spettro normalizzato

Ag [g]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]	S
0.244	1.881	--	0.124	0.372	2.316	0.244	0.459	1.363

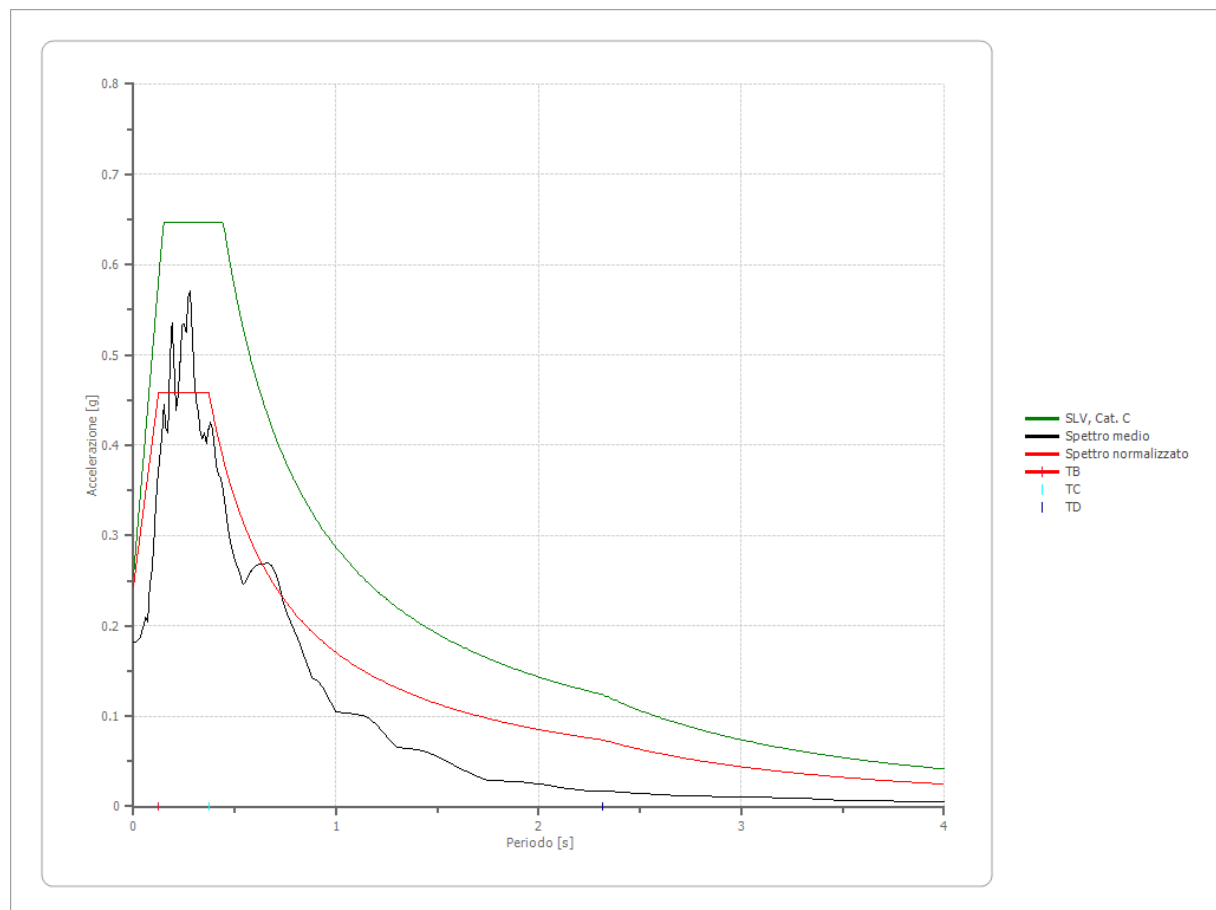
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

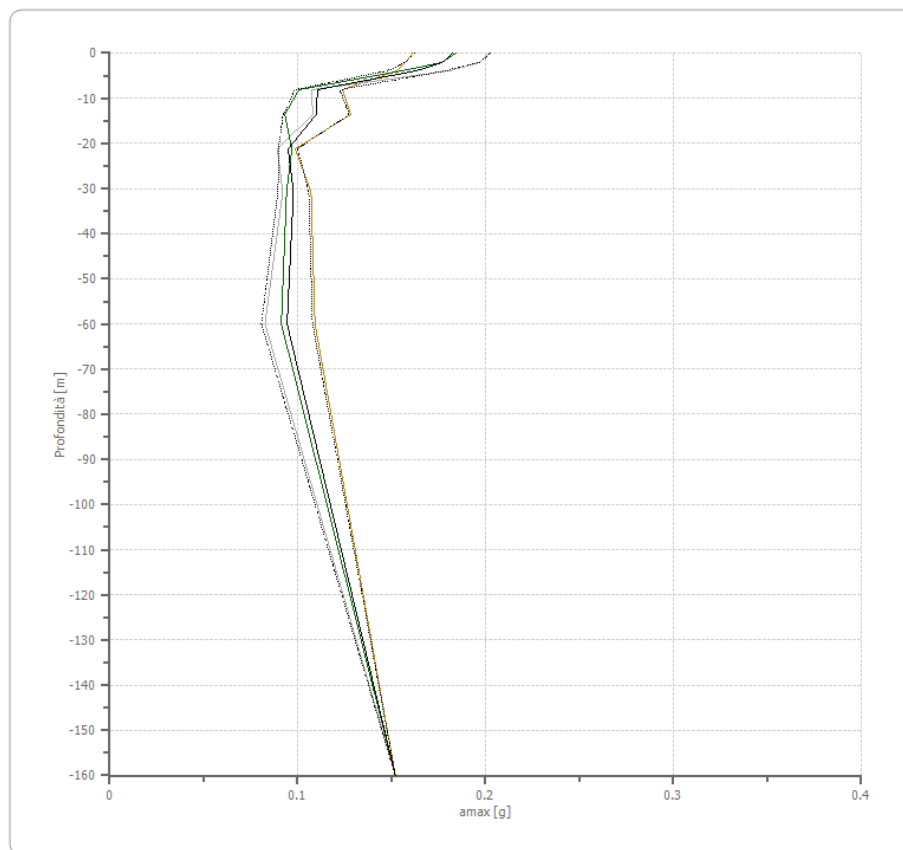
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività SLO	Danno SLD	Salvaguardia vita SLV	Prev. collasso SLC
Tr [anni]	45	75	712	1462
ag [g]	0.052	0.064	0.179	0.237
Fo	2.506	2.505	2.53	2.485
Tc* [s]	0.261	0.275	0.276	0.282
Ss	1.50	1.50	1.43	1.35
St	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.64	1.61	1.61	1.59
TB [s]	0.142	0.147	0.148	0.150
TC [s]	0.427	0.442	0.443	0.450
TD [s]	1.808	1.856	2.316	2.548
Se(0) [g]	0.078	0.096	0.256	0.319
Se(TB) [g]	0.195	0.240	0.647	0.793



Profilo a max

	0.0 [m]	2.0 [m]	3.8 [m]	8.0 [m]	13.6 [m]	21.3 [m]	30.9 [m]	60.0 [m]	160.0 [m]
000046xa_035020Co rreggio [g]	0.161	0.157	0.153	0.124	0.128	0.099	0.107	0.109	0.152
000126xa_035020Co rreggio [g]	0.202	0.197	0.181	0.107	0.108	0.089	0.092	0.083	0.152
000354xa_035020Co rreggio [g]	0.184	0.177	0.156	0.101	0.093	0.097	0.094	0.091	0.152
media [g]	0.182	0.177	0.163	0.111	0.110	0.095	0.098	0.094	0.152
Dev. St. [g]	0.020	0.020	0.015	0.012	0.018	0.005	0.008	0.014	0.000



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 eguagliare 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 dall'allegato A3 del 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 Iwasaki, che opera appunto utilizzando i risultati delle prove penetrometriche statiche.

Pur avendo le indagini penetrometriche accertato 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 basso rischio di liquefazione.

Più precisamente, secondo Iwasaki, è stato rilevato un indice di potenziale di liquefazione (IPL) di 1.87 in CPT1 mentre risulta essere pari a 1.55 in CPT2.

14. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le prove penetrometriche statiche, appositamente effettuate per accertare la reale natura del primo sottosuolo, alla base di una coltre della potenza di circa due metri ad elevato grado di consolidazione in gran parte costituita da riporto con cui si è proceduto alla creazione dell'area cortiliva antistante ai lotti 1 e 2 che si affaccia su via Prati, zona di ingrasso agli edifici, spinte sino alla profondità di 20 m, hanno riscontrato la presenza di materiali coesivi a cui si associano livelli di limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie.

Più precisamente, nei primi 8÷9 m, limi ed argille con un modesto grado di consolidazione e talora ad elevata componente organica e torbosa, si alternano a limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. Oltre gli 8÷9 m le prove hanno restituito un graduale incremento delle resistenze alla rottura; si tratta in prevalenza di materiali coesivi, limi ed argille a cui, anche in questo caso, ma con minor frequenza, si associano livelli di natura granulare, limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie. Occorre in tal senso segnalare che la prova CPT2, a fine prospezione, tra i 19 m ed i 20 m, ha individuato un banco di sabbie mediamente addensate.

Solo in CPT1 è stato possibile procedere alla misura della profondità di falda che è stata rilevata alla profondità di 2.8 m rispetto alla quota del piano cortilivo di inizio prova. Si è sottolineato che in questa zona, antistante agli edifici, è presente riporto ed è proprio il riporto che non ha consentito di effettuare la misura del livello in CPT2, si è fatto altresì riferimento alle carte tematiche che in questa zona segnalano la profondità dell'acquifero freatico a non più di un metro dalla quota del piano campagna. La contenuta profondità del livello dell'acqua di falda, giustifica le infiltrazioni nel vano interrato dovute indubbiamente a carenze strutturali a cui, nel rispetto della sicurezza ed in conformità con le indicazioni delle normative vigenti, occorrerà verosimilmente procedere a porre rimedio.

In perizia, seguendo le direttive dell'art. 6 dalla Direttiva Europea 2007/60/CE e dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010, è stato altresì valutato il rischio idraulico. 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”.

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 settentrione dell’abitato 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 essa attualmente rientra nella classe di rischio R2 (medio).

Unitamente all’esecuzione delle citate indagini penetrometriche, necessarie per accertare le caratteristiche geomeccaniche del primo sottosuolo, per definire la categoria sismica del suolo, si è inoltre proceduto all’esecuzione di un sondaggio sismico a rifrazione tipo MASW. In base alla sua elaborazione, nei primi trenta metri (V_{s30}), è stata ottenuta una velocità di 228 m/sec che consente di assimilare il suolo di fondazione 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.

Secondo quanto riportato dalla Tav. 1.6 - NE “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” prodotta dallo Studio Geologico CENTROGEO a corredo dello studio di microzonazione sismica del Comune di Correggio, l’area in esame ricade tra quelle che necessitano di analisi di III° livello.

Preliminarmente, 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 al calcolo del valore dei

parametri a_g , F_0 e T_c^* per la definizione dell'Azione Sismica locale semplificata. Riferiti all'area in oggetto, al $T_R = 712$ anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori: $a_g = a_{g/g} = 1.790 / 9.81 = 0.182 \text{ g}$; $F_0 = 2.53$; $T_c^* = 0.28$.

Elaborando i dati, il programma ha prodotto gli spettri elastici SLU; è stata inoltre calcolata l'accelerazione massima attesa al sito.

In ottemperanza con quanto richiesto dallo studio di microzonazione sismica comunale è stata effettuata un'analisi approfondita di III livello.

In base ad essa il fattore di amplificazione è risultato pari a 1.337 mentre per il fattore di amplificazione spettrale massimo è stato ottenuto il valore di 1.881; ne deriva quindi un a_{\max} o PGA al sito pari a 0.244 g.

La risposta sismica locale non ha restituito amplificazioni rispetto alla risposta sismica locale semplificata secondo le NTC2018 per cui si potrà adottare il valore F_a di 1.43 restituito dalla risposta sismica locale semplificata, da cui una $a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.43 \cdot 1.0 \cdot 0.182 = 0.260 \cdot g$.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DGR 2193/2015 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, si è 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 la presenza di livelli di limi sabbiosi e sabbie limose che si alternano ad argille con modeste caratteristiche geomeccaniche, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un basso rischio di liquefazione.

Più precisamente, secondo Iwasaki, è stato rilevato un indice di potenziale di liquefazione (IPL) di 1.87 in CPT1 mentre risulta essere pari a 1.55 in CPT2.

Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con l'indagine si è infine proceduto alla valutazione del peso di volume (γ), dell'angolo di attrito interno (ϕ), 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 (D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni") che prescrivono un'attenta verifica dell'idoneità delle strutture in funzione delle caratteristiche del primo sottosuolo, si concede parere geologico favorevole.

Giusti Dott. Geol. Arrigo



Scandiano, Aprile 2021

ALLEGATI



A) UBICAZIONE INDAGINI

B) PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
(effettuate con penetrometro statico tipo GOUDA da 15 t)

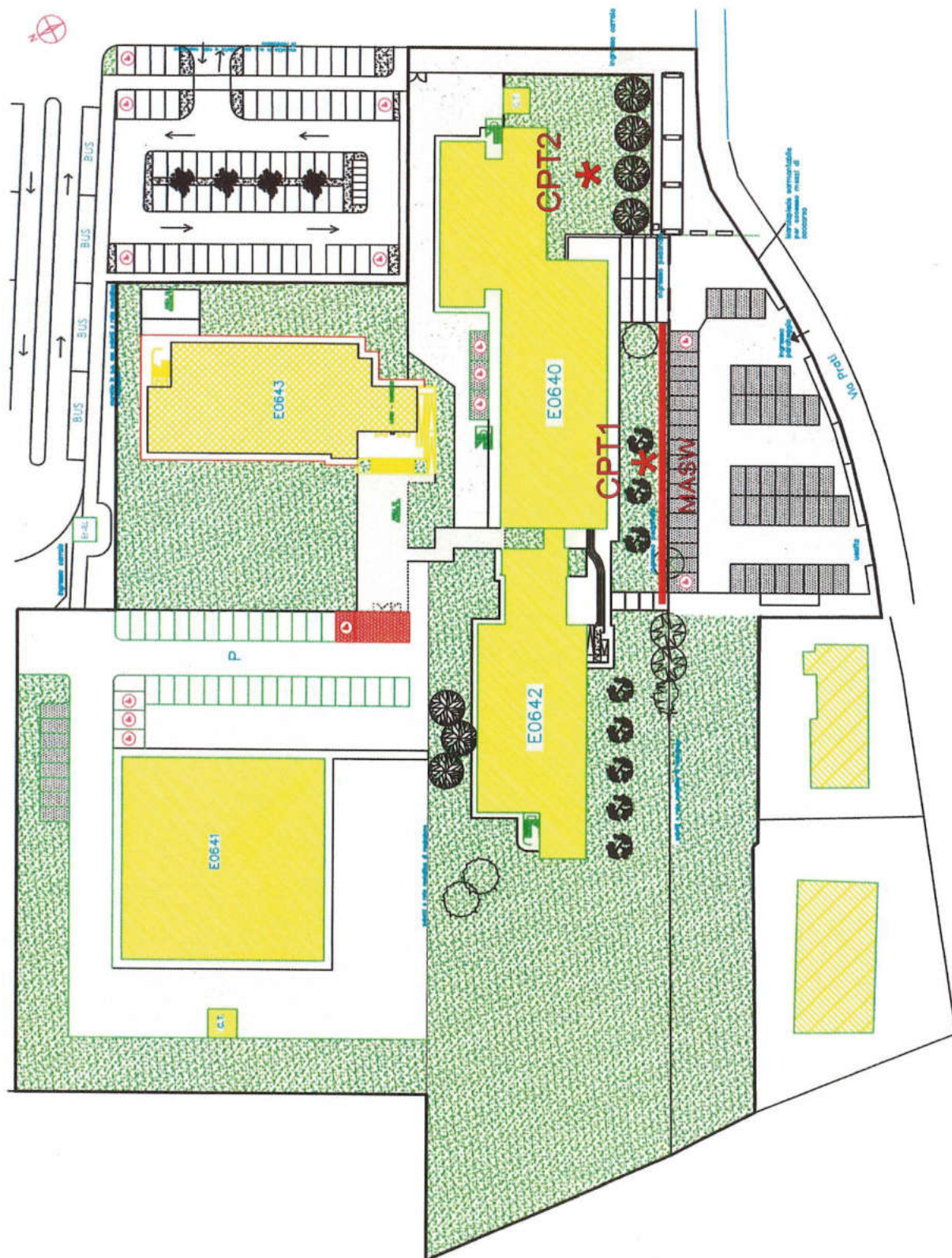
**C) SISMICA A RIFRAZIONE PER
LA DETERMINAZIONE DEL V_{s30}**
(realizzata applicando il metodo MASW
con sismografo PASI 16SG24)

D) VERIFICA A LIQUEFAZIONE
(svolta con il programma Liquiter della Geostru)

UBICAZIONE INDAGINI

* PROVE PENETROMETRICHE

MASW



- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE -



VALORI DI RESISTENZA

-

DIAGRAMMI DI RESISTENZA

-

VALUTAZIONI LITOLOGICHE

-

TABELLE PARAMETRI GEOTECNICI

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).

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 attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 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) $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

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

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

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

$R_p / R_L = \text{'rapporto Begemann'}$

- 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 $S \text{ (Kg)}$, 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: **$F = (R_p / R_L)$**

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

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = R_p / R_L$	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 R_p e di $FR = (R_L / R_p) \%$:

- 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.

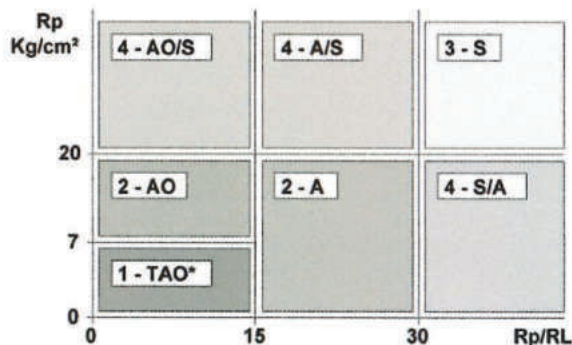
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

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

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

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



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

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

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - R_p - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - R_p]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = 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' - R_p]
 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 - R_p - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - Dr - R_p - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 ϕ'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g) - Dr]

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

CPT 1

2.010496-059

- committente : Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia
- lavoro : Ist. Tec. Comm. L. Einaudi - lotti 1 e 2
- località : Via Prati, 2 - Correggio
- note :

- data : 11/03/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 2,80 m da quota inizio
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	7,0	---	14,0	0,60	23,0	10,20	8,0	12,0	16,0	0,87	18,0
0,40	11,5	18,0	23,0	0,13	172,0	10,40	7,5	14,0	15,0	0,73	20,0
0,60	14,0	15,0	28,0	0,13	210,0	10,60	6,5	12,0	13,0	0,73	18,0
0,80	20,0	21,0	40,0	0,67	60,0	10,80	7,5	13,0	15,0	0,73	20,0
1,00	40,0	45,0	80,0	0,40	200,0	11,00	9,5	15,0	19,0	0,47	41,0
1,20	17,0	20,0	34,0	0,80	42,0	11,20	5,0	8,5	10,0	0,33	30,0
1,40	17,0	23,0	34,0	2,00	17,0	11,40	6,0	8,5	12,0	0,53	22,0
1,60	15,0	30,0	30,0	1,67	18,0	11,60	7,0	11,0	14,0	0,60	23,0
1,80	9,5	22,0	19,0	1,53	12,0	11,80	8,5	13,0	17,0	1,00	17,0
2,00	5,5	17,0	11,0	0,67	16,0	12,00	7,0	14,5	14,0	1,00	14,0
2,20	5,0	10,0	10,0	0,47	21,0	12,20	8,5	16,0	17,0	0,93	18,0
2,40	6,0	9,5	12,0	0,67	18,0	12,40	7,0	14,0	14,0	1,00	14,0
2,60	4,0	9,0	8,0	0,47	17,0	12,60	8,0	15,5	16,0	0,87	18,0
2,80	3,5	7,0	7,0	0,40	17,0	12,80	9,5	16,0	19,0	1,33	14,0
3,00	5,0	8,0	10,0	0,27	37,0	13,00	10,0	20,0	20,0	1,20	17,0
3,20	4,0	6,0	8,0	0,20	40,0	13,20	11,0	20,0	22,0	1,33	16,0
3,40	3,5	5,0	7,0	0,20	35,0	13,40	12,0	22,0	24,0	1,27	19,0
3,60	4,0	5,5	8,0	0,27	30,0	13,60	9,0	18,5	18,0	0,80	22,0
3,80	4,0	6,0	8,0	0,33	24,0	13,80	9,0	15,0	18,0	0,67	27,0
4,00	5,0	7,5	10,0	0,27	37,0	14,00	10,0	15,0	20,0	0,80	25,0
4,20	7,0	9,0	14,0	0,20	70,0	14,20	7,0	13,0	14,0	0,67	21,0
4,40	5,0	6,5	10,0	0,13	75,0	14,40	8,0	13,0	16,0	0,67	24,0
4,60	6,0	7,0	12,0	0,47	26,0	14,60	9,0	14,0	18,0	0,67	27,0
4,80	3,0	6,5	6,0	0,47	13,0	14,80	13,0	18,0	26,0	0,67	39,0
5,00	5,0	8,5	10,0	0,20	50,0	15,00	13,0	18,0	26,0	0,87	30,0
5,20	3,5	5,0	7,0	0,27	26,0	15,20	13,5	20,0	27,0	0,13	202,0
5,40	7,0	9,0	14,0	0,33	42,0	15,40	15,0	16,0	30,0	1,00	30,0
5,60	5,5	8,0	11,0	0,33	33,0	15,60	12,0	19,5	24,0	1,07	22,0
5,80	7,5	10,0	15,0	0,40	37,0	15,80	16,5	24,5	33,0	1,93	17,0
6,00	6,0	9,0	12,0	0,27	45,0	16,00	17,5	32,0	35,0	2,00	18,0
6,20	15,0	17,0	30,0	0,33	90,0	16,20	15,0	30,0	30,0	1,67	18,0
6,40	6,0	8,5	12,0	0,53	22,0	16,40	14,5	27,0	29,0	1,80	16,0
6,60	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0	16,60	12,5	26,0	25,0	1,73	14,0
6,80	6,5	10,5	13,0	0,93	14,0	16,80	12,0	25,0	24,0	1,73	14,0
7,00	8,0	15,0	16,0	0,33	48,0	17,00	12,0	25,0	24,0	1,53	16,0
7,20	6,0	8,5	12,0	0,53	22,0	17,20	11,0	22,5	22,0	1,53	14,0
7,40	5,5	9,5	11,0	0,40	27,0	17,40	12,5	24,0	25,0	1,07	23,0
7,60	5,0	8,0	10,0	0,40	25,0	17,60	12,0	20,0	24,0	1,53	16,0
7,80	5,0	8,0	10,0	0,47	21,0	17,80	9,5	21,0	19,0	1,07	18,0
8,00	5,5	9,0	11,0	0,53	21,0	18,00	9,0	17,0	18,0	0,87	21,0
8,20	4,0	8,0	8,0	0,27	30,0	18,20	7,5	14,0	15,0	0,87	17,0
8,40	5,0	7,0	10,0	0,40	25,0	18,40	6,5	13,0	13,0	0,80	16,0
8,60	6,5	9,5	13,0	0,60	22,0	18,60	9,0	15,0	18,0	0,67	27,0
8,80	7,5	12,0	15,0	1,27	12,0	18,80	12,0	17,0	24,0	0,80	30,0
9,00	7,0	16,5	14,0	1,20	12,0	19,00	15,0	21,0	30,0	1,00	30,0
9,20	8,0	17,0	16,0	0,80	20,0	19,20	9,5	17,0	19,0	1,07	18,0
9,40	10,0	16,0	20,0	0,93	21,0	19,40	9,5	17,5	19,0	0,87	22,0
9,60	8,0	15,0	16,0	0,80	20,0	19,60	9,0	15,5	18,0	0,93	19,0
9,80	6,0	12,0	12,0	0,67	18,0	19,80	9,0	16,0	18,0	0,73	25,0
10,00	6,5	11,5	13,0	0,53	24,0	20,00	11,0	16,5	22,0	---	---

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 15 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE $C_t = 20$ - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35,7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

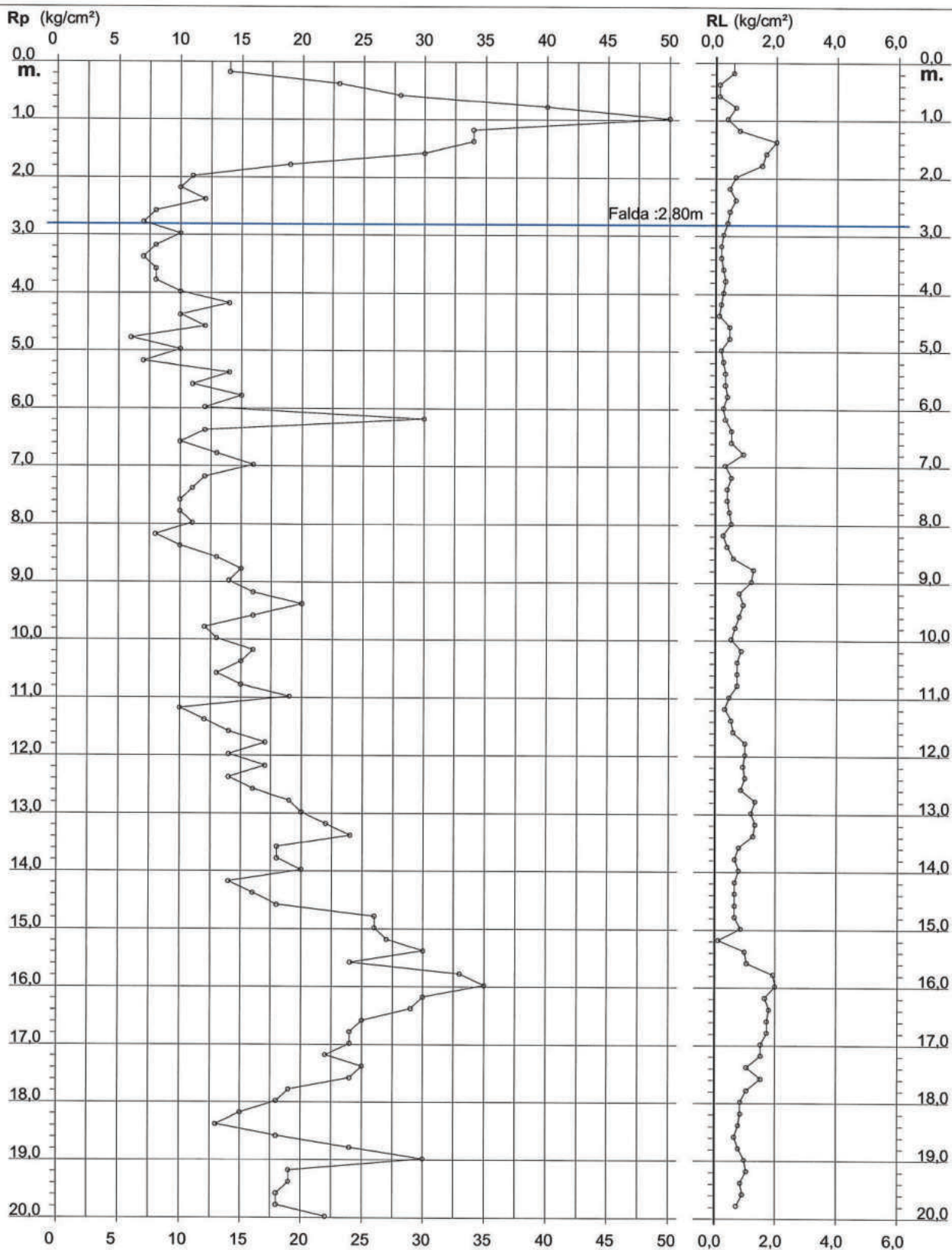
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-059

- committente : Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia
 - lavoro : Ist. Tec. Comm. L. Einaudi - lotti 1 e 2
 - località : Via Prati, 2 - Correggio

- data : 11/03/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 2,80 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



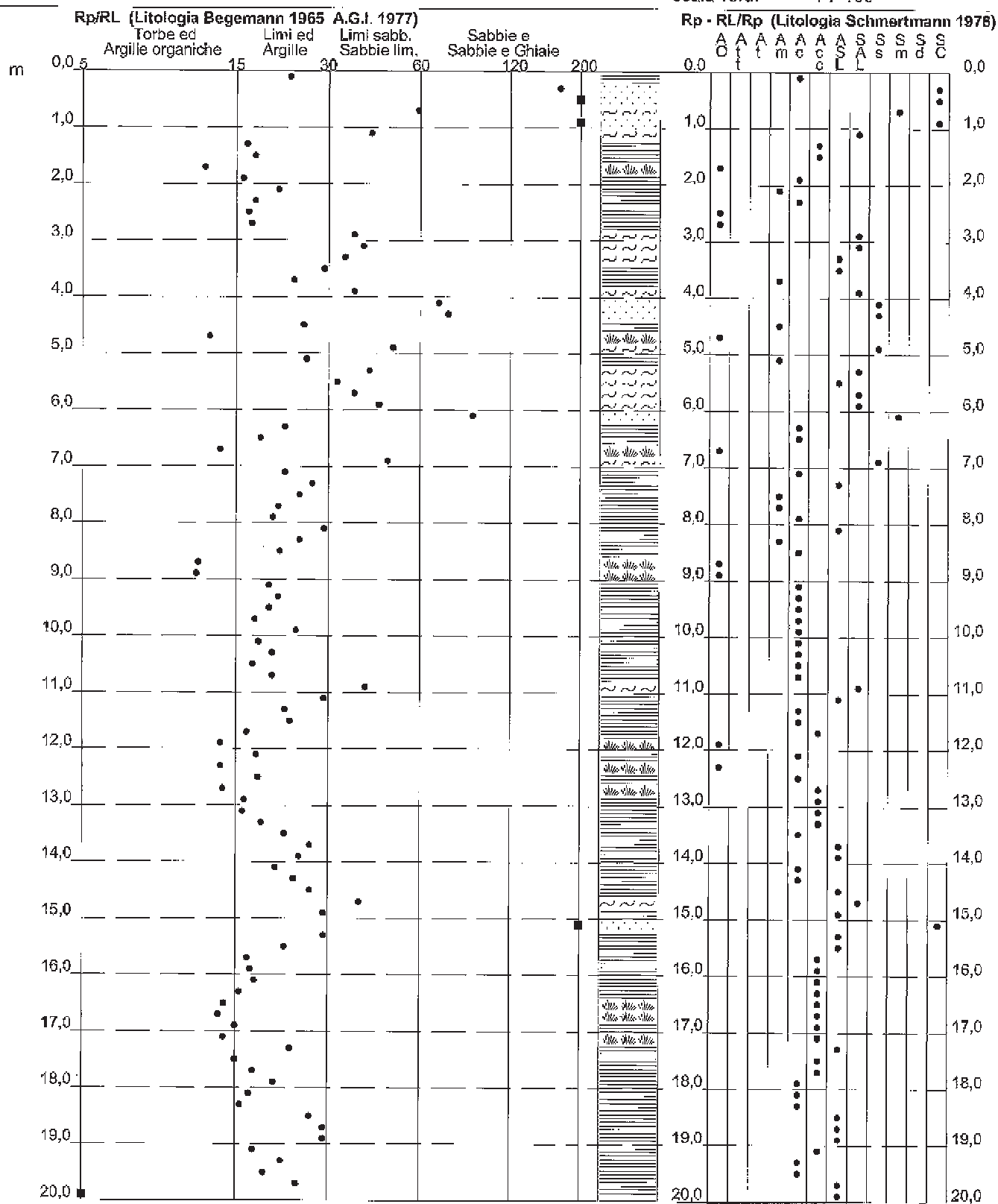
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.010496-059

- committente : Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia
 - lavoro : Ist. Tec. Comm. L. Einaudi - lotti 1 e 2
 - località : Via Prati, 2 - Correggio
 - note :

- data : 11/03/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 2,80 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.010496-059

- committente : Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia
 - lavoro : Ist. Tec. Comm. L. Einaudi - lotti 1 e 2
 - località : Via Prati, 2 - Correggio
 - note :

- data : 11/03/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 2,80 m da quota inizio
 - pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura lit.	γ t/m³	pvo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	σdm (°)	σmy (°)	Amax/p (-)	E50 kg/cm²	E25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	14	23	2/III	1,35	0,04	0,64	99,9	108	162	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,40	23	172	3/III	1,35	0,07	—	—	—	—	—	85	40	41	43	45	42	28	0,206	38	58	69
0,60	28	210	3/III	1,35	0,11	—	—	—	—	—	82	39	41	43	45	41	28	0,196	47	70	84
0,80	40	80	3/III	1,35	0,18	—	—	—	—	—	87	40	42	49	45	41	30	0,213	67	102	120
1,00	80	220	3/III	1,35	0,19	—	—	—	—	—	100	42	43	45	46	43	33	0,250	133	202	240
1,20	34	42	3/III	1,35	0,22	—	—	—	—	—	72	38	40	42	44	39	29	0,164	57	85	132
1,40	34	17	4/II	1,35	0,26	1,13	39,7	195	259	102	68	38	39	41	43	38	29	0,153	57	85	132
1,60	30	18	4/II	1,35	0,20	1,02	28,8	170	255	92	60	36	38	41	43	37	29	0,131	50	75	90
1,80	19	12	2/III	1,35	0,33	0,78	18,1	132	198	58	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,00	11	16	2/III	1,35	0,37	0,54	10,0	91	137	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,20	10	21	2/III	1,35	0,41	0,50	8,1	97	146	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,40	12	18	2/III	1,35	0,44	0,57	6,6	105	158	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,60	8	17	2/III	1,35	0,48	0,40	5,0	133	198	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2,80	7	17	2/III	1,35	0,50	0,35	4,0	130	208	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3,00	10	37	4/II	0,88	0,32	0,50	6,0	136	204	40	9	29	32	35	39	28	26	0,019	17	25	30
3,20	8	40	4/II	0,81	0,53	0,40	4,4	149	273	35	1	28	31	35	38	28	28	0,001	13	22	24
3,40	7	35	4/II	0,83	0,55	0,35	3,6	155	232	32	—	28	31	35	38	25	28	—	12	15	21
3,60	8	30	4/II	0,84	0,57	0,40	4,1	158	237	35	—	28	31	35	38	26	26	—	13	22	24
3,80	8	24	2/III	0,68	0,58	0,40	3,9	163	248	38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,00	10	37	4/II	0,88	0,60	0,50	5,0	165	248	40	5	29	32	35	38	27	26	0,013	17	25	30
4,20	14	70	4/II	0,89	0,62	0,64	6,6	159	258	48	18	32	33	38	39	29	26	0,031	23	35	42
4,40	10	78	4/II	0,85	0,63	0,50	4,7	177	285	40	4	28	32	35	38	27	28	0,010	17	25	30
4,60	12	26	2/III	0,92	0,65	0,57	5,3	178	287	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4,80	6	13	1/III	0,46	0,66	0,30	2,8	34	52	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,00	10	50	4/II	0,63	0,68	0,50	4,3	190	285	40	2	28	32	35	38	28	26	0,008	17	25	30
5,20	7	26	2/III	0,84	0,70	0,35	2,7	182	273	32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,40	14	42	4/II	0,89	0,71	0,64	5,4	194	291	48	13	30	33	36	39	28	26	0,025	23	35	42
5,60	11	33	4/II	0,87	0,73	0,64	4,3	204	306	42	4	28	32	35	38	28	26	0,009	18	28	33
5,80	15	37	4/II	0,89	0,75	0,87	5,4	224	306	50	14	30	33	36	39	28	27	0,027	25	38	45
6,00	12	45	4/II	0,88	0,77	0,57	4,8	214	321	45	6	29	32	35	38	27	26	0,013	20	30	36
6,20	30	90	3/III	0,68	0,78	—	—	—	—	—	37	33	36	38	41	32	29	0,072	50	75	90
6,40	12	22	2/III	0,82	0,80	0,57	4,1	224	336	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,60	10	19	2/III	0,80	0,82	0,60	3,4	231	348	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6,80	13	14	2/III	0,83	0,84	0,60	4,2	234	352	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,00	16	48	4/II	0,80	0,86	0,70	4,8	238	366	52	13	30	33	36	39	28	27	0,025	27	40	48
7,20	12	22	2/III	0,82	0,88	0,37	3,7	247	371	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,40	11	27	2/III	0,81	0,89	0,64	3,3	250	378	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,60	10	25	2/III	0,80	0,91	0,50	3,0	248	372	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7,80	10	21	2/III	0,80	0,93	0,50	2,9	251	378	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,00	11	21	2/III	0,81	0,95	0,64	3,1	261	392	42	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,20	8	30	4/II	0,84	0,98	0,40	2,1	222	333	38	—	28	31	35	38	25	26	—	13	20	24
8,40	10	25	2/III	0,80	0,98	0,50	2,7	258	387	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,60	13	22	2/III	0,83	1,00	0,60	3,3	281	421	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8,80	15	12	2/III	0,85	1,02	0,87	3,7	288	432	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,00	14	12	2/III	0,84	1,04	0,64	3,1	292	438	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,20	16	20	2/III	0,88	1,06	0,70	3,7	299	448	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,40	20	21	4/II	0,93	1,08	0,80	4,3	301	451	50	15	30	33	36	39	28	27	0,029	33	50	60
9,60	18	20	2/III	0,88	1,10	0,70	3,8	309	461	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9,80	12	18	2/III	0,92	1,11	0,57	2,7	294	441	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,00	13	24	2/III	0,93	1,13	0,60	2,9	303	457	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,20	16	18	2/III	0,96	1,15	0,70	3,3	323	485	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,40	15	20	2/III	0,95	1,17	0,67	3,1	323	485	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,60	13	18	2/III	0,93	1,19	0,60	2,7	312	469	47	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,80	15	20	2/III	0,95	1,21	0,87	3,3	330	496	60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11,00	19	41	4/II	0,92	1,23	0,75	3,5	346	519	58	10	29	32	35	39	27	27	0,020	32	48	57
11,20	10	30	4/II	0,86	1,24	0,60	2,3	280	420	40	—	28	31	35	38	25	26	—	17	25	30
11,40	12	22	2/III	0,92	1,26	0,57	2,3	309	464	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11,60	14	23	2/III	0,94	1,28	0,64	2,8	332	498	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11,80	17	17	2/III	0,97	1,30	0,72	3,0	358	534	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,00	14	14	2/III	0,94	1,32	0,64	2,5	385	506	48	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,20	17	18	2/III	0,97	1,34	0,72	2,9	382	543	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,40	14	14	2/III	0,94	1,36	0,64	2,4	340	510	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,60	16	18	2/III	0,96	1,38	0,70	2,7	360	541	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12,80	19	14	2/III	0,99	1,40	0,78	3,0	382	573	58	—	—	—								

PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-059

- committente : Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia
 - lavoro : Ist. Tec. Comm. L. Einaudi - lotti 1 e 2
 - località : Via Prati, 2 - Correggio
 - note :

- data : 11/03/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RL	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RL
m	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²	-	m	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²	Kg/cm²	-
0,20	15,0	---	30,0	0,07	450,0	10,20	6,5	13,0	13,0	0,67	19,0
0,40	6,0	6,5	12,0	0,67	18,0	10,40	8,0	13,0	16,0	0,87	18,0
0,60	5,0	10,0	10,0	0,67	15,0	10,60	10,5	17,0	21,0	1,07	20,0
0,80	45,0	50,0	90,0	0,53	169,0	10,80	10,0	18,0	20,0	1,20	17,0
1,00	21,0	25,0	42,0	0,13	315,0	11,00	9,0	18,0	18,0	0,93	19,0
1,20	24,0	25,0	48,0	1,07	45,0	11,20	10,0	17,0	20,0	1,27	16,0
1,40	17,0	25,0	34,0	1,33	25,0	11,40	11,5	21,0	23,0	1,27	18,0
1,60	30,0	40,0	60,0	0,67	90,0	11,60	13,0	22,5	26,0	1,47	18,0
1,80	40,0	45,0	80,0	0,13	600,0	11,80	11,0	22,0	22,0	1,60	14,0
2,00	15,0	16,0	30,0	0,87	35,0	12,00	11,0	23,0	22,0	1,67	13,0
2,20	5,0	11,5	10,0	0,47	21,0	12,20	9,5	22,0	19,0	1,27	15,0
2,40	4,0	7,5	8,0	0,33	24,0	12,40	8,5	18,0	17,0	0,80	21,0
2,60	7,0	9,5	14,0	0,53	26,0	12,60	8,0	14,0	16,0	0,73	22,0
2,80	4,0	8,0	8,0	0,40	20,0	12,80	10,0	15,5	20,0	0,93	21,0
3,00	4,0	7,0	8,0	0,27	30,0	13,00	14,0	21,0	28,0	0,40	70,0
3,20	6,0	8,0	12,0	0,47	26,0	13,20	14,0	17,0	28,0	0,53	52,0
3,40	3,5	7,0	7,0	0,20	35,0	13,40	12,0	16,0	24,0	0,53	45,0
3,60	7,0	8,5	14,0	0,20	70,0	13,60	8,5	12,5	17,0	0,53	32,0
3,80	7,5	9,0	15,0	0,33	45,0	13,80	8,0	12,0	16,0	0,93	17,0
4,00	5,0	7,5	10,0	0,27	37,0	14,00	9,0	16,0	18,0	0,87	21,0
4,20	5,0	7,0	10,0	0,27	37,0	14,20	7,5	14,0	15,0	0,67	22,0
4,40	5,0	7,0	10,0	0,33	30,0	14,40	5,0	10,0	10,0	0,33	30,0
4,60	4,0	6,5	8,0	0,33	24,0	14,60	6,5	9,0	13,0	0,67	19,0
4,80	4,5	7,0	9,0	0,40	22,0	14,80	6,5	11,5	13,0	0,67	19,0
5,00	6,0	9,0	12,0	0,53	22,0	15,00	8,0	13,0	16,0	0,93	17,0
5,20	5,0	9,0	10,0	0,60	17,0	15,20	9,5	16,5	19,0	0,80	24,0
5,40	5,5	10,0	11,0	0,67	16,0	15,40	9,5	15,5	19,0	1,00	19,0
5,60	4,0	9,0	8,0	0,13	60,0	15,60	9,0	16,5	18,0	0,60	30,0
5,80	9,5	10,5	19,0	0,60	32,0	15,80	13,0	17,5	26,0	0,93	28,0
6,00	5,0	9,5	10,0	0,27	37,0	16,00	12,0	19,0	24,0	0,93	28,0
6,20	3,0	5,0	6,0	0,27	22,0	16,20	13,0	20,0	26,0	1,40	19,0
6,40	4,5	6,5	9,0	0,47	19,0	16,40	16,5	27,0	33,0	2,00	16,0
6,60	4,0	7,5	8,0	0,47	17,0	16,60	16,0	31,0	32,0	1,80	18,0
6,80	5,0	8,5	10,0	0,60	17,0	16,80	16,0	29,5	32,0	1,80	18,0
7,00	6,5	11,0	13,0	0,67	19,0	17,00	14,5	28,0	29,0	2,00	14,0
7,20	7,0	12,0	14,0	0,73	19,0	17,20	15,0	30,0	30,0	2,00	15,0
7,40	3,5	9,0	7,0	0,40	17,0	17,40	16,0	31,0	32,0	2,27	14,0
7,60	4,0	7,0	8,0	0,27	30,0	17,60	18,0	35,0	36,0	2,67	13,0
7,80	5,0	7,0	10,0	0,60	17,0	17,80	20,0	40,0	40,0	2,73	15,0
8,00	5,0	9,5	10,0	0,60	17,0	18,00	17,5	38,0	35,0	1,53	23,0
8,20	4,5	9,0	9,0	0,33	27,0	18,20	14,0	25,5	28,0	1,73	16,0
8,40	4,5	7,0	9,0	0,53	17,0	18,40	15,0	28,0	30,0	1,80	17,0
8,60	3,0	7,0	6,0	0,27	22,0	18,60	16,5	30,0	33,0	1,87	18,0
8,80	5,0	7,0	10,0	0,53	19,0	18,80	14,0	28,0	28,0	1,33	21,0
9,00	5,5	9,5	11,0	0,67	16,0	19,00	16,0	26,0	32,0	1,53	21,0
9,20	7,5	12,5	15,0	0,93	16,0	19,20	14,0	25,5	28,0	0,13	210,0
9,40	9,0	16,0	18,0	0,93	19,0	19,40	32,0	33,0	64,0	0,67	96,0
9,60	7,5	14,5	15,0	0,93	16,0	19,60	50,0	55,0	100,0	0,67	150,0
9,80	7,0	14,0	14,0	0,93	15,0	19,80	75,0	80,0	150,0	0,53	281,0
10,00	7,0	14,0	14,0	0,87	16,0	20,00	78,0	82,0	156,0	---	---

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 15 t - (con anello allargatore) -
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE $C_t = 20$ - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35,7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

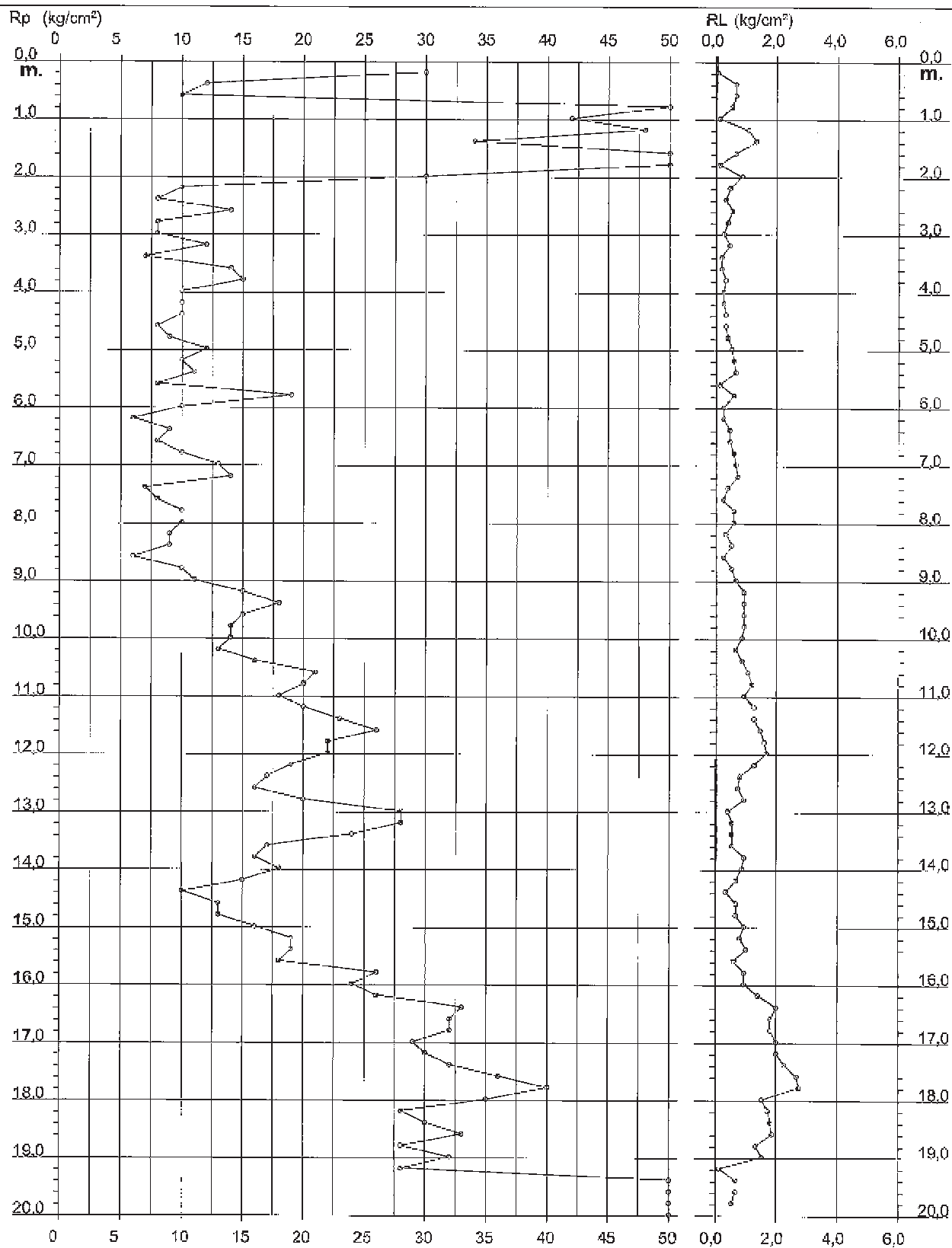
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010498-059

- committente : Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia
 - lavoro : Ist. Tec. Comm. L. Einaudi - lotti 1 e 2
 - località : Via Prati, 2 - Correggio

- data : 11/03/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



CPT 2

2.010496-059

- data : 11/03/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

2.010496-059

- committente : Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia
- lavoro : Ist. Tec. Comm. L. Einaudi - lotti 1 e 2
- località : Via Prati, 2 - Correggio
- note :

- data : 11/03/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	R _o kg/cm²	R _p /R _i (-)	Natura Litol.	Y' t/m²	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σ'1s (°)	σ'2s (°)	σ'3s (°)	σ'4s (°)	σ'dr (°)	σ'my (°)	Amax/g (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0,20	30	450	3:---	1,65	0,04	---	---	---	---	---	100	42	43	45	48	45	29	0,258	50	75	90
0,40	12	18	2:---	1,65	0,07	80,8	---	97	148	45	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0,80	10	15	2:---	1,65	0,11	5,0	41,2	85	128	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0,50	90	169	3:---	1,65	0,15	---	---	---	---	---	100	42	43	45	48	45	33	0,258	150	225	270
1,00	42	315	3:---	1,65	0,19	---	---	---	---	---	83	40	41	43	46	41	30	0,201	70	105	128
1,20	48	45	3:---	1,65	0,22	---	---	---	---	---	83	40	41	43	45	40	31	0,201	80	120	144
1,40	34	25	4:---	1,65	0,28	1,13	39,7	193	280	102	88	38	39	41	43	38	29	0,153	57	85	102
1,60	60	30	3:---	1,65	0,30	---	---	---	---	---	84	40	41	43	45	40	32	0,203	100	150	180
1,80	80	600	3:---	1,65	0,33	---	---	---	---	---	91	41	42	44	45	41	33	0,227	133	200	240
2,00	30	35	3:---	1,65	0,37	---	---	---	---	---	55	38	38	40	42	36	29	0,147	50	75	90
2,20	10	21	2:---	1,65	0,41	0,50	8,1	97	148	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2,40	8	24	2:---	1,65	0,44	0,40	5,5	120	180	35	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2,50	14	28	2:---	1,65	0,48	0,64	8,9	114	171	48	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2,80	8	20	2:---	1,65	0,52	0,40	1,5	144	217	35	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3,00	8	30	4:---	1,65	0,55	0,40	4,2	155	232	35	---	28	31	35	38	26	26	---	13	20	24
3,20	12	26	2:---	1,65	0,58	0,57	6,0	157	255	45	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3,40	7	35	4:---	1,65	0,63	0,35	3,0	172	250	32	---	28	31	35	38	25	28	---	12	18	21
3,60	14	70	4:---	1,65	0,67	0,64	5,9	177	285	45	14	30	33	38	39	28	26	0,028	23	35	42
3,80	16	45	4:---	1,65	0,70	0,67	5,9	187	281	50	15	30	33	38	39	28	27	0,030	25	38	45
4,00	10	37	4:---	1,65	0,74	0,50	3,4	208	312	40	10	28	31	35	38	28	28	---	17	25	30
4,20	10	37	4:---	1,65	0,78	0,50	3,6	219	329	40	---	28	31	35	38	26	26	---	17	25	30
4,40	10	30	4:---	1,65	0,81	0,50	3,4	229	343	40	---	28	31	35	38	26	26	---	17	25	30
4,60	8	24	2:---	1,65	0,85	0,10	2,4	243	320	35	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
4,80	9	22	2:---	1,65	0,89	0,45	2,7	243	349	38	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5,00	12	22	2:---	1,65	0,93	0,57	3,4	280	361	45	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5,20	10	17	2:---	1,65	0,96	0,50	2,4	255	383	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5,40	11	16	2:---	1,65	1,00	0,54	2,9	269	404	42	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5,60	8	60	4:---	1,65	1,04	0,40	1,9	228	339	35	---	20	24	28	31	25	26	---	13	20	24
5,80	19	32	4:---	1,65	1,07	0,78	4,2	300	450	58	19	30	33	38	39	27	27	0,028	32	48	57
6,00	10	37	4:---	1,65	1,11	0,50	2,3	271	406	40	---	28	31	35	38	25	26	---	17	25	30
6,20	8	22	2:---	1,65	1,15	0,30	1,2	178	268	28	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6,40	9	19	2:---	1,65	1,18	0,45	1,9	255	382	38	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6,60	8	17	2:---	1,65	1,22	0,40	1,6	232	349	35	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6,80	10	17	2:---	1,65	1,26	0,60	2,0	260	421	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7,00	13	19	2:---	1,65	1,30	0,60	2,4	324	485	47	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7,20	14	19	2:---	1,65	1,33	0,64	2,5	330	508	48	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7,40	7	17	2:---	1,65	1,37	0,35	1,1	203	313	32	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7,60	8	90	4:---	1,65	1,41	0,40	1,3	236	354	35	---	28	31	35	38	25	26	---	13	20	24
7,80	10	17	2:---	1,65	1,44	0,50	1,7	288	432	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8,00	10	17	2:---	1,65	1,48	0,50	1,6	263	434	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8,20	9	27	2:---	1,65	1,52	0,45	1,4	265	387	38	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8,40	9	17	2:---	1,65	1,55	0,45	1,3	285	363	38	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8,60	8	22	2:---	1,65	1,59	0,30	0,8	160	270	29	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
8,80	10	19	2:---	1,65	1,63	0,50	1,4	253	439	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9,00	11	18	2:---	1,65	1,68	0,54	1,5	312	469	42	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9,20	16	16	2:---	1,65	1,70	0,67	1,9	375	563	50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9,40	18	19	2:---	1,65	1,74	0,75	2,2	412	618	56	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9,60	15	16	2:---	1,65	1,78	0,87	1,8	373	683	50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
9,80	14	16	2:---	1,65	1,81	0,64	1,7	366	549	48	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10,00	14	16	2:---	1,65	1,85	0,64	1,7	387	551	48	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10,20	13	19	2:---	1,65	1,89	0,80	1,5	362	529	47	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10,40	16	18	2:---	1,65	1,82	0,70	1,8	358	597	52	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
10,60	21	20	4:---	1,65	1,96	0,82	2,1	456	683	63	2	28	31	35	38	25	27	0,005	35	53	63
10,80	20	17	4:---	1,65	2,00	0,80	2,0	448	612	60	---	28	31	35	38	25	27	---	33	50	60
11,00	18	19	2:---	1,65	2,03	0,75	1,8	427	641	56	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11,20	20	16	4:---	1,65	2,37	0,80	1,9	452	878	60	---	28	31	35	38	25	27	---	33	50	60
11,40	23	18	4:---	1,65	2,41	0,87	2,1	493	794	69	9	28	32	35	38	25	28	0,050	30	58	69
11,60	26	18	4:---	1,65	2,45	0,93	2,2	509	761	78	7	29	32	35	39	25	28	0,016	43	65	78
11,80	22	14	4:---	1,65	2,48	0,85	1,9	477	716	68	1	28	31	35	38	25	28	0,052	37	55	66
12,00	22	13	4:---	1,65	2,42	0,85	1,9	479	719	68	0	28	31	35	38	25	28	0,051	37	55	66
12,20	19	15	2:---	1,65	2,26	0,78	1,7	447	671	58	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12,40	17	21	2:---	1,65	2,29	0,72	1,5	422	634	54	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12,60	16	22	2:---	1,65	2,33	0,70	1,4	409	613	52	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
12,80	20	21	4:---	1,65	2,37	0,80	1,6	463	691	60	---	28	31	35	38	25	27	---	33	50	60
13,00	28	70	3:---	1,65	2,40	---	---	---	---	---	7	29	32	35	39	25	28	0,015	47	70	84
13,20	26	62	3:---	1,65	2,44	---	---	---	---	---	5	28	32	35	39	25	28	0,016	47	70	84
13,40	24	45	3:---	1,65	2,48	---	---	---	---	---	1	28	31	35	38	25	28	0,002	40	60	72
13,60																					

SISMICA A RIFRAZIONE

MASW

Determinazione del V_{s30}



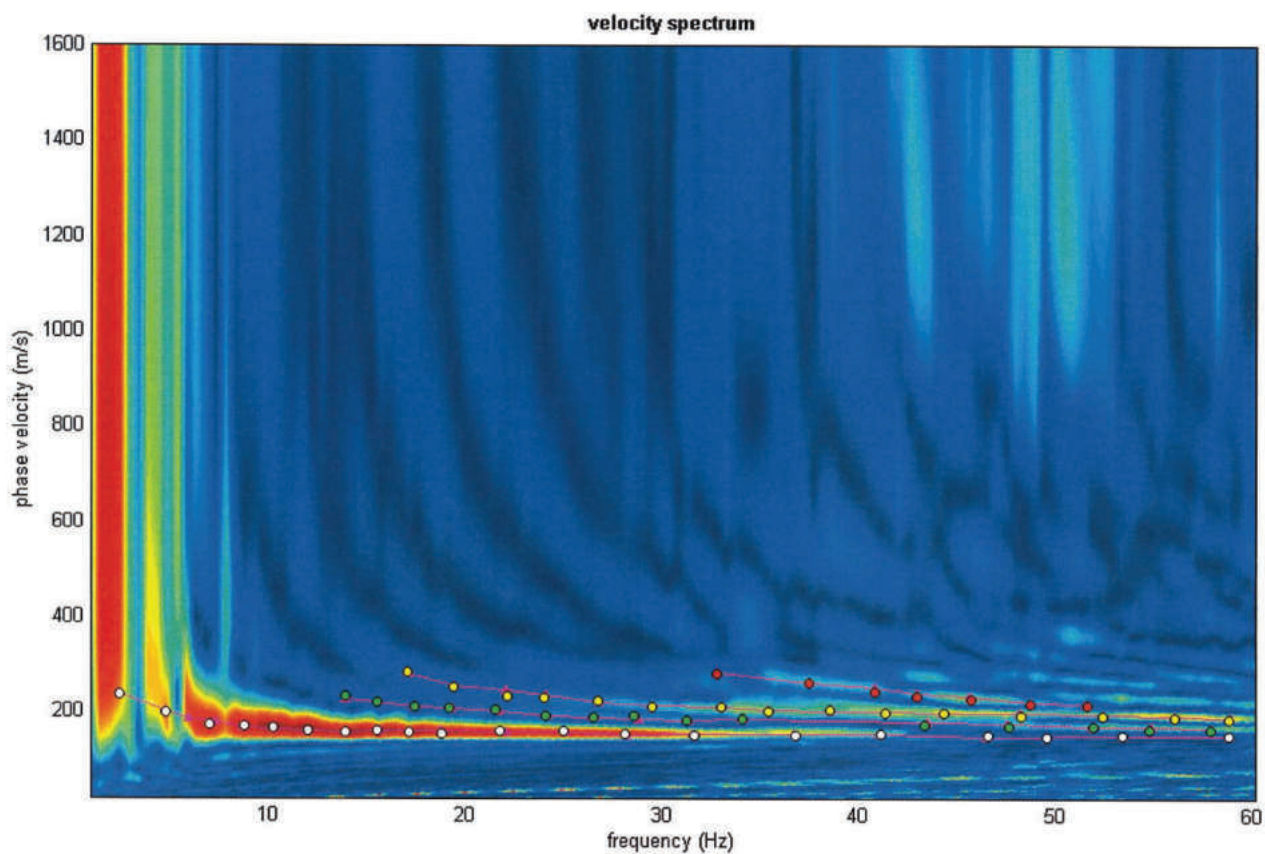
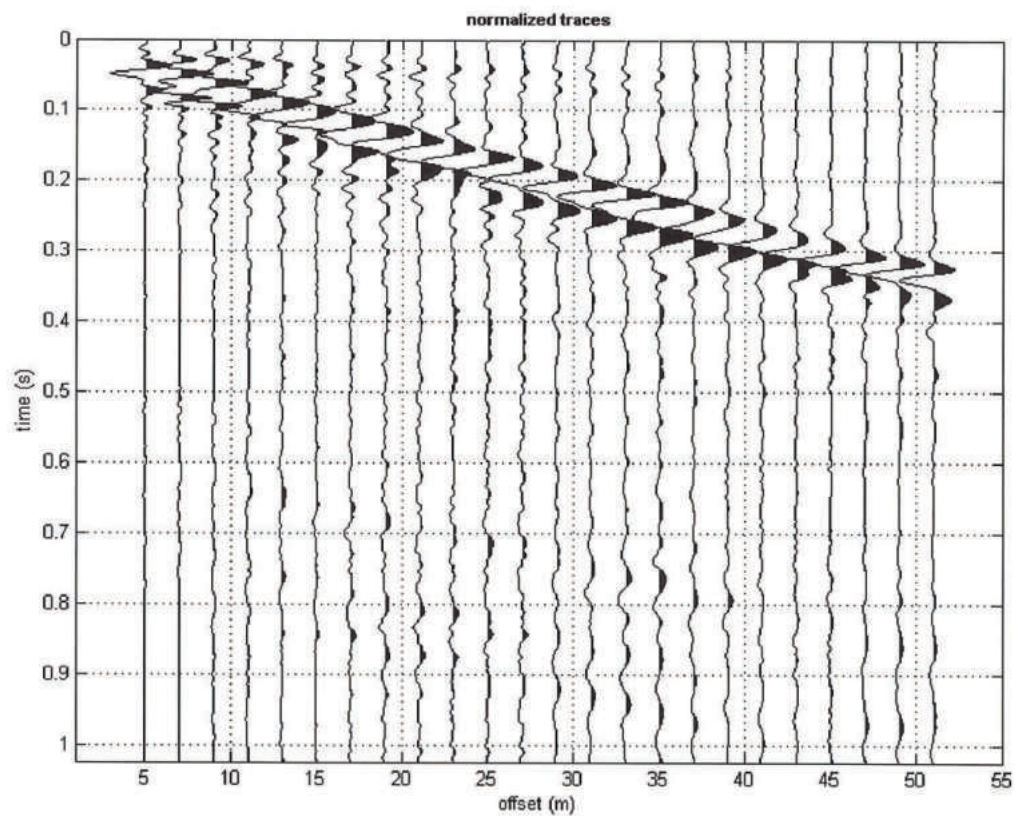
SISMOGRAFO: PASI 16SG24

Dataset: Correggio (RE) via Prati 2.DAT

Sampling: 0.5 ms

Minimum offset: 5 m

Geophone spacing: 2 m



Analyzing phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: Correggio (RE) via Prati 2.DAT

minimum offset (m): 5

geophone spacing (m): 2

sampling (ms): 0.5

Dispersion curve: Istituto Tecnico Commerciale L. Einaudi - lotti 1 e 2.cdp

Number of individuals: 50

Number of generations: 51

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 50 0.5 60 1
70 3 80 3 90 4 100
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 250 2 270 3 290 6 320 6 350 8
380 12 392
Adopted Poisson values: 0.4 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35
output folder: C:\Users\Xeon\Desktop\SISMICHE 2021\Giusti\03\Correggio Istituto Einaudi\output_disp

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness	- generation: 1; average & best misfits: -32.9323	-9.21033
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 2; average & best misfits: -28.4965	-6.8866
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 3; average & best misfits: -25.3663	-6.8866
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 4; average & best misfits: -22.3241	-6.8866
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 5; average & best misfits: -19.7824	-6.84649
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 6; average & best misfits: -21.9936	-6.84649
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 7; average & best misfits: -19.6393	-6.0063
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 8; average & best misfits: -19.812	-5.58956
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 9; average & best misfits: -18.8166	-5.56044
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 10; average & best misfits: -22.4669	-5.13491
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 11; average & best misfits: -19.4207	-4.6403
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 12; average & best misfits: -20.7417	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 13; average & best misfits: -20.0027	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 14; average & best misfits: -22.8093	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 15; average & best misfits: -22.4671	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 16; average & best misfits: -20.3285	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 17; average & best misfits: -18.5479	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 18; average & best misfits: -19.2961	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 19; average & best misfits: -19.0436	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 20; average & best misfits: -20.3642	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 21; average & best misfits: -21.8589	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 22; average & best misfits: -20.3894	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 23; average & best misfits: -21.0622	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 24; average & best misfits: -25.1322	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 25; average & best misfits: -23.0263	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 26; average & best misfits: -18.8011	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 27; average & best misfits: -20.4354	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 28; average & best misfits: -23.2442	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 29; average & best misfits: -22.6056	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 30; average & best misfits: -23.0472	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 31; average & best misfits: -25.0063	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 32; average & best misfits: -20.6319	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 33; average & best misfits: -17.3223	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 34; average & best misfits: -17.6467	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 35; average & best misfits: -18.5518	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 36; average & best misfits: -21.9703	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 37; average & best misfits: -21.3165	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 38; average & best misfits: -19.3512	-4.60983
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 39; average & best misfits: -17.9854	-4.54374
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 40; average & best misfits: -20.5002	-4.54374
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 41; average & best misfits: -20.9805	-4.54374
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 42; average & best misfits: -16.7514	-4.54374
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 43; average & best misfits: -20.5511	-4.54374
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 44; average & best misfits: -19.5625	-4.54374
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 45; average & best misfits: -18.0908	-4.54374
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 46; average & best misfits: -18.1322	-4.54374
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 47; average & best misfits: -16.4605	-4.54374
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 48; average & best misfits: -17.8832	-4.54374
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 49; average & best misfits: -19.3447	-4.54374
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 50; average & best misfits: -19.2908	-4.54374
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 51; average & best misfits: -17.7819	-4.54374

Forcing search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness	- generation: 1; average & best misfits: -11.5837	-4.54374
Optimizing Vs & Thickness	- generation: 2; average & best misfits: -10.4599	-4.54374


```

Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -10.8449 -4.54374
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -10.9997 -4.43291
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -11.2288 -4.43291
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -11.9745 -4.43291
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -10.7043 -4.14564
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -10.2233 -4.14564
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -11.617 -4.14564
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -11.2808 -4.14564
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -11.9834 -4.14564
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -11.2027 -4.08408
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -10.698 -3.97819
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -10.5187 -3.97819

```

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 247 137 148 274 266 277 377

Thickness (m): 2.6 1.9 4.6 6.6 8.2 12

Poisson: 0.4 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vp & Density Optimization

Columns 1 through 7

```

0.0420 0.0823 0.1200 0.1499 0.1746 0.2045 0.2370
0.2407 0.2684 0.3015 0.3318 0.3728 0.4163 0.4586
0.2903 0.3306 0.3774 0.4085 0.4553 0.5021 0.5619
0.6357 0.7260 0.7912 0.8327 0.8860 0.9437 1.0000

```

Columns 8 through 14

```

0.2643 0.2916 0.3202 0.3709 0.4254 0.4787 0.5385
0.4943 0.5405 0.5893 0.7491 0.8231 0.8970 0.9459
0.6022 0.6555 0.7036 0.7543 0.8206 0.8908 0.9532
0 0 0 0 0 0 0

```

Columns 15 through 20

```

0.6256 0.6997 0.7920 0.8427 0.9077 1.0000
1.0000 0 0 0 0 0
1.0000 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0

```

Rayleigh wave analysis

```

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -4.0459 -3.6318
Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -4.0704 -3.6318
Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -4.111 -3.6318
Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -4.2188 -3.6318
Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -4.2713 -3.6318
Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -4.2948 -3.6318
Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -4.2101 -3.6185
Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -4.1454 -3.6185
Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -4.1688 -3.6185
Optimizing Vp & Density - generation: 10; average & best misfits: -4.1692 -3.6161
Optimizing Vp & Density - generation: 11; average & best misfits: -4.1562 -3.6161
Optimizing Vp & Density - generation: 12; average & best misfits: -4.3251 -3.6161
Optimizing Vp & Density - generation: 13; average & best misfits: -4.3701 -3.6161
Optimizing Vp & Density - generation: 14; average & best misfits: -4.3136 -3.615

```

Number of models considered to calculate the average model: 51

```

#####
RESULTS
#####

```

Dataset: Correggio (RE) via Prati 2.DAT

Analyzed curve/spectrum: Istituto Tecnico Commerciale L. Einaudi - lotti 1 e 2.cdp

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-wave Dispersion

=====

MEAN MODEL

Vs (m/s): 211 137 159 241 267 286 335

Standard deviations (m/s): 32 18 13 23 21 28 52

Thickness (m): 2.0 1.8 4.2 5.6 7.7 9.6

Standard deviations (m): 0.5 0.3 0.5 1.0 1.2 1.4

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 870 381 339 727 987 883 1273

Density (gr/cm3): 2.02 1.82 1.79 1.98 2.05 2.02 2.11

Vp/Vs ratio: 4.12 2.78 2.13 3.02 3.70 3.09 3.80

Poisson: 0.47 0.43 0.36 0.44 0.46 0.44 0.46

Shear modulus (MPa): 90 34 45 115 146 166 237 0
 Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 0 0 0 0
 0

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
2.46627	296.0684
4.83376	251.8874
7.04851	206.539
8.80503	178.4186
10.2561	166.5925
12.0126	160.1741
13.9219	157.6726
15.5257	157.2437
17.1294	157.5822
18.8096	158.373
21.788	160.2268
24.9956	162.2474
28.1268	163.7535
31.6399	164.327
36.7567	162.9239
41.1098	161.1295
46.5321	159.1699
49.5106	158.2405
53.3291	157.1515
58.7514	155.7154

First higher mode

Mean model

13.9219	241.2146
15.5257	234.3273
17.4349	226.3022
19.1914	218.3718
21.5589	206.4951
24.0792	194.5891
26.523	186.1036
28.585	181.3157
31.258	177.6688
34.0837	176.1496
43.3246	177.2168
47.6013	177.4431
51.8781	176.1359
54.7038	174.4263
57.835	172.308

Second higher mode

Mean model

17.0531	288.4971
19.4206	275.4113
22.1699	258.0056
24.0028	248.1108
26.7521	238.2491
29.5015	231.7503
33.0145	224.9773
35.382	220.1741
38.5132	212.6252
41.3389	205.0711
44.3174	197.7737
48.2123	190.7148
52.3363	186.767
56.0021	185.4798
58.7514	185.0268

Third higher mode

Mean model

32.7854	268.9876
37.444	252.7906
40.8043	240.9449
42.9427	235.849
45.6921	230.8856
48.6705	226.1756
51.5726	221.22

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 247 137 148 274 266 277 377
 thickness (m): 2.57197 1.90379 4.56149 6.62166 8.23863 12.0014

Approximate values for vp, density, Poisson & Shear modulus

vp (m/s):	482	246	247	838	491	552	719			
Density (gr/cm3):		1.88	1.72	1.72	2.01	1.88	1.91	1.97		
vp/vs ratio:	1.95	1.80	1.67	3.06	1.85	1.99	1.91			
Poisson:	0.32	0.28	0.22	0.44	0.29	0.33	0.31			
Shear modulus (MPa):	115		32	38	151	133	147	281		

Estimated static shear modulus (MPa): 0
0

0

0

0

0

0

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
2.46627	300.9108
4.83376	226.7935
7.04851	181.4159
8.80503	165.7292
10.2561	161.9957
12.0126	161.4771
13.9219	162.8099
15.5257	164.4509
17.1294	166.1426
18.8096	167.6721
21.788	168.678
24.9956	165.7219
28.1268	161.3947
31.6399	157.6185
36.7567	154.0619
41.1098	152.1267
46.5321	150.479
49.5106	149.7931
53.3291	149.0581
58.7514	148.1951

First higher mode)

best model

13.9219	239.1716
15.5257	232.5666
17.4349	221.7157
19.1914	208.6765
21.5589	193.8573
24.0792	186.8074
26.523	185.5905
28.585	186.0683
31.258	187.0036
34.0837	187.279
43.3246	174.419
47.6013	168.1915
51.8781	163.6609
54.7038	161.3566
57.835	159.2776

Second higher mode)

best model

17.0531	284.1101
19.4206	269.0982
22.1699	252.015
24.0028	244.7823
26.7521	236.1789
29.5015	227.6661
33.0145	215.161
35.382	207.1488
38.5132	200.9134
41.3389	199.125
44.3174	198.3527
48.2123	196.3605
52.3363	190.9572
56.0021	184.5917
58.7514	180.1273

Third higher mode)

best model

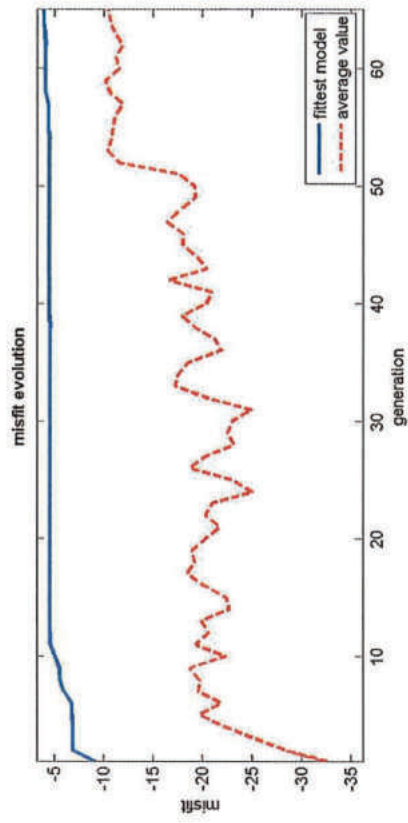
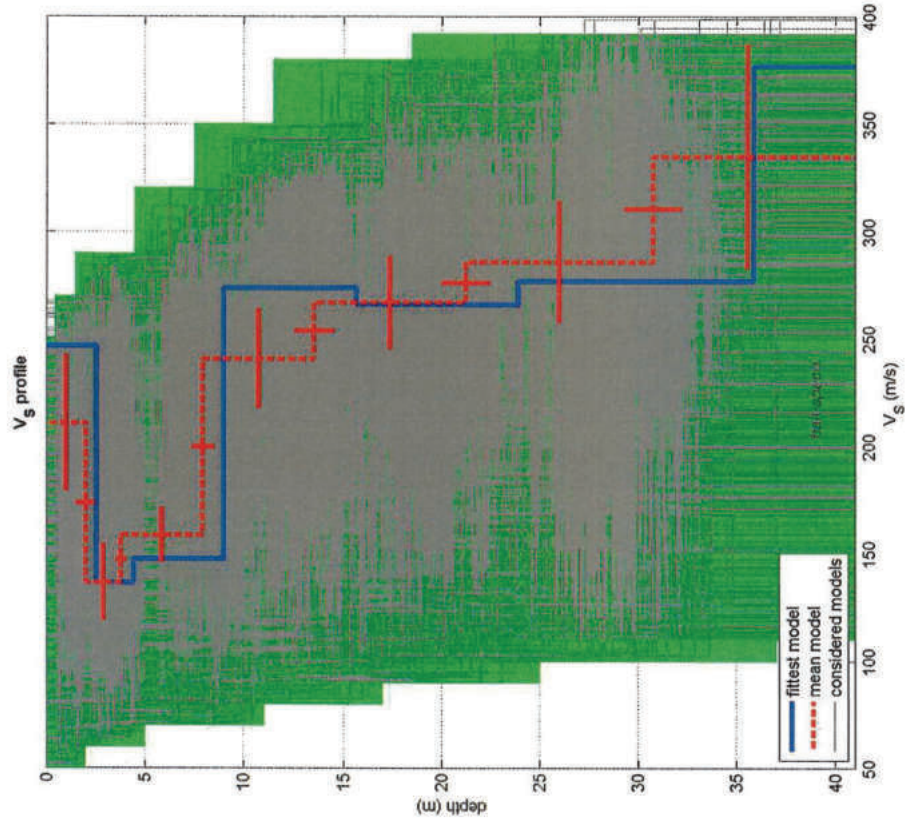
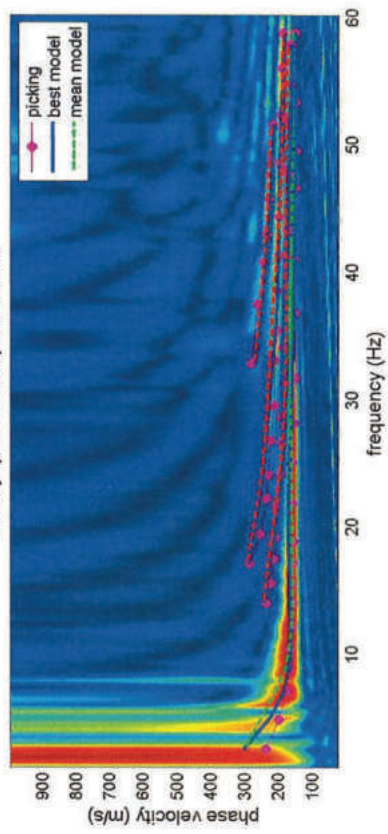
32.7854	263.8621
37.444	248.1854
40.8043	238.0207
42.9427	231.8119
45.6921	223.7575
48.6705	216.0216
51.5726	211.0399

Vs5 (mean model): 166 m/s
Vs5 (best model): 180 m/s

Vs20 (mean model): 208 m/s
Vs20 (best model): 209 m/s

Vs30 (mean model): 228 m/s
Vs30 (best model): 227 m/s

velocity spectrum & dispersion curve



dataset: Correggio (RE) - Via Prati 2

dispersion curve: Istituto Tecnico Commerciale L. Einaudi - Iotti 1 e 2

Vs30 (best model): 227 m/s

Vs30 (mean model): 228 m/s

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results

Dataset: Correggio (RE) via Prati 2.DAT

Mean model

Vs (m/s): 211, 137, 159, 241, 267, 286, 335

Standard deviations (m/s): 32, 18, 13, 23, 21, 28, 52

Thickness (m): 2.0, 1.8, 4.2, 5.6, 7.7, 9.6

Standard deviations (m): 0.5, 0.3, 0.5, 1.0, 1.2, 1.4

Density (gr/cm³) (approximate values): 2.02, 1.82, 1.79, 1.98, 2.05, 2.02, 2.11

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 90 34 45 115 146 166
237

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: Istituto Tecnico Commerciale L. Einaudi – lotti 1 e 2.cdp

Analysis: Rayleigh Waves

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

Vp (m/s): 870, 381, 339, 727, 987, 883, 1273

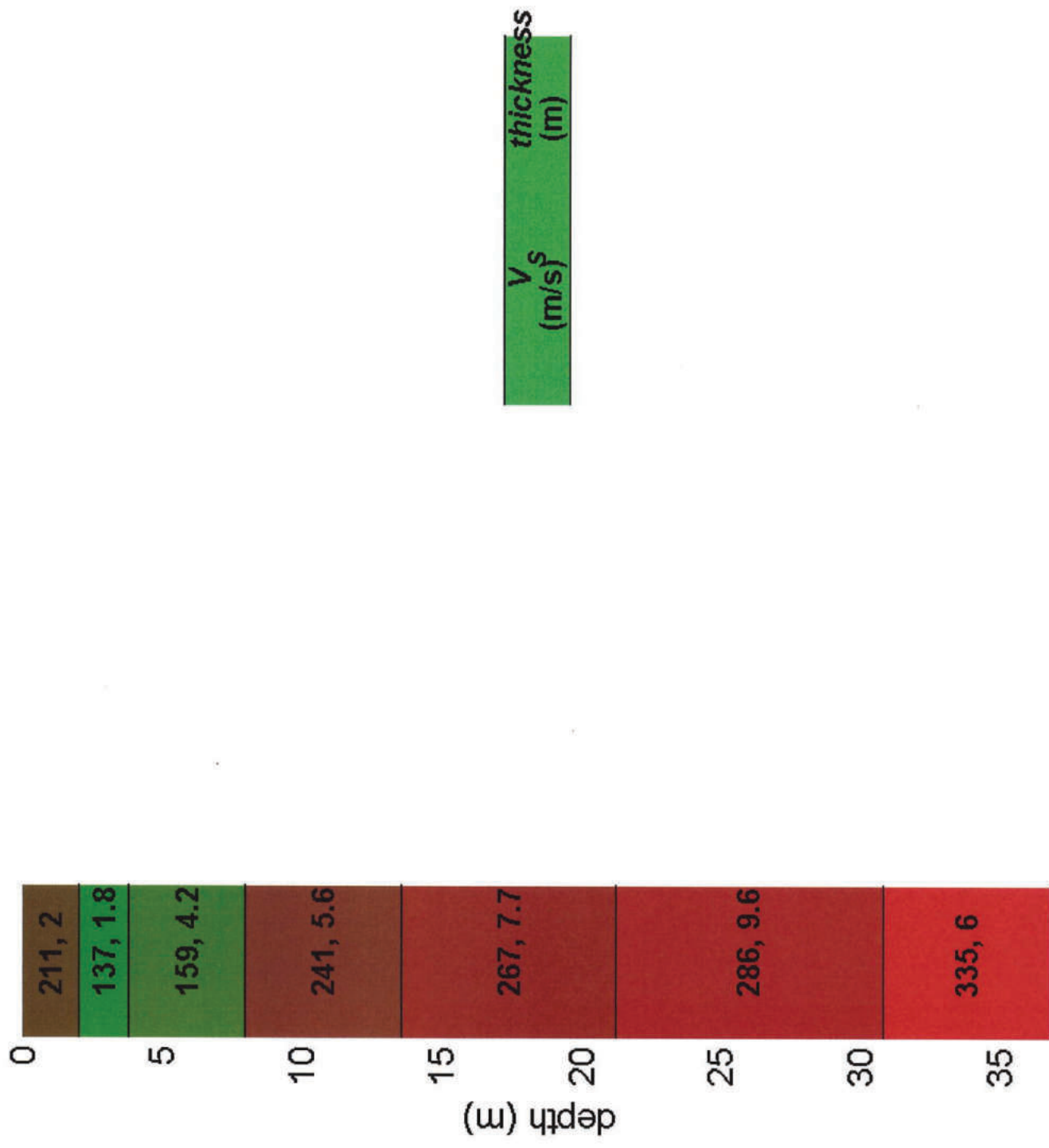
Poisson: 0.47 0.43 0.36 0.44 0.46 0.44 0.46

Vs30 (m/s): 228

Soil classification: **Categoria di sottosuolo di tipo C**

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.

Subsurface model



VERIFICA A LIQUEFAZIONE



PROGRAMMA DI CALCOLO: LIQUITER (GEOSTRU)

Progetto: Istituto Tecnico Einaudi
Ditta: Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia
Comune: Via Prati, 2 – Correggio (RE)

- Normativa sismica del GRUPPO NAZIONALE di Difesa dei Terremoti.
- Raccomandazioni del National Center for Earthquake Research (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 σ'_{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_{7,5}**) 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_{7,5}**) si determina dalla seguente espressione:

$$\frac{\tau'_{av}}{\sigma'_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma'_{vo}}{\sigma'_{vo}} r_d \quad (5.7)$$

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

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

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_d 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

FALDA

Profondità falda idrica 2.8 m

DATI SISMICI

Accelerazione Bedrock 0.179

Fattore amplificazione 2.53

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza $V_{s30}=180-360$

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.43

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (M_w) 6

Peak ground acceleration (PGA) 0.256

PROVA PENETROMETRICA CPT1

PARAMETRI GEOTECNICI

Nr	Strato	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1		Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg - Limi	0	2	20.09	20.87	0	0	3089.78	84.34	0
2		Argille sabbiose e limose	2	8.5	18.37	19.16	0	0	1156.13	37.59	0
3		Argilla inorganica compatta	8.5	15	19.09	19.88	0	0	1805.25	81.82	0
4		Argille sabbiose e limose	15	20	19.65	20.44	0	0	2538.36	111.4	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

Nr.	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 qcl (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	1.20	24.264	22.303	65.426	2.751	2.343	1.7	110.051	0.991	0.204	0.101	2.012	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2	1.40	28.438	24.515	62.403	2.755	2.358	1.7	112.910	0.989	0.214	0.108	1.982	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3	1.60	32.612	26.728	59.765	2.759	2.372	1.7	115.634	0.988	0.224	0.113	1.975	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4	1.80	36.786	28.941	57.435	2.763	2.385	1.7	118.240	0.986	0.234	0.118	1.983	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5	2.00	40.960	31.153	55.357	2.766	2.397	1.7	120.741	0.985	0.244	0.122	2.002	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6	2.20	44.792	33.024	33.652	3.382	2.614	1.7	67.138	0.983	0.108	0.125	0.863	Terreno suscettibile di liquefazione	2.86	Basso
7	2.40	48.624	34.895	31.739	3.394	2.634	1.7	69.646	0.982	0.111	0.129	0.866	Terreno suscettibile di liquefazione	3.02	Basso
8	2.60	52.456	36.765	30.019	3.406	2.653	1.7	72.133	0.980	0.115	0.131	0.874	Terreno suscettibile di liquefazione	3.06	Basso
9	2.80	56.288	38.636	28.467	3.418	2.672	1.7	74.599	0.979	0.119	0.134	0.885	Terreno suscettibile di liquefazione	3.00	Basso
10	3.00	60.120	40.507	27.058	3.430	2.689	1.7	77.045	0.977	0.123	0.136	0.899	Terreno suscettibile di liquefazione	2.81	Basso
11	3.20	63.952	42.377	25.773	3.442	2.706	1.7	79.472	0.976	0.127	0.138	0.915	Terreno suscettibile di liquefazione	2.50	Basso
12	3.40	67.784	44.248	24.596	3.454	2.723	1.7	81.881	0.974	0.131	0.140	0.934	Terreno suscettibile di liquefazione	2.05	Basso
13	3.60	71.616	46.119	23.516	3.466	2.739	1.7	84.273	0.972	0.136	0.142	0.955	Terreno suscettibile di liquefazione	1.46	Basso
14	3.80	75.448	47.989	22.519	3.478	2.754	1.7	86.648	0.971	0.141	0.144	0.979	Terreno suscettibile di liquefazione	0.72	Basso
15	4.00	79.280	49.860	21.597	3.491	2.769	1.7	89.007	0.969	0.146	0.145	1.005	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
16	4.20	83.112	51.731	20.742	3.503	2.784	1.7	91.352	0.968	0.151	0.146	1.032	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
17	4.40	86.944	53.601	19.947	3.516	2.798	1.7	93.681	0.966	0.156	0.147	1.062	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
18	4.60	90.776	55.472	19.205	3.528	2.812	1.7	95.997	0.965	0.162	0.148	1.093	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
19	4.80	94.608	57.343	18.512	3.541	2.825	1.7	98.300	0.963	0.168	0.149	1.127	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
20	5.00	98.440	59.213	17.862	3.554	2.838	1.688807	99.928	0.962	0.173	0.150	1.149	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
21	5.20	102.272	61.084	17.253	3.567	2.851	1.637088	99.062	0.960	0.170	0.151	1.127	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
22	5.40	106.104	62.955	16.679	3.580	2.863	1.588443	98.236	0.959	0.168	0.152	1.107	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
23	5.60	109.936	64.825	16.139	3.593	2.876	1.542605	97.448	0.957	0.166	0.153	1.088	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
24	5.80	113.768	66.696	15.629	3.606	2.888	1.499338	96.696	0.956	0.164	0.153	1.071	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
25	6.00	117.600	68.567	15.146	3.620	2.899	1.458433	95.976	0.954	0.162	0.154	1.054	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
26	6.20	121.432	70.437	14.690	3.633	2.911	1.4197	95.286	0.953	0.160	0.154	1.039	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
27	6.40	125.264	72.308	14.257	3.646	2.922	1.382971	94.625	0.951	0.159	0.155	1.025	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
28	6.60	129.096	74.179	13.845	3.660	2.933	1.348095	93.991	0.950	0.157	0.155	1.012	Terreno suscettibile di	0.00	Molto basso

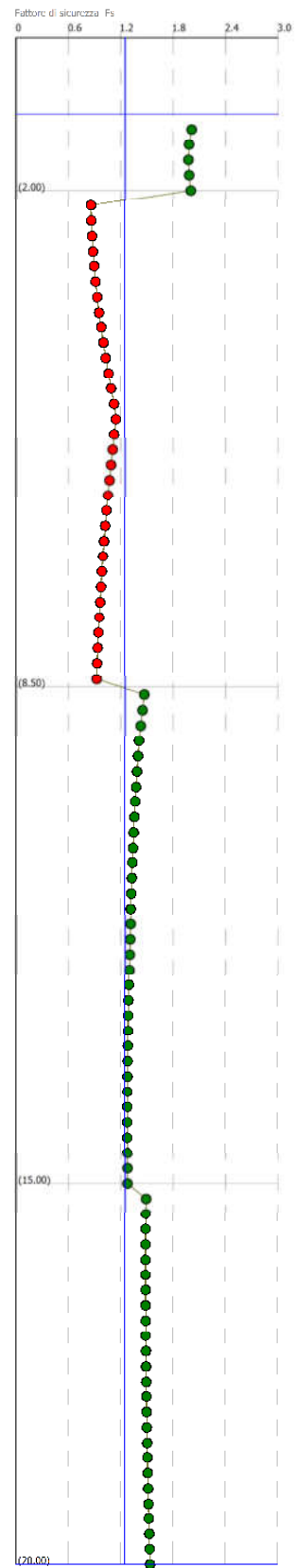
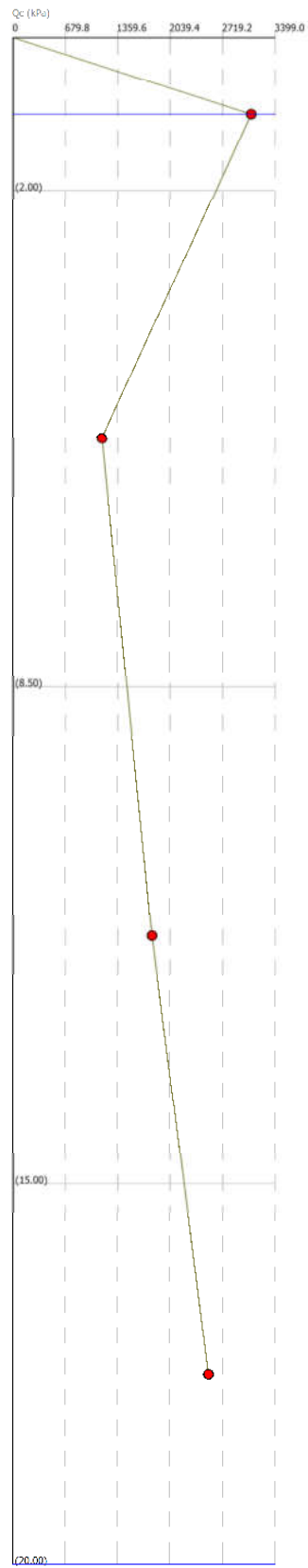
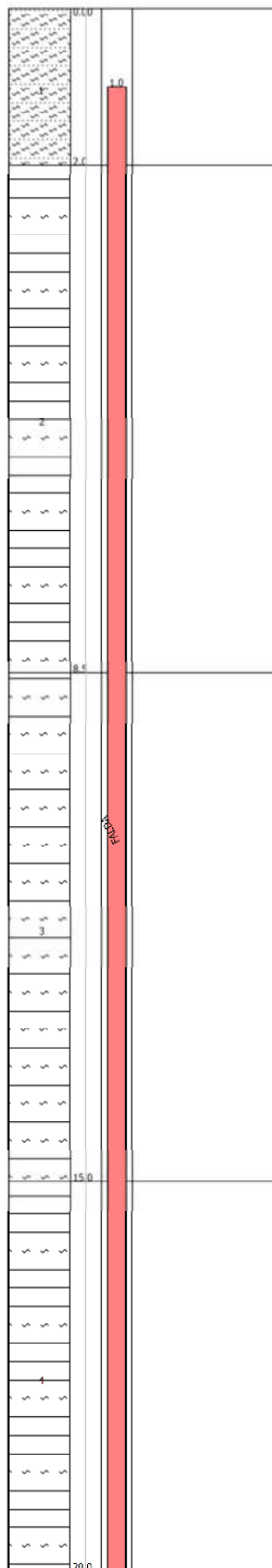
29	6.80	132.928	76.049	13.454	3.674	2.944	1.314934	93.381	0.948	0.156	0.156	1.000	liquefazione Terreno suscettibile di liquefazione	0.02	Basso
30	7.00	136.760	77.920	13.082	3.688	2.955	1.283366	92.795	0.946	0.154	0.156	0.988	Terreno suscettibile di liquefazione	0.69	Basso
31	7.20	140.592	79.791	12.728	3.701	2.965	1.253278	92.231	0.945	0.153	0.157	0.977	Terreno suscettibile di liquefazione	1.35	Basso
32	7.40	144.424	81.661	12.389	3.716	2.976	1.224568	91.688	0.943	0.152	0.157	0.967	Terreno suscettibile di liquefazione	1.99	Basso
33	7.60	148.256	83.532	12.066	3.730	2.986	1.197145	91.165	0.942	0.150	0.157	0.957	Terreno suscettibile di liquefazione	2.63	Basso
34	7.80	152.088	85.403	11.757	3.744	2.996	1.170922	90.661	0.940	0.149	0.157	0.948	Terreno suscettibile di liquefazione	3.25	Basso
35	8.00	155.920	87.273	11.461	3.758	3.006	1.145824	90.174	0.939	0.148	0.158	0.940	Terreno suscettibile di liquefazione	3.86	Basso
36	8.20	159.752	89.144	11.177	3.773	3.015	1.121779	89.704	0.937	0.147	0.158	0.932	Terreno suscettibile di liquefazione	4.45	Basso
37	8.40	163.584	91.015	10.905	3.787	3.025	1.098723	89.250	0.936	0.146	0.158	0.924	Terreno suscettibile di liquefazione	5.04	Alto
38	8.60	167.488	92.957	17.618	4.996	2.937	1.075761	117.920	0.934	0.232	0.158	1.469	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
39	8.80	171.464	94.972	17.203	5.008	2.946	1.05294	117.099	0.933	0.229	0.158	1.449	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
40	9.00	175.440	96.987	16.804	5.020	2.954	1.031068	116.303	0.931	0.226	0.158	1.429	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
41	9.20	179.416	99.001	16.422	5.032	2.962	1.010086	115.533	0.928	0.223	0.158	1.412	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
42	9.40	183.392	101.016	16.055	5.045	2.971	0.9899408	114.786	0.923	0.221	0.158	1.401	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
43	9.60	187.368	103.031	15.703	5.057	2.979	0.9705834	114.063	0.918	0.218	0.157	1.389	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
44	9.80	191.344	105.046	15.364	5.070	2.987	0.9519686	113.360	0.912	0.215	0.156	1.379	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
45	10.00	195.320	107.060	15.038	5.082	2.994	0.9340544	112.678	0.907	0.213	0.156	1.369	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
46	10.20	199.296	109.075	14.723	5.095	3.002	0.9168019	112.016	0.902	0.211	0.155	1.360	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
47	10.40	203.272	111.090	14.421	5.107	3.010	0.9001752	111.372	0.896	0.208	0.154	1.352	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
48	10.60	207.248	113.104	14.129	5.120	3.017	0.8841408	110.747	0.891	0.206	0.153	1.344	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
49	10.80	211.224	115.119	13.847	5.133	3.025	0.8686677	110.138	0.886	0.204	0.153	1.337	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
50	11.00	215.200	117.134	13.575	5.146	3.032	0.8537267	109.546	0.880	0.202	0.152	1.330	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
51	11.20	219.176	119.148	13.312	5.159	3.039	0.8392911	108.969	0.875	0.200	0.151	1.324	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
52	11.40	223.152	121.163	13.058	5.172	3.046	0.8253356	108.407	0.870	0.198	0.151	1.318	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
53	11.60	227.128	123.178	12.812	5.185	3.054	0.8118365	107.860	0.864	0.197	0.150	1.313	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
54	11.80	231.104	125.192	12.574	5.198	3.061	0.7987719	107.327	0.859	0.195	0.149	1.308	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
55	12.00	235.080	127.207	12.343	5.211	3.067	0.7861212	106.807	0.854	0.193	0.148	1.303	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
56	12.20	239.056	129.222	12.120	5.224	3.074	0.7738649	106.300	0.848	0.192	0.148	1.299	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
57	12.40	243.032	131.236	11.904	5.237	3.081	0.761985	105.805	0.843	0.190	0.147	1.296	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
58	12.60	247.008	133.251	11.694	5.251	3.088	0.7504641	105.322	0.838	0.189	0.146	1.292	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
59	12.80	250.984	135.266	11.490	5.264	3.094	0.7392867	104.851	0.832	0.187	0.145	1.289	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
60	13.00	254.960	137.280	11.293	5.278	3.101	0.7284372	104.390	0.827	0.186	0.144	1.287	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
61	13.20	258.936	139.295	11.101	5.291	3.107	0.7179015	103.941	0.822	0.184	0.144	1.284	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
62	13.40	262.912	141.310	10.915	5.305	3.114	0.7076663	103.501	0.816	0.183	0.143	1.282	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
63	13.60	266.888	143.324	10.733	5.319	3.120	0.6977189	103.072	0.811	0.182	0.142	1.281	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
64	13.80	270.864	145.339	10.557	5.332	3.127	0.6880471	102.652	0.806	0.181	0.141	1.279	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
65	14.00	274.840	147.354	10.386	5.346	3.133	0.6786399	102.242	0.800	0.179	0.140	1.278	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
66	14.20	278.816	149.368	10.219	5.360	3.139	0.6694866	101.840	0.795	0.178	0.139	1.278	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
67	14.40	282.792	151.383	10.057	5.374	3.145	0.6605766	101.447	0.790	0.177	0.139	1.277	Terreno non suscettibile di	0	Molto basso

68	14.60	286.768	153.398	9.899	5.388	3.151	0.6519008	101.063	0.784	0.176	0.138	1.277	liquefazione Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
69	14.80	290.744	155.412	9.745	5.402	3.157	0.6434501	100.687	0.779	0.175	0.137	1.277	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
70	15.00	294.720	157.427	9.595	5.417	3.163	0.6352155	100.319	0.774	0.174	0.136	1.277	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
71	15.20	298.808	159.554	14.036	4.974	3.011	0.6267488	109.338	0.768	0.202	0.135	1.490	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
72	15.40	302.896	161.680	13.826	4.983	3.017	0.6185048	108.888	0.763	0.200	0.134	1.489	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
73	15.60	306.984	163.807	13.622	4.992	3.023	0.6104748	108.446	0.757	0.199	0.133	1.488	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
74	15.80	311.072	165.934	13.423	5.002	3.028	0.6026508	108.014	0.752	0.197	0.133	1.488	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
75	16.00	315.160	168.060	13.229	5.011	3.033	0.5950247	107.590	0.747	0.196	0.132	1.487	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
76	16.20	319.248	170.187	13.039	5.020	3.039	0.5875891	107.174	0.741	0.194	0.131	1.487	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
77	16.40	323.336	172.314	12.855	5.029	3.044	0.5803372	106.767	0.736	0.193	0.130	1.488	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
78	16.60	327.424	174.440	12.674	5.039	3.049	0.5732622	106.367	0.731	0.192	0.129	1.488	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
79	16.80	331.512	176.567	12.499	5.048	3.055	0.5663575	105.974	0.725	0.191	0.128	1.489	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
80	17.00	335.600	178.694	12.327	5.057	3.060	0.5596171	105.589	0.720	0.189	0.127	1.490	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
81	17.20	339.688	180.820	12.159	5.067	3.065	0.5530353	105.211	0.715	0.188	0.126	1.492	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
82	17.40	343.776	182.947	11.996	5.076	3.070	0.5466065	104.840	0.709	0.187	0.125	1.493	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
83	17.60	347.864	185.074	11.836	5.086	3.075	0.5403255	104.476	0.704	0.186	0.124	1.495	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
84	17.80	351.952	187.200	11.680	5.095	3.080	0.5341872	104.118	0.699	0.185	0.124	1.498	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
85	18.00	356.040	189.327	11.527	5.105	3.085	0.5281868	103.767	0.693	0.184	0.123	1.500	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
86	18.20	360.128	191.454	11.377	5.114	3.090	0.5223197	103.421	0.688	0.183	0.122	1.503	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
87	18.40	364.216	193.580	11.231	5.124	3.095	0.5165815	103.082	0.683	0.182	0.121	1.506	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
88	18.60	368.304	195.707	11.088	5.134	3.100	0.510968	102.749	0.677	0.181	0.120	1.509	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
89	18.80	372.392	197.834	10.948	5.143	3.104	0.5054752	102.421	0.672	0.180	0.119	1.513	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
90	19.00	376.480	199.960	10.812	5.153	3.109	0.5000992	102.099	0.667	0.179	0.118	1.517	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
91	19.20	380.568	202.087	10.678	5.163	3.114	0.4948364	101.782	0.661	0.178	0.117	1.521	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
92	19.40	384.656	204.214	10.546	5.172	3.119	0.4896832	101.471	0.656	0.177	0.116	1.525	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
93	19.60	388.744	206.340	10.418	5.182	3.123	0.4846362	101.165	0.651	0.176	0.115	1.530	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
94	19.80	392.832	208.467	10.292	5.192	3.128	0.4796923	100.863	0.645	0.175	0.114	1.534	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso

IPL (Iwasaki)=1.87 Zcrit=20 m Rischio=Basso

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

Colonna stratigrafica



PROVA PENETROMETRICA CPT2

PARAMETRI GEOTECNICI

Nr	Strato	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturato (KN/mc)	Numero colpi medio (Nspt)	D50 granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)	Velocità onde di taglio Vs (m/s)
1		Sabbie	0	2	18.63	21.57	0	0	4296	60.15	0
2		Argilla inorganica di media consistenza	2	9	18.19	18.97	0	0	1070.27	42.03	0
3		Argilla inorganica compatta	9	15	19.15	19.93	0	0	1957.25	89.57	0
4		Argilla inorganica molto compatta	15	19	19.92	20.71	0	0	3090.57	160.5	0
5		Sabbie addensate o cementate	19	20	18.63	21.57	0	0	10038.09	39.23	0

Correzione per la magnitudo (MSF) 1.67

Nr.	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 qcl (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	1.20	22.944	20.983	93.785	1.408	2.029	1.7	97.834	0.991	0.167	0.106	1.572	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
2	1.40	27.258	23.335	88.932	1.409	2.046	1.7	99.714	0.989	0.172	0.113	1.519	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
3	1.60	31.572	25.688	84.762	1.411	2.062	1.7	101.523	0.988	0.177	0.119	1.489	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
4	1.80	35.886	28.041	81.128	1.412	2.077	1.7	103.269	0.986	0.182	0.124	1.474	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
5	2.00	40.200	30.393	77.925	1.413	2.090	1.7	104.960	0.985	0.188	0.128	1.468	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
6	2.20	43.994	32.226	31.846	4.095	2.688	1.7	71.153	0.983	0.114	0.132	0.862	Terreno suscettibile di liquefazione	2.87	Basso
7	2.40	47.788	34.059	30.021	4.111	2.708	1.7	73.779	0.982	0.117	0.135	0.869	Terreno suscettibile di liquefazione	2.96	Basso
8	2.60	51.582	35.891	28.383	4.126	2.727	1.7	76.377	0.980	0.121	0.138	0.879	Terreno suscettibile di liquefazione	2.94	Basso
9	2.80	55.376	37.724	26.903	4.141	2.745	1.7	78.948	0.979	0.126	0.141	0.893	Terreno suscettibile di liquefazione	2.80	Basso
10	3.00	59.170	39.557	25.561	4.157	2.763	1.7	81.494	0.977	0.130	0.143	0.909	Terreno suscettibile di liquefazione	2.52	Basso
11	3.20	62.964	41.389	24.337	4.173	2.780	1.7	84.016	0.976	0.135	0.146	0.929	Terreno suscettibile di liquefazione	2.10	Basso
12	3.40	66.758	43.222	23.218	4.188	2.797	1.7	86.516	0.974	0.140	0.148	0.950	Terreno suscettibile di liquefazione	1.55	Basso
13	3.60	70.552	45.055	22.189	4.204	2.812	1.7	88.994	0.972	0.146	0.149	0.974	Terreno suscettibile di liquefazione	0.84	Basso
14	3.80	74.346	46.887	21.241	4.220	2.828	1.7	91.451	0.971	0.151	0.151	1.001	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
15	4.00	78.140	48.720	20.364	4.236	2.843	1.7	93.890	0.969	0.157	0.152	1.029	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
16	4.20	81.934	50.553	19.551	4.253	2.857	1.7	96.310	0.968	0.163	0.154	1.060	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
17	4.40	85.728	52.385	18.794	4.269	2.872	1.7	98.714	0.966	0.169	0.155	1.092	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
18	4.60	89.522	54.218	18.089	4.286	2.885	1.7	101.100	0.965	0.176	0.156	1.127	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
19	4.80	93.316	56.051	17.430	4.302	2.899	1.7	103.472	0.963	0.183	0.157	1.164	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
20	5.00	97.110	57.883	16.812	4.319	2.912	1.7	105.829	0.962	0.190	0.158	1.202	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
21	5.20	100.904	59.716	16.233	4.336	2.925	1.674591	106.555	0.960	0.193	0.159	1.210	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
22	5.40	104.698	61.549	15.688	4.353	2.937	1.624729	105.608	0.959	0.190	0.160	1.185	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
23	5.60	108.492	63.381	15.174	4.370	2.950	1.57775	104.705	0.957	0.187	0.161	1.162	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
24	5.80	112.286	65.214	14.690	4.387	2.962	1.533411	103.842	0.956	0.184	0.161	1.141	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
25	6.00	116.080	67.047	14.232	4.405	2.973	1.491497	103.016	0.954	0.182	0.162	1.121	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
26	6.20	119.874	68.879	13.798	4.422	2.985	1.451813	102.225	0.953	0.179	0.163	1.103	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
27	6.40	123.668	70.712	13.387	4.440	2.996	1.414185	101.467	0.951	0.177	0.163	1.086	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
28	6.60	127.462	72.545	12.996	4.458	3.008	1.378459	100.739	0.950	0.175	0.164	1.070	Terreno	0.00	Molto

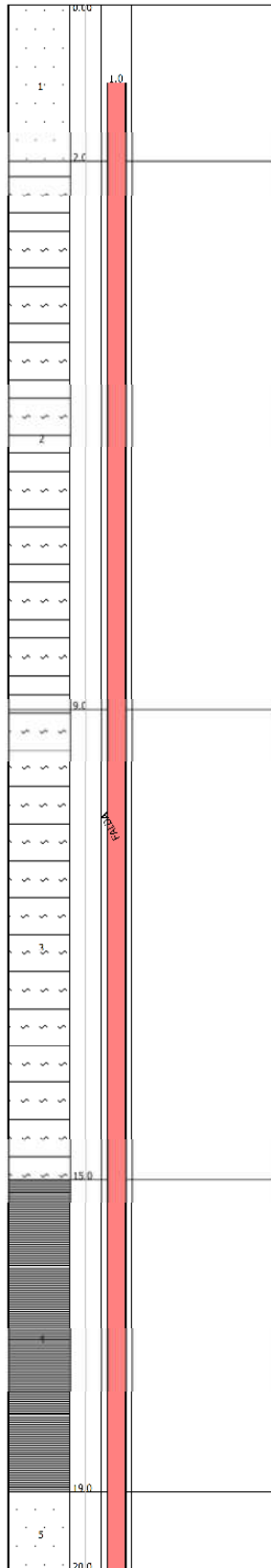
													suscettibile di liquefazione		basso
29	6.80	131.256	74.377	12.625	4.476	3.018	1.344494	100.040	0.948	0.173	0.164	1.055	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
30	7.00	135.050	76.210	12.272	4.494	3.029	1.312162	99.368	0.946	0.171	0.165	1.041	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
31	7.20	138.844	78.043	11.935	4.512	3.040	1.281349	98.722	0.945	0.169	0.165	1.028	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
32	7.40	142.638	79.875	11.613	4.531	3.050	1.251949	98.099	0.943	0.168	0.165	1.015	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
33	7.60	146.432	81.708	11.307	4.549	3.061	1.223869	97.500	0.942	0.166	0.166	1.004	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
34	7.80	150.226	83.541	11.013	4.568	3.071	1.19702	96.922	0.940	0.165	0.166	0.993	Terreno suscettibile di liquefazione	0.45	Basso
35	8.00	154.020	85.373	10.732	4.587	3.081	1.171324	96.364	0.939	0.163	0.166	0.983	Terreno suscettibile di liquefazione	1.12	Basso
36	8.20	157.814	87.206	10.463	4.606	3.090	1.146709	95.826	0.937	0.162	0.166	0.973	Terreno suscettibile di liquefazione	1.78	Basso
37	8.40	161.608	89.039	10.205	4.625	3.100	1.123106	95.307	0.936	0.161	0.167	0.964	Terreno suscettibile di liquefazione	2.42	Basso
38	8.60	165.402	90.871	9.958	4.645	3.110	1.100456	94.804	0.934	0.159	0.167	0.955	Terreno suscettibile di liquefazione	3.05	Basso
39	8.80	169.196	92.704	9.720	4.664	3.119	1.078701	94.319	0.933	0.158	0.167	0.947	Terreno suscettibile di liquefazione	3.67	Basso
40	9.00	172.990	94.537	9.491	4.684	3.129	1.057789	93.850	0.931	0.157	0.167	0.939	Terreno suscettibile di liquefazione	4.28	Basso
41	9.20	176.976	96.561	18.437	5.031	2.924	1.03561	120.413	0.928	0.242	0.167	1.452	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
42	9.40	180.962	98.586	18.018	5.043	2.933	1.014341	119.590	0.923	0.239	0.166	1.439	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
43	9.60	184.948	100.611	17.615	5.054	2.941	0.9939291	118.792	0.918	0.236	0.165	1.426	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
44	9.80	188.934	102.636	17.229	5.065	2.949	0.9743221	118.019	0.912	0.233	0.165	1.414	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
45	10.00	192.920	104.660	16.858	5.077	2.956	0.9554737	117.268	0.907	0.230	0.164	1.402	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
46	10.20	196.906	106.685	16.500	5.088	2.964	0.9373405	116.540	0.902	0.227	0.163	1.392	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
47	10.40	200.892	108.710	16.156	5.100	2.972	0.919883	115.832	0.896	0.225	0.162	1.382	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
48	10.60	204.878	110.734	15.825	5.111	2.979	0.9030638	115.145	0.891	0.222	0.162	1.373	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
49	10.80	208.864	112.759	15.506	5.123	2.987	0.8868485	114.476	0.886	0.220	0.161	1.364	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
50	11.00	212.850	114.784	15.197	5.135	2.994	0.8712054	113.826	0.880	0.217	0.160	1.356	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
51	11.20	216.836	116.808	14.900	5.146	3.001	0.8561046	113.193	0.875	0.215	0.159	1.349	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
52	11.40	220.822	118.833	14.612	5.158	3.008	0.8415183	112.578	0.870	0.213	0.159	1.342	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
53	11.60	224.808	120.858	14.335	5.170	3.015	0.8274207	111.978	0.864	0.211	0.158	1.335	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
54	11.80	228.794	122.882	14.066	5.182	3.022	0.8137877	111.393	0.859	0.209	0.157	1.329	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
55	12.00	232.780	124.907	13.806	5.194	3.029	0.8005967	110.823	0.854	0.207	0.156	1.324	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
56	12.20	236.766	126.932	13.554	5.206	3.036	0.7878264	110.268	0.848	0.205	0.155	1.319	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
57	12.40	240.752	128.956	13.311	5.218	3.042	0.7754572	109.726	0.843	0.203	0.154	1.314	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
58	12.60	244.738	130.981	13.075	5.230	3.049	0.7634704	109.197	0.838	0.201	0.154	1.310	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
59	12.80	248.724	133.006	12.846	5.243	3.056	0.7518485	108.681	0.832	0.199	0.153	1.306	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
60	13.00	252.710	135.030	12.623	5.255	3.062	0.7405752	108.177	0.827	0.198	0.152	1.303	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
61	13.20	256.696	137.055	12.408	5.267	3.069	0.7296349	107.685	0.822	0.196	0.151	1.300	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
62	13.40	260.682	139.080	12.199	5.279	3.075	0.7190131	107.204	0.816	0.195	0.150	1.297	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
63	13.60	264.668	141.104	11.995	5.292	3.081	0.7086961	106.734	0.811	0.193	0.149	1.294	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
64	13.80	268.654	143.129	11.798	5.304	3.088	0.698671	106.275	0.806	0.192	0.148	1.292	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
65	14.00	272.640	145.154	11.606	5.317	3.094	0.6889257	105.826	0.800	0.190	0.147	1.290	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
66	14.20	276.626	147.178	11.419	5.330	3.100	0.6794485	105.386	0.795	0.189	0.147	1.289	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
67	14.40	280.612	149.203	11.237	5.342	3.106	0.6702283	104.956	0.790	0.188	0.146	1.288	Terreno non	0	Molto

													suscettibile di liquefazione		basso
68	14.60	284.598	151.228	11.061	5.355	3.112	0.6612552	104.536	0.784	0.186	0.145	1.287	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
69	14.80	288.584	153.252	10.888	5.368	3.118	0.6525191	104.124	0.779	0.185	0.144	1.286	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
70	15.00	292.570	155.277	10.721	5.381	3.124	0.6440108	103.721	0.774	0.184	0.143	1.286	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
71	15.20	296.712	157.458	17.744	5.745	2.975	0.6350917	126.976	0.768	0.270	0.142	1.904	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
72	15.40	300.854	159.638	17.475	5.753	2.980	0.6264163	126.367	0.763	0.268	0.141	1.898	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
73	15.60	304.996	161.819	17.214	5.762	2.986	0.6179748	125.771	0.757	0.265	0.140	1.893	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
74	15.80	309.138	164.000	16.960	5.770	2.991	0.6097577	125.188	0.752	0.262	0.139	1.887	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
75	16.00	313.280	166.180	16.713	5.779	2.996	0.6017562	124.616	0.747	0.260	0.138	1.883	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
76	16.20	317.422	168.361	16.471	5.788	3.001	0.593962	124.055	0.741	0.258	0.137	1.878	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
77	16.40	321.564	170.542	16.237	5.796	3.006	0.5863672	123.506	0.736	0.255	0.136	1.875	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
78	16.60	325.706	172.722	16.008	5.805	3.011	0.5789641	122.967	0.731	0.253	0.135	1.871	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
79	16.80	329.848	174.903	15.784	5.814	3.016	0.5717458	122.438	0.725	0.251	0.134	1.868	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
80	17.00	333.990	177.084	15.567	5.822	3.021	0.5647051	121.919	0.720	0.249	0.133	1.866	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
81	17.20	338.132	179.264	15.354	5.831	3.026	0.5578356	121.411	0.715	0.246	0.132	1.864	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
82	17.40	342.274	181.445	15.147	5.840	3.031	0.5511314	120.911	0.709	0.244	0.131	1.862	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
83	17.60	346.416	183.626	14.944	5.849	3.036	0.5445863	120.421	0.704	0.242	0.130	1.861	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
84	17.80	350.558	185.806	14.747	5.858	3.041	0.538195	119.939	0.699	0.240	0.129	1.860	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
85	18.00	354.700	187.987	14.554	5.867	3.046	0.5319518	119.467	0.693	0.239	0.128	1.859	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
86	18.20	358.842	190.168	14.365	5.875	3.050	0.5258519	119.002	0.688	0.237	0.127	1.859	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
87	18.40	362.984	192.348	14.180	5.884	3.055	0.5198902	118.546	0.683	0.235	0.126	1.859	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
88	18.60	367.126	194.529	14.000	5.893	3.060	0.5140623	118.097	0.677	0.233	0.125	1.860	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
89	18.80	371.268	196.710	13.824	5.902	3.064	0.5083635	117.657	0.672	0.231	0.124	1.861	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
90	19.00	375.410	198.890	13.652	5.911	3.069	0.5027897	117.223	0.667	0.230	0.123	1.862	Terreno non suscettibile di liquefazione	0	Molto basso
91	19.20	379.724	201.243	70.760	0.406	1.820	0.7049196	79.351	0.661	0.126	0.122	1.033	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
92	19.40	384.038	203.596	70.350	0.406	1.822	0.700835	79.016	0.656	0.126	0.121	1.037	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
93	19.60	388.352	205.948	69.947	0.407	1.824	0.6968204	78.686	0.651	0.125	0.120	1.041	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso
94	19.80	392.666	208.301	69.551	0.407	1.827	0.6928741	78.363	0.645	0.125	0.119	1.046	Terreno suscettibile di liquefazione	0.00	Molto basso

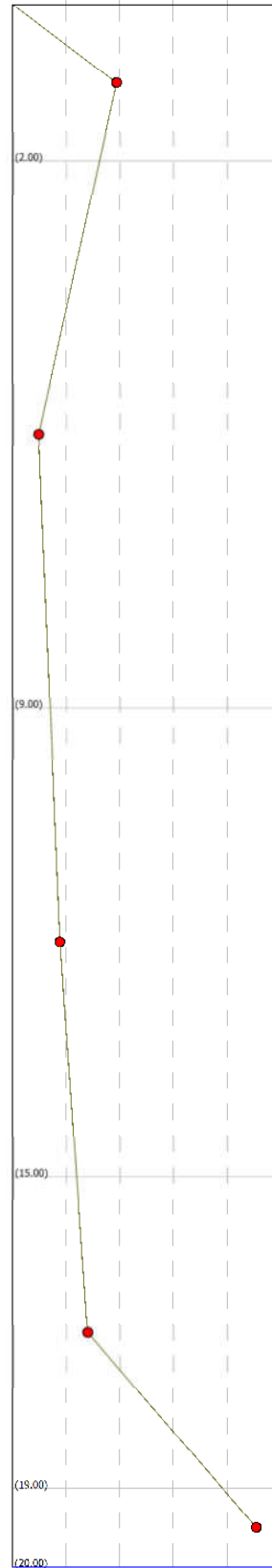
IPL (Iwasaki)=1.55 Zcrit=20 m Rischio=Basso

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

Colonna stratigrafica



Qc (kPa)
0 7708.4 4416.8 6675.2 8833.6 11042.0



Fattore di sicurezza Fs
0 0.6 1.0 1.8 2.4 3.0

