

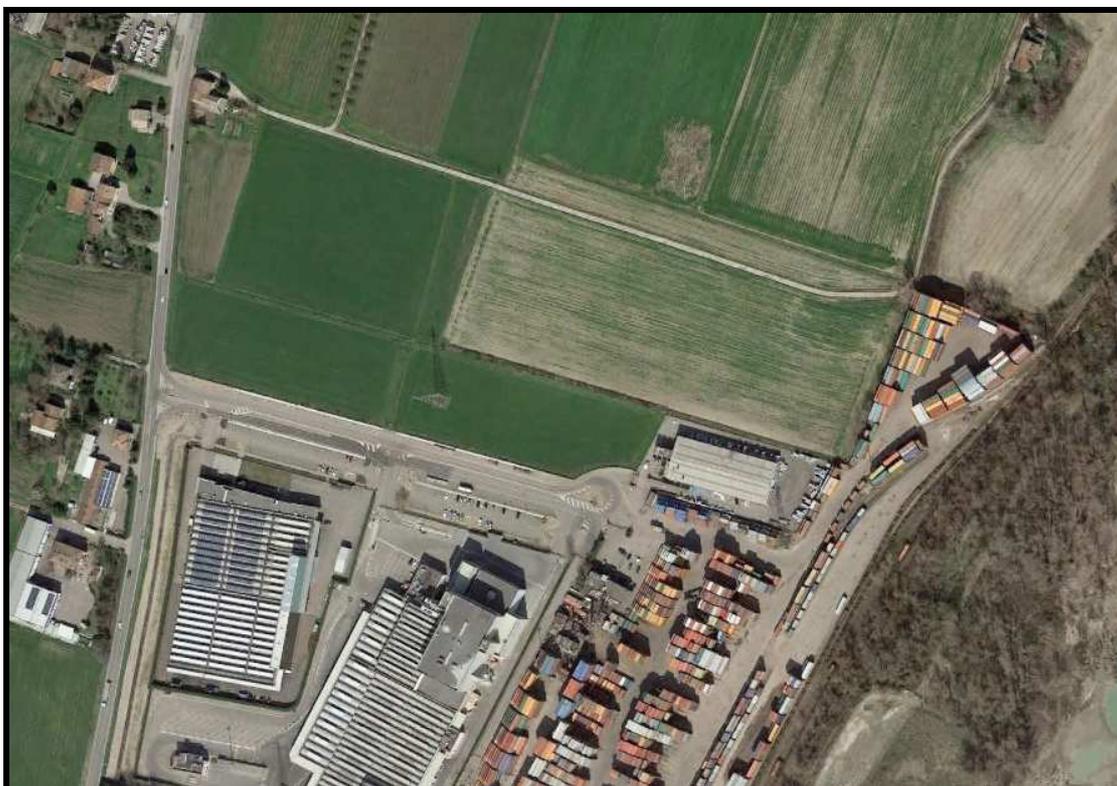
DOTT. GEOL. GIUSTI ARRIGO
42019 SCANDIANO (R.E.) - VIA CESARI, 18
TEL. (0522) 984819 - (348) 9109596
www.geogiusti.it arrigogiusti@alice.it



COMUNE DI RUBIERA
(Provincia di Reggio nell'Emilia)

LOCALITÀ : VIA A. CORRADINI

VARIANTE AL PSC E RUE
INSEDIAMENTO DEPOSITO RIFIUTI NON PERICOLOSI



COMMITTENTE : EDILFONTANA S.r.l.

RELAZIONE GEOLOGICA E 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, CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E CENNI DI IDROGEOLOGIA	4
4. METODOLOGIA D'INDAGINE	7
5. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI	9
6. RISCHIO IDRAULICO	10
7. SISMICITÀ DELL'AREA	14
8. MICROZONAZIONE SISMICA	20
9. RISPOSTA SISMICA LOCALE	23
10. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	27
11. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	28

ALLEGATI:

- UBICAZIONE INDAGINI
- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
- SISMICA PASSIVA HVSR
- VERIFICA A LIQUEFAZIONE

1. PREMESSA

Con riferimento agli accordi intercorsi con il Geom. Giancarlo Bellei dello Studio Choròs di Rubiera (RE), trasmetto la presente relazione geologica e sulla pericolosità sismica di base atta a definire le caratteristiche geomeccaniche e sismiche di un'area, sita in Via Corradini – Rubiera (RE), oggetto di uno studio di variante al PSC ed al RUE.

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 unitamente ad un'indagine geofisica tipo MASW per la determinazione del Vs30.

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.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 terreno in oggetto di studio, posto alla quota di circa 58 m s.l.m., appartiene alla vasta superficie pianeggiante della media pianura. Questa zona, dal punto di vista idrogeologico, compete all’Unità Idrogeologica del Fiume Secchia che, per eteropia di facies, verso Ovest, sfuma nell’Unità Idrogeologica dei corsi d’acqua minori.

L’area, di forma grosso modo trapezoidale, è situata nella periferia SE di Rubiera, a contenuta distanza dalla riva sinistra del F. Secchia e ad oriente della Strada Provinciale n° 51 Rubiera – Salvaterra – S. Antonino, a valle di via A. Corradini (cf. stralcio dalla C.T.R. in scala 1:5.000 – elemento n° 201144 – Rubiera Sud, estratto di planimetria catastale in scala 1:2.000 - foglio n° 28, mappale n° 342 nonché ortofoto proposta sul frontespizio).

Il suolo qui presente appartiene all’associazione dei “suoli alluvionali”: si tratta di un terreno generalmente calcareo e sub alcalino a prevalente tessitura argillosa. La sua potenzialità colturale è da buona ad elevata.

Il regime pluviometrico della zona è di tipo continentale. Il valore medio annuo delle precipitazioni è di 790 mm con punte massime di piovosità in primavera ed autunno.

STRALCIO DALLA C.T.R. IN SCALA 1: 5000
Elemento n° 201144 - Rubiera Sud



E=1641100

1 Particella: 342



La temperatura media mensile è di 12.7 °C, con valori medi massimi di 29.8 °C, per il mese di luglio, e minimi di - 2.3 °C, per il mese di gennaio. L'escursione annua è quindi di 32.1 °C.

I venti predominanti provengono da N/NW.

3. INQUADRAMENTO TETTONICO, CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E CENNI DI IDROGEOLOGIA

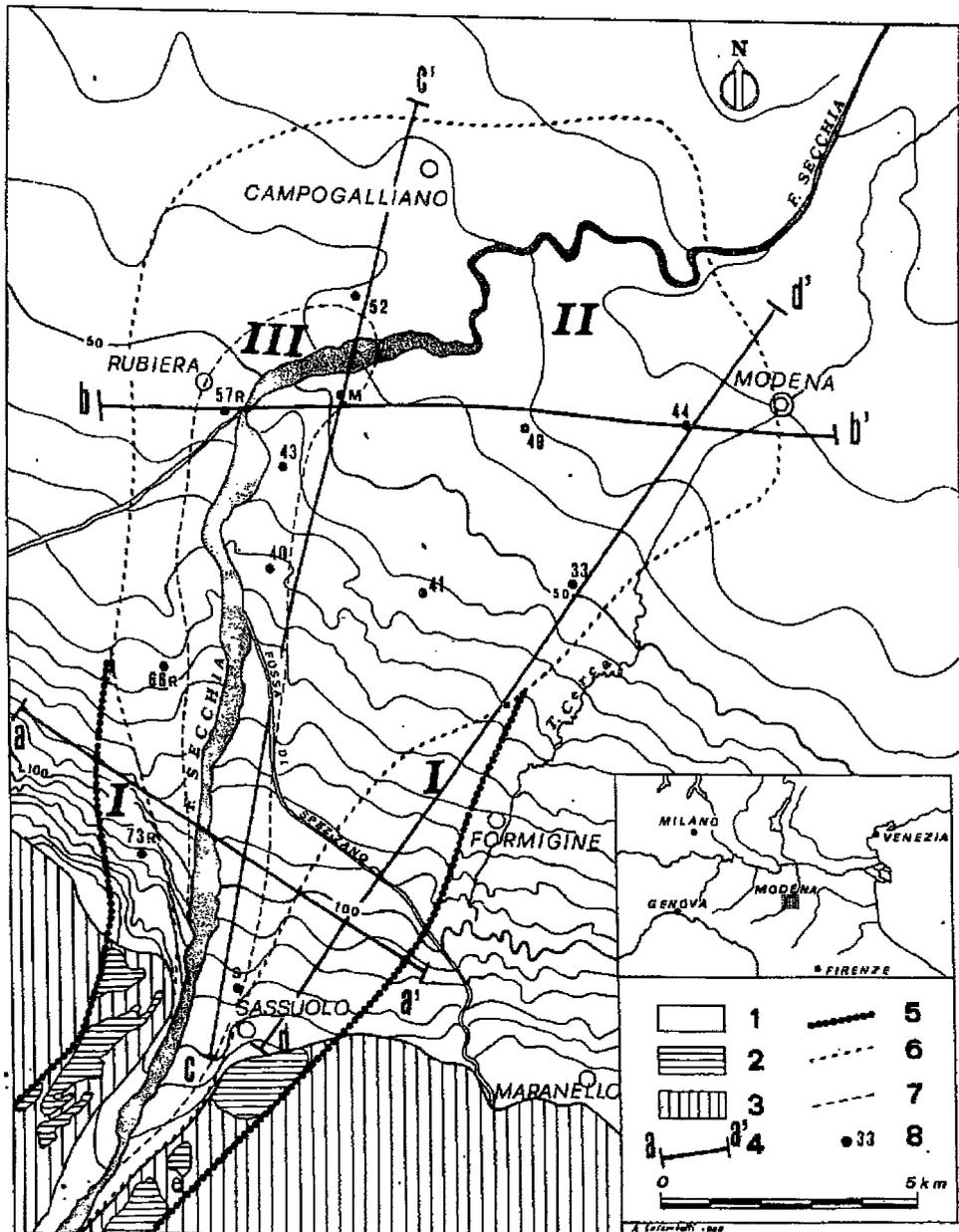
I terreni che costituiscono il primo sottosuolo appartengono alla conoide del F. Secchia.

La conoide (v. tavola allegata), con apice nei pressi di Sassuolo, è asimmetrica rispetto all'attuale corso del fiume, che si trova spostato sul margine occidentale; ha una lunghezza di circa 20 chilometri e una larghezza massima di 14. È una conoide molto piatta, che presenta longitudinalmente una doppia pendenza: nella parte alta, fino a quota 50 metri s.l.m., è mediamente dello 0.7%, in quella terminale, dello 0.3%.

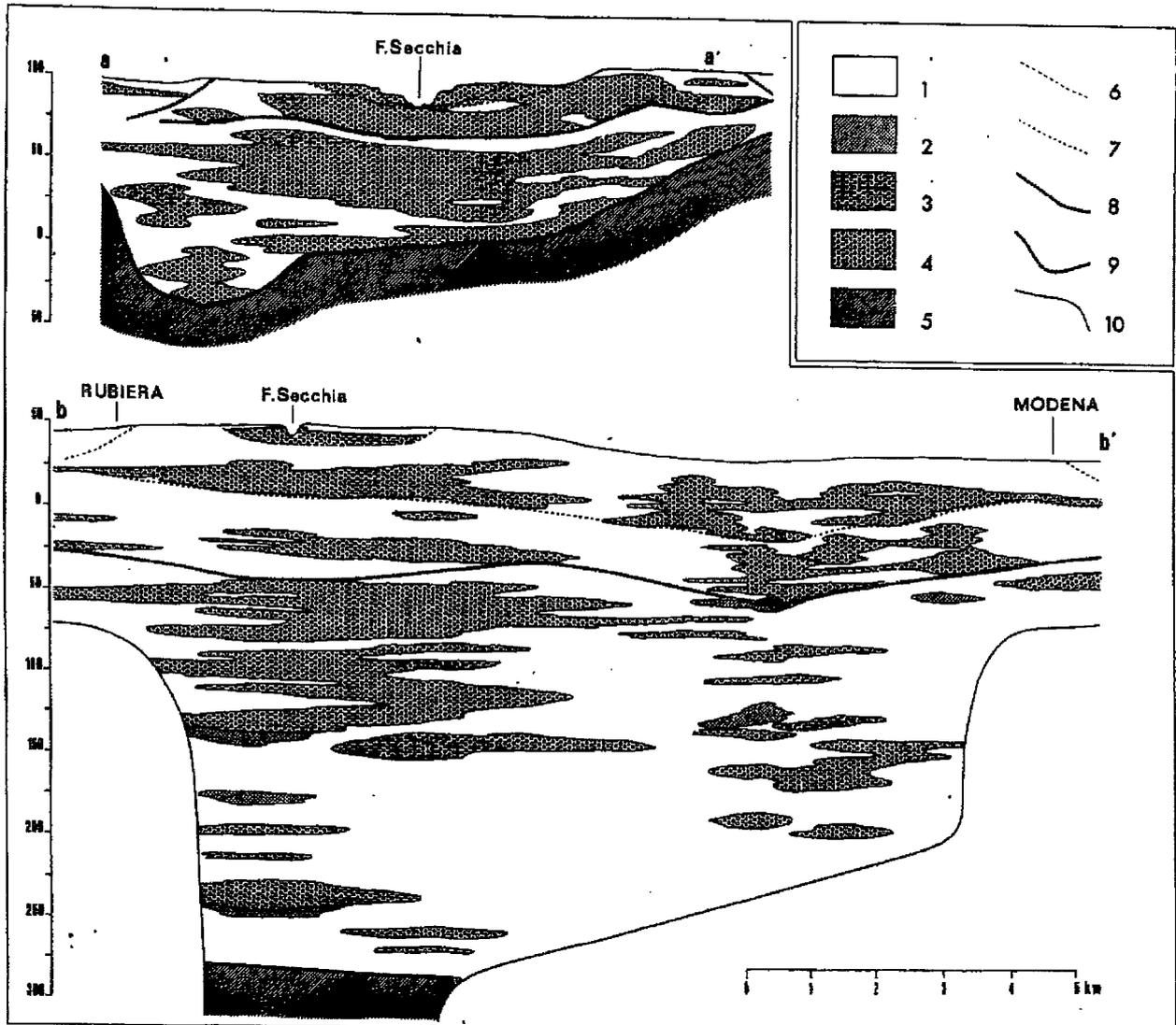
La conoide, poggiante sui sedimenti argillosi marini plio-quadernari, è costituita da quattro unità litologiche sovrapposte, tre riconoscibili in superficie e la quarta sepolta; la più antica unità affiorante (I), che si raccorda con i terrazzi alti della valle del Secchia a sud di Sassuolo, è visibile in due strette fasce ai lati del fiume stesso dove in parte è ricoperta da un paleosuolo rossastro.

L'unità (II) rappresenta il massimo sviluppo areale, longitudinale e trasversale della conoide, mentre l'unità (III) è costituita dai depositi attuali reinciati dal corso d'acqua in questi ultimi anni a causa dell'abbassamento del letto causato dalle ingenti asportazioni di materiale per inerti.

Al di sotto delle tre unità sopradescritte è presente, non riconoscibile in superficie, la parte più antica della conoide che poggia sui sedimenti marini; si tratta dell'unità più ampia e potente che pertanto costituisce il corpo principale della conoide stessa. Nella zona medio-distale della conoide (v. sezione b-b' che attraversa il territorio di Rubiera) nei primi 300 metri di profondità, corrispondente al pacco dei depositi continentali, si ha un'alternanza di livelli ghiaiosi e limo-argillosi in percentuale pressoché uguale. Dall'esame della sezione appare chiaramente come i livelli ghiaiosi siano raggruppati in due zone tra loro separate da un'area a prevalente costituzione



- Planimetria della conoide del F. Secchia. 1) Alta e media pianura costituita da ghiaia, sabbia, limi e argille; 2) terrazzi collinari di vario ordine con suolo ocraceo; 3) formazioni limo-argillose plio-quaternarie del margine collinare; 4) tracce delle sezioni litostratigrafiche; 5) limiti della conoide antica (I); 6) limiti della conoide recente (II); 7) limiti della conoide attuale (III); 8) ubicazione e numero d'ordine dei pozzi delle tabelle 1 e 2; M = pozzo di Marzaglia.



- Sezioni litostratigrafiche trasversali alla conoide del F. Secchia. Depositi fluviali 1) Limi e argille; 2) sabbie a varia granulometria; 3) ghiaie e ciottoli con abbondante matrice limosa per lo più di colore ocraceo; 4) ghiaie a varia granulometria con ciottoli e straterelli di conglomerato; 5) Depositi marini plio-pleistocenici; argille e limi con livelli subordinati di sabbia con ghiaie e conglomerato; 6) limite della conoide attuale (I); 7) limite della conoide recente (II); 8) limite della conoide antica (III); 9) limite fra terreni continentali e marini; 10) limite delle conoscenze.

limo-argillosa. La parte occidentale presenta banchi ghiaiosi regolari con ampio sviluppo laterale; nella parte orientale, invece, questi sono meno potenti e a forma irregolare, con andamenti lenticolari più marcati. Come in precedenza accennato, la conoide risulta costituita da quattro unità, tre delle quali rilevabili in superficie ed una completamente sepolta. Le prime tre sono riconoscibili in campagna, in quanto corrispondono a tre ordini terrazzati e presentano caratteristiche litologiche diverse: ghiaie con paleosuolo rosso nella prima unità, ghiaie ricoperte da sabbie nella seconda e solo ghiaia fresca nella terza. La distinzione dell'unità più antica, quella sepolta, è basata invece sui dati litologici ricavati dalle stratigrafie dei pozzi: in particolare dalla presenza, al tetto dell'unità sepolta, di un livello prevalentemente argilloso pedogenizzato di colore giallo-ocraceo e di straterelli parzialmente cementati solo nei livelli ghiaiosi sottostanti. L'età della conoide alluvionale, in mancanza di riferimenti cronologici precisi, rimane assai incerta, compresa tra il Pleistocene inferiore del basamento marino e l'attuale. Per quanto riguarda le quattro unità in cui è stata divisa la conoide è impossibile assegnare loro una qualsivoglia età; si può solo supporre (ipotesi da verificare possibilmente con esami palinologici) che il livello pedogenizzato, posto alla profondità di circa 60/70 metri, separi i depositi würmiani da quelli più antichi.

L'area in oggetto di studio, posta a contenuta distanza dalla riva sinistra del corso d'acqua, ricade verosimilmente nell'unità III. Secondo studi recenti, effettuati da ricercatori dell'Università di Modena - Istituto di Geologia, i depositi alluvionali che, in questa località, costituiscono il primo sottosuolo (cf. stralcio della Carta Geologica del margine Appenninico e dell'Alta Pianura tra i fiumi Secchia e Panaro in scala 1 : 25.000), sono ascrivibili all'Unità dei corsi d'acqua principali e vengono descritti come “depositi ghiaiosi e sabbiosi delle conoidi pedemontane dei Fiumi Secchia e Panaro: a tetto suoli alluvionali poco evoluti”. Datati al Neolitico-Romano (4b in carta) essi vengono a contatto ad oriente con depositi posteriori alle opere di difesa spondali costruite tra il XV-XVI e il XX secolo (2b), di cui si dice che si tratta di “depositi sabbiosi e limosi delle aree golenali e degli alvei abbandonati”.

La carta della “Litologia di superficie e isobate del tetto del primo livello ghiaioso” evidenzia che in quest’area, come più estesamente a sud di Rubiera, nel primo sottosuolo vi sarebbero in prevalenza “sabbie e terreni prevalentemente sabbiosi”, con tetto delle ghiaie altresì posto ad una profondità di oltre 20 metri, a loro volta però direttamente affioranti nella fascia che ad oriente separa l’area in esame dalla riva sinistra del fiume (cf. stralcio).

In realtà le indagini penetrometriche statiche, appositamente effettuate per accertare la reale natura del terreno, hanno sì riscontrato l’esistenza di materiali mediamente fini, limi ed argille che annettono livelli di sabbie limose e sabbie ma già a partire da una profondità minima di 10 m banchi di ghiaia ad elevato grado di addensamento, tali da aver ben presto impedito la prosecuzione delle indagini. Vero è però che, in base ad esse, si presume che, in questa zona, il tetto delle ghiaie si approfondisca spostandoci in direzione del fiume (in CPT2 ghiaie ad oltre 13 m dal p.c. di inizio prova).

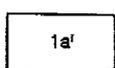
Per quanto concerne la coltre superficiale, le prove hanno più precisamente riscontrato che sino alla profondità di circa tre metri il terreno presenta un grado di consolidazione abbastanza elevato. In sintonia con le indicazioni della citata carta della “Litologia di superficie e isobate del tetto del primo livello ghiaioso” è un materiale che alla frazione coesiva associa una preponderante natura granulare: si tratterebbe infatti in prevalenza di argille sabbioso limose e sabbie argilloso limose.

Da 3 m sino a 5.5÷6 m sono poi presenti terreni con un grado di consolidazione modesto costituiti soprattutto da argille ad elevata componente organica e torbosa.

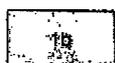
Da 5.5÷6 m sino alla profondità di 9÷9.5 m, pur trattandosi in prevalenza sempre di argille talora organiche, vi è un incremento del grado di addensamento. Da 9÷9.5 m, sino alla profondità delle ghiaie, il deposito alluvionale è più eterogeneo; preponderanza di livelli sabbiosi in CPT1, argille con un grado di consolidazione modesto, tra 11 m e 13 m, in CPT2. Le ghiaie che, oltre 11.5÷13 m, sono state successivamente individuate dalle indagini, come sottolineato, risultano molto addensate, tali da aver appunto impedito l’ulteriore prosecuzione delle prospezioni penetrometriche.

CARTA GEOLOGICA DEL MARGINE APPENNINICO E DELL'ALTA PIANURA TRA I FIUMI SECCHIA E PANARO

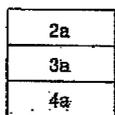
SCALA 1:25000



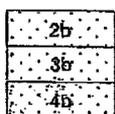
1a' Depositi terrazzati negli alvei attuali: ghiaie e sabbie, prevalenti, dei fiumi principali; limi e sabbie, prevalenti, degli alvei minori, comprensivi dei depositi limo-argillosi colluviali ad essi talora sovrapposti.
Età: *Attuale*.



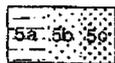
1b Riempimento degli alvei minori relitti: sedimenti limo-sabbiosi di prevalente origine colluviale.
Età: *Attuale*.



Unità dei corsi d'acqua minori: depositi di conoidi alluvionale limo-sabbiosi e argillosi e sabbioso-limosi con lenti di ghiaie; a tetto suoli alluvionali poco evoluti(*):
2a posteriori alle opere di difesa spondali costruite tra il XV-XVI e il XX secolo. Età: *XV-XX secolo*.
3a ricoprenti evidenze archeologiche di età romana. Età: *Medioevo*.
4a alla base materiali archeologici neolitici e a tetto o in superficie materiali archeologici dell'Età del bronzo e romana. Età: *Neolitico - Romano*.



Unità dei corsi d'acqua principali: depositi ghiaiosi e sabbiosi delle conoidi pedemontane dei fiumi Secchia e Panaro; a tetto suoli alluvionali poco evoluti:
2b posteriori alle opere di difesa spondali costruite tra il XV-XVI e il XX secolo. L'Unità comprende i depositi sabbiosi e limosi delle aree golenali e degli alvei abbandonati. Età: *XV-XX secolo*.
3b Età: *Medioevo*.
4b Età: *Neolitico - Romano*.



Pianura alluvionale: depositi argillosi (a), limosi (b) e sabbiosi (c) stratificati o massivi, di prevalente accrescimento verticale nella piana alluvionale, costituenti anche dossi fluviali, argini naturali e ventagli di esondazione. Sono laterali e coevi a: 3a, 4a, 3b, 4b. A tetto suoli alluvionali poco evoluti.
Età: *Neolitico - Medioevo*.

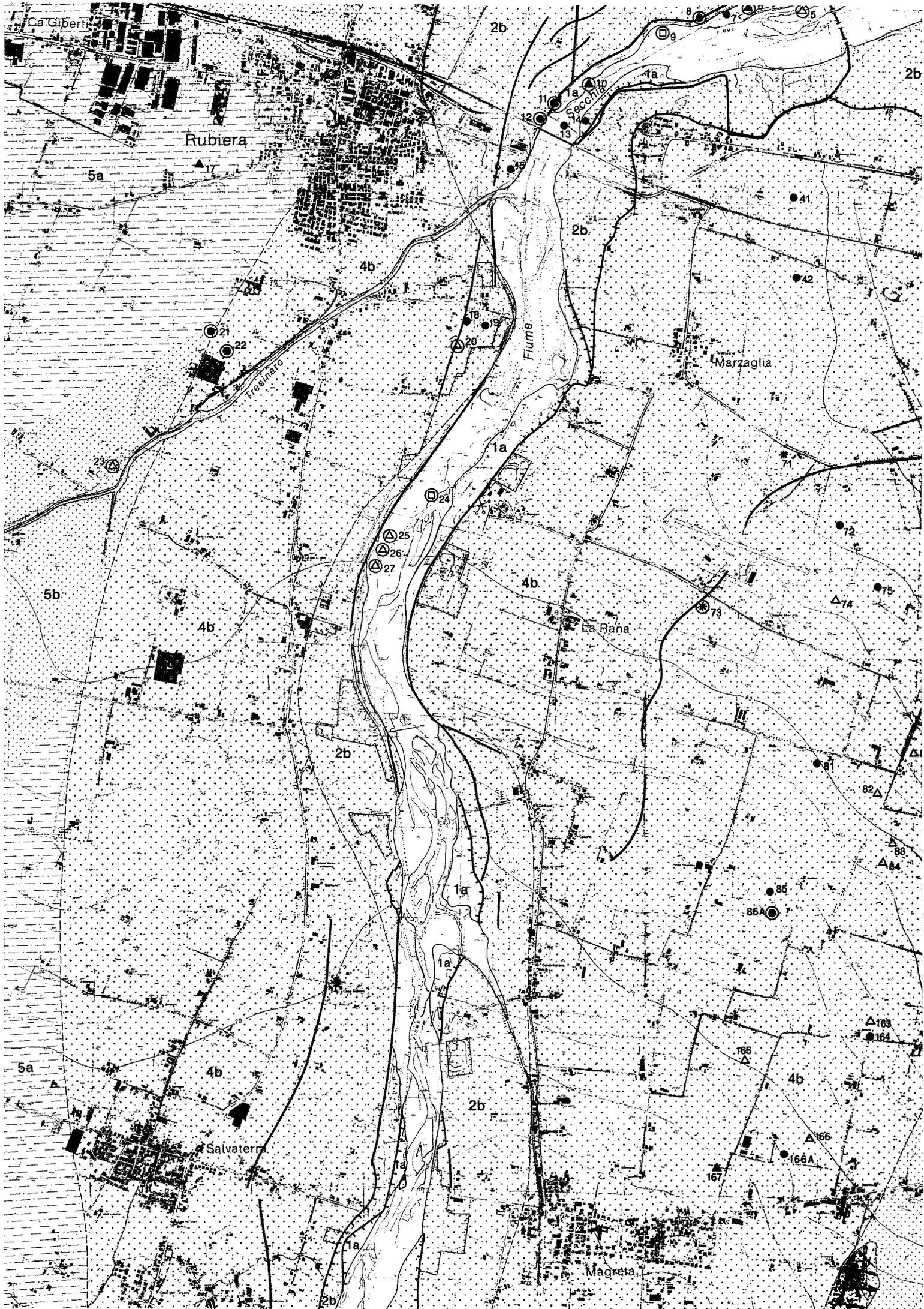
DATI STRUTTURALI

	Principali accumuli di frana
	Paleofrane
	Depositi colluviali
	Colate delle "salse"
	Conoidi alluvionali dei corsi d'acqua minori
	Principali paleoalvei individuati dalla morfologia (dossi) (a) e dalle fotografie aeree (b), in 5.
	Orli di scarpate
	Opere di difesa spondali: argini in rilevato e in muratura o cemento; argini delle casse in espansione.
	Cave di ghiaia e "argille": il colore indica l'Unità affiorante al loro interno.
	Salse, emergenze di acque salate di fondo e/o idrocarburi per lo più gassosi
	Assetto degli strati: inclinati, orizzontali, verticali.
	Faglie e loro probabile prosecuzione.

CENSIMENTO DELLE PRESENZE ARCHEOLOGICHE

In superficie (fino a m 1 dal p.s.)	Sepolti	In posizione non conosciuta	Età
*	⊗	⊙	Medioevo
●	⊙	⊙	Età romana presenza isolata area urbana (Mutina) area suburbana e necropoli di Mutina
△	⊙	⊙	Età del ferro
▲	⊙	⊙	Età del bronzo
□	⊙	⊙	Neolitico-Neolitico
■	⊙	⊙	Paleolitico

La numerazione fa riferimento al censimento delle presenze archeologiche riportate nel testo. La diversa densità dei siti archeologici riportati deriva da una non omogenea esplorazione sistematica.



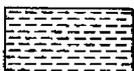
LITOLOGIA DI SUPERFICIE E ISOBATE DEL TETTO DEL PRIMO LIVELLO GHIAIOSO



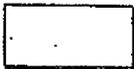
GHIAIE E TERRENI PREVALENTEMENTE GHIAIOSI



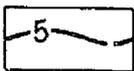
SABBIE E TERRENI PREVALENTEMENTE SABBIOSI



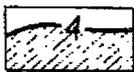
LIMI E TERRENI PREVALENTEMENTE LIMOSI



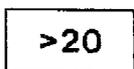
ARGILLE E TERRENI PREVALENTEMENTE ARGILLOSI



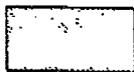
ISOBATE DEL TETTO DELLE GHIAIE E LORO ANDAMENTO PRESUNTO
(il valore 0 coincide sempre con il limite litologico)



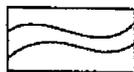
LENTI SUPERFICIALI DI GHIAIA AL DI SOPRA DEL TETTO INDIVIDUATO DALLE ISOBATE



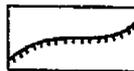
PROFONDITÀ DEL TETTO DELLE GHIAIE MAGGIORE DI m 20 DAL PIANO CAMPAGNA



AREE CON LENTI DI GHIAIA NON ANASTOMIZZANTISI E CHE QUINDI NON COSTITUISCONO UNA SUPERFICIE CONTINUA



ALVEO FLUVIALE

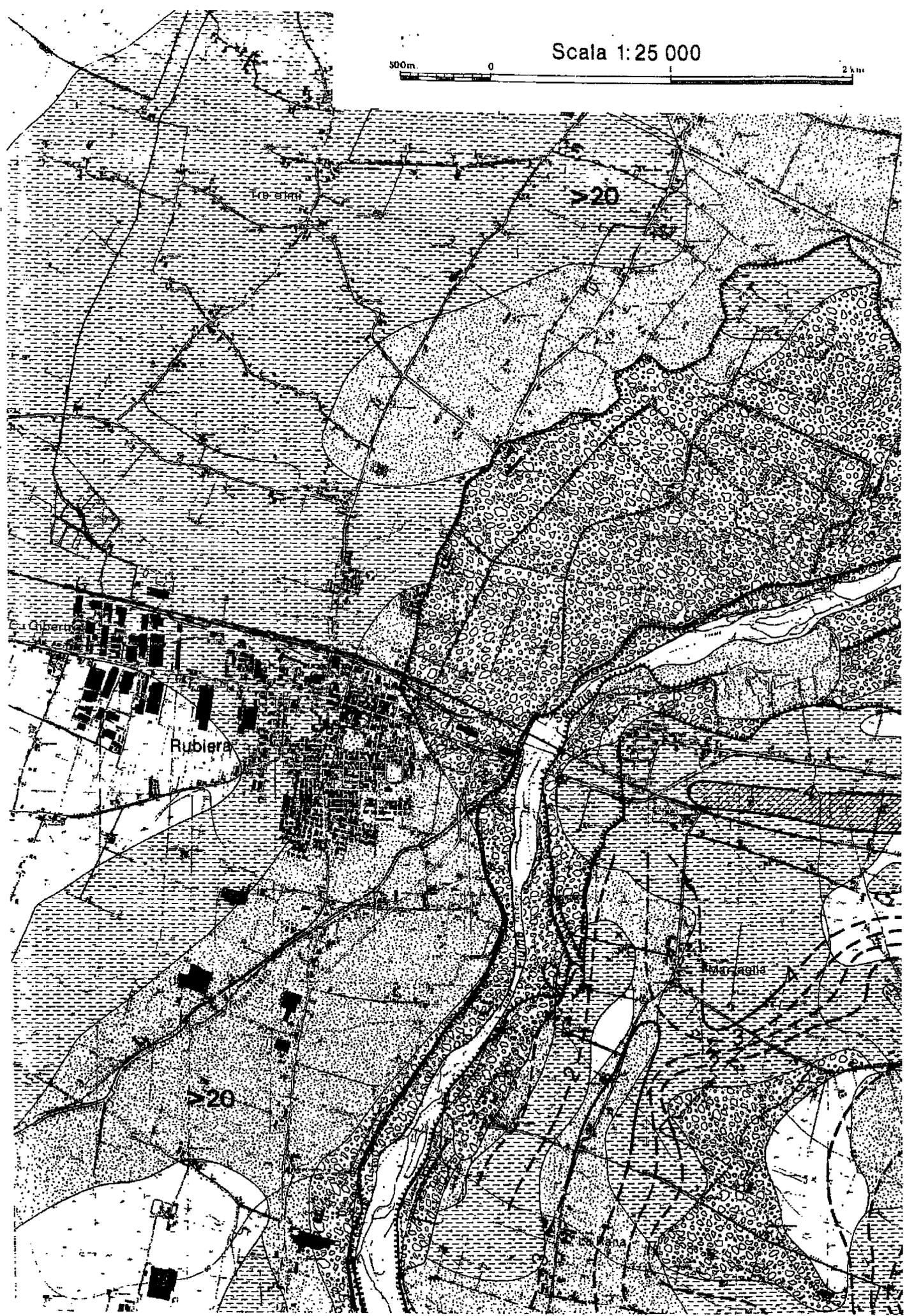
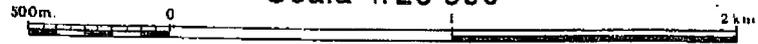


ORLI DI SCARPATE



LIMITE DELL'ALTA PIANURA

Scala 1:25 000



100 m

>20

Ca. Giberto

Rubiera

>20

100 m

Lo spessore delle ghiaie dovrebbe essere verificato in sito; si tenga presente che a settentrione, a supporto di un precedente studio, un carotaggio ne ha quantificato uno spessore di una decina di metri. Nella fattispecie invece, in base a una stratigrafia di un pozzo, giacente presso il catasto pozzi della Regione, perforato a sud, si può ipotizzarne uno spessore anche ben inferiore (3÷3.5 m).

Del resto, il sondaggio sismico a rifrazione eseguito in questa posizione segnala un incremento delle velocità solo oltre 20 m; banchi di ghiaia o quanto meno in matrice, sufficientemente potenti, sede eventualmente del primo acquifero, in sintonia con quanto riportato dalla più volte citata carta della “Litologia di superficie e isobate del tetto del primo livello ghiaioso”, sarebbero infatti solo a questa profondità presenti.

In relazione alla presenza d’acqua nel primo sottosuolo, nel corso delle indagini ne è stata riscontrata l’esistenza solo a fondo foro in CPT2, quindi ben oltre i 13 m dal piano campagna.

Si tenga infine presente che, nel territorio, le stratigrafie dei pozzi individuano acquiferi tra 20÷30 m, 60÷70 m e oltre i 100 m.

4. METODOLOGIA D’INDAGINE

Le caratteristiche litologiche e geomeccaniche del primo sottosuolo sono state determinate interpretando i dati ricavati da due indagini penetrometriche. Le *penetrometrie* sono state eseguite utilizzando un penetrometro tipo GOUDA da 10 t montato sul cassone di un Defender pick-up.

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 dell'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):

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

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

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto R_p/R_L fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di R_p e del rapporto $FR = (R_L/R_p) \%$ (esperienze di Schmertmann - 1978). Sempre con riferimento alle prove penetrometriche statiche CPT, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace 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 LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI

Le indagini penetrometriche consentono di ricostruire, per i vari strati, le caratteristiche litologiche ed i parametri geotecnici:

PROVA PENETROMETRICA CPT1

Nr.	Profondità (m)	Peso Unità di Volume [kN/m ³]	Peso Unità di Volume saturo [kN/m ³]	Fi (°)	Cu [kPa]	c' [kPa]	Mo [kPa]	E' (°)	Descrizione litologica
1	Da 0 a 3	18.14	19.12	22	68.64	14.71	6864	5883	Argille sabbioso limose e sabbie argilloso limose
2	Da 3 a 5.5	18.14	19.12	18	58.83	9.81	5883	4903	Argille ad elevata componente organica e torbosa
3	Da 5.5 a 9.5	18.63	19.61	20	88.25	19.61	8825	7845	Argille talora organiche molto consistenti con livelli di sabbie limose e sabbie
4	Da 9.5 a 11.5	18.14	19.12	25	0	0	9806	8825	Sabbie limose, sabbie e piccole ghiaie in scarsa matrice limo argillosa
5	Oltre 11.5	19.61	19.61	35	0	0	19613	14710	Sabbie e ghiaie addensate

PROVA PENETROMETRICA CPT2

Nr.	Profondità (m)	Peso Unità di Volume [kN/m ³]	Peso Unità di Volume saturo [kN/m ³]	Fi (°)	Cu [kPa]	c' [kPa]	Mo [kPa]	E' (°)	Descrizione litologica
1	Da 0 a 3	18.14	19.12	22	68.64	14.71	6864	5883	Argille sabbioso limose e sabbie argilloso limose
2	Da 3 a 6	18.14	19.12	18	58.83	9.81	5883	4903	Argille talora organiche
3	Da 6 a 9.5	18.63	19.61	20	88.25	19.61	8825	7845	Argille molto consistenti
4	Da 9.5 a 13	18.14	19.12	18	58.83	9.81	5883	4903	Argille ed argille sabbioso limose con livelli di sabbie e piccole ghiaie
5	Oltre 13	19.61	19.61	35	0	0	19613	14710	Sabbie e ghiaie addensate

dove: γ = peso di volume; γ_{sat} = peso di volume saturo; Cu = coesione non drenata; c' = coesione efficace; ϕ' = angolo di attrito; Mo = modulo edometrico; E = modulo elastico.

6. 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 201SO – Rubiera che, nel caso del "reticolo naturale principale e secondario", nella fascia di territorio compreso tra il T. Tresinaro ed il F. Secchia, annettendo anche l'area presa qui in esame, non individuano elementi di pericolosità e di rischio.

Altresì vero che scenari di pericolosità, contrassegnati con le sigle P1-L, P2-M e P3-H, in successione aree con “scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi”, media probabilità e quindi con “alluvioni poco frequenti e tempo di ritorno di 100-200 anni” ed elevata probabilità di “alluvioni frequenti con tempi di ritorno fra 20 e 50 anni”, vengono segnalati, sia ad occidente sia ad oriente in direzione degli alvei dei corsi d’acqua, nella fattispecie quello del F. Secchia, qui ad una distanza di soli 200 m.

Anche la Mappa di Rischio individua scenari che, ad occidente ed ad oriente del terreno esaminato, individuano aree di rischio moderato o nullo (R1), poi medio (R2) ed infine, nella zona prossima all’alveo, elevato (R3) e molto elevato (R4).

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 rientra in una classe di rischio moderato o nullo R1 con ad oriente e a sud, aree a rischio medio (R2), attualmente sede di attività produttive.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1 - per l'area esaminata dovrà essere tenuta almeno alla medesima quota di quelle esistenti, già più alta rispetto a quella dell'originale piano campagna di oltre mezzo metro, di per stessa quindi meno esposta ad eventuali eventi che possano comportare un allagamento;

2 - così operando, le strutture in elevazione, in relazione anche al corretto utilizzo di idonee malte cementizie, saranno ancor più tutelate dalla risalita dell'acqua di falda per via capillare.

3 - in tal senso, occorre sottolineare che la falda è molto profonda con sede entro i primi banchi di ghiaia dalle penetrometrie individuate ben oltre la profondità di 10 m, tale quindi da non poter interferire con il piano d'appoggio di eventuali fondazioni;

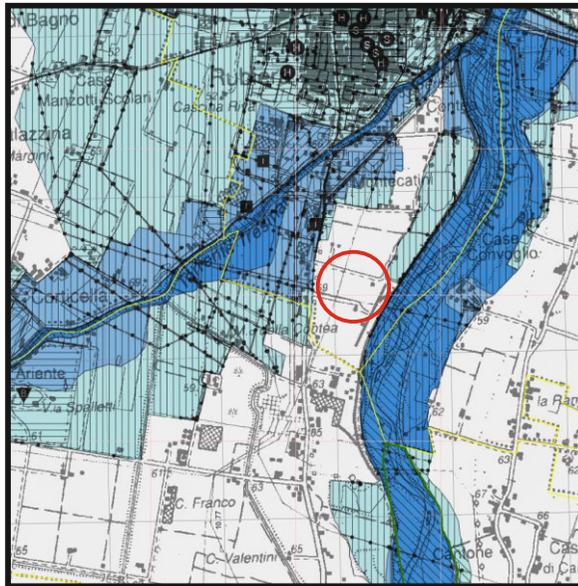
5 - in relazione a quanto riportato dal punto a.3, per favorire il rapido deflusso delle acque di esondazione, si dovrà infine aver cura di verificare la costante efficienza della rete scolante.

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

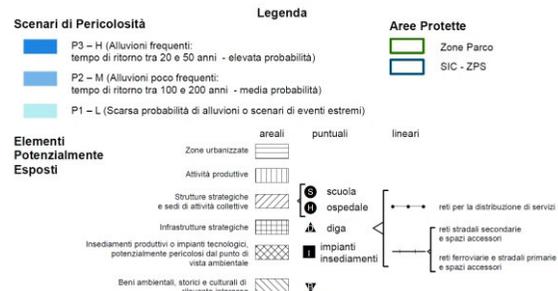
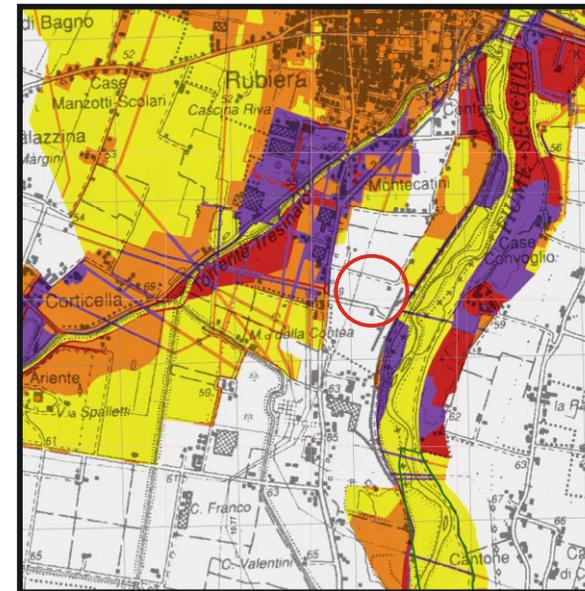
Ambito territoriale: Reticolo naturale principale e secondario
 Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

201SO - RUBIERA

MAPPA PERICOLOSITÀ



MAPPA RISCHIO

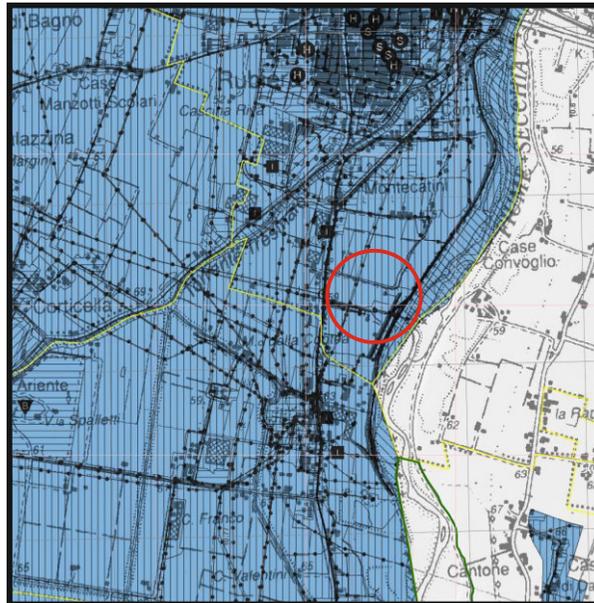


Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni
Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti
(art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

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

201SO - RUBIERA

MAPPA PERICOLOSITÀ



Scenari di Pericolosità

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

Legenda

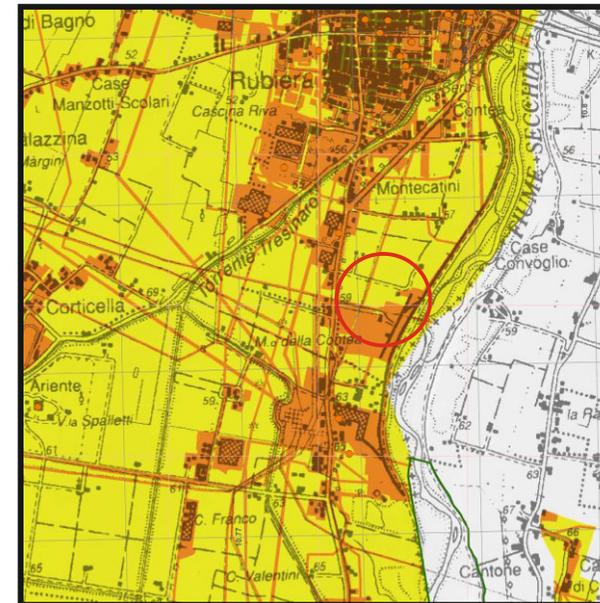
Aree Protette

- Zone Parco
- SIC - ZPS

Elementi Potenzialmente Esposti

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

MAPPA RISCHIO



Legenda

Aree Protette

- Zone Parco
- SIC - ZPS

Classi di Rischio

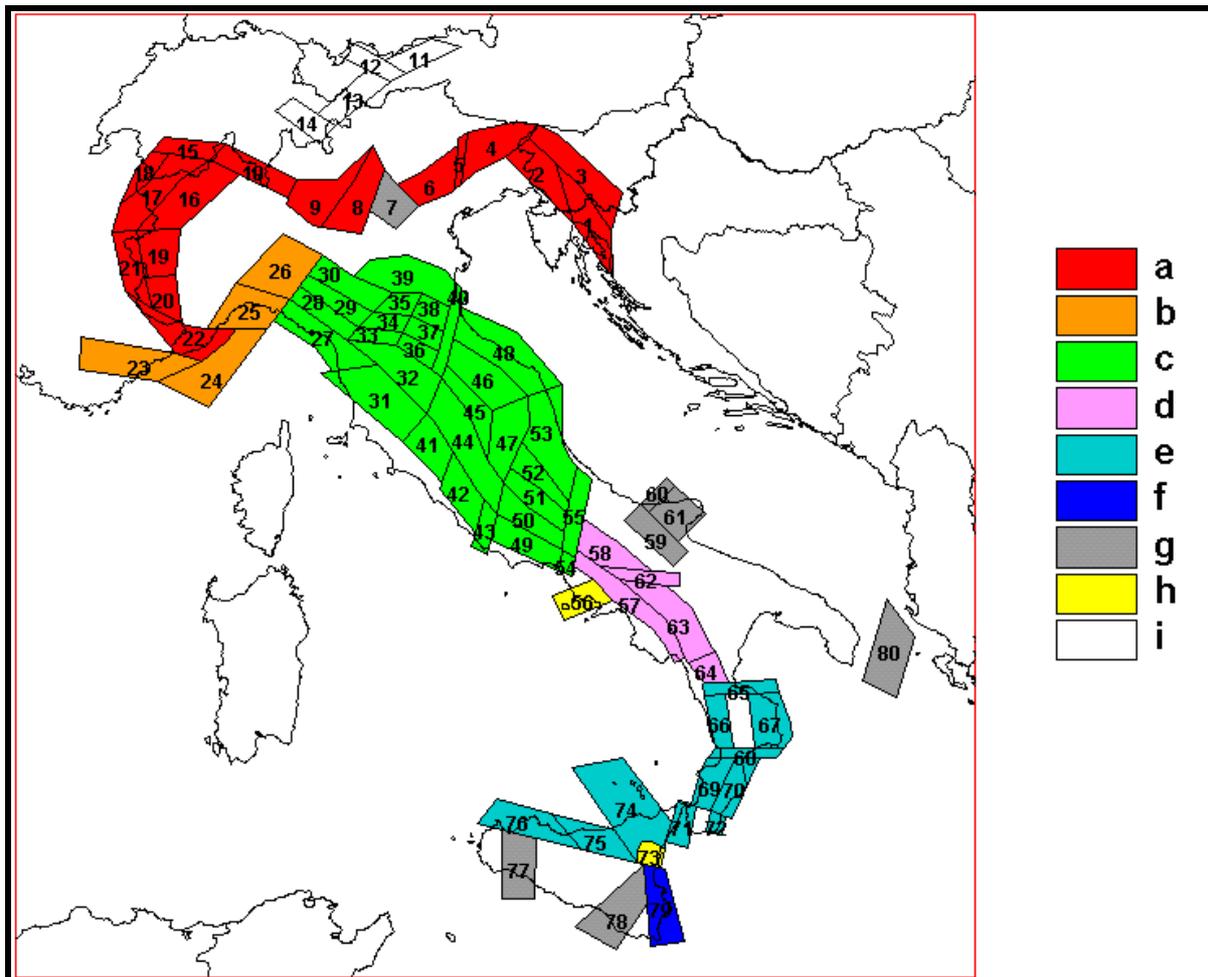
- R1** (rischio moderato o nullo)
- R2** (rischio medio)
- R3** (rischio elevato)
- R4** (rischio molto elevato)

- | | puntuali | lineari | areali |
|----|----------|---------|--------|
| R1 | | | |
| R2 | | | |
| R3 | | | |
| R4 | | | |

7. 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 30, 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).

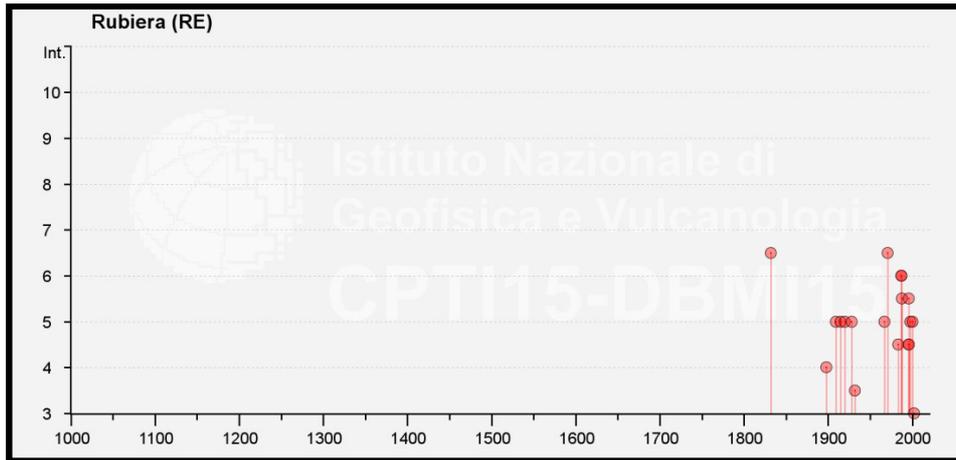
Storia sismica di Rubiera (RE)

[44.653, 10.783]

Osservazioni disponibili: 28

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	Io	Mw
6-7	1832	03	13	03	30		Reggiano	7-8	5.51
NF	1895	05	12	20	29		Reggiano	4-5	3.98
NF	1898	01	16	13	10		Romagna settentrionale	6	4.59
4	1898	03	04	21	05		Parmense	7-8	5.37
NF	1898	03	09	11	43		Romagna settentrionale	6	4.59
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	6-7	5.36
NF	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	7-8	5.34
5	1915	10	10	23	10		Reggiano	6	4.87
5	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	10	6.53
5	1928	06	13	08			Carpi	6	4.67
3-4	1932	04	19	00	17		Modenese	4	3.63
NF	1937	09	17	12	19	0	Parmense	7	4.77
NF	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	5	4.17
5	1967	04	03	16	36	1	Reggiano	5	4.44
6-7	1971	07	15	01	33	2	Parmense	8	5.51
4-5	1983	11	09	16	29	5	Parmense	6-7	5.04
NF	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
5-6	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	6	4.57
1-2	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	7	4.82
5-6	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	7	5.38
4-5	1996	10	26	04	56	5	Pianura emiliana	5-6	3.94
4-5	1996	10	26	06	50	2	Pianura emiliana	5-6	3.63
5	1998	02	21	02	21	1	Pianura emiliana	5	3.93
5	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	5-6	4.40
3	2002	06	18	22	23	3	Frignano	4	4.30
2	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	5	4.21

Intendendo: Int = Intensità al sito (MCS); Io = Intensità epicentrale (MCS); Mw = Magnitudo



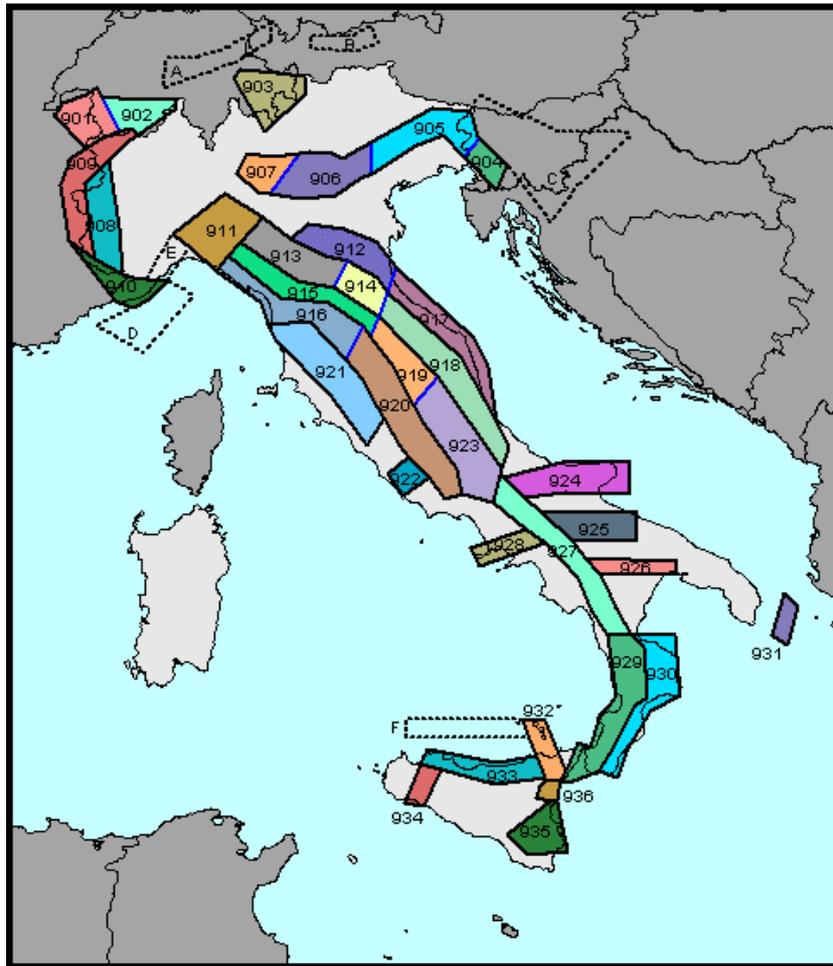
eventi della precedente tabella nel rapporto tra anni (in ascisse) ed intensità sismica (in ordinate)

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 Rubiera, secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (progetto a cura di C. Meletti e G. Valensise del marzo 2004) è incluso nella zona 913, al passaggio, verso settentrione, con la zona 912 (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 Rubiera, 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 0.162.



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).

Nei primi 30 m, sono stati rispettivamente ottenuti i seguenti valori:

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO
$V_S = 144$ m/sec	$V_S = 153$ m/sec	$V_S = 170$ m/sec
d = 0.7 m	d = 2.2 m	d = 4.7 m

4° STRATO	5° STRATO	6° STRATO	7° STRATO
$V_S = 229$ m/sec	$V_S = 223$ m/sec	$V_S = 315$ m/sec	$V_S = 343$ m/sec
d = 5.8 m	d = 6.6 m	d = 9.4 m	d = 0.6 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:

$$V_{S30} = 225 \text{ m/sec}$$

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.

8. 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. P9b “Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento” prodotta a corredo del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell’Emilia e sulla tav. dei livelli di approfondimento prodotta a corredo del PSC di Rubiera, i terreni in esame necessitano di analisi semplificata di II livello.

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

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

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

SI1: 0.1-0.5 sec

SI2: 0.5-1.0 sec

SI3: 0.5-1.5 sec

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

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

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

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5
F.A. SI1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	3.1	3.0	2.7	2.4	2.1	2.0
F.A. SI3	3.6	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0

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

In base al valore di Vs30 di 225 m/s, ottenuto estrapolando i dati dall'analisi di sismica a rifrazione tipo MASW, si ritiene opportuno adottare i seguenti fattori di amplificazione:

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

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

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

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

9. RISPOSTA SISMICA LOCALE

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.

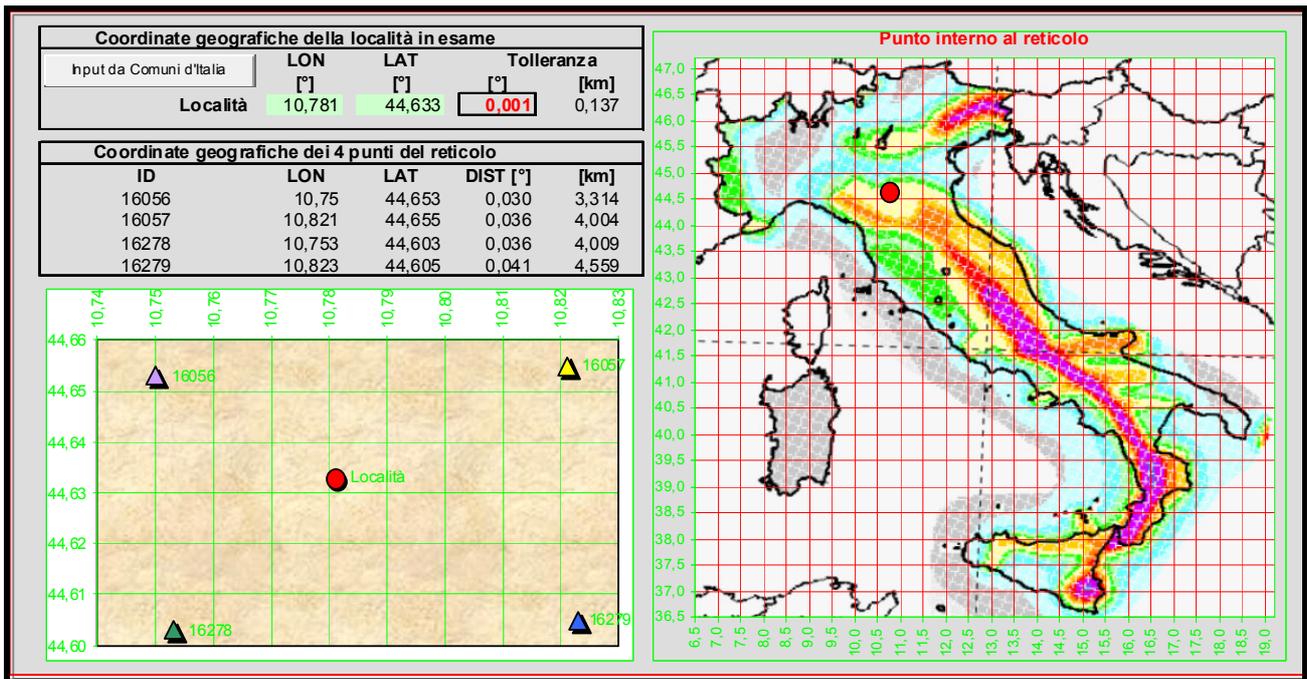
Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

- 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 <input type="text" value="50"/> [anni]
Classe d'uso	C_U <input type="text" value="II"/>
Vita di riferimento	V_R 50 [anni]
CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO	
Topografia	<input type="text" value="T1"/>
Coeff. topografico	S_T 1,0
Categoria suolo	<input type="text" value="C"/>

	SL	P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_C^*	S	Tb	T_C	T_D	F_v
sle	Operatività	81%	30	0,497	2,47	0,25	1,50	0,14	0,41	1,80	0,74
sle	Danno	63%	50	0,617	2,50	0,27	1,50	0,15	0,44	1,85	0,84
slu	Salv. Vita	10%	475	1,618	2,38	0,29	1,47	0,15	0,46	2,25	1,29
slu	Collasso	5%	975	2,074	2,38	0,31	1,40	0,16	0,48	2,43	1,47

I valori dei principali parametri sismici (a_g , F_0 , T_c^*) riferiti all'area in oggetto al TR = 475 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita esplicitati sono:

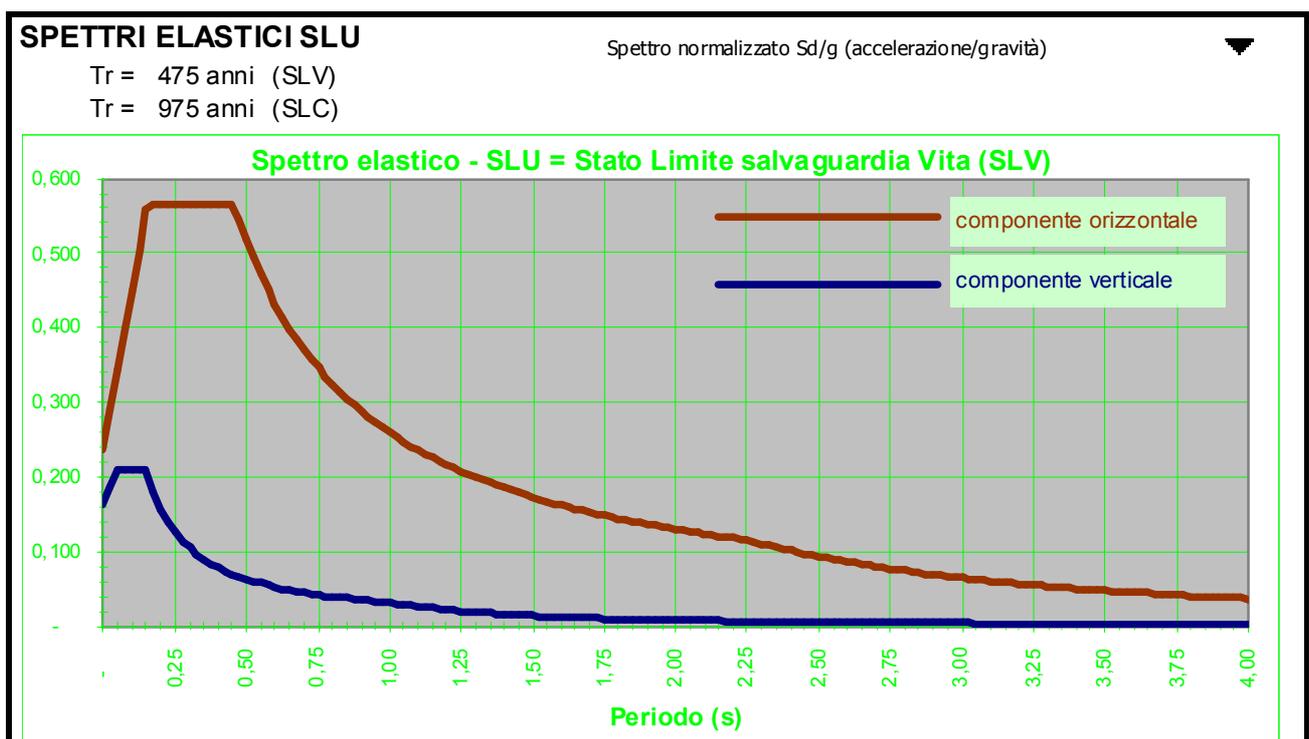
$$a_g = a_g/g = 1.618 / 9.81 = 0.165$$

$$F_0 = 2.38$$

$$T_c^* = 0.29$$

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

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



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

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

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	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Nel caso in esame potrà essere assunto:

VN 50 anni - Classe d'Uso II

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

$S_s = 1.47$ - Categoria sottosuolo C

$S_t = 1.0$ - Categoria topografica T1

$a_g = 0.165 \cdot g$

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.47 \cdot 1.0 \cdot 0.165 = 0.242 \cdot g.$$

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

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

11. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini penetrometriche statiche, appositamente effettuate per accertare la reale natura del primo sottosuolo, hanno riscontrato che sino alla profondità di circa tre metri il terreno presenta un grado di consolidazione abbastanza elevato. In sintonia con le indicazioni della carta della “Litologia di superficie e isobate del tetto del primo livello ghiaioso” è un materiale che alla frazione coesiva associa una preponderante natura granulare: si tratterebbe infatti in prevalenza di argille sabbioso limose e sabbie argilloso limose. Da 3 m sino a 5.5÷6 m sono poi presenti terreni con un grado di consolidazione modesto costituiti soprattutto da argille ad elevata componente organica e torbosa. Da 5.5÷6 m sino alla profondità di 9÷9.5 m, pur trattandosi in prevalenza sempre di argille talora organiche, vi è un incremento del grado di addensamento. Da 9÷9.5 m, sino alla profondità delle ghiaie, il deposito alluvionale è più eterogeneo; preponderanza di livelli sabbiosi in CPT1, argille con un grado di consolidazione modesto, tra 11 m e 13 m, in CPT2. Le ghiaie che, oltre 11.5÷13 m, sono state successivamente individuate dalle indagini risultano molto addensate, tali da aver impedito l’ulteriore prosecuzione delle prospezioni penetrometriche.

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, supportati dalle risultanze di una specifica indagine sismica a rifrazione tipo MASW, è stata ottenuta una velocità di 225 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. P9b “Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento” prodotta a corredo del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell’Emilia e sulla tav. dei livelli di approfondimento prodotta a corredo del PSC di Rubiera, i terreni in esame necessitano di analisi semplificata di II livello.

In base al valore di Vs30 di 225 m/s, ottenuto estrapolando i dati dall'analisi di sismica a rifrazione tipo MASW, si ritiene pertanto opportuno adottare i seguenti fattori di amplificazione:

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

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

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

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

Mediante l'utilizzo di un apposito programma per il "Calcolo dello Spettro Sismico", ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito, si è proceduto poi al calcolo del valore dei parametri a_g , F_o e T_c^* per la definizione dell'Azione Sismica locale. Riferiti all'area in oggetto, al TR = 475 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati invece ottenuti i seguenti valori: $a_g = a_g/g = 1.618 / 9.81 = 0.165$; $F_o = 2.38$; $T_c^* = 0.29$.

Elaborando i dati, il programma ha prodotto gli spettri elastici SLU; è stata inoltre calcolata l'accelerazione massima attesa al sito di $a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.47 \cdot 1.0 \cdot 0.165 = 0.242 \cdot g$.

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

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

Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con le indagini 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') e del modulo edometrico (M_o) ed 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.

Nei fori di sonda delle indagini è stata accertata presenza d'acqua solo oltre i 13 m, entro le ghiaie raggiunte dalla penetrometria CPT2. Il primo acquifero, a cui traggono alimento i pozzi della zona, è del resto situato oltre i 20÷30 m.

Pur escludendone la presenza e quindi un'interferenza con eventuali strutture fondali, si ritiene opportuno che tutte le acque meteoriche e di scarico vengano raccolte ad allontanate, utilizzando tubazioni e raccordi a perfetta tenuta, in direzione della rete drenante principale. Si è altresì sottolineato in perizia che, in relazione al rischio idraulico, l'area dovrà adeguarsi a quella della viabilità esterna e delle aree limitrofe sede di attività produttiva, di per se stesse già meno esposte ad eventi di questo tipo.

Nel rispetto di quanto in precedenza esposto e delle disposizioni delle leggi vigenti, siano esse nazionali che regionali (D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”), che prescrivono un'attenta verifica in funzione delle caratteristiche del primo sottosuolo, si attesta l'idoneità dell'area ai fini edilizi e si concede quindi parere geologico favorevole.

Scandiano, ottobre 2018



ALLEGATI



A) UBICAZIONE INDAGINI

B) PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
(effettuate con penetrometro statico tipo GOUDA da 10 t)

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

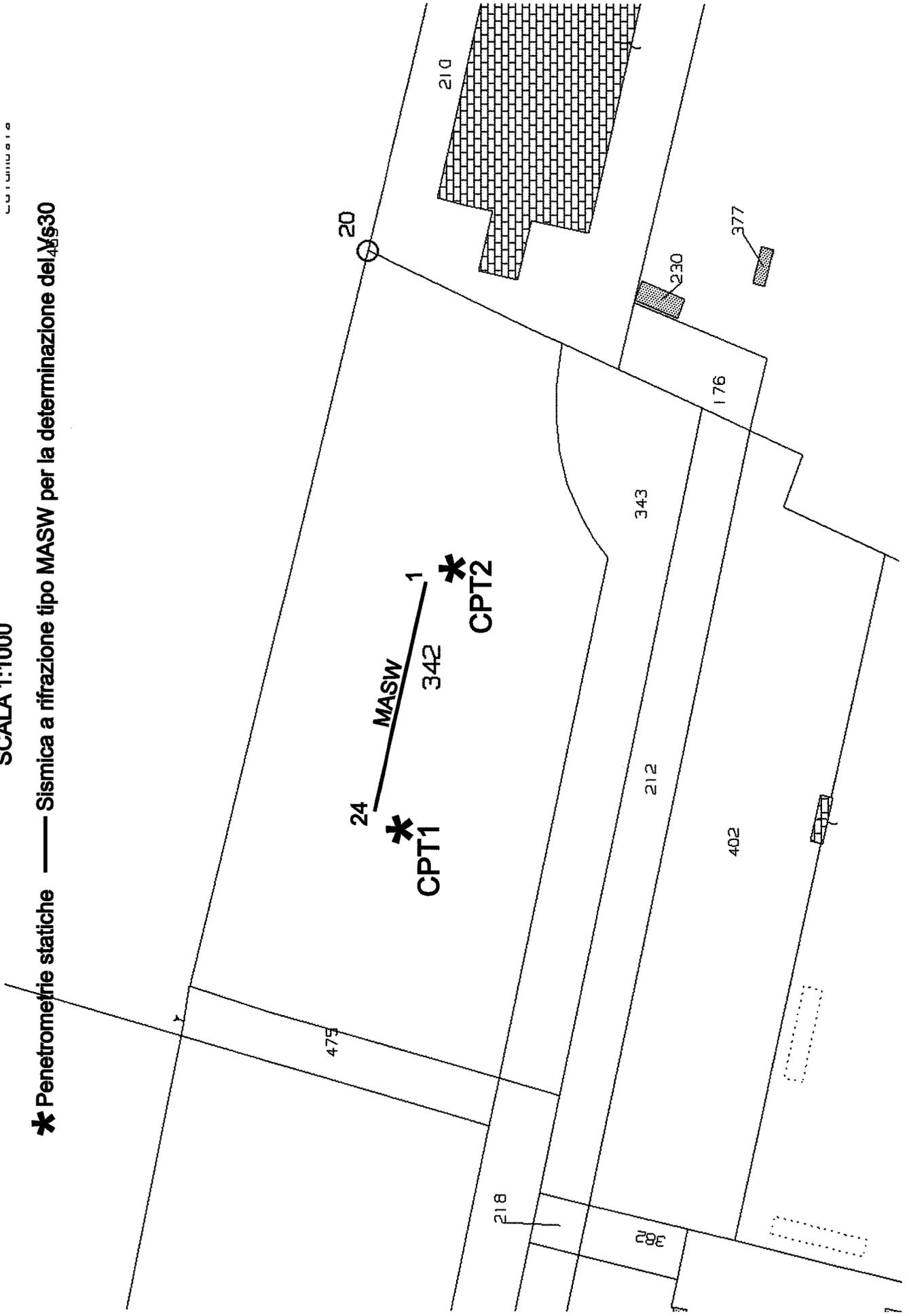
D) VERIFICA A LIQUEFAZIONE
(eseguita con il programma Liquiter della Ditta Geostru)

UBICAZIONE INDAGINI

SCALA 1:1000

UNIVERSITÀ

★ Penetrometrie statiche — Sismica a rifrazione tipo MASW per la determinazione della V_p 30



- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE -



DIAGRAMMI DI RESISTENZA

-

TABELLE E VALORI DI RESISTENZA

-

VALUTAZIONI LITOLOGICHE

-

PARAMETRI GEOTECNICI

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

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

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

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (MegaPascal) = 1 MN/m² = 1000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t / m² = 10 kg/cm²

kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 Mpa

1 t = 1000 kg \approx 10 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.

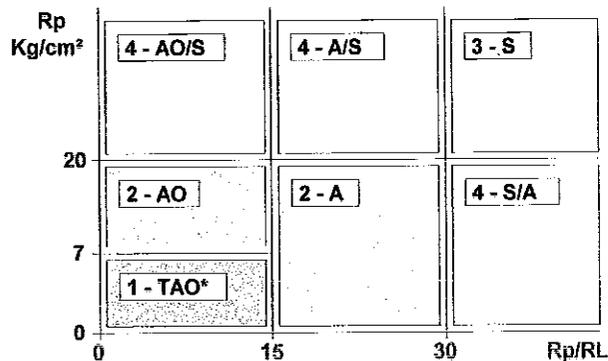
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

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)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p $I_p = \text{ind.plast.}$]
 E_{u50} - E_{u25} 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)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - R_p - natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati) [correlazioni : D_r - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - 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
- A_{max} = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari) ($g = \text{acc.gravità}$) (Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-059

- committente : Edilfontana S.r.l.
- lavoro : Variante al PSC e RUE
- località : Via Corradini - Rubiera (RE)
- note :

- data : 12/10/2018
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- 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	30,0	----	60,0	0,13	450,0	6,20	11,0	24,0	22,0	1,40	16,0
0,40	29,0	30,0	58,0	1,47	40,0	6,40	11,0	21,5	22,0	1,53	14,0
0,60	31,0	42,0	62,0	0,67	93,0	6,60	10,5	22,0	21,0	1,33	16,0
0,80	45,0	50,0	90,0	2,53	36,0	6,80	12,0	22,0	24,0	1,33	18,0
1,00	31,0	50,0	62,0	2,00	31,0	7,00	12,0	22,0	24,0	1,73	14,0
1,20	30,0	45,0	60,0	2,53	24,0	7,20	14,0	27,0	28,0	1,53	18,0
1,40	31,0	50,0	62,0	2,27	27,0	7,40	13,5	25,0	27,0	1,67	16,0
1,60	28,0	45,0	56,0	4,20	13,0	7,60	11,5	24,0	23,0	1,33	17,0
1,80	28,5	60,0	57,0	4,67	12,0	7,80	11,0	21,0	22,0	1,67	13,0
2,00	25,0	60,0	50,0	2,00	25,0	8,00	12,5	25,0	25,0	1,67	15,0
2,20	24,0	39,0	48,0	1,33	36,0	8,20	13,0	25,5	26,0	1,73	15,0
2,40	23,0	33,0	46,0	1,40	33,0	8,40	14,5	27,5	29,0	1,87	16,0
2,60	19,5	30,0	39,0	1,20	32,0	8,60	14,5	28,5	29,0	2,13	14,0
2,80	17,0	26,0	34,0	2,20	15,0	8,80	15,5	31,5	31,0	1,93	16,0
3,00	12,0	28,5	24,0	2,20	11,0	9,00	17,5	32,0	35,0	2,07	17,0
3,20	12,5	29,0	25,0	2,07	12,0	9,20	15,5	31,0	31,0	2,07	15,0
3,40	9,5	25,0	19,0	2,00	10,0	9,40	16,5	32,0	33,0	1,73	19,0
3,60	7,0	22,0	14,0	1,07	13,0	9,60	21,0	34,0	42,0	5,00	8,0
3,80	9,0	17,0	18,0	1,20	15,0	9,80	22,5	60,0	45,0	0,67	67,0
4,00	9,5	18,5	19,0	1,20	16,0	10,00	80,0	85,0	160,0	2,00	80,0
4,20	10,0	19,0	20,0	1,20	17,0	10,20	70,0	85,0	140,0	2,00	70,0
4,40	10,0	19,0	20,0	1,20	17,0	10,40	9,0	24,0	18,0	0,67	27,0
4,60	9,0	18,0	18,0	1,13	16,0	10,60	60,0	65,0	120,0	0,67	180,0
4,80	7,5	16,0	15,0	1,13	13,0	10,80	60,0	65,0	120,0	2,67	45,0
5,00	5,5	14,0	11,0	0,53	21,0	11,00	10,0	30,0	20,0	1,33	15,0
5,20	9,0	13,0	18,0	0,80	22,0	11,20	8,0	18,0	16,0	4,00	4,0
5,40	7,0	13,0	14,0	0,87	16,0	11,40	50,0	80,0	100,0	1,33	75,0
5,60	9,0	15,5	18,0	0,67	27,0	11,60	130,0	140,0	260,0	0,67	390,0
5,80	11,0	16,0	22,0	0,27	82,0	11,80	200,0	205,0	400,0	-----	-----
6,00	33,0	35,0	66,0	1,73	38,0	12,00	250,0	0,0	500,0	-----	-----

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 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)

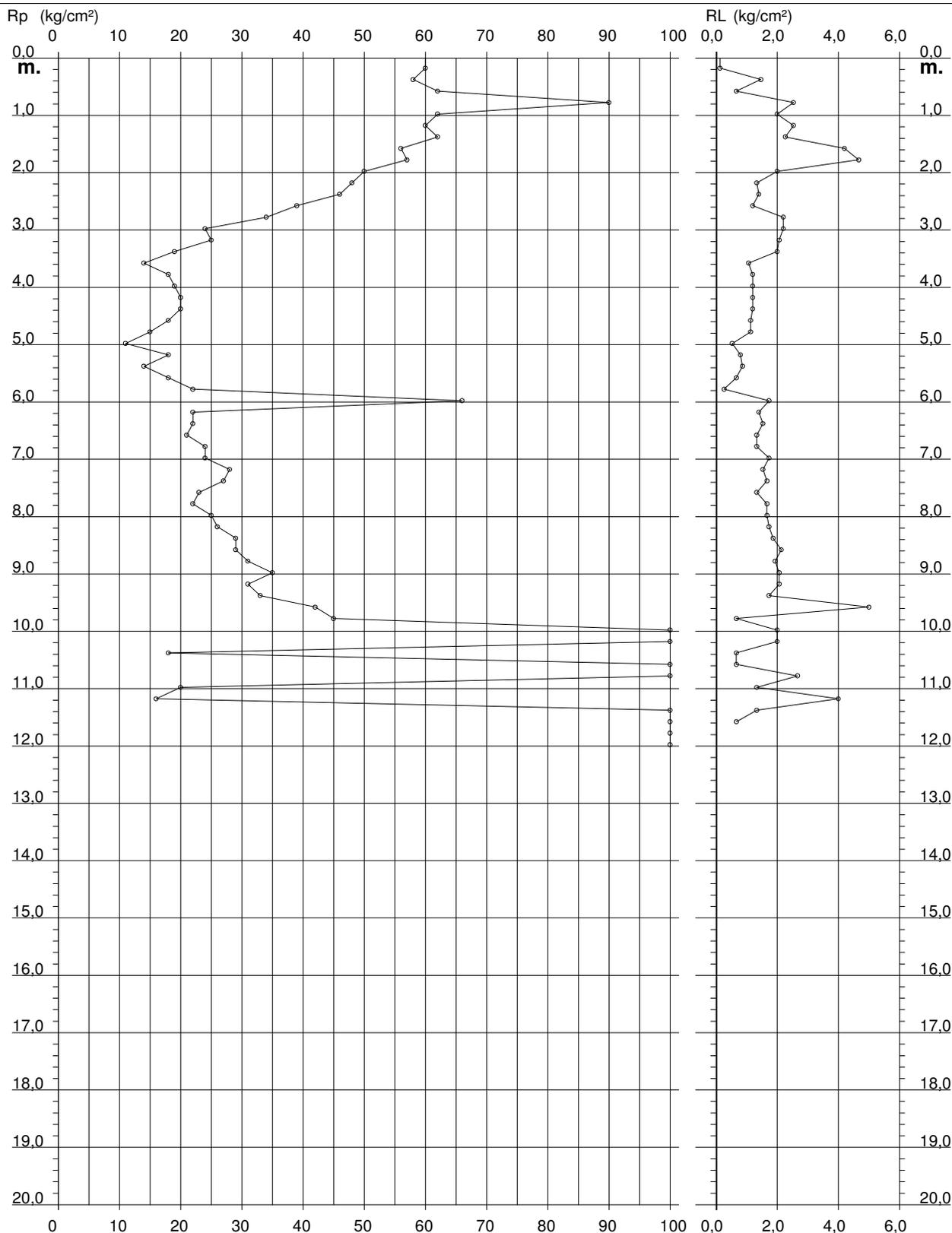
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-059

- committente : Edilfontana S.r.l.
- lavoro : Variante al PSC e RUE
- località : Via Corradini - Rubiera (RE)

- data : 12/10/2018
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100



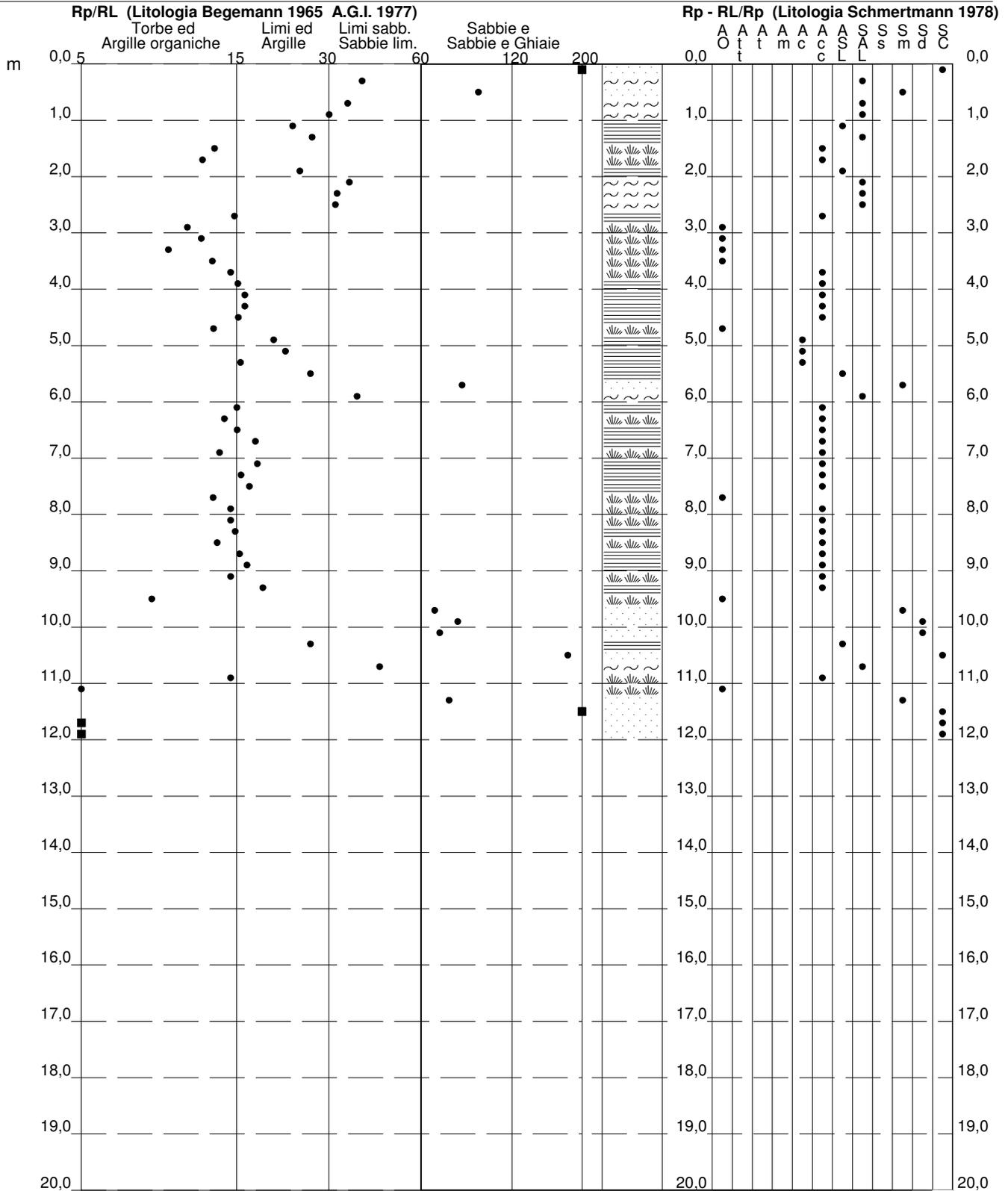
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 1

2.010496-059

- committente : Edilfontana S.r.l.
 - lavoro : Variante al PSC e RUE
 - località : Via Corradini - Rubiera (RE)
 - note :

- data : 12/10/2018
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.010496-059

- committente : Edilfontana S.r.l.
- lavoro : Variante al PSC e RUE
- località : Via Corradini - Rubiera (RE)
- note :

- data : 12/10/2018
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm ²	Rp/RI (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	p'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	omy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²
0,20	60	450	3:~:~:	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	32	0,258	100	150	180
0,40	58	40	3:~:~:	1,85	0,07	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	31	0,258	97	145	174
0,60	62	93	3:~:~:	1,85	0,11	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	32	0,258	103	155	186
0,80	90	36	3:~:~:	1,85	0,15	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	33	0,258	150	225	270
1,00	62	31	3:~:~:	1,85	0,19	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	42	32	0,247	103	155	186
1,20	60	24	4:~:~:	1,85	0,22	2,00	98,0	340	510	180	91	41	42	44	45	41	32	0,227	100	150	180
1,40	62	27	4:~:~:	1,85	0,26	2,07	84,2	351	527	186	89	40	42	43	45	41	32	0,218	103	155	186
1,60	56	13	4:~:~:	1,85	0,30	1,87	62,7	317	476	168	82	39	41	43	45	40	31	0,196	93	140	168
1,80	57	12	4:~:~:	1,85	0,33	1,90	55,4	323	485	171	79	39	41	43	44	39	31	0,188	95	143	171
2,00	50	25	4:~:~:	1,85	0,37	1,67	41,2	283	425	150	72	38	40	42	44	38	31	0,166	83	125	150
2,20	48	36	3:~:~:	1,85	0,41	--	--	--	--	--	69	38	39	41	43	38	31	0,155	80	120	144
2,40	46	33	3:~:~:	1,85	0,44	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	37	31	0,145	77	115	138
2,60	39	32	3:~:~:	1,85	0,48	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	36	30	0,124	65	98	117
2,80	34	15	4:~:~:	1,85	0,52	1,13	16,7	193	289	102	51	35	37	40	42	35	29	0,106	57	85	102
3,00	24	11	4:~:~:	1,85	0,55	0,89	11,3	151	227	72	37	33	36	38	41	32	28	0,074	40	60	72
3,20	25	12	4:~:~:	1,85	0,59	0,91	10,7	155	232	75	37	33	36	38	41	32	28	0,073	42	63	75
3,40	19	10	2:~:~:~:	1,85	0,63	0,78	8,2	150	225	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	14	13	2:~:~:~:	1,85	0,67	0,64	5,9	177	265	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	18	15	2:~:~:~:	1,85	0,70	0,75	6,8	178	267	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	19	16	2:~:~:~:	1,85	0,74	0,78	6,7	189	284	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	20	17	4:~:~:	1,85	0,78	0,80	6,5	200	300	60	23	31	34	37	40	29	27	0,043	33	50	60
4,40	20	17	4:~:~:	1,85	0,81	0,80	6,1	214	321	60	22	31	34	37	40	29	27	0,041	33	50	60
4,60	18	16	2:~:~:~:	1,85	0,85	0,75	5,4	232	348	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	15	13	2:~:~:~:	1,85	0,89	0,67	4,4	248	372	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	11	21	2:~:~:~:	1,85	0,93	0,54	3,2	257	385	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	18	22	2:~:~:~:	1,85	0,96	0,75	4,6	268	402	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	14	16	2:~:~:~:	1,85	1,00	0,64	3,6	282	423	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	18	27	2:~:~:~:	1,85	1,04	0,75	4,2	289	434	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	22	82	3:~:~:	1,85	1,07	--	--	--	--	--	18	31	33	36	39	28	28	0,035	37	55	66
6,00	66	38	3:~:~:	1,85	1,11	--	--	--	--	--	55	36	38	40	42	34	32	0,117	110	165	198
6,20	22	16	4:~:~:	1,85	1,15	0,85	4,3	320	481	66	17	30	33	36	39	28	28	0,032	37	55	66
6,40	22	14	4:~:~:	1,85	1,18	0,85	4,1	331	496	66	16	30	33	36	39	28	28	0,030	37	55	66
6,60	21	16	4:~:~:	1,85	1,22	0,82	3,8	343	515	63	13	30	33	36	39	27	27	0,026	35	53	63
6,80	24	18	4:~:~:	1,85	1,26	0,89	4,1	351	527	72	17	30	33	36	39	28	28	0,033	40	60	72
7,00	24	14	4:~:~:	1,85	1,30	0,89	3,9	363	544	72	17	30	33	36	39	28	28	0,032	40	60	72
7,20	28	18	4:~:~:	1,85	1,33	0,97	4,2	372	558	84	21	31	34	37	40	28	28	0,040	47	70	84
7,40	27	16	4:~:~:	1,85	1,37	0,95	4,0	383	574	81	19	31	34	36	40	28	28	0,037	45	68	81
7,60	23	17	4:~:~:	1,85	1,41	0,87	3,4	396	594	69	13	30	33	36	39	27	28	0,026	38	58	69
7,80	22	13	4:~:~:	1,85	1,44	0,85	3,2	402	603	66	11	30	33	36	39	26	28	0,022	37	55	66
8,00	25	15	4:~:~:	1,85	1,48	0,91	3,4	416	624	75	15	30	33	36	39	27	28	0,029	42	63	75
8,20	26	15	4:~:~:	1,85	1,52	0,93	3,4	426	640	78	16	30	33	36	39	27	28	0,030	43	65	78
8,40	29	16	4:~:~:	1,85	1,55	0,98	3,5	438	658	87	19	31	33	36	39	28	29	0,036	48	73	87
8,60	29	14	4:~:~:	1,85	1,59	0,98	3,4	448	672	87	18	31	33	36	39	27	29	0,035	48	73	87
8,80	31	16	4:~:~:	1,85	1,63	1,03	3,6	459	689	93	20	31	34	37	40	28	29	0,038	52	78	93
9,00	35	17	4:~:~:	1,85	1,66	1,17	4,0	464	697	105	23	31	34	37	40	28	29	0,045	58	88	105
9,20	31	15	4:~:~:	1,85	1,70	1,03	3,4	478	717	93	19	31	34	36	40	27	29	0,036	52	78	93
9,40	33	19	4:~:~:	1,85	1,74	1,10	3,5	491	736	99	20	31	34	37	40	28	29	0,039	55	83	99
9,60	42	8	4:~:~:	1,85	1,78	1,40	4,7	494	741	126	28	32	35	37	40	29	30	0,054	70	105	126
9,80	45	67	3:~:~:	1,85	1,81	--	--	--	--	--	30	32	35	38	40	29	31	0,058	75	113	135
10,00	160	80	3:~:~:	1,85	1,85	--	--	--	--	--	73	38	40	42	44	36	36	0,169	267	400	480
10,20	140	70	3:~:~:	1,85	1,89	--	--	--	--	--	68	38	39	41	43	35	36	0,153	233	350	420
10,40	18	27	2:~:~:~:	1,85	1,92	0,75	1,9	423	634	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10,60	120	180	3:~:~:	1,85	1,96	--	--	--	--	--	62	37	39	41	43	34	35	0,135	200	300	360
10,80	120	45	3:~:~:	1,85	2,00	--	--	--	--	--	61	37	39	41	43	34	35	0,134	200	300	360
11,00	20	15	4:~:~:	1,85	2,03	0,80	2,0	450	675	60	--	28	31	35	38	25	27	--	33	50	60
11,20	16	4	2:~:~:~:	1,85	2,07	0,70	1,6	403	604	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	100	75	3:~:~:	1,85	2,11	--	--	--	--	--	54	36	38	40	42	33	34	0,114	167	250	300
11,60	260	390	3:~:~:	1,85	2,15	--	--	--	--	--	86	40	42	43	45	38	40	0,210	433	650	780
11,80	400	--	3:~:~:	1,85	2,18	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	40	40	0,258	667	1000	1200
12,00	500	--	3:~:~:	1,85	2,22	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	40	0,258	833	1250	1500

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-059

- committente : Edilfontana S.r.l.
- lavoro : Variante al PSC e RUE
- località : Via Corradini - Rubiera (RE)
- note :

- data : 12/10/2018
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- 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	17,0	----	34,0	0,07	510,0	7,00	6,0	12,0	12,0	0,67	18,0
0,40	21,0	21,5	42,0	1,33	31,0	7,20	8,0	13,0	16,0	1,07	15,0
0,60	20,0	30,0	40,0	0,67	60,0	7,40	9,0	17,0	18,0	1,07	17,0
0,80	45,0	50,0	90,0	2,93	31,0	7,60	10,0	18,0	20,0	1,27	16,0
1,00	28,0	50,0	56,0	2,20	25,0	7,80	9,5	19,0	19,0	1,13	17,0
1,20	28,5	45,0	57,0	1,80	32,0	8,00	10,5	19,0	21,0	1,40	15,0
1,40	22,5	36,0	45,0	2,13	21,0	8,20	12,0	22,5	24,0	1,73	14,0
1,60	21,0	37,0	42,0	1,73	24,0	8,40	13,0	26,0	26,0	1,60	16,0
1,80	20,0	33,0	40,0	0,87	46,0	8,60	12,0	24,0	24,0	1,47	16,0
2,00	19,5	26,0	39,0	1,40	28,0	8,80	15,0	26,0	30,0	1,73	17,0
2,20	19,5	30,0	39,0	1,07	37,0	9,00	15,0	28,0	30,0	1,87	16,0
2,40	21,0	29,0	42,0	1,47	29,0	9,20	14,0	28,0	28,0	1,47	19,0
2,60	17,0	28,0	34,0	1,60	21,0	9,40	12,0	23,0	24,0	1,73	14,0
2,80	10,0	22,0	20,0	1,87	11,0	9,60	12,0	25,0	24,0	3,33	7,0
3,00	8,0	22,0	16,0	1,40	11,0	9,80	25,0	50,0	50,0	1,33	37,0
3,20	8,0	18,5	16,0	1,33	12,0	10,00	50,0	60,0	100,0	4,40	23,0
3,40	8,0	18,0	16,0	0,87	18,0	10,20	12,0	45,0	24,0	1,07	22,0
3,60	8,5	15,0	17,0	0,93	18,0	10,40	15,5	23,5	31,0	1,40	22,0
3,80	8,0	15,0	16,0	0,73	22,0	10,60	14,5	25,0	29,0	1,33	22,0
4,00	9,0	14,5	18,0	0,93	19,0	10,80	11,0	21,0	22,0	1,00	22,0
4,20	9,0	16,0	18,0	0,87	21,0	11,00	8,0	15,5	16,0	0,60	27,0
4,40	9,0	15,5	18,0	0,93	19,0	11,20	7,5	12,0	15,0	0,53	28,0
4,60	7,0	14,0	14,0	0,87	16,0	11,40	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0
4,80	6,5	13,0	13,0	0,73	18,0	11,60	8,0	12,0	16,0	0,67	24,0
5,00	6,5	12,0	13,0	0,87	15,0	11,80	9,0	14,0	18,0	0,87	21,0
5,20	6,5	13,0	13,0	0,53	24,0	12,00	8,5	15,0	17,0	0,67	25,0
5,40	8,0	12,0	16,0	0,93	17,0	12,20	7,0	12,0	14,0	0,53	26,0
5,60	5,0	12,0	10,0	0,53	19,0	12,40	8,0	12,0	16,0	0,67	24,0
5,80	8,0	12,0	16,0	0,93	17,0	12,60	6,5	11,5	13,0	0,53	24,0
6,00	7,0	14,0	14,0	0,87	16,0	12,80	7,0	11,0	14,0	0,67	21,0
6,20	8,5	15,0	17,0	0,93	18,0	13,00	4,0	9,0	8,0	1,33	6,0
6,40	9,0	16,0	18,0	1,00	18,0	13,20	150,0	160,0	300,0	0,67	450,0
6,60	9,5	17,0	19,0	1,20	16,0	13,40	200,0	205,0	400,0	-----	-----
6,80	7,0	16,0	14,0	0,80	17,0	13,60	250,0	0,0	500,0	-----	-----

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 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)

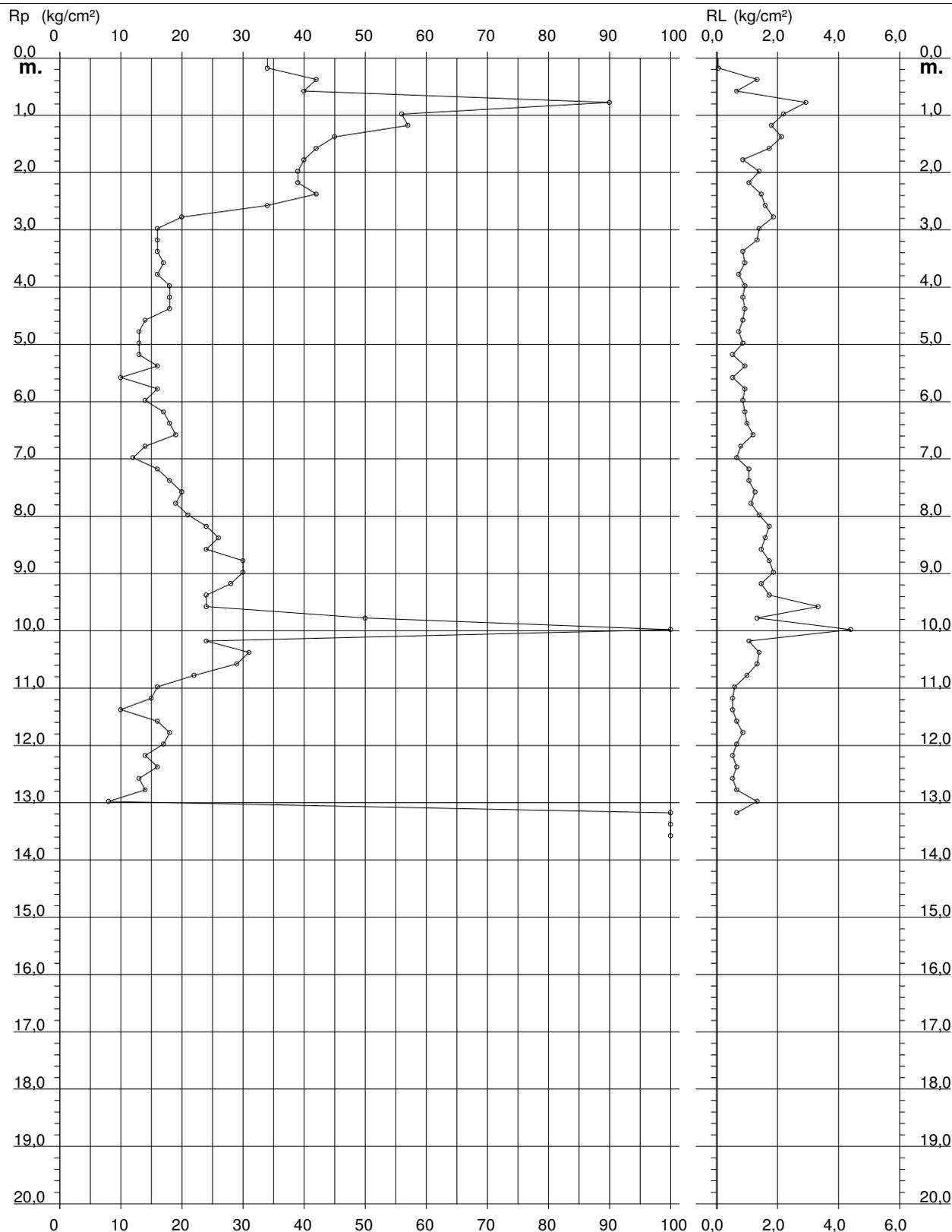
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-059

- committente : Edilfontana S.r.l.
- lavoro : Variante al PSC e RUE
- località : Via Corradini - Rubiera (RE)

- data : 12/10/2018
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 100



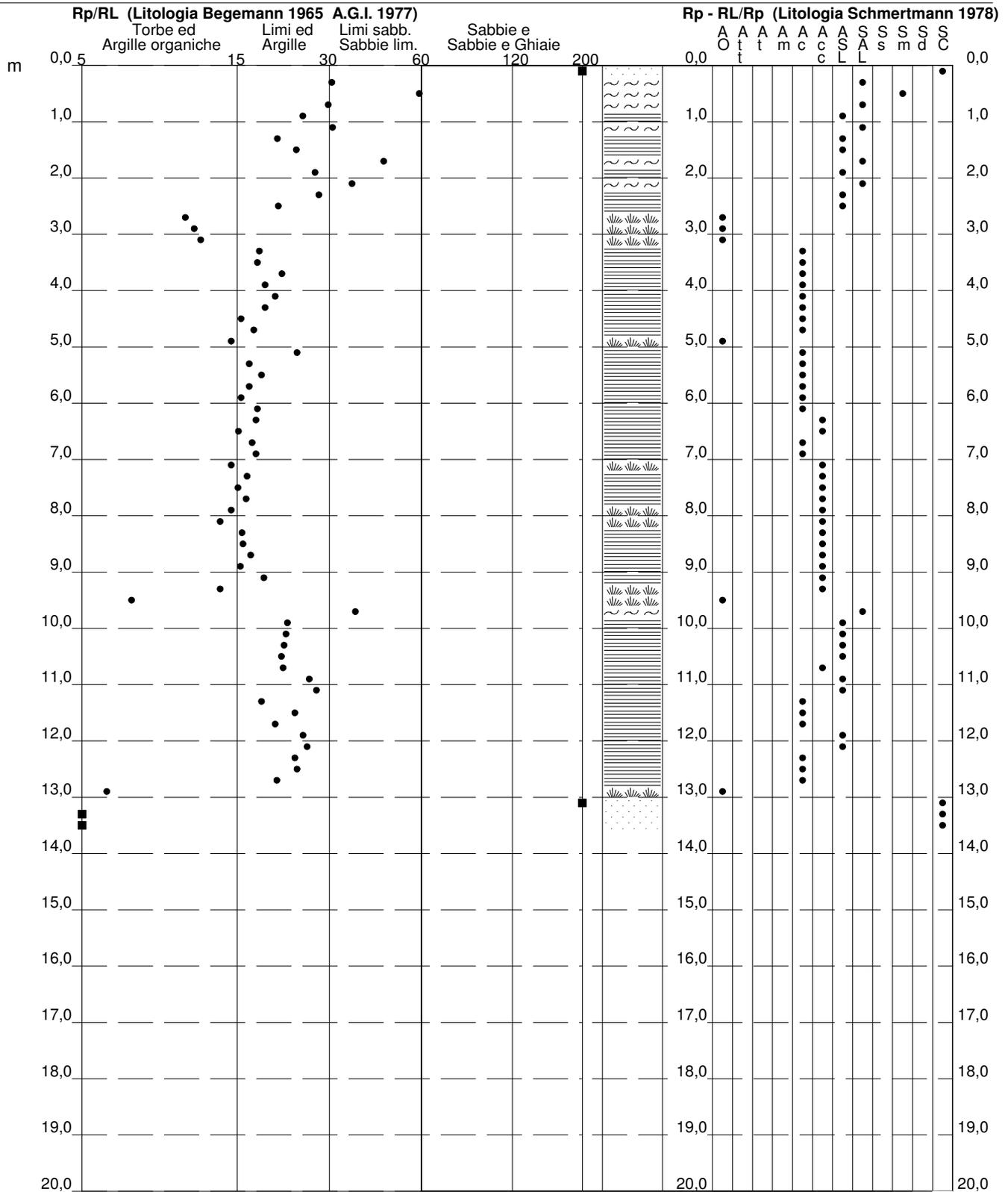
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.010496-059

- committente : Edilfontana S.r.l.
 - lavoro : Variante al PSC e RUE
 - località : Via Corradini - Rubiera (RE)
 - note :

- data : 12/10/2018
 - 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 : Edilfontana S.r.l.
- lavoro : Variante al PSC e RUE
- località : Via Corradini - Rubiera (RE)
- note :

- data : 12/10/2018
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

Prof. m	Rp kg/cm ²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	NATURA COESIVA						NATURA GRANULARE										
					p'vo kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²
0,20	34	510	3:~:~:	1,85	0,04	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	29	0,258	57	85	102
0,40	42	31	3:~:~:	1,85	0,07	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	30	0,258	70	105	126
0,60	40	60	3:~:~:	1,85	0,11	--	--	--	--	--	94	41	43	44	46	43	30	0,237	67	100	120
0,80	90	31	3:~:~:	1,85	0,15	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	33	0,258	150	225	270
1,00	56	25	4:~:~:	1,85	0,19	1,87	99,9	317	476	168	93	41	42	44	45	42	31	0,234	93	140	168
1,20	57	32	3:~:~:	1,85	0,22	--	--	--	--	--	89	41	42	44	45	41	31	0,221	95	143	171
1,40	45	21	4:~:~:	1,85	0,26	1,50	56,4	255	383	135	78	39	41	42	44	40	31	0,182	75	113	135
1,60	42	24	4:~:~:	1,85	0,30	1,40	43,8	238	357	126	72	38	40	42	44	39	30	0,165	70	105	126
1,80	40	46	3:~:~:	1,85	0,33	--	--	--	--	--	67	37	39	41	43	38	30	0,151	67	100	120
2,00	39	28	4:~:~:	1,85	0,37	1,30	30,2	221	332	117	64	37	39	41	43	37	30	0,141	65	98	117
2,20	39	37	3:~:~:	1,85	0,41	--	--	--	--	--	62	37	39	41	43	37	30	0,135	65	98	117
2,40	42	29	4:~:~:	1,85	0,44	1,40	26,4	238	357	126	62	37	39	41	43	37	30	0,136	70	105	126
2,60	34	21	4:~:~:	1,85	0,48	1,13	18,3	193	289	102	53	35	38	40	42	35	29	0,111	57	85	102
2,80	20	11	4:~:~:	1,85	0,52	0,80	10,8	136	204	60	33	33	35	38	41	32	27	0,064	33	50	60
3,00	16	11	2:~:~:~:	1,85	0,55	0,70	8,3	132	198	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	16	12	2:~:~:~:	1,85	0,59	0,70	7,7	144	216	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	16	18	2:~:~:~:	1,85	0,63	0,70	7,1	157	235	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	17	18	2:~:~:~:	1,85	0,67	0,72	7,0	167	251	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	16	22	2:~:~:~:	1,85	0,70	0,70	6,2	184	276	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	18	19	2:~:~:~:	1,85	0,74	0,75	6,4	192	288	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	18	21	2:~:~:~:	1,85	0,78	0,75	6,0	206	308	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	18	19	2:~:~:~:	1,85	0,81	0,75	5,7	219	328	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	14	16	2:~:~:~:	1,85	0,85	0,64	4,4	238	356	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	13	18	2:~:~:~:	1,85	0,89	0,60	3,9	249	374	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	13	15	2:~:~:~:	1,85	0,93	0,60	3,7	261	392	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	13	24	2:~:~:~:	1,85	0,96	0,60	3,5	271	407	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	16	17	2:~:~:~:	1,85	1,00	0,70	4,0	279	418	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	10	19	2:~:~:~:	1,85	1,04	0,50	2,5	264	396	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	16	17	2:~:~:~:	1,85	1,07	0,70	3,7	303	454	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	14	16	2:~:~:~:	1,85	1,11	0,64	3,1	307	461	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	17	18	2:~:~:~:	1,85	1,15	0,72	3,5	324	485	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	18	18	2:~:~:~:	1,85	1,18	0,75	3,5	334	501	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,60	19	16	2:~:~:~:	1,85	1,22	0,78	3,6	345	517	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,80	14	17	2:~:~:~:	1,85	1,26	0,64	2,7	329	494	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,00	12	18	2:~:~:~:	1,85	1,30	0,57	2,3	312	467	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,20	16	15	2:~:~:~:	1,85	1,33	0,70	2,8	355	532	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,40	18	17	2:~:~:~:	1,85	1,37	0,75	3,0	372	559	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,60	20	16	4:~:~:	1,85	1,41	0,80	3,1	388	582	60	8	29	32	35	39	26	27	0,018	33	50	60
7,80	19	17	2:~:~:~:	1,85	1,44	0,78	2,9	389	584	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8,00	21	15	4:~:~:	1,85	1,48	0,82	3,0	405	608	63	9	29	32	35	39	26	27	0,018	35	53	63
8,20	24	14	4:~:~:	1,85	1,52	0,89	3,2	422	634	72	13	30	33	36	39	27	28	0,025	40	60	72
8,40	26	16	4:~:~:	1,85	1,55	0,93	3,3	435	652	78	15	30	33	36	39	27	28	0,029	43	65	78
8,60	24	16	4:~:~:	1,85	1,59	0,89	3,0	436	654	72	12	30	33	36	39	26	28	0,023	40	60	72
8,80	30	17	4:~:~:	1,85	1,63	1,00	3,4	458	687	90	18	31	33	36	39	28	29	0,036	50	75	90
9,00	30	16	4:~:~:	1,85	1,66	1,00	3,3	466	700	90	18	31	33	36	39	27	29	0,035	50	75	90
9,20	28	19	4:~:~:	1,85	1,70	0,97	3,1	469	704	84	15	30	33	36	39	27	28	0,029	47	70	84
9,40	24	14	4:~:~:	1,85	1,74	0,89	2,7	458	687	72	9	29	32	35	39	26	28	0,020	40	60	72
9,60	24	7	4:~:~:	1,85	1,78	0,89	2,6	462	694	72	9	29	32	35	39	26	28	0,019	40	60	72
9,80	50	37	3:~:~:	1,85	1,81	--	--	--	--	--	34	33	35	38	41	30	31	0,066	83	125	150
10,00	100	23	4:~:~:	1,85	1,85	3,33	13,1	567	850	300	57	36	38	40	43	34	34	0,122	167	250	300
10,20	24	22	4:~:~:	1,85	1,89	0,89	2,5	474	711	72	7	29	32	35	39	25	28	0,016	40	60	72
10,40	31	22	4:~:~:	1,85	1,92	1,03	2,9	519	778	93	16	30	33	36	39	27	29	0,030	52	78	93
10,60	29	22	4:~:~:	1,85	1,96	0,98	2,6	511	767	87	13	30	33	36	39	26	29	0,026	48	73	87
10,80	22	22	4:~:~:	1,85	2,00	0,85	2,1	467	701	66	3	28	32	35	38	25	28	0,008	37	55	66
11,00	16	27	2:~:~:~:	1,85	2,03	0,70	1,6	402	603	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,20	15	28	2:~:~:~:	1,85	2,07	0,67	1,5	388	582	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,40	10	19	2:~:~:~:	1,85	2,11	0,50	1,0	299	449	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,60	16	24	2:~:~:~:	1,85	2,15	0,70	1,5	405	607	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11,80	18	21	2:~:~:~:	1,85	2,18	0,75	1,7	433	649	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,00	17	25	2:~:~:~:	1,85	2,22	0,72	1,5	421	631	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,20	14	26	2:~:~:~:	1,85	2,26	0,64	1,3	376	564	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,40	16	24	2:~:~:~:	1,85	2,29	0,70	1,4	408	612	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,60	13	24	2:~:~:~:	1,85	2,33	0,60	1,2	360	540	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12,80	14	21	2:~:~:~:	1,85	2,37	0,64	1,2	378	567	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,00	8	6	2:~:~:~:	1,85	2,40	0,40	0,7	240	360	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13,20	300	450	3:~:~:	1,85	2,44	--	--	--	--	--	88	40	42	43	45	38	40	0,216	500	750	900
13,40	400	--	3:~:~:	1,85	2,48	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	39	40	0,249	667	1000	1200
13,60	500	--	3:~:~:	1,85	2,52	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	40	40	0,258	833	1250	1500

SISMICA A RIFRAZIONE

MASW

Determinazione del V_{s30}



SISMOGRAFO: PASI 16SG24

Analyzing phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: RUBIERA.DAT

minimum offset (m): 5

geophone spacing (m): 2

sampling (ms): 1

Dispersion curve: Rubiera (RE) via Corradini.cdp

Number of individuals: 50

Number of generations: 51

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	30	0.5	50	1.5	70	4.5	90
4.5	110	6.5	130	7	150		
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	230	1.5	380	2.5	330	5.5	380
5.5	430	7.5	480	12	500		
Adopted Poisson values:	0.4	0.35	0.35	0.35	0.35	0.3	0.3

output folder: C:\Users\Xeon\Desktop\SISMICHE 2018\Giusti\10\Rubiera (RE) via Corradini\output_disp

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1;	average & best misfits: -33.9036	-6.63748
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2;	average & best misfits: -26.9265	-6.63011
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3;	average & best misfits: -24.2414	-6.44348
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4;	average & best misfits: -21.3418	-6.3785
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5;	average & best misfits: -20.2495	-6.3785
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6;	average & best misfits: -20.3168	-5.07475
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7;	average & best misfits: -16.9058	-5.07475
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8;	average & best misfits: -16.0612	-4.10242
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9;	average & best misfits: -16.7348	-3.54489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10;	average & best misfits: -18.8322	-3.54489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11;	average & best misfits: -20.3603	-3.54489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12;	average & best misfits: -19.7769	-3.54489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13;	average & best misfits: -19.2474	-3.54489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14;	average & best misfits: -20.4204	-3.54489
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15;	average & best misfits: -18.4615	-3.02902
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16;	average & best misfits: -18.4783	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17;	average & best misfits: -18.4237	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18;	average & best misfits: -17.0067	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19;	average & best misfits: -17.1843	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20;	average & best misfits: -19.4341	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21;	average & best misfits: -22.742	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22;	average & best misfits: -19.3646	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23;	average & best misfits: -21.6601	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24;	average & best misfits: -19.0271	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25;	average & best misfits: -20.6989	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26;	average & best misfits: -20.1566	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27;	average & best misfits: -21.8873	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28;	average & best misfits: -21.57	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29;	average & best misfits: -19.2367	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30;	average & best misfits: -19.6073	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31;	average & best misfits: -19.4011	-2.939
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32;	average & best misfits: -17.5169	-2.939

Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -18.7749 -2.939
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -20.2178 -2.939
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -19.1766 -2.84495
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -20.8516 -2.84495
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -18.4669 -2.84495
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -17.0449 -2.76462
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -17.0917 -2.76462
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -15.9832 -2.76462
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -15.5101 -2.76462
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -16.822 -2.76462
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -16.8331 -2.76462
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -20.8271 -2.76462
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -19.8123 -2.76462
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -17.8391 -2.76462
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -16.7111 -2.76462
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -17.5255 -2.76462
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -17.8669 -2.76462
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -14.9959 -2.76462
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -16.6358 -2.70697
 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: -9.1097 -2.707
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -8.3841 -2.707
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -8.4101 -2.707
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -8.4045 -2.7055
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -8.9851 -2.7055
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -9.0231 -2.7055
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -9.6411 -2.7055
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -7.0816 -2.7001
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -8.9774 -2.6093
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -8.3367 -2.6093
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -8.4653 -2.6093
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -8.409 -2.6088
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -8.9992 -2.6088
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -9.3347 -2.6088

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

Vs (m/s): 143 153 177 233 226 317 369

Thickness (m): 0.67 2.6 5.1 5.9 6.1 11

Poisson: 0.4 0.35 0.35 0.35 0.35 0.3 0.3

Vp & Density Optimization

Columns 1 through 7

0.0419	0.0766	0.1857	0.2114	0.2422	0.2654	0.2833
0.1523	0.2615	0.2936	0.3399	0.4452	0.5338	0.6070
0.3951	0.4246	0.4850	0.5466	0.6121	0.6674	0.7277
0	0	0	0	0	0	0

Columns 8 through 14

0.3077	0.3476	0.3810	0.4362	0.4619	0.5081	0.5633
0.7046	0.7945	0.9178	1.0000	0	0	0
0.8074	0.8600	0.9345	1.0000	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Columns 15 through 16

0.7663	1.0000
0	0
0	0
0	0

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -2.6245 -2.4833
 Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -2.6145 -2.4833
 Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -2.5934 -2.4036
 Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -2.6105 -2.4036
 Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -2.5881 -2.3938
 Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -2.6228 -2.3938
 Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -2.5944 -2.3938
 Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -2.6099 -2.3938
 Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -2.6232 -2.3937
 Optimizing Vp & Density - generation: 10; average & best misfits: -2.6288 -2.3929
 Optimizing Vp & Density - generation: 11; average & best misfits: -2.5866 -2.3929
 Optimizing Vp & Density - generation: 12; average & best misfits: -2.5856 -2.3929
 Optimizing Vp & Density - generation: 13; average & best misfits: -2.5581 -2.3929
 Optimizing Vp & Density - generation: 14; average & best misfits: -2.5437 -2.3928
 Number of models considered to calculate the average model: 58

 RESULTS
 #####

Dataset: RUBIERA.DAT
 Analyzed curve/spectrum: Rubiera (RE) via Corradini.cdp

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-wave Dispersion

=====

MEAN MODEL

Vs (m/s): 144 153 170 229 223 315 343
 Standard deviations (m/s): 13 7 5 11 18 56 59

Thickness (m): 0.7 2.2 4.7 5.8 6.6 9.4
 Standard deviations (m): 0.1 0.3 0.4 0.6 0.8 1.6

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 1005 341 533 802 725 646 746
 Density (gr/cm3): 2.06 1.79 1.90 2.00 1.98 1.95 1.98
 Vp/Vs ratio: 6.98 2.23 3.14 3.50 3.25 2.05 2.17
 Poisson: 0.49 0.37 0.44 0.46 0.45 0.34 0.37
 Shear modulus (MPa): 43 42 55 105 98 193 233
 Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 0 0 0

Fundamental mode

Mean model
 f(Hz) VR(m/s)
 2.48643 296.2076
 4.54457 251.6777
 11.0239 174.2891

12.5484	167.3876
14.3779	161.7202
15.75	158.7386
16.8172	156.914
18.2655	154.9126
20.6286	152.4086
22.6105	150.7663
25.8882	148.6179
27.4128	147.795
30.157	146.533
33.4348	145.3268
45.4787	142.6596
59.3521	141.1523

First higher mode

Mean model	
9.04199	284.1237
15.5213	227.4655
17.427	222.5662
20.1712	216.7142
26.4218	198.7868
31.6815	186.245
36.0265	180.3314
41.8198	175.7496
47.1557	173.1677
54.4735	170.7713
59.3521	169.5054

Second higher mode

Mean model	
23.449	238.4724
25.2022	232.8141
28.7849	226.2284
32.4438	221.9813
36.3314	217.2069
39.6092	211.9052
43.1919	205.1412
47.918	196.7965
51.0433	192.2625
55.4645	187.1546
59.3521	183.6838

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s):	143	153	177	233	226	317	369												
thickness (m):	0.671148			2.59164		5.06279		5.92734		6.07861		11.2124							

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s):		1546	257	304	1440	377	611	715												
Density (gr/cm3):			2.16	1.73	1.77	2.14	1.82	1.93	1.97											
Vp/Vs ratio:	10.81	1.68	1.72	6.18	1.67	1.93	1.94													
Poisson:	0.50	0.23	0.24	0.49	0.22	0.32	0.32													
Shear modulus (MPa):	44		40	55		116		93		194		269								
Estimated static shear modulus (MPa):	0				0			0		0		0		0						

dispersion curve (frequency - velocity)

Fundamental mode)

best model	
F(Hz)	VR(m/s)
2.48643	298.7758
4.54457	228.0632
11.0239	165.9464
12.5484	160.795
14.3779	156.5106
15.75	154.1437
16.8172	152.6286
18.2655	150.8949
20.6286	148.6261
22.6105	147.108
25.8882	145.1565
27.4128	144.4351
30.157	143.3663
33.4348	142.387
45.4787	140.3076
59.3521	139.1057

First higher mode)

best model	
9.04199	278.8064
15.5213	225.7453
17.427	221.2467
20.1712	214.7087
26.4218	195.9648
31.6815	186.2665
36.0265	181.7189
41.8198	177.8456
47.1557	175.2336
54.4735	172.0958
59.3521	170.0586

Second higher mode)

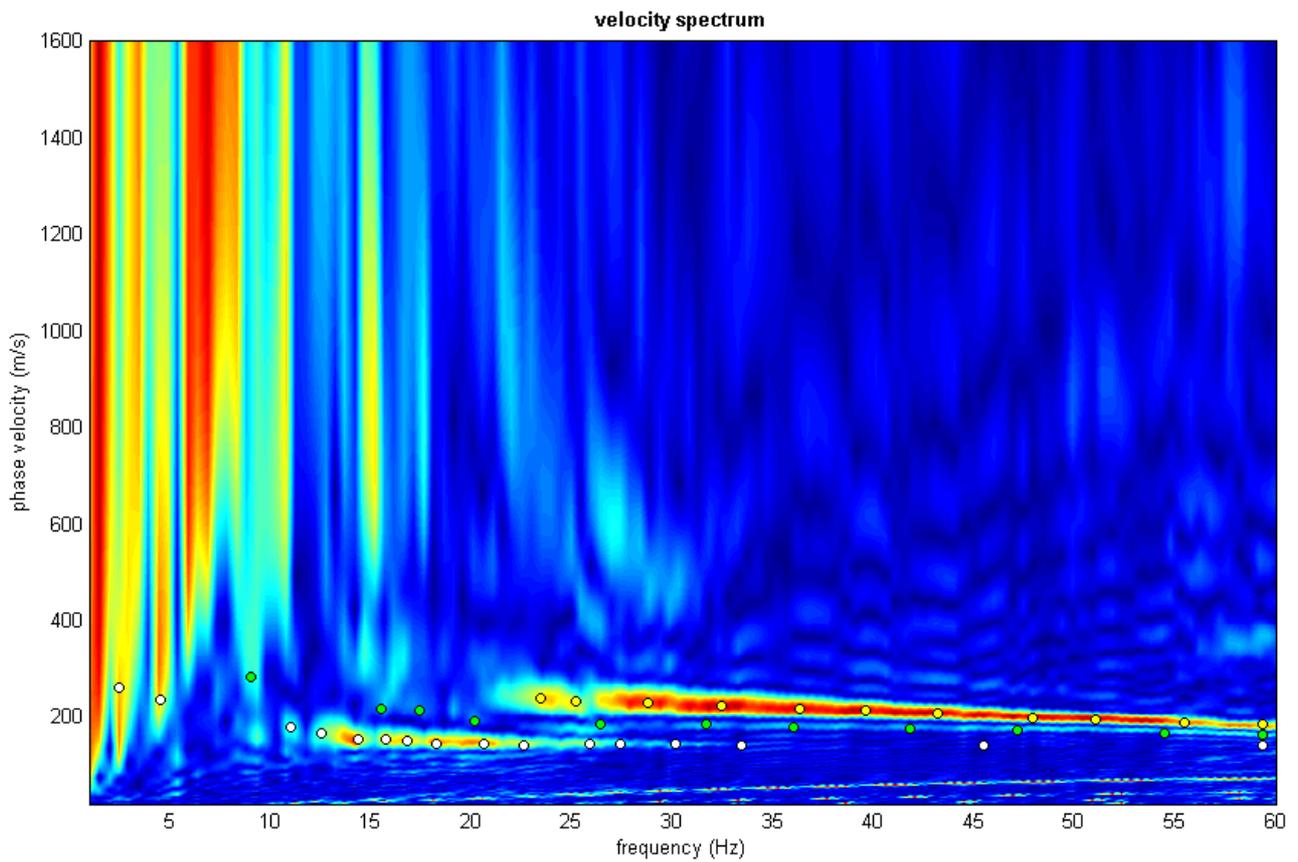
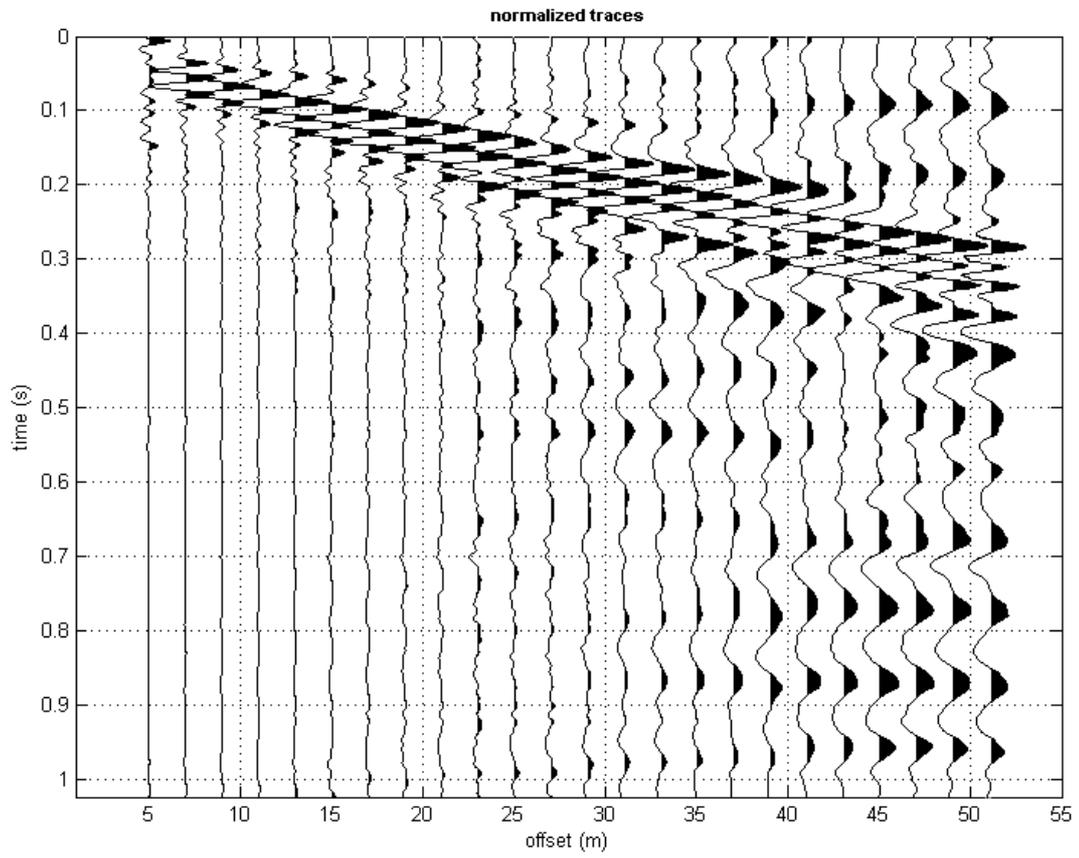
best model	
23.449	234.8157
25.2022	231.1273
28.7849	226.5674
32.4438	222.7555
36.3314	217.2349
39.6092	210.9619
43.1919	203.9107
47.918	196.1966
51.0433	192.2541
55.4645	187.9907
59.3521	185.2346

Vs5 (mean model): 159 m/s
Vs5 (best model): 159 m/s

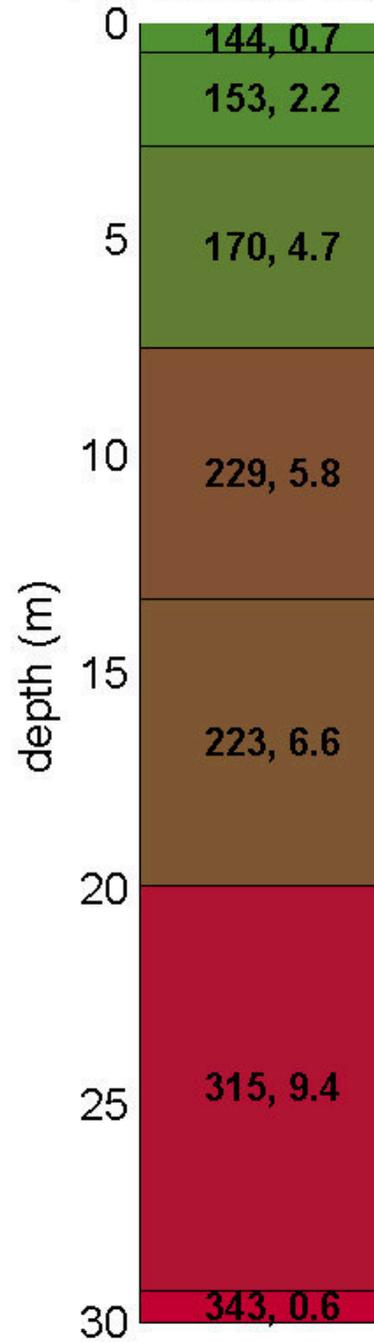
Vs20 (mean model): 197 m/s
Vs20 (best model): 198 m/s

Vs30 (mean model): 225 m/s
Vs30 (best model): 225 m/s

dataset: RUBIERA.DAT
sampling: 1 ms
minimum offset: 5 m
geophone spacing: 2 m



Subsurface model



V
(m/s)^S thickness
(m)

winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results

Dataset: RUBIERA.DAT

Mean model

Vs (m/s): 144, 153, 170, 229, 223, 315, 343

Standard deviations (m/s): 13, 7, 5, 11, 18, 56, 59

Thickness (m): 0.7, 2.2, 4.7, 5.8, 6.6, 9.4

Standard deviations (m): 0.1, 0.3, 0.4, 0.6, 0.8, 1.6

Density (gr/cm³) (approximate values): 2.06, 1.79, 1.90, 2.00, 1.98, 1.95, 1.98

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 43 42 55 105 98 193 233

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: Rubiera (RE) via Corradini.cdp

Analysis: Rayleigh Waves

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

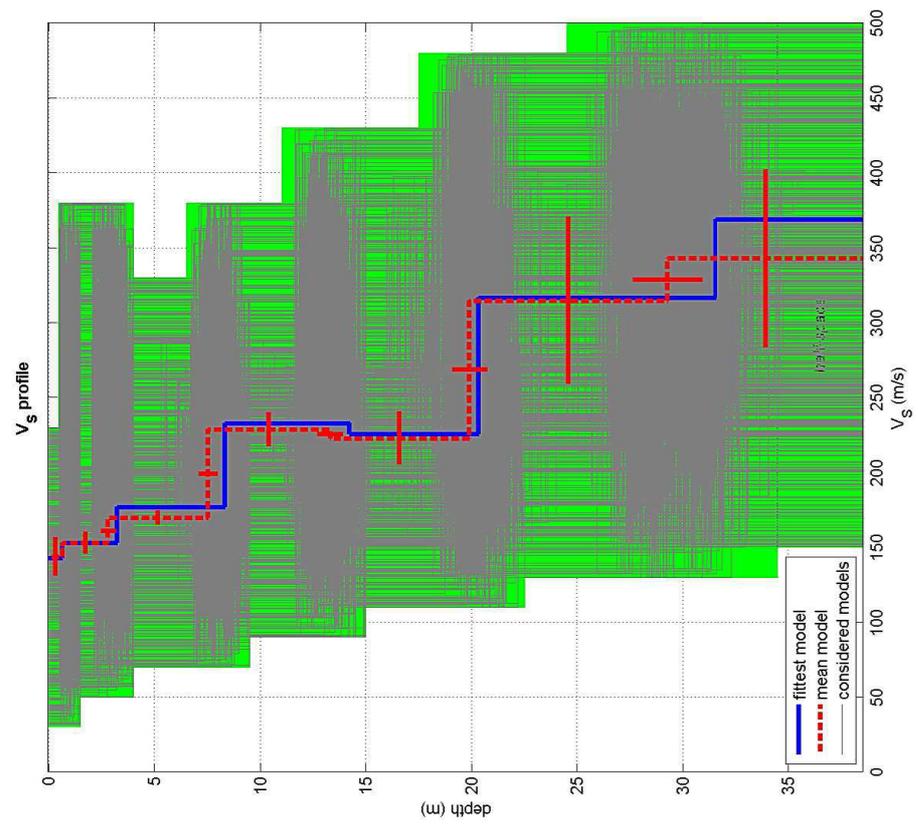
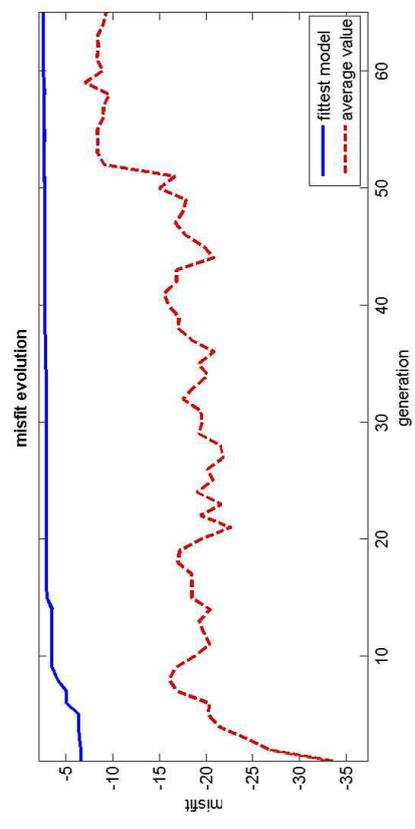
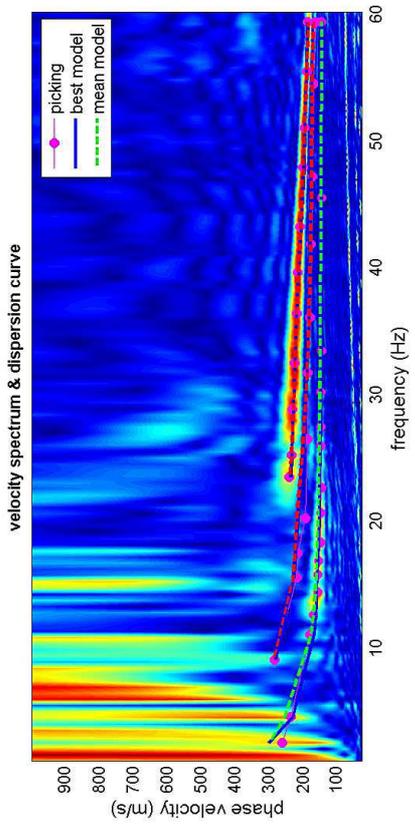
Vp (m/s): 1005, 341, 533, 802, 725, 646, 746

Poisson: 0.49 0.37 0.44 0.46 0.45 0.34 0.37

Vs30 (m/s): 225

Soil classification: 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.



dataset: RUBIERA.DAT
 dispersion curve: Rubiera (RE) via Corradini.cdp
 V_{s30} (best model): 225 m/s
 V_{s30} (mean model): 225 m/s

VERIFICA A LIQUEFAZIONE



PROGRAMMA DI CALCOLO: LIQUITER (GEOSTRU)

Progetto: Variante PSC e RUE
Ditta: Edilfontana S.r.l.
Comune: Via Corradini – Rubiera (RE)

Normative di riferimento

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

Metodo di calcolo: Robertson e Wride (1997)

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

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

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

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

dove:

q_c è la resistenza alla punta misurata

Pa è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di 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

Fattore sicurezza normativa 1.25

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.165

Fattore amplificazione 2.38

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

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

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.47

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Peak ground acceleration (PGA) 0.242

PROVA PENETROMETRICA CPT1

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Argille - Argille Limose	0	3	20.98	21.76	5309.62	201.33
2	Argille	3	5.5	19.12	19.9	1788.64	117.68
3	Argille	5.5	9.5	19.87	20.66	2842.95	153.96
4	Limite - Argille Sabbiose	9.5	11.5	21.58	22.36	7806.49	199.37
5	Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia	11.5	12	18.63	21.57	38027.36	43.64

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.67

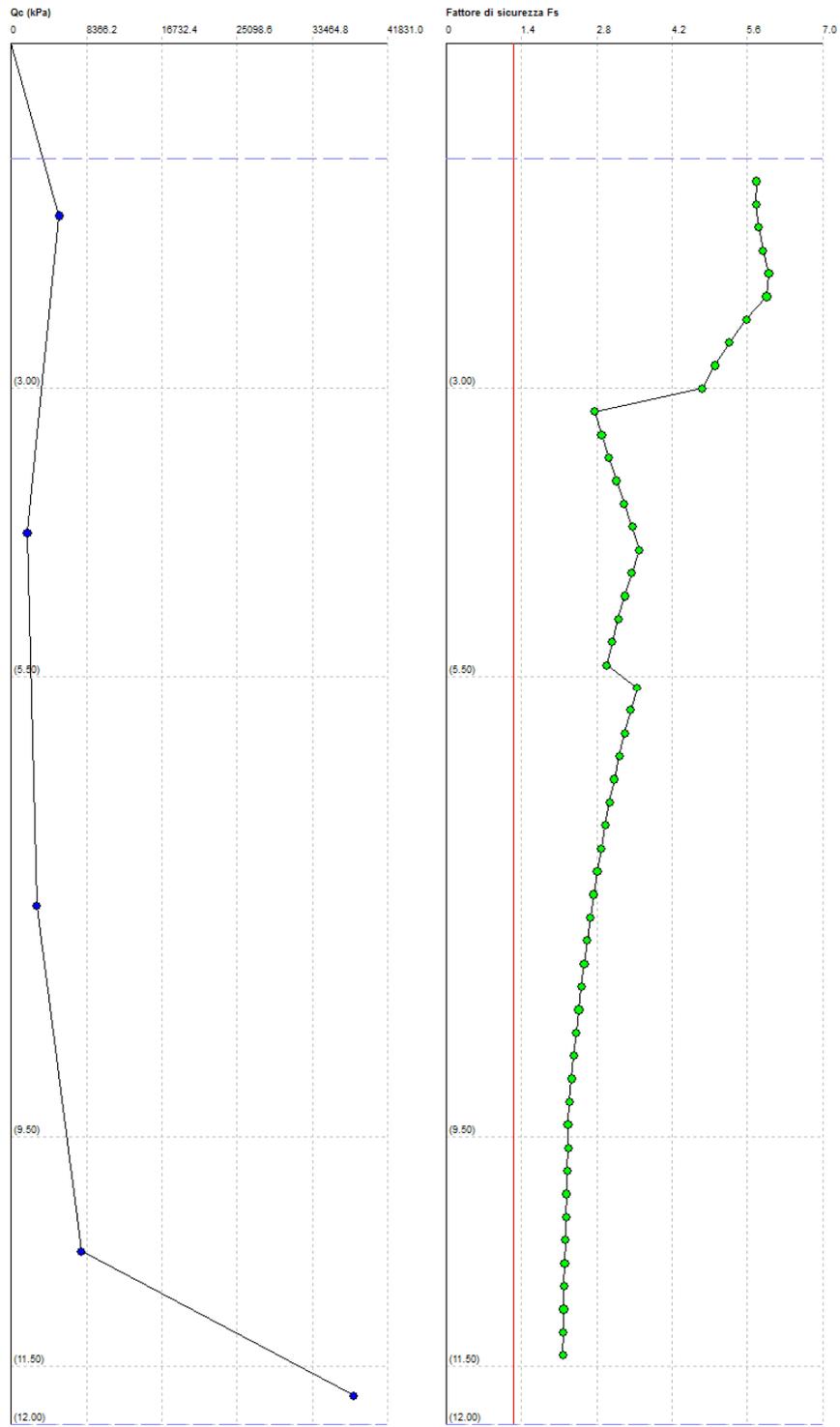
Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qe1 (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Storzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1.20	25.332	23.371	109.832	3.810	2.299	1.7	175.657	0.991	0.584	0.101	5.768	non suscettibile	0	Molto basso
1.40	29.684	25.761	104.612	3.813	2.313	1.7	179.622	0.989	0.619	0.107	5.759	non suscettibile	0	Molto basso
1.60	34.036	28.152	100.071	3.816	2.325	1.7	183.393	0.988	0.654	0.113	5.805	non suscettibile	0	Molto basso
1.80	38.388	30.543	96.075	3.819	2.337	1.7	186.992	0.986	0.688	0.117	5.887	non suscettibile	0	Molto basso
2.00	42.740	32.933	92.522	3.823	2.347	1.7	190.441	0.985	0.722	0.120	5.995	non suscettibile	0	Molto basso
2.20	47.092	35.324	89.336	3.826	2.357	1.682538	191.764	0.983	0.736	0.124	5.954	non suscettibile	0	Molto basso
2.40	51.444	37.715	86.459	3.829	2.367	1.628339	188.645	0.982	0.704	0.126	5.579	non suscettibile	0	Molto basso
2.60	55.796	40.105	83.842	3.832	2.376	1.579061	185.799	0.980	0.677	0.129	5.262	non suscettibile	0	Molto basso
2.80	60.148	42.496	81.450	3.835	2.384	1.534002	183.189	0.979	0.652	0.131	4.991	non suscettibile	0	Molto basso
3.00	64.500	44.887	79.251	3.838	2.392	1.492592	180.782	0.977	0.629	0.132	4.755	non suscettibile	0	Molto basso
3.20	68.848	46.905	36.673	6.841	2.803	1.7	146.173	0.976	0.370	0.134	2.759	non suscettibile	0	Molto basso
3.40	72.460	48.924	35.078	6.857	2.817	1.7	149.816	0.974	0.393	0.136	2.887	non suscettibile	0	Molto basso
3.60	76.440	50.943	33.610	6.873	2.830	1.7	153.415	0.972	0.416	0.138	3.022	non suscettibile	0	Molto basso
3.80	80.420	52.961	32.254	6.889	2.843	1.7	156.971	0.971	0.440	0.139	3.163	non suscettibile	0	Molto basso
4.00	84.400	54.980	30.997	6.905	2.856	1.7	160.487	0.969	0.464	0.140	3.310	non suscettibile	0	Molto basso
4.20	88.380	56.999	29.830	6.921	2.868	1.7	163.964	0.968	0.490	0.141	3.463	non suscettibile	0	Molto basso
4.40	92.360	59.017	28.742	6.938	2.880	1.694416	166.855	0.966	0.512	0.143	3.591	non suscettibile	0	Molto basso
4.60	96.340	61.036	27.726	6.954	2.892	1.638376	164.619	0.965	0.495	0.144	3.447	non suscettibile	0	Molto basso
4.80	100.320	63.055	26.775	6.970	2.903	1.585924	162.495	0.963	0.479	0.144	3.315	non suscettibile	0	Molto basso
5.00	104.300	65.073	25.884	6.987	2.914	1.536726	160.474	0.962	0.464	0.145	3.195	non suscettibile	0	Molto basso
5.20	108.280	67.092	25.046	7.003	2.925	1.490489	158.548	0.960	0.451	0.146	3.084	non suscettibile	0	Molto basso
5.40	112.260	69.111	24.256	7.020	2.936	1.446953	156.709	0.959	0.438	0.147	2.983	non suscettibile	0	Molto basso
5.60	116.316	71.205	38.293	5.647	2.729	1.404388	168.217	0.957	0.523	0.147	3.546	non suscettibile	0	Molto basso
5.80	120.448	73.376	37.103	5.655	2.739	1.362842	166.208	0.956	0.507	0.148	3.428	non suscettibile	0	Molto basso
6.00	124.580	75.547	35.983	5.664	2.749	1.323684	164.291	0.954	0.492	0.148	3.319	non suscettibile	0	Molto basso
6.20	128.712	77.717	34.924	5.672	2.758	1.286713	162.460	0.953	0.479	0.149	3.219	non suscettibile	0	Molto basso
6.40	132.844	79.888	33.924	5.681	2.768	1.251751	160.709	0.951	0.466	0.149	3.125	non suscettibile	0	Molto basso
6.60	136.976	82.059	32.976	5.690	2.777	1.218639	159.030	0.950	0.454	0.149	3.038	non suscettibile	0	Molto basso
6.80	141.108	84.229	32.077	5.698	2.786	1.187233	157.421	0.948	0.443	0.150	2.957	non suscettibile	0	Molto basso
7.00	145.240	86.400	31.223	5.707	2.794	1.157406	155.875	0.946	0.432	0.150	2.881	non suscettibile	0	Molto basso

7.20	149.372	88.571	30.412	5.716	2.803	1.129041	154.389	0.945	0.422	0.150	2.810	non suscettibile	0	Molto basso
7.40	153.504	90.741	29.639	5.725	2.811	1.102032	152.958	0.943	0.413	0.150	2.744	non suscettibile	0	Molto basso
7.60	157.636	92.912	28.902	5.733	2.820	1.076286	151.580	0.942	0.404	0.151	2.681	non suscettibile	0	Molto basso
7.80	161.768	95.083	28.198	5.742	2.828	1.051715	150.251	0.940	0.395	0.151	2.622	non suscettibile	0	Molto basso
8.00	165.900	97.253	27.527	5.751	2.836	1.028241	148.969	0.939	0.387	0.151	2.566	non suscettibile	0	Molto basso
8.20	170.032	99.424	26.884	5.760	2.844	1.005792	147.730	0.937	0.380	0.151	2.513	non suscettibile	0	Molto basso
8.40	174.164	101.595	26.269	5.769	2.851	0.9843025	146.532	0.936	0.373	0.151	2.464	non suscettibile	0	Molto basso
8.60	178.296	103.766	25.680	5.778	2.859	0.9637118	145.373	0.934	0.366	0.151	2.416	non suscettibile	0	Molto basso
8.80	182.428	105.936	25.114	5.787	2.866	0.943965	144.251	0.933	0.359	0.151	2.372	non suscettibile	0	Molto basso
9.00	186.560	108.107	24.572	5.796	2.874	0.9250112	143.164	0.931	0.353	0.152	2.329	non suscettibile	0	Molto basso
9.20	190.692	110.278	24.051	5.805	2.881	0.9068035	142.110	0.928	0.347	0.151	2.292	non suscettibile	0	Molto basso
9.40	194.824	112.448	23.550	5.814	2.888	0.8892989	141.088	0.923	0.341	0.151	2.263	non suscettibile	0	Molto basso
9.60	199.126	114.789	22.863	2.621	2.295	0.9333622	140.902	0.918	0.340	0.150	2.266	non suscettibile	0	Molto basso
9.80	203.598	117.300	22.079	2.622	2.299	0.9233194	140.183	0.912	0.336	0.149	2.252	non suscettibile	0	Molto basso
10.00	208.070	119.810	21.320	2.624	2.302	0.9135939	139.488	0.907	0.332	0.149	2.238	non suscettibile	0	Molto basso
10.20	212.542	122.321	20.584	2.625	2.306	0.9041694	138.815	0.902	0.329	0.148	2.226	non suscettibile	0	Molto basso
10.40	217.014	124.832	19.870	2.627	2.309	0.8950307	138.162	0.896	0.325	0.147	2.214	non suscettibile	0	Molto basso
10.60	221.486	127.342	19.178	2.628	2.312	0.8861635	137.529	0.891	0.322	0.146	2.203	non suscettibile	0	Molto basso
10.80	225.958	129.853	18.506	2.630	2.315	0.8775548	136.915	0.886	0.319	0.145	2.193	non suscettibile	0	Molto basso
11.00	230.430	132.364	17.853	2.632	2.318	0.8691923	136.319	0.880	0.316	0.144	2.184	non suscettibile	0	Molto basso
11.20	234.902	134.874	17.219	2.633	2.321	0.8610643	135.740	0.875	0.313	0.144	2.176	non suscettibile	0	Molto basso
11.40	239.374	137.385	16.602	2.635	2.324	0.8531603	135.177	0.870	0.310	0.143	2.168	non suscettibile	0	Molto basso
11.60	243.767	139.817									0	non suscettibile	0	Molto basso
11.80	248.081	142.169									0	non suscettibile	0	Molto basso
12.00	252.395	144.522									0	non suscettibile	0	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

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

1:50



PROVA PENETROMETRICA CPT2

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Argille - Argille Limose	0	3	20.58	21.37	4185.09	147.3
2	Argille	3	6	18.87	19.66	1558.28	84.14
3	Argille	6	9.5	19.41	20.19	2188.16	127.68
4	Argille	9.5	13	19.62	20.41	2538.75	116.99
5	Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia	13	13.6	18.63	21.57	39352.93	43.64

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.67

Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta 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
1.20	24.854	22.893	87.469	3.541	2.338	1.7	147.676	0.991	0.380	0.101	3.742	non suscettibile	0	Molto basso
1.40	29.128	25.205	83.360	3.544	2.352	1.7	151.261	0.989	0.402	0.108	3.728	non suscettibile	0	Molto basso
1.60	33.402	27.518	79.780	3.548	2.365	1.7	154.670	0.988	0.424	0.113	3.752	non suscettibile	0	Molto basso
1.80	37.676	29.831	76.625	3.552	2.377	1.7	157.924	0.986	0.446	0.117	3.800	non suscettibile	0	Molto basso
2.00	41.950	32.143	73.817	3.555	2.388	1.7	161.041	0.985	0.468	0.121	3.866	non suscettibile	0	Molto basso
2.20	46.224	34.456	71.297	3.559	2.398	1.7	164.036	0.983	0.490	0.124	3.944	non suscettibile	0	Molto basso
2.40	50.498	36.769	69.019	3.563	2.408	1.649153	161.929	0.982	0.475	0.127	3.736	non suscettibile	0	Molto basso
2.60	54.772	39.081	66.945	3.566	2.418	1.599614	159.686	0.980	0.459	0.130	3.542	non suscettibile	0	Molto basso
2.80	59.046	41.394	65.048	3.570	2.426	1.554287	157.625	0.979	0.444	0.132	3.375	non suscettibile	0	Molto basso
3.00	63.320	43.707	63.304	3.574	2.435	1.512607	155.722	0.977	0.431	0.133	3.231	non suscettibile	0	Molto basso
3.20	67.252	45.677	62.643	3.574	2.435	1.512607	155.722	0.977	0.431	0.133	3.231	non suscettibile	0	Molto basso
3.20	67.252	45.677	32.643	5.643	2.777	1.7	121.723	0.976	0.248	0.135	1.829	non suscettibile	0	Molto basso
3.40	71.184	47.648	31.210	5.658	2.792	1.7	124.930	0.974	0.261	0.137	1.905	non suscettibile	0	Molto basso
3.60	75.116	49.619	29.891	5.673	2.806	1.7	128.103	0.972	0.276	0.139	1.985	non suscettibile	0	Molto basso
3.80	79.048	51.589	28.673	5.688	2.820	1.7	131.242	0.971	0.290	0.140	2.069	non suscettibile	0	Molto basso
4.00	82.980	53.560	27.545	5.703	2.833	1.7	134.349	0.969	0.306	0.142	2.158	non suscettibile	0	Molto basso
4.20	86.912	55.531	26.496	5.718	2.846	1.7	137.426	0.968	0.321	0.143	2.250	non suscettibile	0	Molto basso
4.40	90.844	57.501	25.520	5.734	2.858	1.7	140.475	0.966	0.338	0.144	2.347	non suscettibile	0	Molto basso
4.60	94.776	59.472	24.608	5.749	2.871	1.681462	141.931	0.965	0.346	0.145	2.386	non suscettibile	0	Molto basso
4.80	98.708	61.443	23.755	5.765	2.883	1.627532	140.246	0.963	0.337	0.146	2.307	non suscettibile	0	Molto basso
5.00	102.640	63.413	22.955	5.780	2.894	1.576954	138.642	0.962	0.328	0.147	2.234	non suscettibile	0	Molto basso
5.20	106.572	65.384	22.203	5.796	2.906	1.529425	137.114	0.960	0.320	0.148	2.167	non suscettibile	0	Molto basso
5.40	110.504	67.355	21.495	5.812	2.917	1.484677	135.654	0.959	0.312	0.148	2.105	non suscettibile	0	Molto basso
5.60	114.436	69.325	20.827	5.827	2.928	1.442473	134.260	0.957	0.305	0.149	2.048	non suscettibile	0	Molto basso
5.80	118.368	71.296	20.196	5.843	2.938	1.402602	132.924	0.956	0.298	0.150	1.995	non suscettibile	0	Molto basso
6.00	122.300	73.267	19.599	5.859	2.949	1.364876	131.645	0.954	0.292	0.150	1.946	non suscettibile	0	Molto basso
6.20	126.338	75.343	19.045	5.874	2.960	1.327256	130.428	0.953	0.286	0.151	1.900	non suscettibile	0	Molto basso
6.40	130.376	77.420	18.529	5.888	2.870	1.291654	129.260	0.951	0.280	0.151	1.858	non suscettibile	0	Molto basso
6.60	134.414	79.497	18.054	5.902	2.879	1.257913	128.140	0.950	0.274	0.151	1.818	non suscettibile	0	Molto basso
6.80	138.452	81.573	17.619	5.916	2.888	1.225889	127.060	0.948	0.268	0.152	1.780	non suscettibile	0	Molto basso
7.00	142.490	83.650	17.222	5.930	2.897	1.195456	126.020	0.946	0.262	0.152	1.744	non suscettibile	0	Molto basso

7.20	146.528	85.727	23.816	6.254	2.906	1.166497	147.007	0.945	0.375	0.152	2.466	non suscettibile	0	Molto basso
7.40	150.566	87.803	23.206	6.266	2.915	1.138907	145.685	0.943	0.368	0.153	2.410	non suscettibile	0	Molto basso
7.60	154.604	89.880	22.625	6.279	2.923	1.112593	144.411	0.942	0.360	0.153	2.357	non suscettibile	0	Molto basso
7.80	158.642	91.957	22.070	6.291	2.932	1.087467	143.182	0.940	0.353	0.153	2.308	non suscettibile	0	Molto basso
8.00	162.680	94.033	21.540	6.304	2.940	1.063451	141.994	0.939	0.346	0.153	2.261	non suscettibile	0	Molto basso
8.20	166.718	96.110	21.033	6.316	2.948	1.040473	140.846	0.937	0.340	0.153	2.217	non suscettibile	0	Molto basso
8.40	170.756	98.187	20.547	6.329	2.956	1.018467	139.736	0.936	0.334	0.153	2.175	non suscettibile	0	Molto basso
8.60	174.794	100.264	20.081	6.342	2.964	0.9973723	138.660	0.934	0.328	0.154	2.136	non suscettibile	0	Molto basso
8.80	178.832	102.340	19.634	6.354	2.972	0.9771337	137.619	0.933	0.322	0.154	2.098	non suscettibile	0	Molto basso
9.00	182.870	104.417	19.205	6.367	2.980	0.9577002	136.610	0.931	0.317	0.154	2.062	non suscettibile	0	Molto basso
9.20	186.908	106.494	18.792	6.380	2.987	0.9390246	135.630	0.928	0.312	0.154	2.031	non suscettibile	0	Molto basso
9.40	190.946	108.570	18.396	6.393	2.994	0.9210635	134.680	0.923	0.307	0.153	2.007	non suscettibile	0	Molto basso
9.60	195.006	110.669	21.178	4.992	2.877	0.9035969	125.624	0.918	0.264	0.152	1.734	non suscettibile	0	Molto basso
9.80	199.088	112.790	20.744	5.000	2.884	0.8866074	124.811	0.912	0.261	0.152	1.718	non suscettibile	0	Molto basso
10.00	203.170	114.910	20.325	5.009	2.891	0.870245	124.021	0.907	0.257	0.151	1.702	non suscettibile	0	Molto basso
10.20	207.252	117.031	19.922	5.018	2.898	0.8544756	123.253	0.902	0.254	0.151	1.688	non suscettibile	0	Molto basso
10.40	211.334	119.152	19.533	5.027	2.905	0.8392677	122.506	0.896	0.251	0.150	1.674	non suscettibile	0	Molto basso
10.60	215.416	121.272	19.158	5.035	2.912	0.8245915	121.779	0.891	0.248	0.149	1.662	non suscettibile	0	Molto basso
10.80	219.498	123.393	18.796	5.044	2.919	0.8104197	121.072	0.886	0.245	0.149	1.650	non suscettibile	0	Molto basso
11.00	223.580	125.514	18.446	5.053	2.925	0.7967269	120.383	0.880	0.242	0.148	1.638	non suscettibile	0	Molto basso
11.20	227.662	127.634	18.107	5.062	2.932	0.7834892	119.711	0.875	0.240	0.147	1.628	non suscettibile	0	Molto basso
11.40	231.744	129.755	17.780	5.071	2.938	0.7706841	119.056	0.870	0.237	0.146	1.618	non suscettibile	0	Molto basso
11.60	235.826	131.876	17.463	5.080	2.945	0.7582908	118.418	0.864	0.234	0.146	1.609	non suscettibile	0	Molto basso
11.80	239.908	133.996	17.156	5.089	2.951	0.7462898	117.795	0.859	0.232	0.145	1.600	non suscettibile	0	Molto basso
12.00	243.990	136.117	16.859	5.098	2.957	0.7346629	117.186	0.854	0.230	0.144	1.592	non suscettibile	0	Molto basso
12.20	248.072	138.238	16.571	5.107	2.964	0.7233926	116.593	0.848	0.227	0.144	1.584	non suscettibile	0	Molto basso
12.40	252.154	140.358	16.291	5.116	2.970	0.7124628	116.013	0.843	0.225	0.143	1.577	non suscettibile	0	Molto basso
12.60	256.236	142.479	16.020	5.125	2.976	0.7018584	115.446	0.838	0.223	0.142	1.571	non suscettibile	0	Molto basso
12.80	260.318	144.600	15.757	5.135	2.982	0.6915651	114.892	0.832	0.221	0.141	1.565	non suscettibile	0	Molto basso
13.00	264.400	146.720	15.501	5.144	2.988	0.6815693	114.350	0.827	0.219	0.140	1.559	non suscettibile	0	Molto basso
13.20	268.714	149.073									0	non suscettibile	0	Molto basso
13.40	273.028	151.426									0	non suscettibile	0	Molto basso
13.60	277.342	153.778									0	non suscettibile	0	Molto basso

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

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

1:57

