

**CAROLI DOTT. GEOL. NICOLA**

Via Folloni, 11/3 - 42019 SCANDIANO (RE)

Email: carolinicola@alice.it

Cell: 3406286161



**Comune di Scandiano**  
(Provincia di Reggio nell'Emilia)

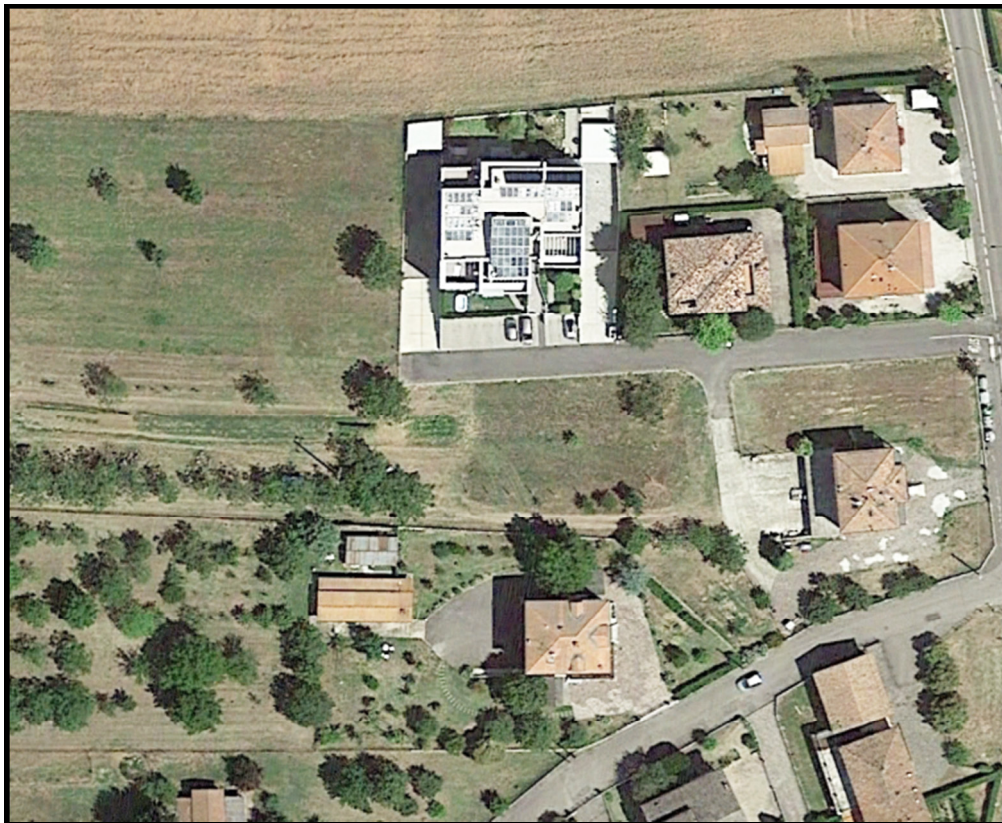
**Località: Via Goti - Ventoso**

**RELAZIONE GEOLOGICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE**

---

**VARIANTE AL RUE**

---



**Committente: Generali Emanuele**

**Maggio 2018**

## INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE.....	3
3. INQUADRAMENTO TETTONICO E CENNI DI GEOLITOLOGIA.....	4
4. METODOLOGIA D'INDAGINE .....	5
5. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI.....	5
6. IDROGEOLOGIA DI BACINO E LOCALE .....	6
7. RISCHIO IDRAULICO.....	7
8. SISMICITÀ DELL'AREA .....	9
9. MICROZONAZIONE SISMICA .....	15
10. RISPOSTA SISMICA LOCALE .....	17
11. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE .....	20
12. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	24

**- ALLEGATI:**

- UBICAZIONE DELLE INDAGINI
- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
- SISMICA PASSIVA HVSR

## **1. PREMESSA**

Con riferimento agli accordi intercorsi con il Geom. Cristian Cigni di Scandiano (RE), trasmetto la presente relazione geologica e sulla pericolosità sismica di base atta a definire le caratteristiche geomeccaniche e sismiche di un terreno, sito in Via Goti - Ventoso di Scandiano (RE), oggetto di Variante al RUE.

Per definire con precisione le caratteristiche litologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni presenti nell'area oggetto di studio sono state eseguite due prove penetrometriche statiche ed un'indagine geofisica tipo HVSR.

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

Sono di seguito elencate le principali normative di riferimento:

- D.M. 17/1/2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- D.G.R. n° 1300 del 01/08/2016 “Prime disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico”;
- D.G.R. n° 2193 del 21/12/2015 aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2/2/2009 – “Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- D.M. 14/1/2008 – “Testo unitario - Norme tecniche per le costruzioni”;
- 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”.
- 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”.
- Circolare Min. LL.PP. n°30483 24 settembre 1988;
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio e sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Giugno 1990;
- Legge regionale 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico".

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

L’area in oggetto di studio, posta alla quota media di 130 m s.l.m., appartiene ad una superficie terrazzata sospesa di 50-60 metri sulla medio-alta pianura.

Il lotto di terreno in esame, di forma grosso modo rettangolare, con un’estensione territoriale di ~840 m<sup>2</sup>, sito Sud di Scandiano, a NO del nucleo antico dell’abitato di Ventoso, più precisamente ad occidente del piccolo borgo Riola, tra il Rio Bellani e Via Goti, da cui si accede tramite una breve strada interna (cf. stralcio C.T.R. – elemento n° 219014 – Scandiano e del R.U.E. vigente del comune di Scandiano – Tav. 3.2, entrambi in scala 1:5.000 nonché ortofoto proposta sul frontespizio).

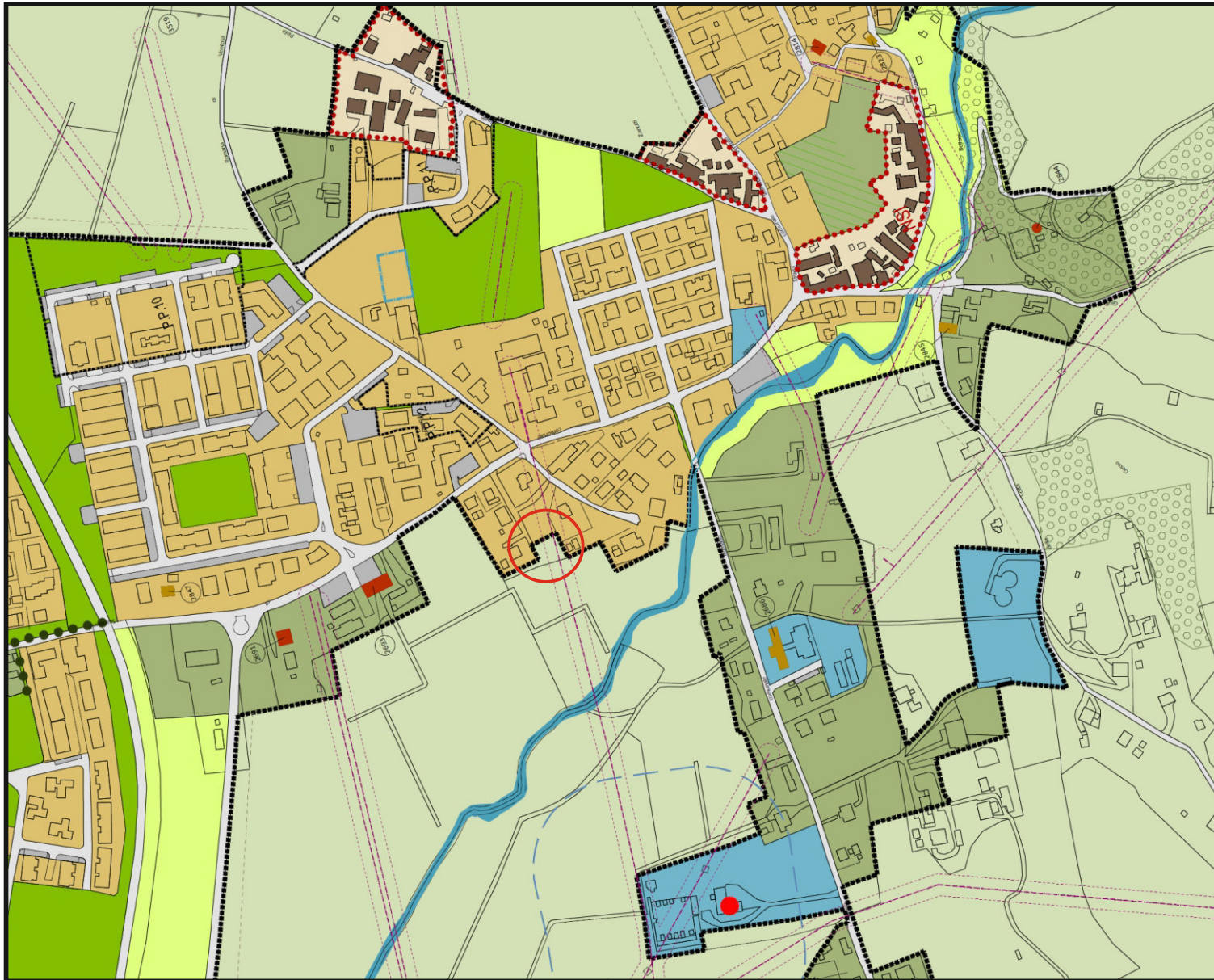


**STRALCIO DALLA C.T.R. IN SCALA 1: 5000**  
**Elemento n° 219014 - Scandiano**





**STRALCIO DEL RUE DI SCANDIANO (RE)**





N=4938400

E=1633500

1 Particella: 434

Comune: SCANDIANO  
Foglio: 36  
Scala originale: 1:2000  
Dimensione cornice: 534.000 x 378.000 metri  
15-Mag-2018 17:46:18  
Prot. n. T358050/2018

L'area è inoltre identificata al Nuovo Catasto Terreni del comune di Scandiano nel Foglio n° 36 – mappale n° 434/parte (cf. stralcio in allegato in scala 1:2000).

I suoli che qui si rinvengono appartengono all'associazione dei “suoli lisciviati a pseudogley - suoli lisciviati - suoli alluvionali”.

Si tratta di suoli che hanno subito una pedogenesi già nell'interglaciale Riss-Würm ed hanno perciò raggiunto spesso un'evoluzione assai avanzata.

Il ciclo würmiano ha poi provocato un'erosione più severa e la sedimentazione di coltri colluviali fini. Ecco perché accanto ai suoli lisciviati a pseudogley troviamo i suoli bruni lisciviati che sono il massimo stadio evolutivo raggiunto dalla pedogenesi post-wurmiana.

Il regime pluviometrico della zona è di tipo continentale. Il valore medio annuo delle precipitazioni è di 791 mm con punte massime di piovosità in primavera (221 mm) ed in autunno (232 mm).

La temperatura media mensile annua è di 13.4 °C, con valori medi massimi di 30.1 °C, per il mese di luglio, e minimi di -2.0 °C, per il mese di gennaio. L'escursione annua è quindi di 32.1 °C.

I venti predominanti provengono da occidente in inverno, da oriente nelle altre stagioni.

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

La plasticità delle formazioni non permette l'individuazione, in superficie, delle strutture tettoniche principali. Tuttavia questi terreni hanno subito movimenti orogenetici molto recenti che hanno accompagnato il movimento traslativo della coltre alloctona, costituita dai terreni Eugeo e Tardo-geosinclinalici, al di sopra del basamento Miocenico padano.

La presenza di movimenti relativamente recenti (fasi pleistoceniche) può essere provata da osservazioni geomorfologiche: risulta infatti evidente come il territorio, a cui appartiene l'area in esame, sia soggetto al ringiovanimento dei fenomeni erosivi a seguito di movimenti tettonici di tipo essenzialmente epirogenetico.

Si può vedere come il rapido ringiovanimento dei corsi d'acqua si sia sovrapposto ad un ciclo erosivo precedente giunto “per vie forzate” a uno stadio di maturità.

Il terrazzo a cui appartiene l'area in esame è prevalentemente costituito da ghiaie limo-sabbiose, limose o argillose ricoperte da limi argillosi. Studi recenti di maggior dettaglio, effettuati da ricercatori dell'Istituto di Geologia dell'Università di Modena, ascrivono il terrazzo in esame alla cosiddetta “Unità di Chiozza” dell'Olocene – pre-Neolitico.

Ad oriente, in una ristretta fascia ripercorsa dal Rio Riola, questi terreni sono stati ricoperti da sedimenti fini di tipo colluviale che li separano da depositi ancor più antichi del tardo Pleistocene medio, caratterizzanti una superficie terrazzata morfologicamente posta ad una quota di almeno venti metri superiore, ascrivibili all'Unità di Farneto (cf. carta geologica).

Nella posizione occupata dall'area in esame, questi terreni sono assimilabili a quelli del progetto CARG, qui ascritti al Subsistema di Ravenna (AES8 – cf stralcio in scala 1 : 5.000).

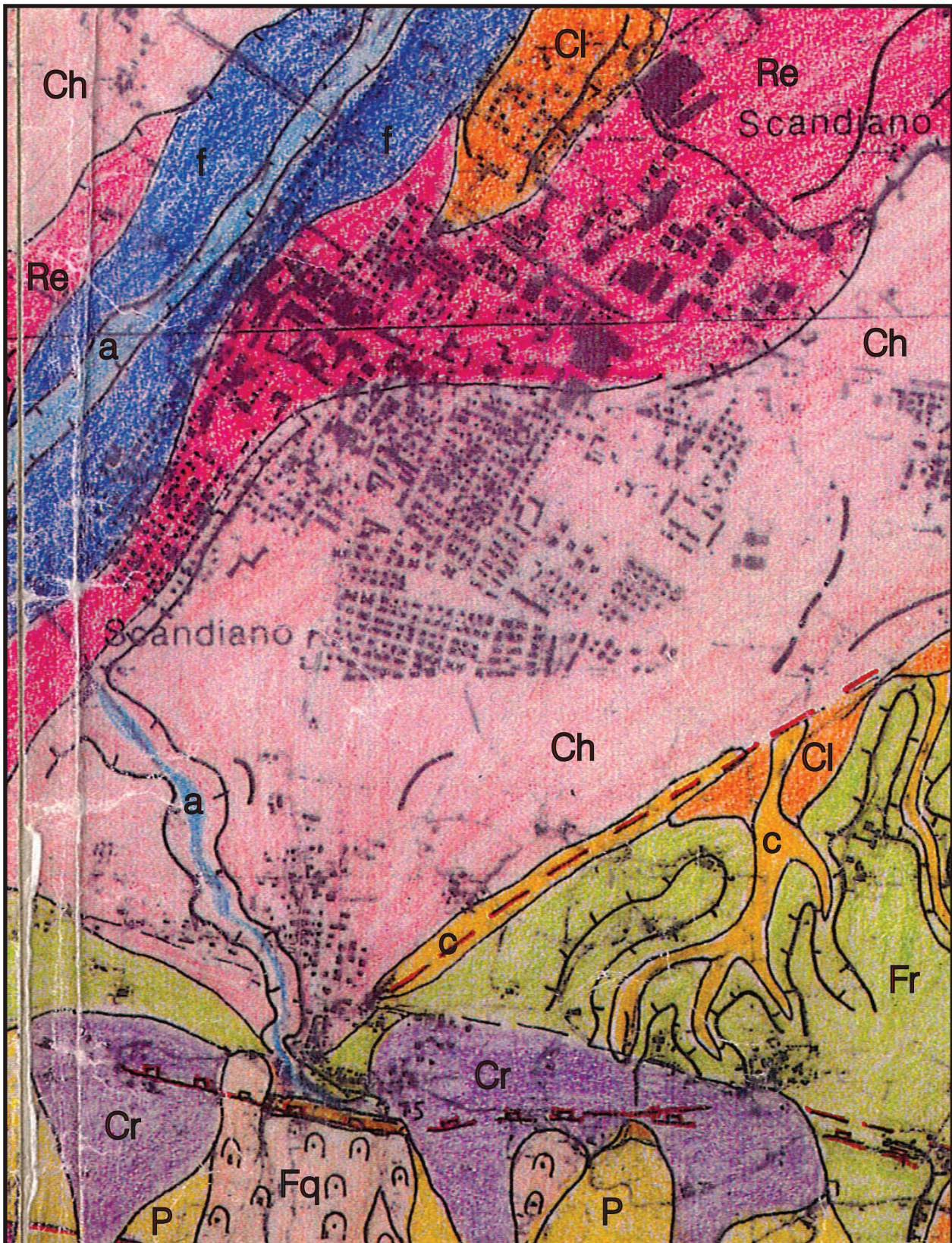
Si ha ragione di ritenere che in questa zona la potenza del deposito continentale sia considerevole, superiore al centinaio di metri; alla loro base abbiamo quindi i sedimenti marini, ad iniziare dalle sabbie del Calabriano per passare successivamente ai materiali pelitici del Villafranchiano (Pliocene sup.).

Limitatamente all'area presa qui in esame, da un rapido esame della litologia di superficie, risulta che il terrazzo è in prevalenza costituito da limi ed argille che annettono ghiaie di medie dimensioni.

Confermando quanto riportato sulle carte tematiche, le penetrometrie hanno accertato che, alla base di uno strato in prevalenza costituito da argille ad elevata componente organica, avente uno spessore di circa 2.5 metri, vi è un tipico deposito di origine alluvionale, in scarsa matrice limo argillosa, caratterizzato da una preponderanza di lenti di sabbie e ghiaie addensate tali da impedire la prosecuzione delle infissioni statiche.



# CARTA GEOLOGICA



## LEGENDA

### Depositi e formazioni

- c Depositi colluviali
- fq Dep. frana quiescente
- a Unità alvei attuali
- f Unità dei fondovalle
- Re Unità di Reggio E.

- Unità di Chiozza Ch
- Unità di Castellarano Cl
- Unità di Farneto Fr
- Unità del Crostolo Cr
- Pliocene P

### Forme fluviali e torrentizie

- Scarpata
- Scarpate ravvicinate
- Tracce di paleoalvei  
a=ben conservati b=mal conservati

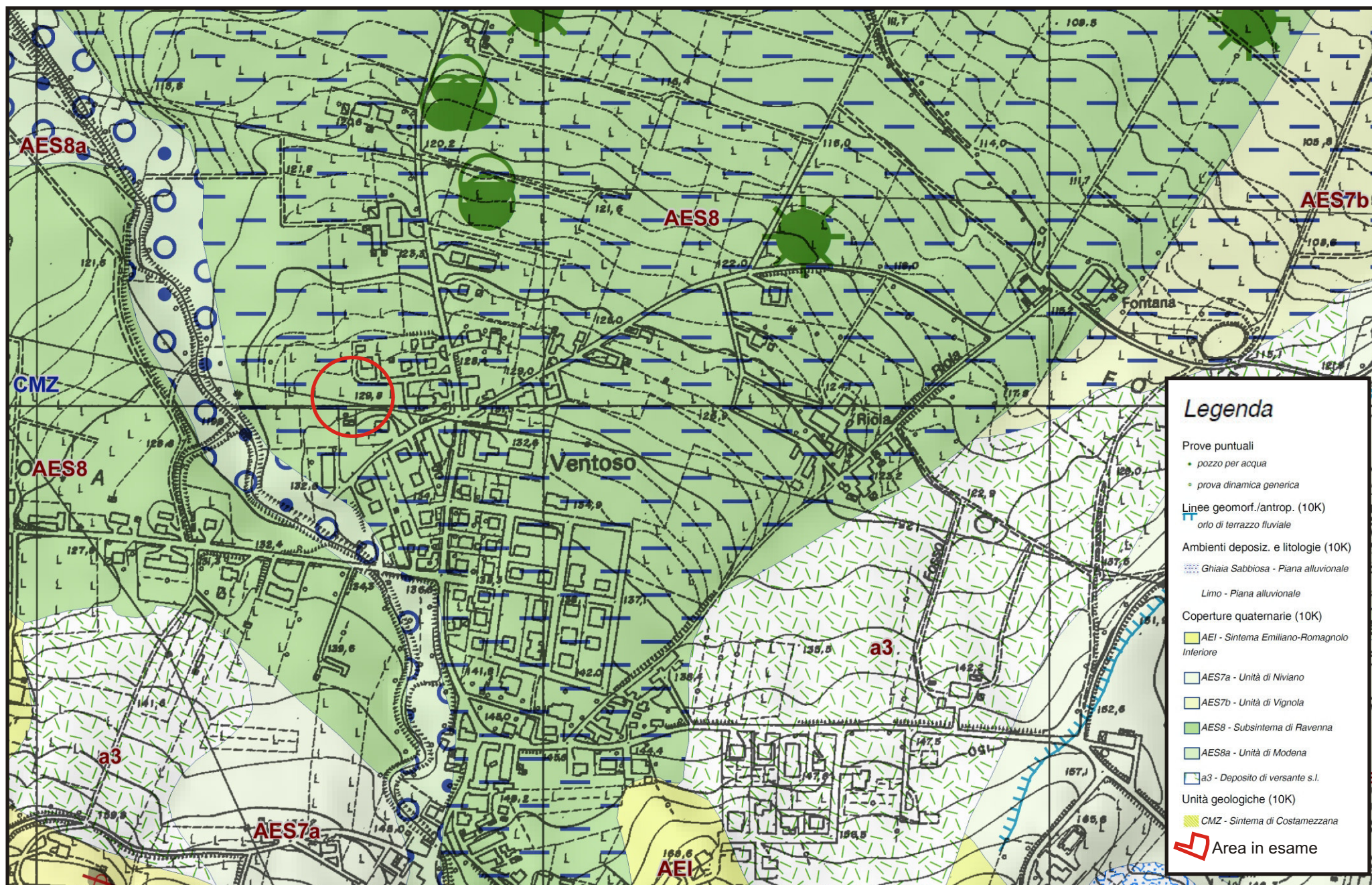
### Dati Strutturali

- Faglia probabile
- Flessura



# CARTA GEOLOGICA DEL PROGETTO CARG DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

SCALA 1:5000





#### 4. METODOLOGIA D'INDAGINE

Le caratteristiche geomeccaniche del primo sottosuolo vengono determinate sulla base dei dati acquisiti con due prove penetrometriche.

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

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  $\phi'$ , densità relativa  $D_r$ , modulo edometrico  $M_o$ , moduli di deformazione non drenato  $E_u$  e drenato  $E'$ , peso di volume  $Y$ , ecc.).

#### 5. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI

L'indagine consente di ricostruire, per i vari strati, le caratteristiche litologiche ed i parametri geotecnici caratteristici:

##### Livello A

Strato che dal piano cortilivo, annettendo la coltre di terreno vegetale, si approfondisce sino a 2.5 m in argille ad elevata componente organica e torbosa, con valori di:

$$\gamma = 1.85 \text{ t/m}^3 = 18.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.95 \text{ t/m}^3 = 19.12 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 0.7 \text{ kg/cm}^2 = 768.64 \text{ kPa}$$

$$c' = 0.15 \text{ kg/cm}^2 = 14.71 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 18 [^\circ]$$

$$M_o = 70 \text{ kg/cm}^2 = 6864 \text{ kPa}$$



### Livello B

Oltre 2.5 m vi sono sabbie e ghiaie in scarsa matrice limo argillosa, con valori di:

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

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

$$C_u = 0 \text{ kg/cm}^2 = 0 \text{ kPa}$$

$$c' = 0 \text{ kg/cm}^2 = 0 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 35 [^\circ]$$

$$M_o = 200 \text{ kg/cm}^2 = 19613 \text{ kPa}$$

dove:  $\gamma$  = peso di volume;  $\gamma_{\text{sat}}$  = peso di volume saturo;  $C_u$  = coesione non drenata;  $c'$  = coesione efficace;  $\phi'$  = angolo di attrito;  $M_o$  = modulo edometrico.

## **6. IDROGEOLOGIA DI BACINO E LOCALE**

Il territorio in oggetto di studio fa parte della “Unità idrogeologica dei corsi d’acqua minori”.

Questa unità corrisponde al tratto di alta pianura, compreso tra le conoidi dell’Enza e del Secchia, è percorso dai corsi d’acqua minori (Crostolo, Lodola, Tresinaro) che formano modeste conoidi, caratterizzate da sottili banchi ghiaiosi, abbastanza discontinui e talvolta passanti a letti sabbiosi, intercalati a serie prevalentemente limo-argillose. Anche attualmente infatti questi corsi d’acqua sono caratterizzati da bacini idrografici relativamente poco estesi e da portate liquide che non consentono un’ampia diffusione di materiali ghiaiosi.

Per quanto riguarda il contributo dei corsi d’acqua alle falde, pur essendo accertato, non è assolutamente quantificabile, per la mancanza di dati e per la variabilità delle situazioni.

Questa unità, fra quelle dell’alta pianura, è certamente la meno ricca di risorse idriche.

In base alla documentazione esistente ed alle caratteristiche della falda rilevate da alcuni pozzi, è possibile delineare un quadro sufficientemente preciso dell’idrogeologia della zona.

È stata accertata l’esistenza di una falda superficiale, a cui traggono alimento gli ultimi pozzi a camicia.

Le carte tematiche, nella fattispecie quella delle isopieze della conoide del T. Tresinaro (cf. stralcio in allegato) visualizzano che questo primo acquifero è tuttavia abbastanza profondo, in questa zona circa 30 m rispetto alla quota del piano campagna.

Questa profondità è strettamente correlata a quella del primo strato argilloso impermeabile e, anche nel corso dell’anno, può essere soggetta a variazioni in quanto può risentire del regime pluviometrico della zona, con quindi escursioni verso l’alto in concomitanza di periodi particolarmente piovosi od altrimenti abbassamenti durante stagioni siccitose.

In sintonia con le indicazioni della carta delle isopieze, vi è da segnalare che nel corso delle indagini penetrometriche non è stata riscontrata presenza d’acqua.

L’andamento delle isopieze riportate in carta visualizza poi che in questa zona il deflusso prevalente è verso NO, in direzione dell’alveo del T. Tresinaro; alla sua altezza, la direzione prevalente del flusso sotterraneo è da SO verso NE.

Nel territorio in esame è nota altresì l’esistenza di una falda profonda, valutabile intorno ai 68/70 m dal p.c., a cui traggono alimento i pozzi artesiani della zona ed il cui livello statico è di 43/45 m dalla quota del piano campagna.

IDROGEOLOGIA DELLA CONCOIDE DEL T. TRESINARO

CARTA DELLE ISOPIEZE

Legenda



Assi di drenaggio principali



Assi di drenaggio secondari



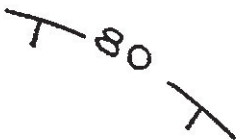
Assi spartiacque principali



Assi spartiacque secondari

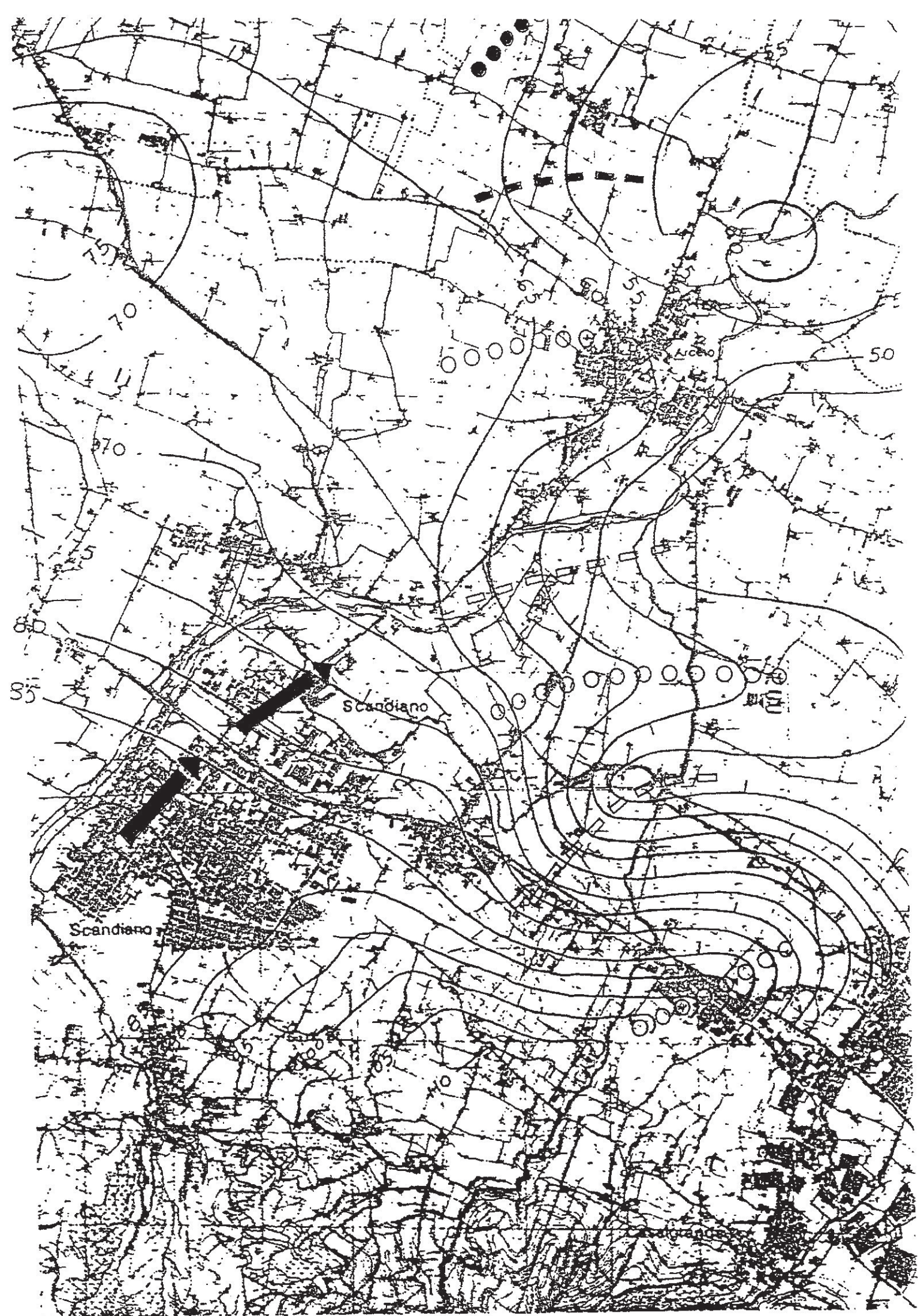


Principali direzioni di flusso sotterraneo



Linee isopiezometriche con indicazione  
delle direzioni di deflusso







## **7. 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 219NO – Sassuolo; nel territorio in esame tutti gli elaborati non individuano elementi di pericolosità e di rischio.

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

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

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

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

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

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

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

*- 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 in esame dovrà essere tenuta la medesima quota di quella esistente, già più alta rispetto a quella del piano stradale e di per stessa quindi meno esposta ad eventuali eventi che possano comportare un allagamento.

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

3 - In tal senso, si tenga presente che il primo sottosuolo è privo di una falda freatica superficiale; non a caso, nel corso delle indagini non ne è stata riscontrata l'esistenza. Anche nell'ipotesi di eventuali piani interrati si può pertanto escludere un'interazione con le future basi d'appoggio.

4 - Per non contribuire ad incrementare i cedimenti attesi, si dovrà tuttavia aver cura di raccogliere ed allontanare, in direzione della rete fognaria principale, tutte le acque di scarico mediante l'utilizzo di condutture e raccordi a perfetta tenuta.

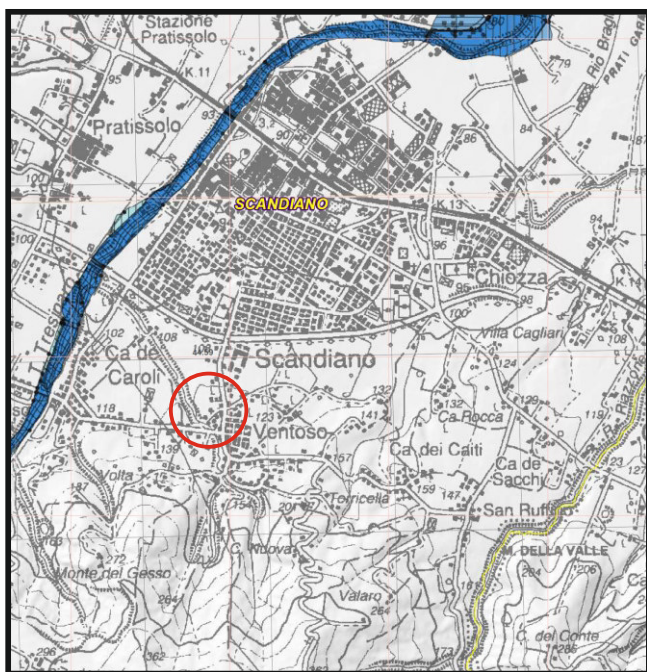
5 - In relazione a quanto riportato dal punto a.3, per favorire il rapido deflusso delle acque, si dovrà infine aver cura di verificare la costante efficienza dello smaltimento delle acque superficiali.

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

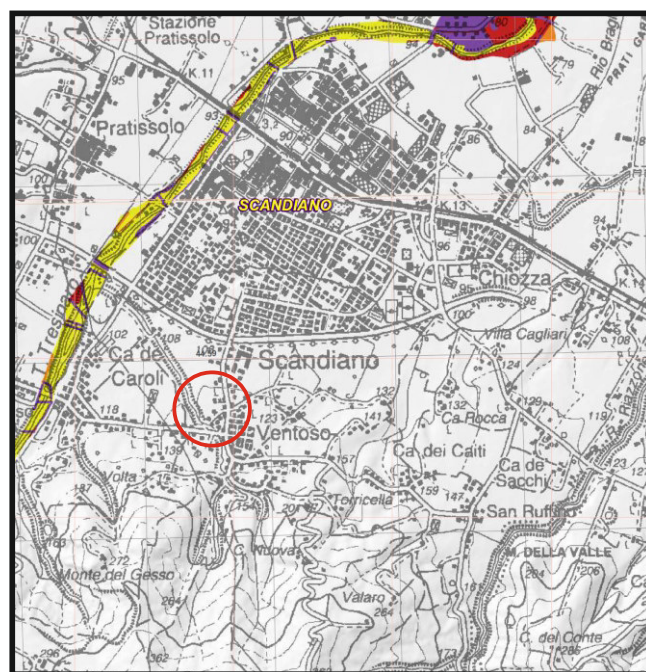
Ambito territoriale: Reticolo naturale principale e secondario  
Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità  
di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

## 219NO - SASSUOLO

### MAPPA PERICOLOSITÀ



### MAPPA RISCHIO



<p><b>Scenari di Pericolosità</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: blue;">■</span> P3 - H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)</li> <li><span style="color: lightblue;">■</span> P2 - M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)</li> <li><span style="color: cyan;">■</span> P1 - L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)</li> </ul>	<p><b>Legenda</b></p> <table border="0"> <tr> <td>areali</td> <td>puntuali</td> <td>lineari</td> </tr> <tr> <td>Zone urbanizzate</td> <td>scuola</td> <td rowspan="4"> <ul style="list-style-type: none"> <li>reti per la distribuzione di servizi</li> <li>reti stradali secondarie e spazi accessori</li> <li>reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori</li> </ul> </td> </tr> <tr> <td>Attività produttive</td> <td>ospedale</td> </tr> <tr> <td>Strutture strategiche e sedi di attività collettive</td> <td>diga</td> </tr> <tr> <td>Infrastrutture strategiche</td> <td>impianti insediamenti</td> </tr> <tr> <td>Insedimenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	areali	puntuali	lineari	Zone urbanizzate	scuola	<ul style="list-style-type: none"> <li>reti per la distribuzione di servizi</li> <li>reti stradali secondarie e spazi accessori</li> <li>reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori</li> </ul>	Attività produttive	ospedale	Strutture strategiche e sedi di attività collettive	diga	Infrastrutture strategiche	impianti insediamenti	Insedimenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale			Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse			<p><b>Aree Protette</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 1px solid green; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Zone Parco</li> <li><span style="border: 1px solid blue; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> SIC - ZPS</li> </ul>
areali	puntuali	lineari																		
Zone urbanizzate	scuola	<ul style="list-style-type: none"> <li>reti per la distribuzione di servizi</li> <li>reti stradali secondarie e spazi accessori</li> <li>reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori</li> </ul>																		
Attività produttive	ospedale																			
Strutture strategiche e sedi di attività collettive	diga																			
Infrastrutture strategiche	impianti insediamenti																			
Insedimenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale																				
Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse																				

<p><b>Aree Protette</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 1px solid green; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Zone Parco</li> <li><span style="border: 1px solid blue; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> SIC - ZPS</li> </ul>	<p><b>Legenda</b></p> <table border="0"> <tr> <td></td> <td>puntuali</td> <td>lineari</td> <td>areali</td> </tr> <tr> <td><b>R1</b> (rischio moderato o nullo)</td> <td><span style="color: yellow;">●</span></td> <td><span style="color: yellow;">—</span></td> <td><span style="background-color: yellow; width: 15px; height: 10px;"></span></td> </tr> <tr> <td><b>R2</b> (rischio medio)</td> <td><span style="color: orange;">●</span></td> <td><span style="color: orange;">—</span></td> <td><span style="background-color: orange; width: 15px; height: 10px;"></span></td> </tr> <tr> <td><b>R3</b> (rischio elevato)</td> <td><span style="color: red;">●</span></td> <td><span style="color: red;">—</span></td> <td><span style="background-color: red; width: 15px; height: 10px;"></span></td> </tr> <tr> <td><b>R4</b> (rischio molto elevato)</td> <td><span style="color: purple;">●</span></td> <td><span style="color: purple;">—</span></td> <td><span style="background-color: purple; width: 15px; height: 10px;"></span></td> </tr> </table>		puntuali	lineari	areali	<b>R1</b> (rischio moderato o nullo)	<span style="color: yellow;">●</span>	<span style="color: yellow;">—</span>	<span style="background-color: yellow; width: 15px; height: 10px;"></span>	<b>R2</b> (rischio medio)	<span style="color: orange;">●</span>	<span style="color: orange;">—</span>	<span style="background-color: orange; width: 15px; height: 10px;"></span>	<b>R3</b> (rischio elevato)	<span style="color: red;">●</span>	<span style="color: red;">—</span>	<span style="background-color: red; width: 15px; height: 10px;"></span>	<b>R4</b> (rischio molto elevato)	<span style="color: purple;">●</span>	<span style="color: purple;">—</span>	<span style="background-color: purple; width: 15px; height: 10px;"></span>
	puntuali	lineari	areali																		
<b>R1</b> (rischio moderato o nullo)	<span style="color: yellow;">●</span>	<span style="color: yellow;">—</span>	<span style="background-color: yellow; width: 15px; height: 10px;"></span>																		
<b>R2</b> (rischio medio)	<span style="color: orange;">●</span>	<span style="color: orange;">—</span>	<span style="background-color: orange; width: 15px; height: 10px;"></span>																		
<b>R3</b> (rischio elevato)	<span style="color: red;">●</span>	<span style="color: red;">—</span>	<span style="background-color: red; width: 15px; height: 10px;"></span>																		
<b>R4</b> (rischio molto elevato)	<span style="color: purple;">●</span>	<span style="color: purple;">—</span>	<span style="background-color: purple; width: 15px; height: 10px;"></span>																		



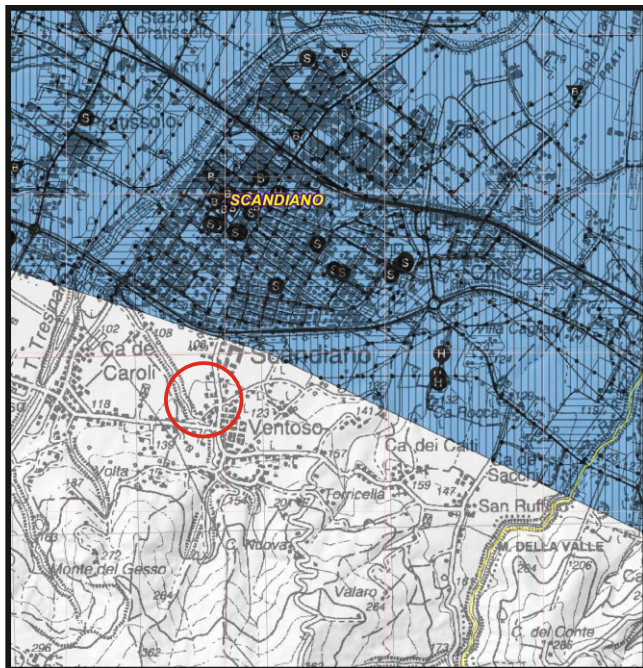
**Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni**  
**Mapa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti**  
 (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

Ambito territoriale: Reticolo Secondario di Pianura

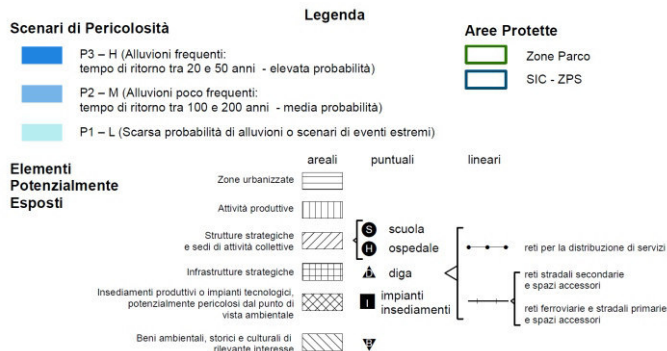
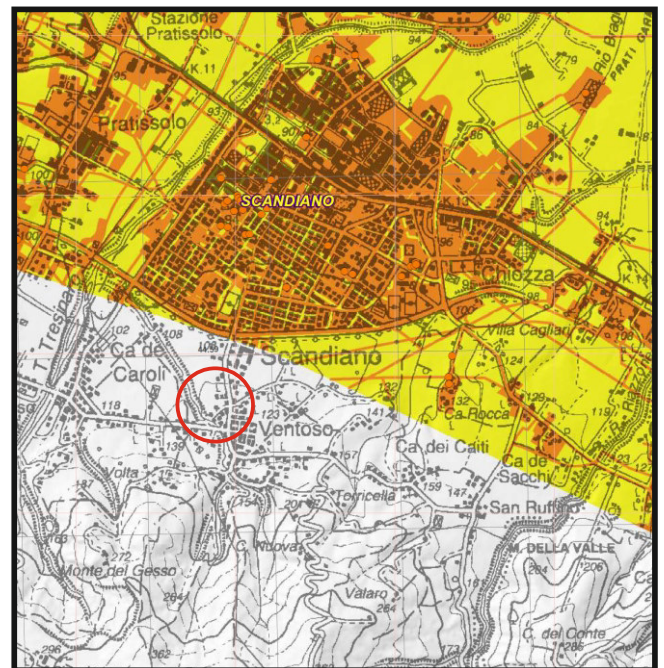
Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

## 219NO - SASSUOLO

**MAPPA PERICOLOSITÀ**

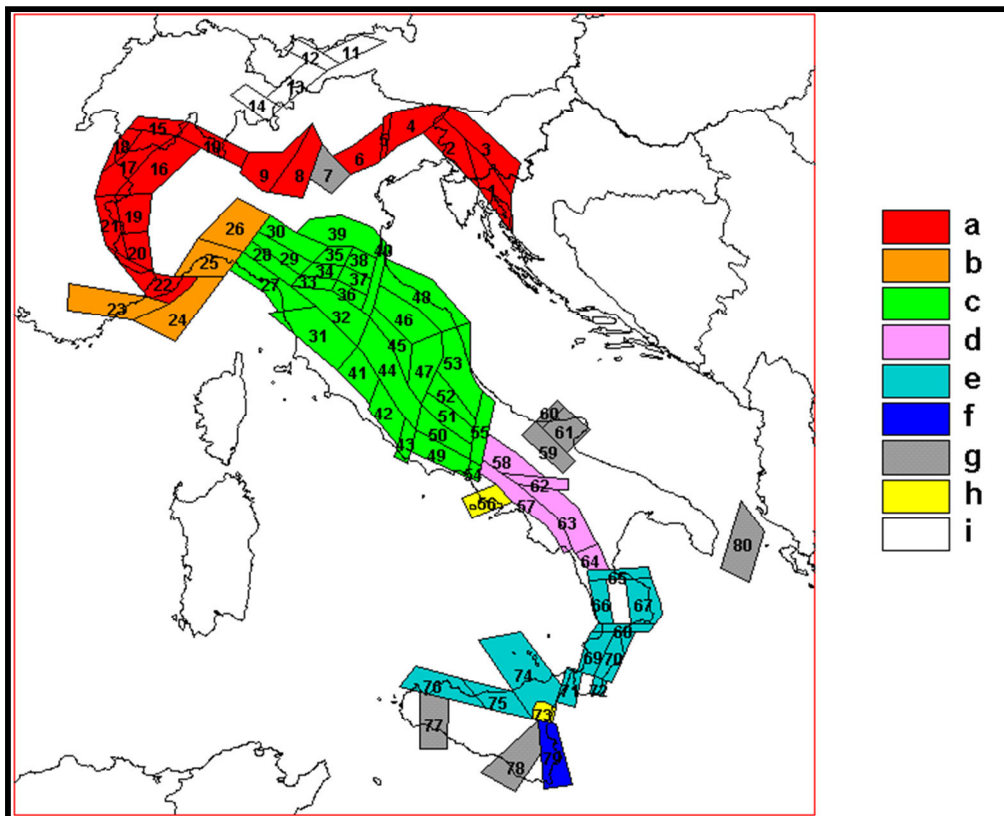


**MAPPA RISCHIO**



## 8. 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 Scandiano, in epoca storica, il valore del VII grado MCS (cf. tabelle qui di seguito allegate).

### **Storia sismica di Scandiano (RE)**

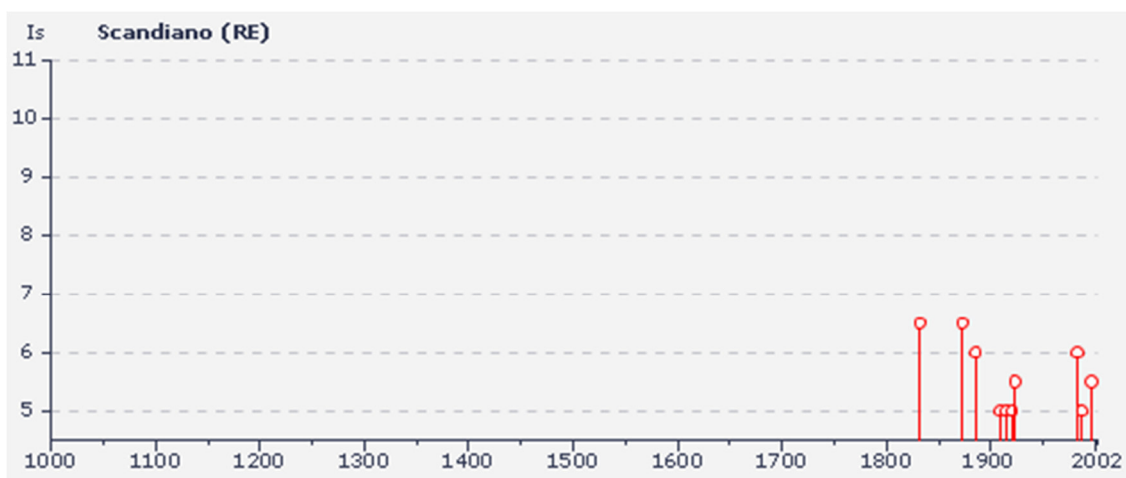
[44.597, 10.690]

Osservazioni disponibili: 29

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Io	Mw
NR	1547 02 10 13:20	Reggio Emilia	7	5.14 ±0.34
6-7	1832 03 13 03:30	Reggiano	7-8	5.53 ±0.18
6-7	1873 05 16 19:35	REGGIANO	6-7	5.09 ±0.59
6	1885 02 26 20:48	SCANDIANO	6	5.19 ±0.15
3	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale		6.97 ±0.15
NF	1899 06 26 23:17	Valle del Bisenzio	7	5.06 ±0.15
NF	1904 11 17 05:02	Pistoiese	7	5.15 ±0.14
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	6-7	5.53 ±0.09
NF	1909 08 25 00:22	MURLO	7-8	5.37 ±0.10
5	1914 10 27 09:22	Garfagnana	7	5.76 ±0.09
NF	1919 06 29 15:06	Mugello	10	6.29 ±0.09
5-6	1920 09 07 05:55	Garfagnana	10	6.48 ±0.09
5-6	1923 06 28 15:11	FORMIGINE	6	4.88 ±0.24
2-3	1939 10 15 14:05	Garfagnana	6-7	5.08 ±0.16
3	1957 08 27 11:54	ZOCCA	5	4.65 ±0.21
2	1961 08 13 22:34	Parmense	5-6	4.47 ±0.35
5	1967 04 03 16:36	Reggiano	5-6	4.69 ±0.19
3	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	10	6.89 ±0.09
6	1983 11 09 16:29	Parmense	6-7	5.06 ±0.09
NF	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	7	5.65 ±0.09
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	6	4.61 ±0.10
5	1987 05 02 20:43	Reggiano	6	4.74 ±0.09
5	1988 03 15 12:03	Reggiano	6	4.66 ±0.12
NF	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	7	4.85 ±0.09
5-6	1996 10 15 09:56	Correggio	7	5.41 ±0.09
4	1997 05 12 22:13	Reggiano	4-5	4.22 ±0.27
4	1998 02 21 02:21	Reggiano	5	4.34 ±0.17
5	2000 06 18 07:42	Parmense	5-6	4.43 ±0.09
NF	2000 10 03 01:12	Appennino tosco-emiliano	5	4.27 ±0.09

*Intendendo:*

$I_s$  = Intensità al sito (MCS) -  $I_o$  = Intensità epicentrale (MCS) -  $M_w$  = Magnitudo



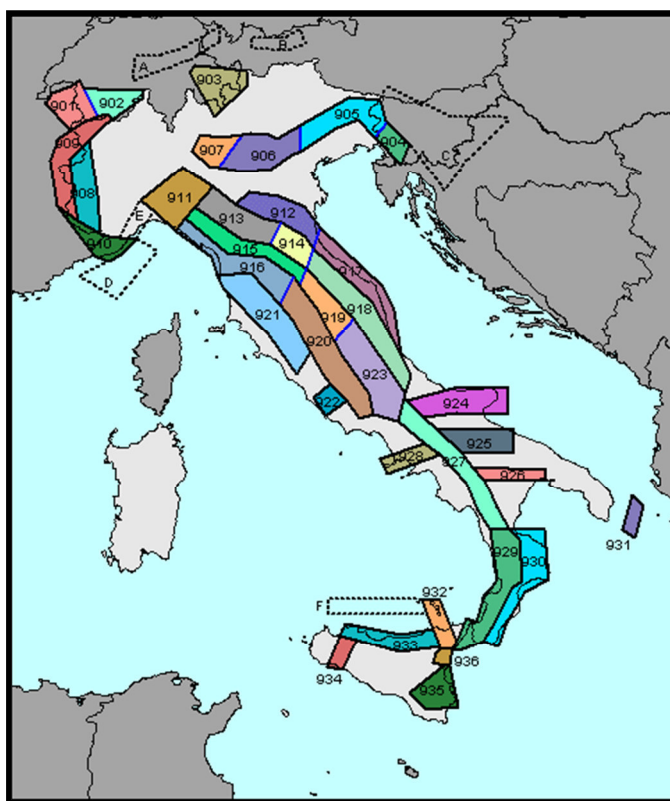
*eventi sismici nel rapporto tra anni (ascisse) ed intensità sismica (ordinate)*



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 Scandiano, 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 Scandiano, 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 (VS30), vengono individuate cinque categorie (A – B – C – D – E).

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

L'indagine consiste in una valutazione sperimentale del rapporto di ampiezza esistente tra la media delle componenti orizzontali e di quella verticale delle vibrazioni ambientali (sismica

passiva), misurate in un determinato punto della superficie terrestre tramite un velocimetro triassiale (due orizzontali perpendicolari tra loro ed una verticale).

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

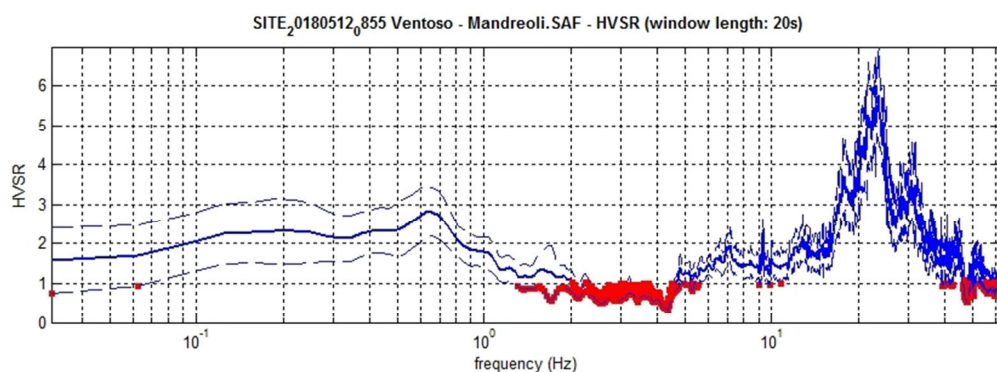
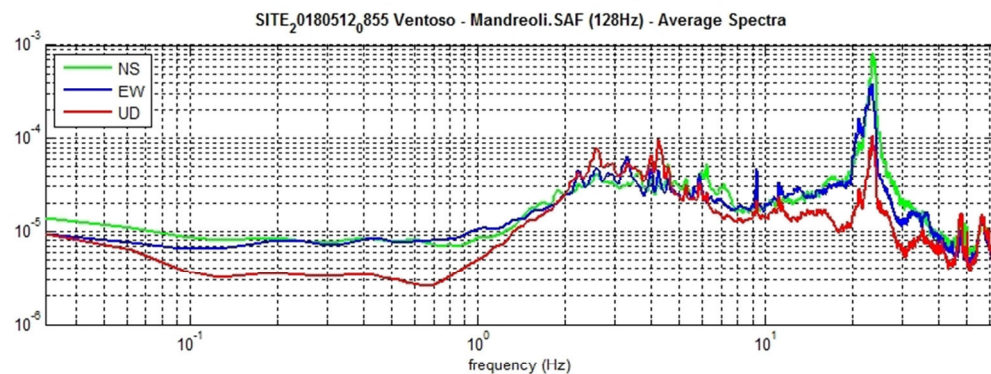
Le vibrazioni misurate sono i cosiddetti microtremori e sono l'effetto di una serie di sorgenti le quali sono attive per una molteplicità di frequenze, anche se quelle che interessano a fini ingegneristici sono generalmente quelle comprese nell'intervallo 0,5 – 20 Hz. Le principali sorgenti sono sia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

Questa metodologia a stazione singola del microtremore sismico consente la misura della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo e degli edifici, oltre che la stima, in maniera rapida, della stratigrafia superficiale e del Vs30, così come richiesto dalle normative antisismiche vigenti. Le misure sono state effettuate con uno strumento denominato Gemini 2 prodotto dalla ditta Pasi di Torino. Il Gemini 2 è un acquirente dati HVSR costituito da una terna di geofoni con frequenza di risonanza di 2 Hz, accoppiati sia meccanicamente che elettricamente e da un acquirente di dati a 24 bit reali appositamente progettato. Per il suo funzionamento in campagna il Gemini 2 viene collegato ad un computer portatile tramite un'interfaccia USB.

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

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

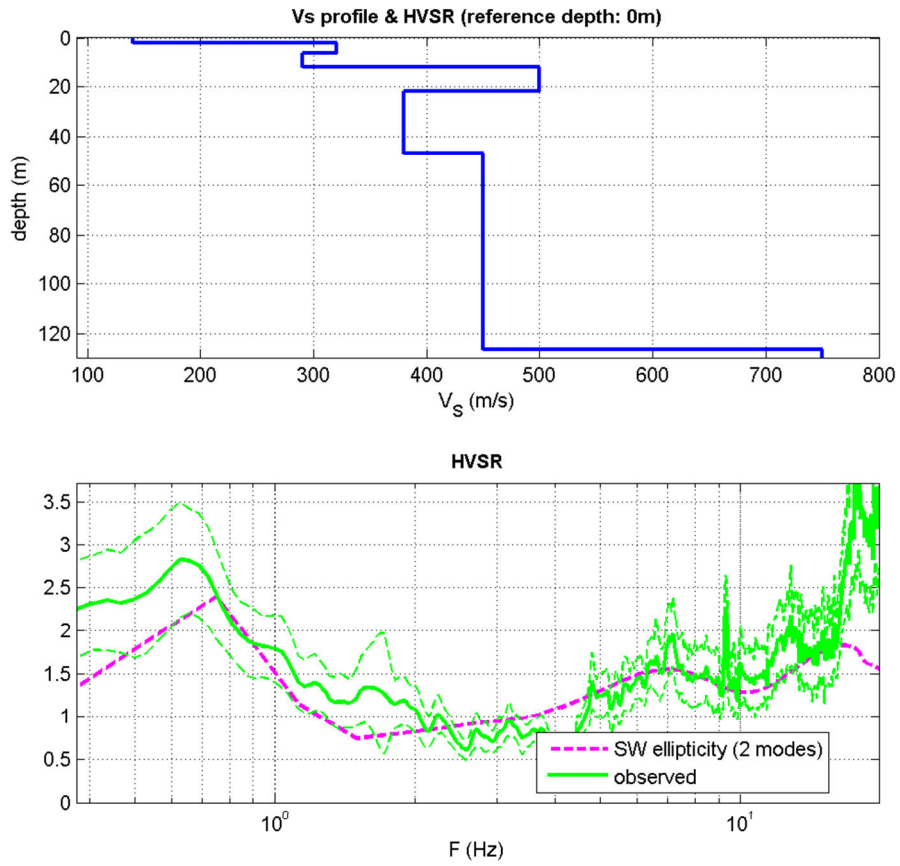
In base all'elaborazione dei dati di campagna sono stati ottenuti i seguenti risultati:



**In the 0.5-20.0Hz frequency range**

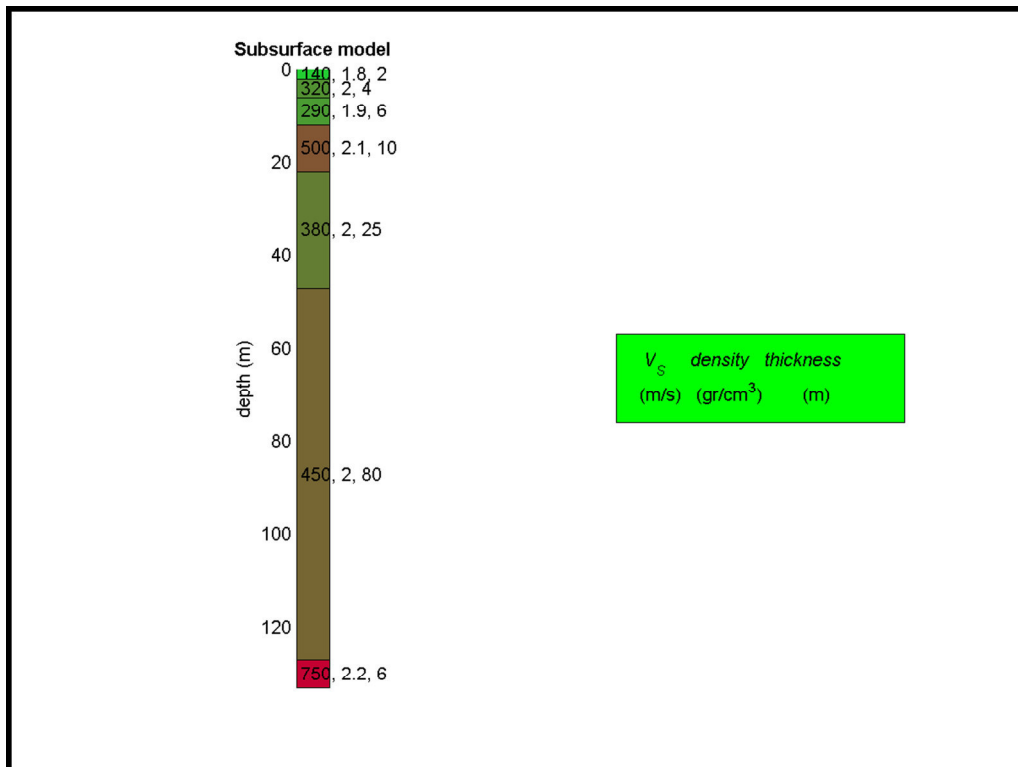
Peak frequency (Hz): 17.7 ( $\pm 4.1$ )

Peak HVSR value: 3.7 ( $\pm 0.9$ )



**Mean model**

Vs (m/s): 140 320 290 500 380 450 750  
 Thickness (m): 2.0, 4.0, 6.0, 10.0, 25.0, 80.0





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

1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	4° STRATO	5° STRATO
$V_S = 140 \text{ m/s}$	$V_S = 320 \text{ m/s}$	$V_S = 290 \text{ m/s}$	$V_S = 500 \text{ m/s}$	$V_S = 380 \text{ m/s}$
$d = 2.0 \text{ m}$	$d = 4.0 \text{ m}$	$d = 6.0 \text{ m}$	$d = 10.0 \text{ m}$	$d = 8.0 \text{ m}$

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

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

dove:

$h_i$  = spessore dello strato  $i$ esimo, m

$v_i$  = velocità onde di taglio strato  $i$ esimo, m/s

ottenendo:

$$V_{S30} = 339 \text{ m/s}$$

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, il suolo di fondazione può essere pertanto assimilato alla categoria C di azione sismica "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti" con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

## 9. 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, l'area in esame ricade tra quelle che necessitano di analisi semplificata (analisi di II livello).

L'analisi semplificata di secondo livello 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  $F_a$  è riportata nella sottostante tabella:

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5
F.A. SI1	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	2.9	2.8	2.5	2.3	2.1	2.0
F.A. SI3	3.3	3.1	2.7	2.4	2.2	2.0

La tabella è relativa ad una stratigrafia del Margine di tipo B ovvero il settore di transizione tra la zona collinare e la pianura caratterizzato dallo spessore dei terreni fini superiore a 30 m in cui gli strati grossolani sovrastano altri strati di terreni fini presenti fino al substrato.

In base al valore di  $V_{s30}$ , ottenuto estrapolando i dati dall'indagine geofisica, si ritiene opportuno adottare i seguenti fattori di amplificazione:

$$\text{PGA F.A.} = 1.6$$

$$\text{SI 1(0.1 - 0.5 sec) F.A.} = 1.8$$

$$\text{SI 2(0.5 - 1.0 sec) F.A.} = 2.3$$

$$\text{SI 3(0.5 - 1.5 sec) F.A.} = 2.4$$



## 10. 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

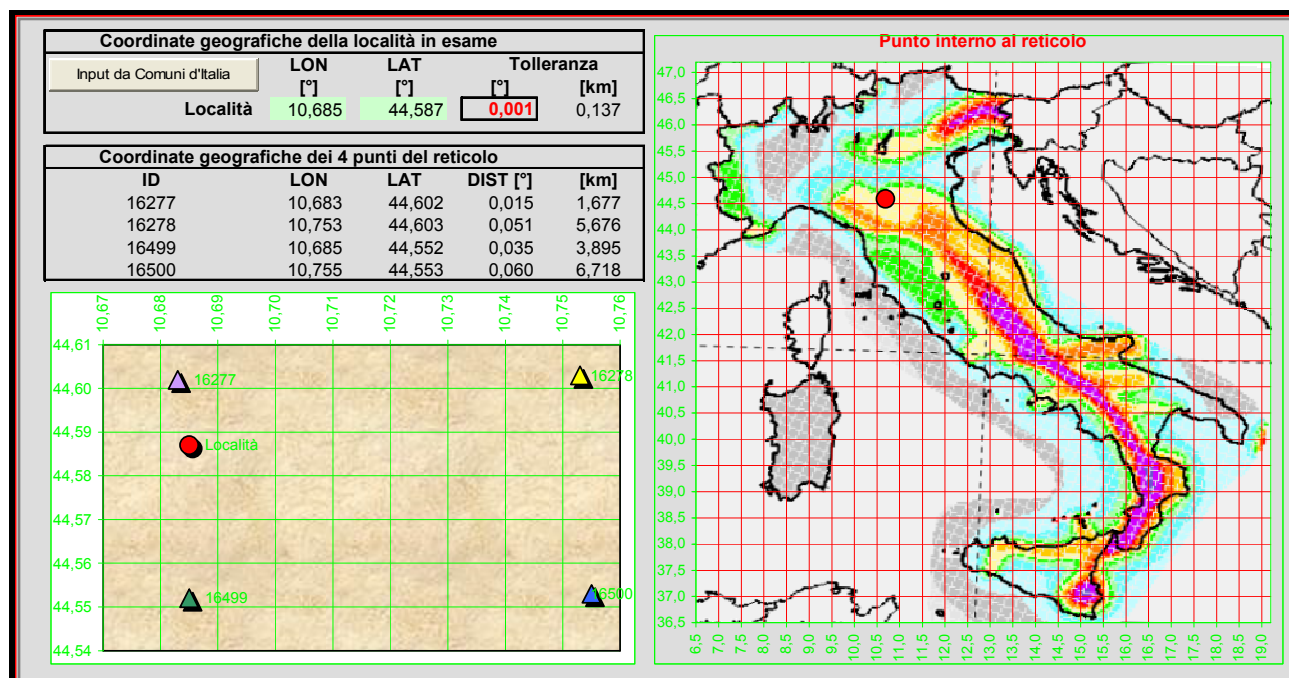
$F_o$  = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale

$T_{c^*}$  = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

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

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$  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 44.587 e longitudine 10.685) del sito di riferimento (vedi figura in allegato).



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

## VITA DELLA STRUTTURA

Vita nominale	$V_N$	50	[anni]
Classe d'uso	$C_U$	II	
Vita di riferimento	$V_R$	50	[anni]

## CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO

Topografia	$S_T$	T1
Coeff. topografico	$S_T$	1,0
Categoria suolo		C

	SL	$P_{VR}$	$T_R$	$a_g$	$F_o$	$T_c^*$	S	Tb	$T_c$	$T_D$	$F_v$
sl	Operatività	81%	30	<b>0,516</b>	<b>2,48</b>	<b>0,25</b>	1,50	0,14	0,41	1,81	0,76
sl	Danno	63%	50	<b>0,642</b>	<b>2,49</b>	<b>0,26</b>	1,50	0,14	0,43	1,86	0,85
slu	Salv. Vita	10%	475	<b>1,621</b>	<b>2,39</b>	<b>0,29</b>	1,47	0,15	0,46	2,25	1,30
slu	Collasso	5%	975	<b>2,046</b>	<b>2,39</b>	<b>0,30</b>	1,41	0,16	0,47	2,42	1,46

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

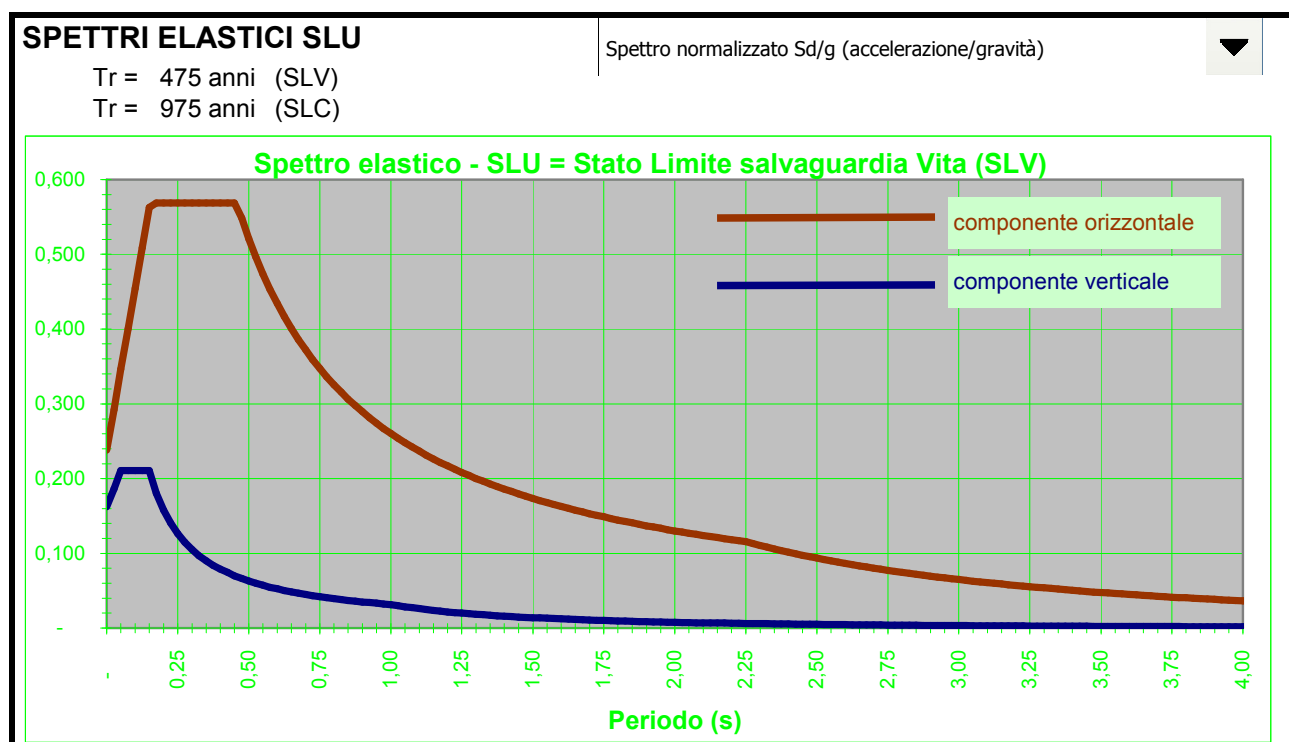
$$a_g = a_g/g = 1.621 / 9.81 = 0.165$$

$$F_o = 2.39$$

$$T_c^* = 0.29$$

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

Nel caso in esame potrà essere assunto:

VN 50 anni - Classe d'Uso II

Stato limite SLV e TR = 475 anni (Paragrafo 7.1 D.M. 14.01.2008):

$S_s = 1.47$  - 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:

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



## 11. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Con il termine liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DAL 112/2007 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, tenendo altresì ben presente che nelle aree colpite dal sisma del maggio 2012 sono stati segnalati fenomeni di liquefazione, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno.

La verifica (cf. tabelle, diagrammi e profili proposti in allegato) è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson e Wride (1997), 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 granulari (sabbie e ghiaie), è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma Liquiter della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

### 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 CPTI

### PARAMETRI GEOTECNICI

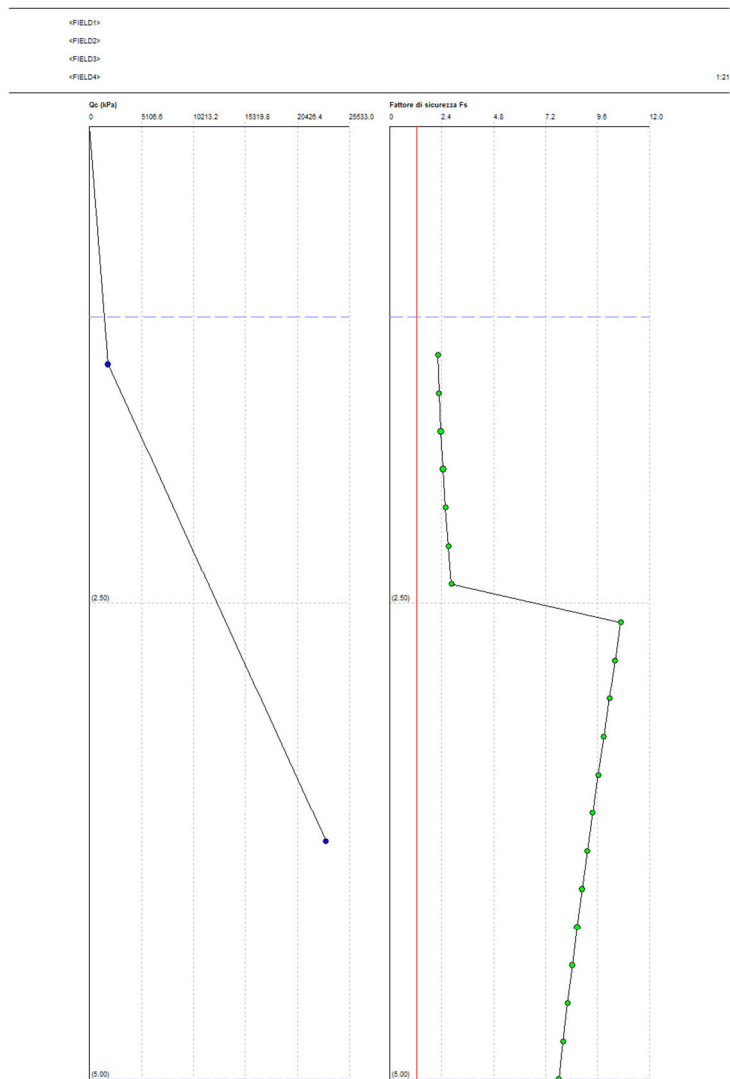
Strato Nr	Descrizione	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso unità volume (KN/mc)	Peso unità volume saturo (KN/mc)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza attrito laterale fs (KPa)
1	Torbe - Argille Torbose	0	2.5	19.19	19.98	1806.09	162.4
2	Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia	2.5	5	18.63	21.57	23211.57	140.82

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	23.186	21.225	84.001	9.109	2.672	1.7	116.568	0.991	0.227	0.102	2.227	non suscettibile	0	Molto basso
1.40	27.182	23.259	76.481	9.129	2.696	1.7	121.912	0.989	0.249	0.109	2.280	non suscettibile	0	Molto basso
1.60	31.178	25.294	70.171	9.150	2.719	1.7	127.107	0.988	0.271	0.115	2.361	non suscettibile	0	Molto basso
1.80	35.174	27.329	64.801	9.170	2.741	1.7	132.165	0.986	0.295	0.120	2.462	non suscettibile	0	Molto basso
2.00	39.170	29.363	60.174	9.191	2.761	1.7	137.100	0.985	0.320	0.124	2.581	non suscettibile	0	Molto basso
2.20	43.166	31.398	56.148	9.212	2.781	1.7	141.920	0.983	0.346	0.127	2.714	non suscettibile	0	Molto basso
2.40	47.162	33.433	52.611	9.233	2.799	1.7	146.635	0.982	0.373	0.131	2.859	non suscettibile	0	Molto basso

2.60	51.317	35.626	388.883	0.608	1.335	1.675384	243.299	0.980	1.419	0.133	10.663	non suscettibile	0	Molto basso
2.80	55.631	37.979	376.645	0.608	1.344	1.622662	242.505	0.979	1.406	0.135	10.406	non suscettibile	0	Molto basso
3.00	59.945	40.332	365.495	0.608	1.353	1.574624	241.437	0.977	1.389	0.137	10.144	non suscettibile	0	Molto basso
3.20	64.259	42.684	355.279	0.608	1.362	1.530614	240.164	0.976	1.368	0.138	9.882	non suscettibile	0	Molto basso
3.40	68.573	45.037	345.875	0.608	1.369	1.490099	238.740	0.974	1.345	0.140	9.623	non suscettibile	0	Molto basso
3.60	72.887	47.390	337.181	0.609	1.377	1.45264	237.205	0.972	1.321	0.141	9.369	non suscettibile	0	Molto basso
3.80	77.201	49.742	329.110	0.609	1.384	1.417871	235.590	0.971	1.296	0.142	9.122	non suscettibile	0	Molto basso
4.00	81.515	52.095	321.593	0.609	1.391	1.385485	233.918	0.969	1.270	0.143	8.883	non suscettibile	0	Molto basso
4.20	85.829	54.448	314.568	0.609	1.398	1.355221	232.209	0.968	1.244	0.144	8.651	non suscettibile	0	Molto basso
4.40	90.143	56.800	307.985	0.609	1.404	1.326858	230.477	0.966	1.219	0.145	8.428	non suscettibile	0	Molto basso
4.60	94.457	59.153	301.798	0.609	1.411	1.300204	228.733	0.965	1.193	0.145	8.213	non suscettibile	0	Molto basso
4.80	98.771	61.506	295.969	0.609	1.417	1.275094	226.987	0.963	1.168	0.146	8.006	non suscettibile	0	Molto basso
5.00	103.085	63.858	290.466	0.609	1.423	1.251385	225.246	0.962	1.143	0.146	7.807	non suscettibile	0	Molto basso

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



## 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	0	2.5	20.89	21.67	5025.91	246.25
2	Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia	2.5	4	18.63	21.57	20177.19	181.42

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.67

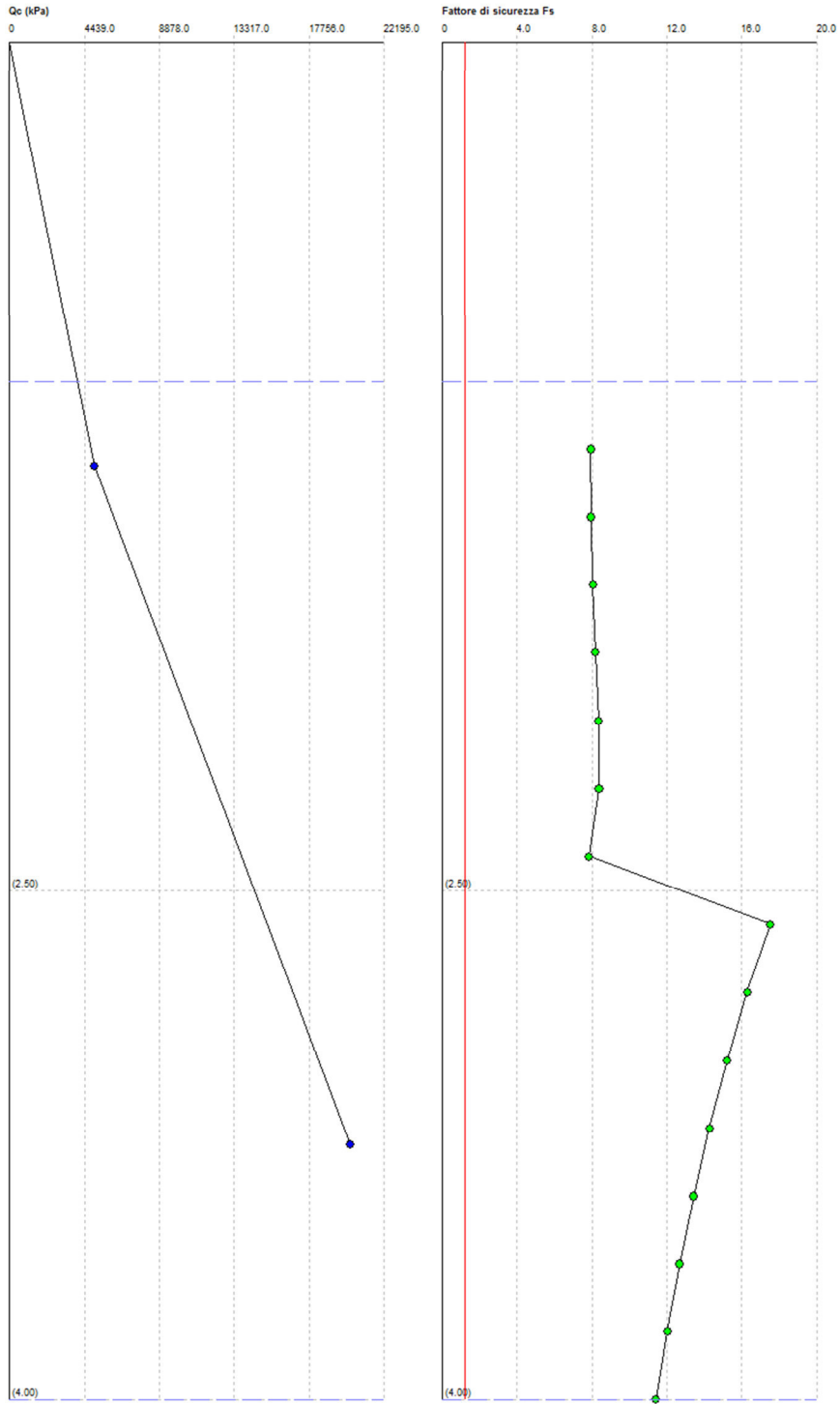
Profondità dal p.c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale effettiva (KPa)	Resistenza alla punta normalizzata Q	Attrito laterale normalizzato F(%)	Indice di comportamento Ic	Correzione per la pressione litostatica efficace CQ	Resistenza alla punta corretta qcl (KPa)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza Fs	Suscettibilità di liquefazione	Indice di liquefazione	Rischio
1.20	25.224	23.263	104.204	4.924	2.401	1.7	197.985	0.991	0.802	0.101	7.915	non suscettibile	0	Molto basso
1.40	29.558	25.635	99.265	4.929	2.414	1.7	202.638	0.989	0.854	0.108	7.939	non suscettibile	0	Molto basso
1.60	33.892	28.008	94.967	4.933	2.426	1.7	207.045	0.988	0.905	0.113	8.034	non suscettibile	0	Molto basso
1.80	38.226	30.381	91.183	4.937	2.438	1.7	211.237	0.986	0.957	0.117	8.176	non suscettibile	0	Molto basso
2.00	42.560	32.753	87.819	4.941	2.448	1.7	215.241	0.985	1.007	0.121	8.350	non suscettibile	0	Molto basso
2.20	46.894	35.126	84.801	4.946	2.458	1.687274	217.437	0.983	1.036	0.124	8.372	non suscettibile	0	Molto basso
2.40	51.228	37.499	82.074	4.950	2.467	1.633022	213.986	0.982	0.991	0.126	7.840	non suscettibile	0	Molto basso
2.60	55.552	39.861	319.584	0.902	1.521	1.583886	286.035	0.980	2.256	0.129	17.521	non suscettibile	0	Molto basso
2.80	59.866	42.214	310.551	0.902	1.529	1.539117	280.437	0.979	2.131	0.131	16.287	non suscettibile	0	Molto basso
3.00	64.180	44.567	302.242	0.902	1.536	1.497941	275.181	0.977	2.018	0.133	15.211	non suscettibile	0	Molto basso
3.20	68.494	46.919	294.567	0.902	1.544	1.459903	270.233	0.976	1.915	0.134	14.264	non suscettibile	0	Molto basso
3.40	72.808	49.272	287.449	0.902	1.551	1.424622	265.563	0.974	1.822	0.136	13.425	non suscettibile	0	Molto basso
3.60	77.122	51.625	280.823	0.903	1.557	1.391782	261.148	0.972	1.736	0.137	12.676	non suscettibile	0	Molto basso
3.80	81.436	53.977	274.634	0.903	1.564	1.361113	256.964	0.971	1.658	0.138	12.005	non suscettibile	0	Molto basso
4.00	85.750	56.330	268.838	0.903	1.570	1.332386	252.992	0.969	1.586	0.139	11.398	non suscettibile	0	Molto basso

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



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

1:17



## **12. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

L'area presa qui in esame, da un rapido esame della litologia di superficie, appartiene ad una superficie terrazzata sospesa di 50-60 metri sulla medio-alta pianura costituita in prevalenza costituito da limi ed argille che annettono ghiaie di medie dimensioni.

Le penetrometrie hanno accertato che, alla base di uno strato in prevalenza costituito da argille ad elevata componente organica, avente uno spessore di circa 2.5 metri, vi è un tipico deposito di origine alluvionale, in scarsa matrice limo argillosa, caratterizzato da una preponderanza di lenti di sabbie e ghiaie addensate tali da impedire la prosecuzione delle infissioni statiche.

In sintonia con le indicazioni delle carte tematiche che nel territorio non segnalano l'esistenza di una falda superficiale ma unicamente un acquifero situato a non meno di 30 m rispetto alla quota del piano campagna, nel corso dell'indagine non è stata accertata presenza d'acqua.

In base alle considerazioni relative al rischio idraulico trattate in perizia, che devono rispondere alle direttive 2007/60/CE e al D.Lgs. 49/2010, a cui si attiene il "Piano di gestione del rischio di alluvioni", si è fatto presente che l'ambito territoriale preso qui in esame non rientra negli scenari previsti dai Reticoli Naturali Principali e Secondari e in quelli del Reticolo Secondario di Pianura.

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

Al punto 5.2 la normativa fornisce alcune direttive che dovranno essere rispettate, in particolare essa fa presente che il primo piano utile dovrà essere ad un'altezza utile sufficiente tale da limitare gli effetti di un eventuale allagamento.

In risposta si è fatto presente che l'area in esame dovrà essere tenuta alla medesima quota di quella esistente, già più alta rispetto a quella della strada e di per stessa quindi meno esposta ad eventuali eventi che possano comportare un allagamento. In relazione a quanto già in precedenza accennato e concordando con i dubbi avanzati dalla normativa, si è fatto presente che, anche nell'ipotesi della realizzazione di piani interrati, la falda non potrà interferire con essi, in particolare con le loro basi d'appoggio.

Si è altresì sottolineato che dovranno essere adottati tutti i criteri di sicurezza caldeggiati in normativa e si dovrà inoltre avere l'accortezza di verificare che tutte le acque di scarico vengano raccolte ed allontanate in direzione della rete drenante principale.

La normativa fa altresì presente che, in caso di allagamento, si dovrà favorire il rapido deflusso delle acque di esondazione; in tal senso si dovrà pertanto aver cura di verificare la costante efficienza della rete scolante che convoglia le acque nel collettore principale.

In base alle risultanze di un'apposita indagine geofisica passiva HVSR, per il terreno sono stati ottenuti valori di picco della frequenza di risonanza (Peak frequency - Hz) di 17.7 e del rapporto spettrale tra le componenti del moto orizzontale e verticale (Peak HVSR value) di 3.7.

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, sulla base delle risultanze del sondaggio sismico passivo HVSR, che ha consentito di stimare il valore delle Vs30 in 339 m/sec, il suolo di fondazione può essere assimilato categoria C di azione sismica "Depositati 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.

In base ai valori di Vs30, ottenuti estrapolando i dati dalle indagini geofisiche, si ritiene opportuno adottare, in via cautelativa, i fattori di amplificazione del Dgr 2193/2015 che rientrano nel range dei 300 m/s: PGA F.A. = 1.6; SI 1(0.1 - 0.5 sec) F.A. = 1.8; SI 2(0.5 - 1.0 sec) F.A. = 2.3; SI 3(0.5 - 1.5 sec) F.A. = 2.4

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  $a_g$ ,  $F_0$  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 ottenuti i seguenti valori:  $a_g = a_g/g = 1.621 / 9.81 = 0.165$ ;  $F_0 = 2.38$ ;  $T_c^* = 0.29$ .

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 dall'allegato A3 del DAL 112/2007 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5, tenendo altresì ben presente che nelle aree colpite dal sisma del maggio 2012 sono stati segnalati fenomeni di liquefazione, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno.

La verifica (cf. tabelle, diagrammi e profili proposti in allegato) è stata effettuata applicando la metodologia di Robertson e Wride (1997), 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 granulari (sabbie e ghiaie), 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 l'indagine si è proceduto alla valutazione del peso di volume ( $\gamma$ ), dell'angolo di attrito interno ( $\phi'$ ), della coesione non drenata ( $C_u$ ) ed efficace ( $c'$ ) nonché del modulo edometrico ( $M_o$ ), per gli strati che caratterizzano il primo sottosuolo. Suddetti valori potranno essere utilizzati per un il dimensionamento strutturale in conformità con quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018.

Si è sottolineato dell'assenza di una falda superficiale tale da poter quindi escludere, anche in concomitanza di periodi particolarmente piovosi, un'interazione con la base d'appoggio delle future fondazioni. Per evitare l'ammollimento del terreno ed il conseguente insorgere di cedimenti di origine secondaria, tali da compromettere la futura staticità delle strutture in elevazione, si dovrà però porre particolare attenzione nella raccolta e nel deflusso di tutte le acque di scarico, che dovrà essere effettuato, in direzione della rete fognaria principale, utilizzando tubazioni e raccordi a perfetta tenuta.

In relazione alla natura prevalentemente coesiva del primo sottosuolo, per evitare che possano insorgere cedimenti di origine secondaria, tali da compromettere nel tempo la staticità delle strutture in elevazione, dovrà essere consentita la permeabilità delle aree cortilive ed è altresì necessario che non vengano messe a dimora, nelle immediate vicinanza dei fabbricati, piante a radice profonda idroesigenti, quali ad esempio aceri e betulle, nel tempo causa non secondaria nell'incremento del grado di consolidazione del terreno.

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 dell'idoneità delle strutture in funzione delle caratteristiche del primo sottosuolo e quindi un'analisi mirata per i singoli edifici, si attesta l'idoneità dell'area ai fini edilizi e si concede quindi parere geologico favorevole.

Scandiano, maggio 2018

Dott. Geol. Caroli Nicola

Iscr. Ordine dei Geologi Emilia Romagna sez. A n° 1370





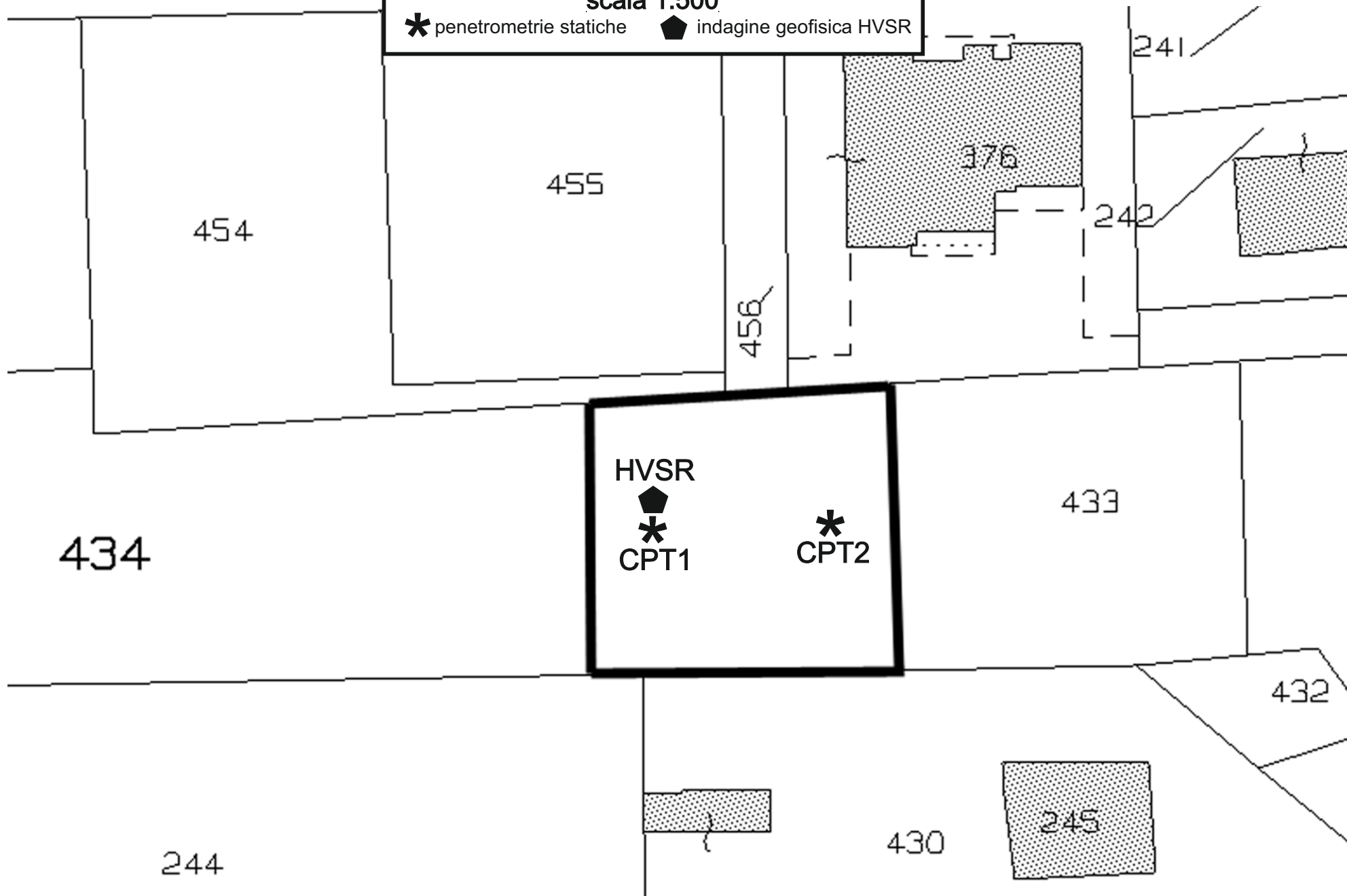
# ALLEGATI

**UBICAZIONE INDAGINI**

scala 1:500

\* penetrometrie statiche

◆ indagine geofisica HVSR



---

**PROVE PENETROMETRICHE STATICHE**  
**(CONE PENETRATION TEST)**  
**CPT**

Committente: Generali Emanuele  
Cantiere: Variante al RUE  
Località: Via Goti - Ventoso di Scandiano (RE)

**Caratteristiche Strumentali DEEP DRILL**

<b>Rif. Norme</b>	<b>ASTM D3441-86</b>
<b>Diametro Punta conica meccanica</b>	<b>35.7</b>
<b>Angolo di apertura punta</b>	<b>60</b>
<b>Area punta</b>	<b>10</b>
<b>Superficie manicotto</b>	<b>150</b>
<b>Passo letture (cm)</b>	<b>20</b>
<b>Costante di trasformazione Ct</b>	<b>20</b>



## PROVA ...CPT1

Committente: Mandreoli Emanuele  
 Strumento utilizzato: DEEP DRILL  
 Prova eseguita in data: 12/05/2018  
 Profondità prova: 5.00 mt  
 Località: Via Goti - Ventoso di Scandiano (RE)

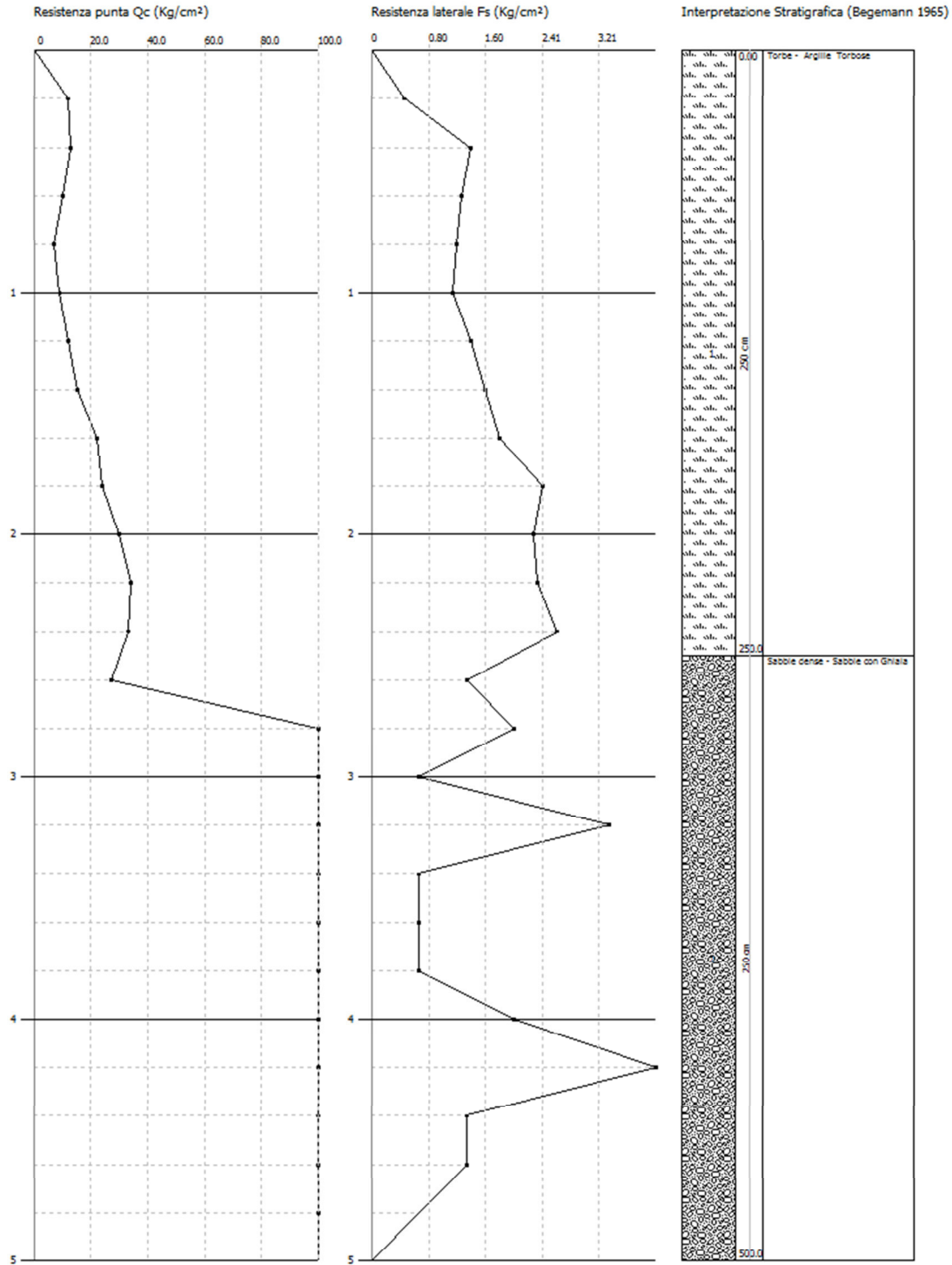
Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	6.00	0.0	12.0	0.467	25.696	3.9
0.40	6.50	10.0	13.0	1.4	9.286	10.8
0.60	5.00	15.5	10.0	1.267	7.893	12.7
0.80	3.50	13.0	7.0	1.2	5.833	17.1
1.00	4.50	13.5	9.0	1.133	7.944	12.6
1.20	6.00	14.5	12.0	1.4	8.571	11.7
1.40	7.50	18.0	15.0	1.6	9.375	10.7
1.60	11.00	23.0	22.0	1.8	12.222	8.2
1.80	12.00	25.5	24.0	2.4	10.0	10.0
2.00	15.00	33.0	30.0	2.267	13.233	7.6
2.20	17.00	34.0	34.0	2.333	14.574	6.9
2.40	16.50	34.0	33.0	2.6	12.692	7.9
2.60	13.50	33.0	27.0	1.333	20.255	4.9
2.80	60.00	70.0	120.0	2.0	60.0	1.7
3.00	75.00	90.0	150.0	0.667	224.888	0.4
3.20	105.00	110.0	210.0	3.333	63.006	1.6
3.40	90.00	115.0	180.0	0.667	269.865	0.4
3.60	135.00	140.0	270.0	0.667	404.798	0.2
3.80	100.00	105.0	200.0	0.667	299.85	0.3
4.00	130.00	135.0	260.0	2.0	130.0	0.8
4.20	110.00	125.0	220.0	4.0	55.0	1.8
4.40	90.00	120.0	180.0	1.333	135.034	0.7
4.60	180.00	190.0	360.0	1.333	270.068	0.4
4.80	200.00	210.0	400.0	0.667	599.7	0.2
5.00	250.00	255.0	500.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
2.50	18.417	1.656	1.9	Coesivo	Torbe - Argille Torbose
5.00	236.692	1.436	2.4	Incoerente	Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia

Probe CPT - Cone Penetration CPT1  
 Strumento utilizzato DEEP DRILL

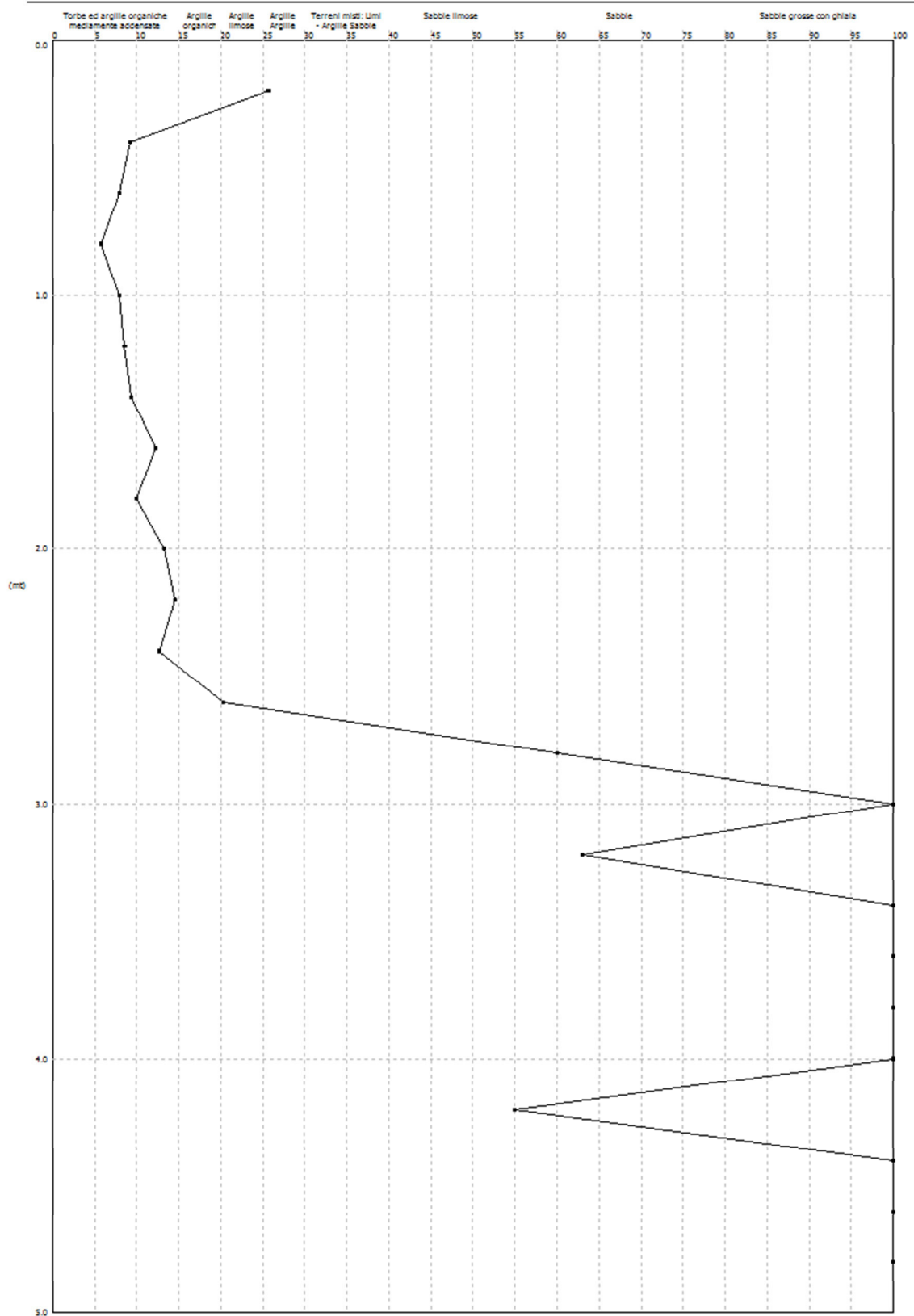
Committente: Mandreoli Emanuele  
 Cantiere: Variante al RUE  
 Località: Via Goti - Ventoso di Scandiano (RE)

Data: 12/05/2018



Scala profondità 1:22 - Qc: 1 cm=18.76 Kg/cm² - Fs: 1 cm=0.75 Kg/cm² -

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Begemann 1965)  
 PROVA: CPT1





## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2.50	18.417	1.656	0.2	0.2	Terzaghi	0.9

### Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2.50	18.417	1.656	0.2	0.2	Metodo generale del modulo Edometrico	45.2

### Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2.50	18.417	1.656	0.2	0.2	Cancelli 1980	681.7

### Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2.50	18.417	1.656	0.2	0.2	Imai & Tomauchi	166.0

### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 1	2.50	18.417	1.656	0.2	0.2	Piacentini Righi 1978	>9

### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2.50	18.417	1.656	0.2	0.2	Meyerhof	2.0

### Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crn
Strato 1	2.50	18.417	1.656	0.2	0.2	0.13922	0.0181

### Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2.50	18.417	1.656	0.2	0.2	Meyerhof	2.0

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	5.00	236.692	1.436	0.8	0.8	Harman	100.0

**Angolo di resistenza al taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	5.00	236.692	1.436	0.8	0.8	Schmertmann	42.0

**Modulo Edometrico**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	5.00	236.692	1.436	0.8	0.8	Buisman - Sanglerat	355.0

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	5.00	236.692	1.436	0.8	0.8	Imai & Tomauchi	790.3

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	5.00	236.692	1.436	0.8	0.8	Larsson 1991 S.G.I.	0.6

**Modulo di reazione Ko**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 2	5.00	236.692	1.436	0.8	0.8	Kulhawy & Mayne (1990)	1.25

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crn
Strato 2	5.00	236.692	1.436	0.8	0.8	0.33343	0.04335

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	5.00	236.692	1.436	0.8	0.8	Meyerhof	1.9

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	5.00	236.692	1.436	0.8	0.8	Meyerhof	2.2

## PROVA ...CPT2

Committente: Mandreoli Emanuele

Strumento utilizzato: DEEP DRILL

Prova eseguita in data: 12/05/2018

Profondità prova: 4.00 mt

Località: Via Goti - Ventoso di Scandiano (RE)

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	5.50	0.0	11.0	0.2	55.0	1.8
0.40	6.50	8.0	13.0	1.133	11.474	8.7
0.60	7.50	16.0	15.0	1.467	10.225	9.8
0.80	9.00	20.0	18.0	2.0	9.0	11.1
1.00	45.00	60.0	90.0	0.933	96.463	1.0
1.20	38.00	45.0	76.0	2.533	30.004	3.3
1.40	14.00	33.0	28.0	2.867	9.766	10.2
1.60	18.50	40.0	37.0	2.667	13.873	7.2
1.80	70.00	90.0	140.0	2.667	52.493	1.9
2.00	50.00	70.0	100.0	5.067	19.736	5.1
2.20	22.00	60.0	44.0	4.467	9.85	10.2
2.40	21.50	55.0	43.0	4.133	10.404	9.6
2.60	29.00	60.0	58.0	2.667	21.747	4.6
2.80	50.00	70.0	100.0	1.333	75.019	1.3
3.00	50.00	60.0	100.0	3.467	28.843	3.5
3.20	34.00	60.0	68.0	1.333	51.013	2.0
3.40	130.00	140.0	260.0	2.667	97.488	1.0
3.60	110.00	130.0	220.0	2.667	82.49	1.2
3.80	170.00	190.0	340.0	0.667	509.745	0.2
4.00	250.00	255.0	500.0	0.0		0.0

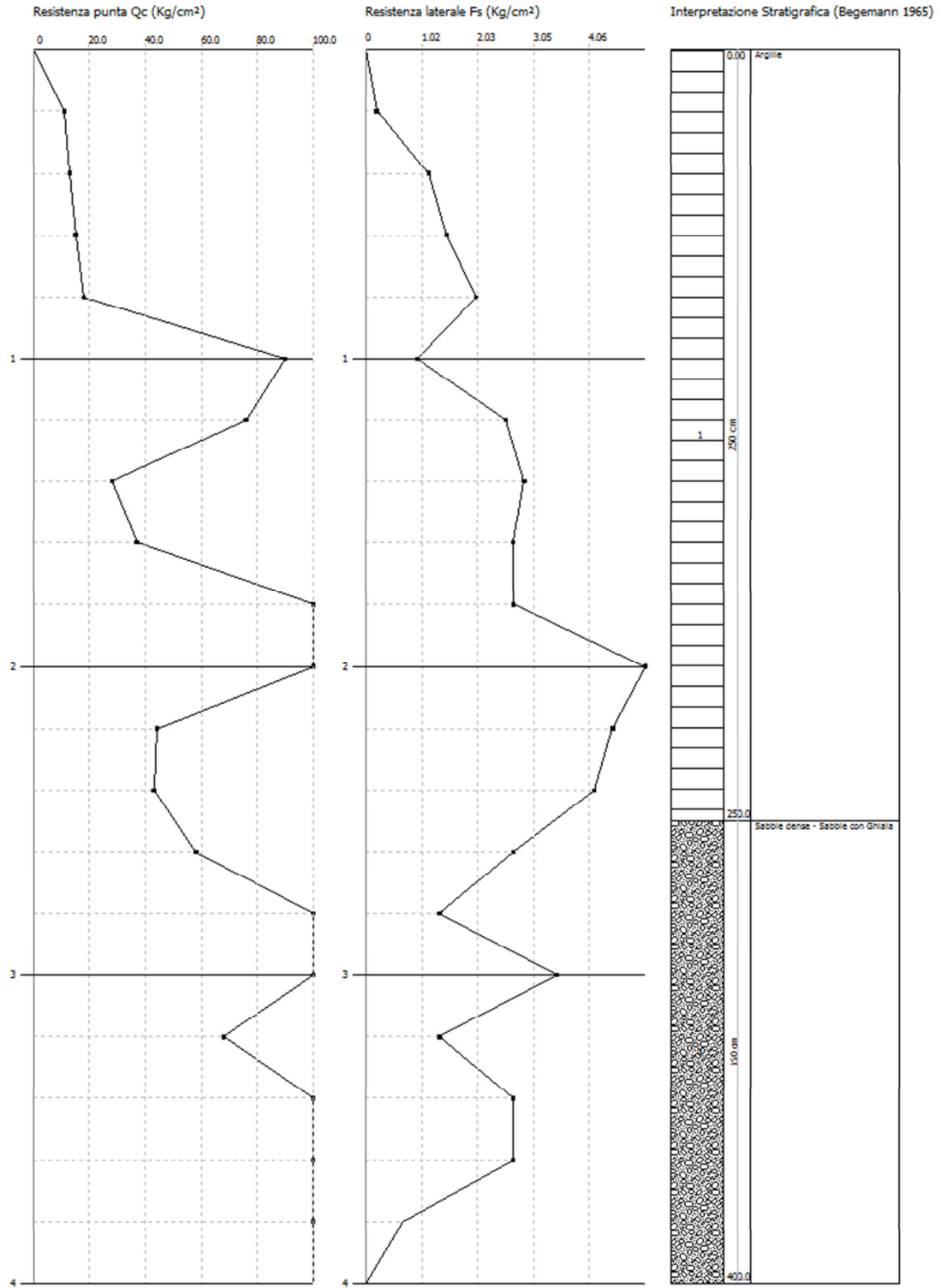
Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
2.50	51.25	2.511	2.1	Coesivo	Argille
4.00	205.75	1.85	2.3	Incoerente	Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia



Probe CPT - Cone Penetration CPT2  
 Strumento utilizzato DEEP DRILL

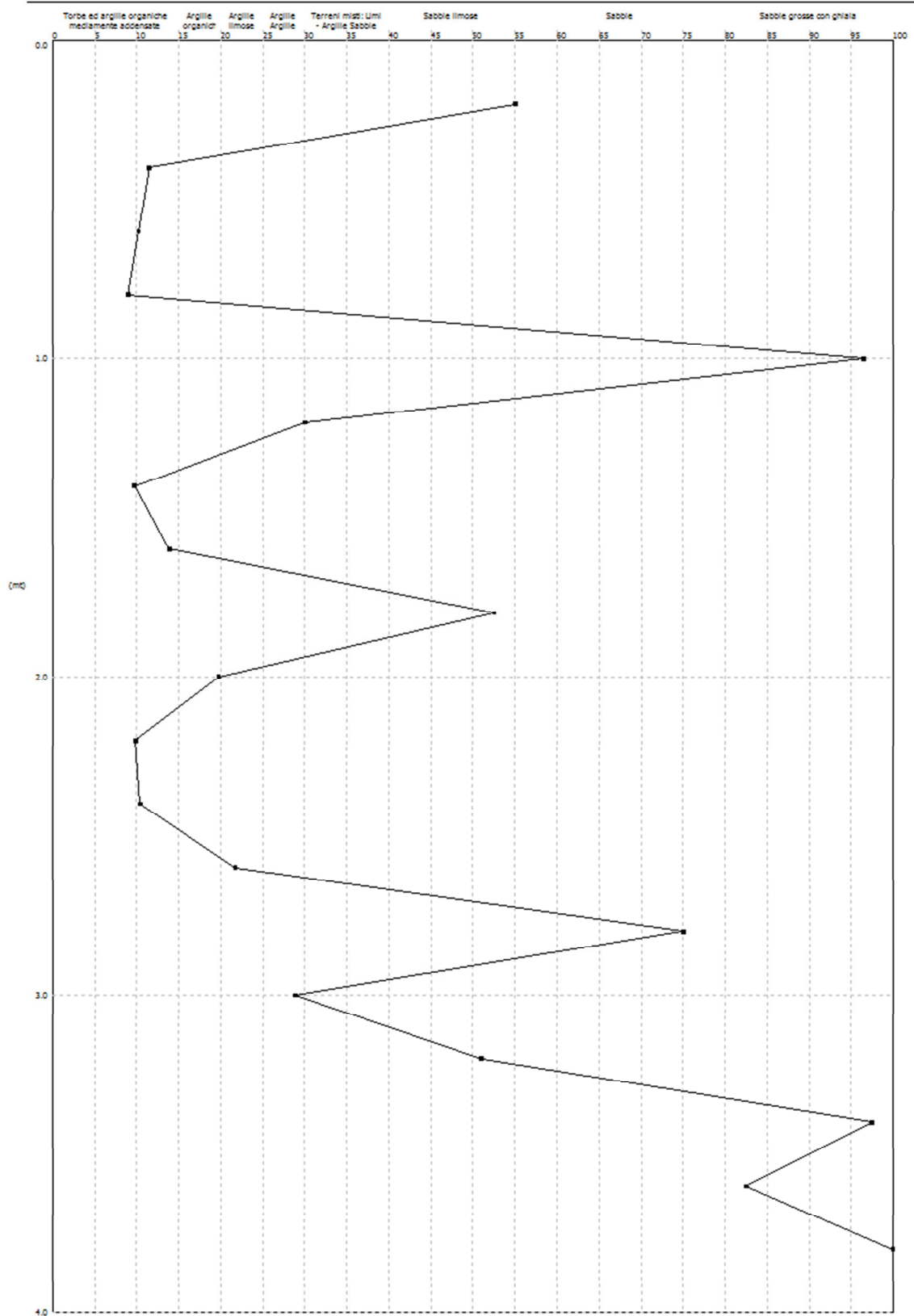
Committente: Mandreoli Emanuele  
 Cantiere: Variante al RUE  
 Località: Via Goti - Ventoso di Scandiano (RE)

Data: 12/05/2018



Scala profondità 1:17 -  $Q_c$ : 1 cm=18.76 Kg/cm<sup>2</sup> -  $F_s$ : 1 cm=0.95 Kg/cm<sup>2</sup> -

GRAFICO PROFONDITA' / VALUTAZIONI LITOLOGICHE (Begemann 1965)  
 PROVA: CPT2



## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2.50	51.25	2.511	0.3	0.3	Terzaghi	2.6

### Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2.50	51.25	2.511	0.3	0.3	Metodo generale del modulo Edometrico	102.5

### Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Eu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2.50	51.25	2.511	0.3	0.3	Cancelli 1980	1912.0

### Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	2.50	51.25	2.511	0.3	0.3	Imai & Tomauchi	310.3

### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 1	2.50	51.25	2.511	0.3	0.3	Piacentini Righi 1978	>9

### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2.50	51.25	2.511	0.3	0.3	Meyerhof	2.1

### Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crn
Strato 1	2.50	51.25	2.511	0.3	0.3	0.10508	0.01366

### Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 1	2.50	51.25	2.511	0.3	0.3	Meyerhof	2.2

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 2	4.00	205.75	1.85	0.7	0.7	Harman	100.0

**Angolo di resistenza al taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 2	4.00	205.75	1.85	0.7	0.7	Schmertmann	42.0

**Modulo Edometrico**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	4.00	205.75	1.85	0.7	0.7	Buisman - Sanglerat	308.6

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato 2	4.00	205.75	1.85	0.7	0.7	Imai & Tomauchi	725.5

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ocr
Strato 2	4.00	205.75	1.85	0.7	0.7	Larsson 1991 S.G.I.	0.6

**Modulo di reazione Ko**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Ko
Strato 2	4.00	205.75	1.85	0.7	0.7	Kulhawy & Mayne (1990)	1.22

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	C	Crn
Strato 2	4.00	205.75	1.85	0.7	0.7	0.1196	0.01555

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	4.00	205.75	1.85	0.7	0.7	Meyerhof	1.9

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica totale (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tensione litostatica efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato 2	4.00	205.75	1.85	0.7	0.7	Meyerhof	2.2



# **INDAGINE HVS**



**STRUMENTO: PASI GEMINI 2**

## Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

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

Date: 18 5 2018

Time: 7 42

Dataset: SITE\_20180512\_0855 Ventoso - Mandreoli.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Length of analysed temporal sequence (min): 20.0

Tapering (%): 10

=====

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

Peak frequency (Hz): 17.7 ( $\pm 4.1$ )

Peak HVSR value: 3.7 ( $\pm 0.9$ )

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

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]: 17.7 > 0.5 (OK)

#2. [ $nc > 200$ ]: 41763 > 200 (OK)

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

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

#1. [exists  $f^-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f^-) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 16.2Hz (OK)

#2. [exists  $f^+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f^+) < A_0/2$ ]: (NO)

#3. [ $A_0 > 2$ ]: 3.7 > 2 (OK)

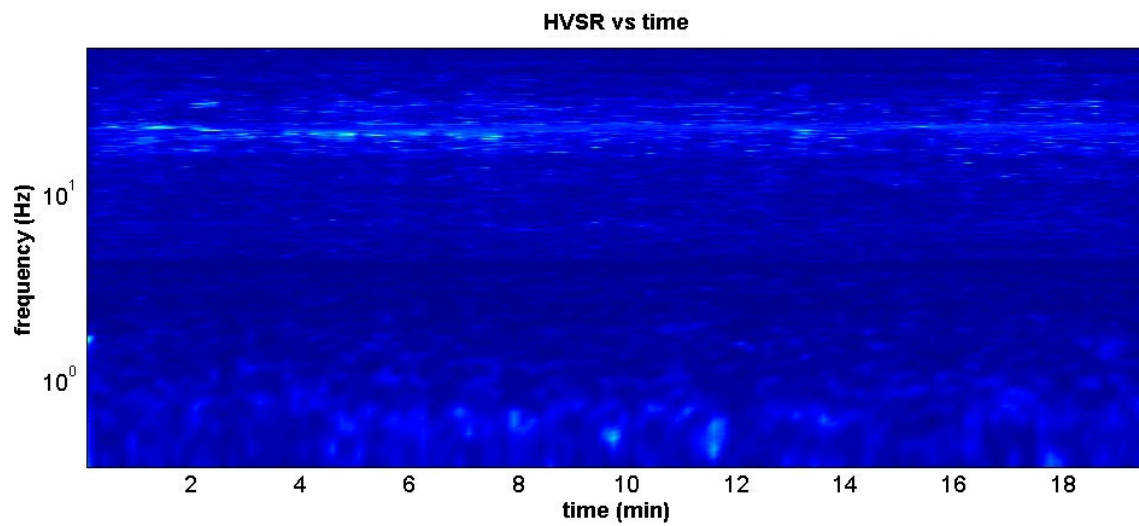
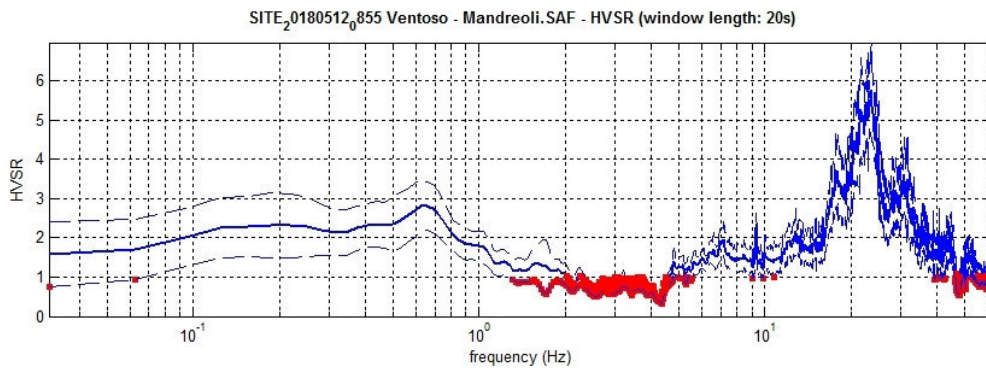
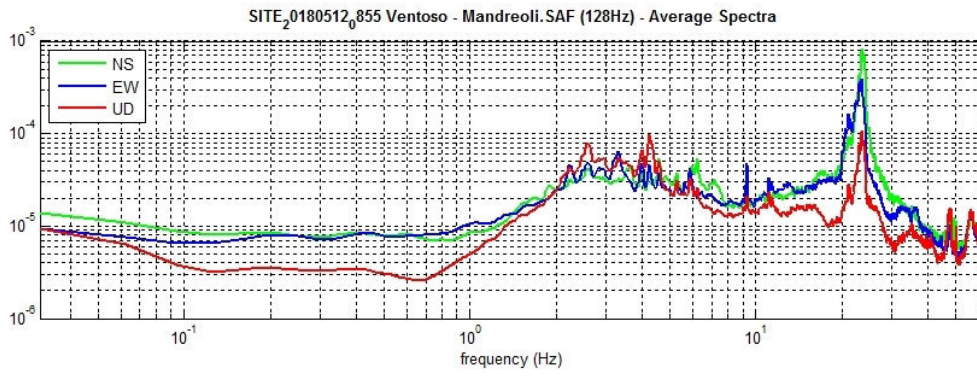
#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (OK)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]: 4.117 > 0.885 (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]: 1.035 < 1.58 (OK)

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

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



winMASW

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

## winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

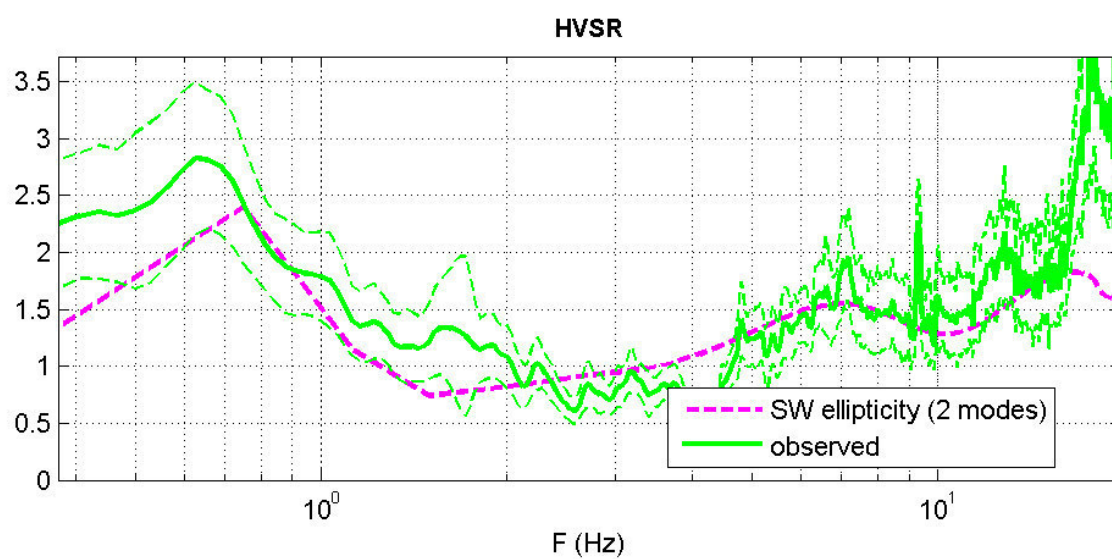
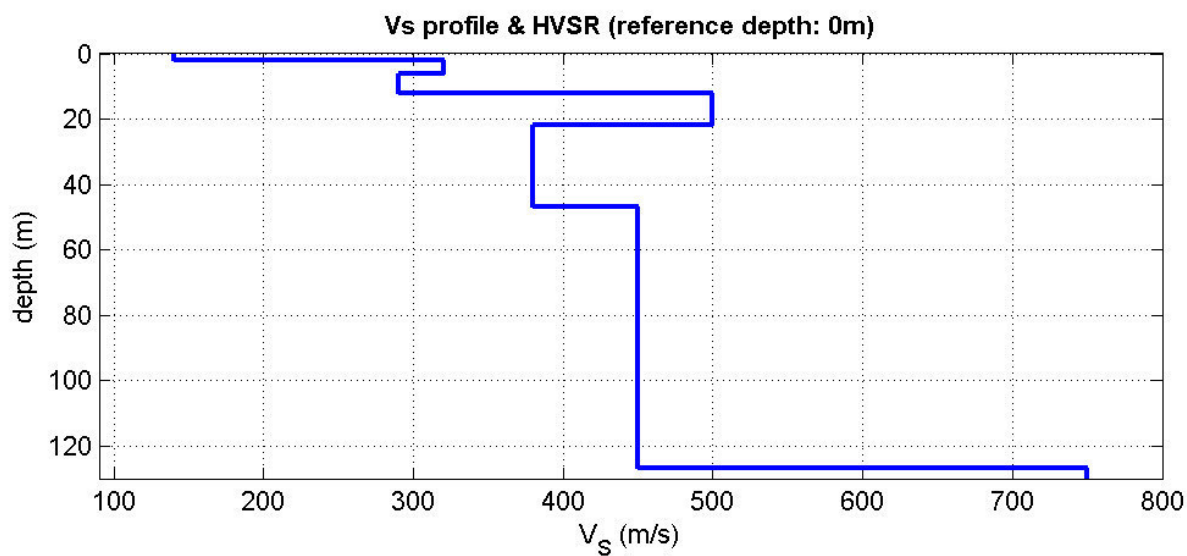
### Main results

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

Date: 18 5 2018

Time: 7 46

Dataset:



### Mean model

$V_s$  (m/s): 140 320 290 500 380 450 750

Thickness (m): 2.0, 4.0, 6.0, 10.0, 25.0, 80.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.76 1.96 1.93 2.06 2.00 2.04 2.16



Shear modulus (MPa) (approximate values): 34 200 162 516 288 413 1216

Analyzing Phase velocities

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

Vp (m/s): 291 666 604 1040 791 937 1562

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35

Vs30 (m/s): 339

*Pay attention*

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

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

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

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

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

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

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

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero  $10 < cu_{30} < 20$  kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

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

**winMASW**

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