

---

# COMUNE BAGNACAVALLO

(Provincia di Ravenna)

---

## RELAZIONE

- *CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO*
  - *AZIONE SISMICA*
  - *INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA*
- 

Relazione geologica e analisi di risposta sismica locale a corredo delle previsioni di piano di cui all'art. 5, comma 2 L.R. 19/2008 e s.m.

Relazione geologica e geotecnica

INTERCONNESSIONE DELLA A14DIR CON LA SP 253R SAN VITALE NEL COMUNE DI BAGNACAVALLO IN LOCALITA' BORGO STECCHI – CODICE UNICO PROGETTO J31B16000320009,

---



**Provincia di Ravenna**

**Settore Lavori Pubblici**

U.O. Progettazione strade ed Espropri

---

Versione	Data	
1	Ottobre 2020	



**Società di  
Geologia  
Territoriale**

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.  
Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)  
www.geo55.com



---

## Indice

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2. PIANIFICAZIONE, ASSETTO URBANISTICO</b> .....	<b>6</b>
2.1 URBANISTICA, PIANO STRUTTURALE COMUNALE (PSC).....	6
2.2 PIANIFICAZIONE, TAVOLE DI MICROZONAZIONE SISMICA.....	12
<b>3 LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI</b> .....	<b>14</b>
3.1 GEOLOGIA.....	14
3.2 LINEAMENTI STRUTTURALI .....	19
<b>4 LINEAMENTI CLIMATOLOGICI</b> .....	<b>22</b>
<b>5 IDRO - GEOMORFOLOGIA</b> .....	<b>22</b>
<b>6 IDROGEOLOGIA</b> .....	<b>26</b>
<b>7 LITOLOGIA SUPERFICIALE E PEDOLOGIA</b> .....	<b>28</b>
<b>8 INDAGINI GEOGNOSTICHE</b> .....	<b>29</b>
8.1 PROVE PENETROMETRICHE .....	29
8.2 MISURE DEI MICROTREMORI E MASW .....	31
<b>9 MICROZONAZIONE SISMICA</b> .....	<b>34</b>
9.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE .....	34
9.1.1 N.T.C. 17-01-2018.....	34
9.1.2 D.G.R. n. 630/2019.....	34
9.1.3 <i>Assetto sismotettonico, sismicità del comune di Bagnacavallo, mappe interattive di pericolosità sismica e zone sismogenetiche</i> .....	35
9.2 ANALISI DEL RISCHIO DEI FENOMENI COSISMICI .....	39
9.3 ASSESTAMENTI TERRENI COESIVI POST-SISMA.....	42
9.4 CONSIDERAZIONE CONCLUSIVE IN MERITO ALLA DGR 630/2019 SUGLI APPROFONDIMENTI DEL TERZO LIVELLO .....	42
<b>10 CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE</b> .....	<b>43</b>
10.1 METODO UTILIZZATO PER LA VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI .....	43
10.1.1 <i>Parametri geotecnici caratteristici delle unità litostratigrafiche del sito indagato</i> .....	45
10.1.2 VALUTAZIONE DELLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) – DEFORMAZIONI IRREVERSIBILI.....	54
<b>11 CONCLUSIONI</b> .....	<b>57</b>
<b>APPENDICE</b> .....	<b>59</b>
ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	59
<b>ALLEGATI</b> .....	<b>69</b>

# 1. PREMESSA

Il presente elaborato, a corredo del progetto infrastrutturale, è redatto come “*Relazione geologica e analisi di risposta sismica locale a corredo delle previsioni di piano*” di cui all’art. 5, comma 2 della L.R. 19/2008 e s.m.i, e come “*Relazione geologica e geotecnica*” di cui alle NTC2018.

La presente indagine è stata programmata allo scopo di fornire la base conoscitiva dei parametri geologici, sismici e geotecnici relativamente al nuovo progetto di interconnessione A/14 DIR con al S.P. 253R San Vitale nel comune di Bagnacavallo in località Borgo Stecchi. Tale progetto è una modifica al precedente previsto intervento di “Realizzazione di nuovo collegamento tra SP8 Naviglio Sud e la SP Naviglio Nord a Bagnacavallo -1° lotto – tratto compreso tra la SP8 Naviglio Sud e la ex SS253 S. Vitale.

In altri termini il presente studio identifica gli elementi principali della geologia locale facilitandone il confronto con le singole ipotesi progettuali. Inoltre, fornisce i necessari elementi sismici e geotecnici, permettendo di operare scelte consapevoli e ragionate.

La presente relazione è stata condotta seguendo le varie normative di legge e/o direttive di interesse, in particolare si è fatto riferimento:

- Al D.M. 11.03.88 (sez. H) e pubblicato sul supplemento ordinario della G.U. n.127 del 01.06.88,
- Alla Circolare Regionale (Dipartimento Ambiente e Territorio) n.1288 del 11.02.1983,
- Piano Territoriale Paesistico Regionale,
- Al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale,
- Alla Legge nazionale 236/88 sulle captazioni idriche per il consumo umano
- Al Piano di Gestione per il Rischio Alluvioni
- Alle Norme del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico dell’ex Autorità di Bacino del Reno, ora Bacino Idrografico del fiume Po.
- D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Circolare n.7 del 11-02-2019 relative alle NTC2018
- Del.Reg.1677/2005 con indicazioni rispetto alle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- All’atto di indirizzo e coordinamento tecnico sugli studi di microzonizzazione per la pianificazione territoriale e urbanistica, di cui alla D.G.R. n. 630 del 29-04-2019.
- Ai seguenti strumenti urbanistici comunali, tutti entrati in vigore con la pubblicazione sul BUR n. 120 del 17/04/2019.
  - Tavola dei vincoli delibera CC di Bagnacavallo n. 21 del 18/03/2019,
  - PSC delibera CC di Bagnacavallo n. 22 del 18/03/2019,
  - PZA delibera CC di Bagnacavallo n. 23 del 18/03/2019,
  - RUE delibera CC di Bagnacavallo n. 24 del 18/03/2019,

Per la realizzazione dello studio in oggetto si è proceduto alla raccolta e selezione critica di tutti i dati bibliografici riguardanti il territorio di interesse ed un adeguato intorno; tali dati sono stati successivamente integrati tramite rilevamenti sul territorio. Inoltre, sono state analizzate le caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche del sottosuolo del territorio oggetto di studio, elaborando, alla luce di quanto emerso, una serie di considerazioni sui possibili rischi geologici del sito di progetto del raccordo stradale e dei relativi approfondimenti necessari per completare il quadro geologico, geotecnico e idrogeologico.

Pertanto, scopo della presente relazione sarà quella di individuare le pericolosità geologiche, sismiche e geotecniche del sito oggetto di intervento, di valutare, assieme ai progettisti, le eventuali vulnerabilità e i relativi rischi. In base a tale valutazione potranno essere indicate eventuali opportune azioni di mitigazione dei rischi, a cui ci si dovrà attenere in fase di realizzazione del progetto in esame.

Brevemente si riporta la relazione del rischio a cui ci si è fatto riferimento nel presente elaborato.

$R=H*V*E$ ; Dove R = rischio    H = pericolosità    V = vulnerabilità    E = elementi a rischio







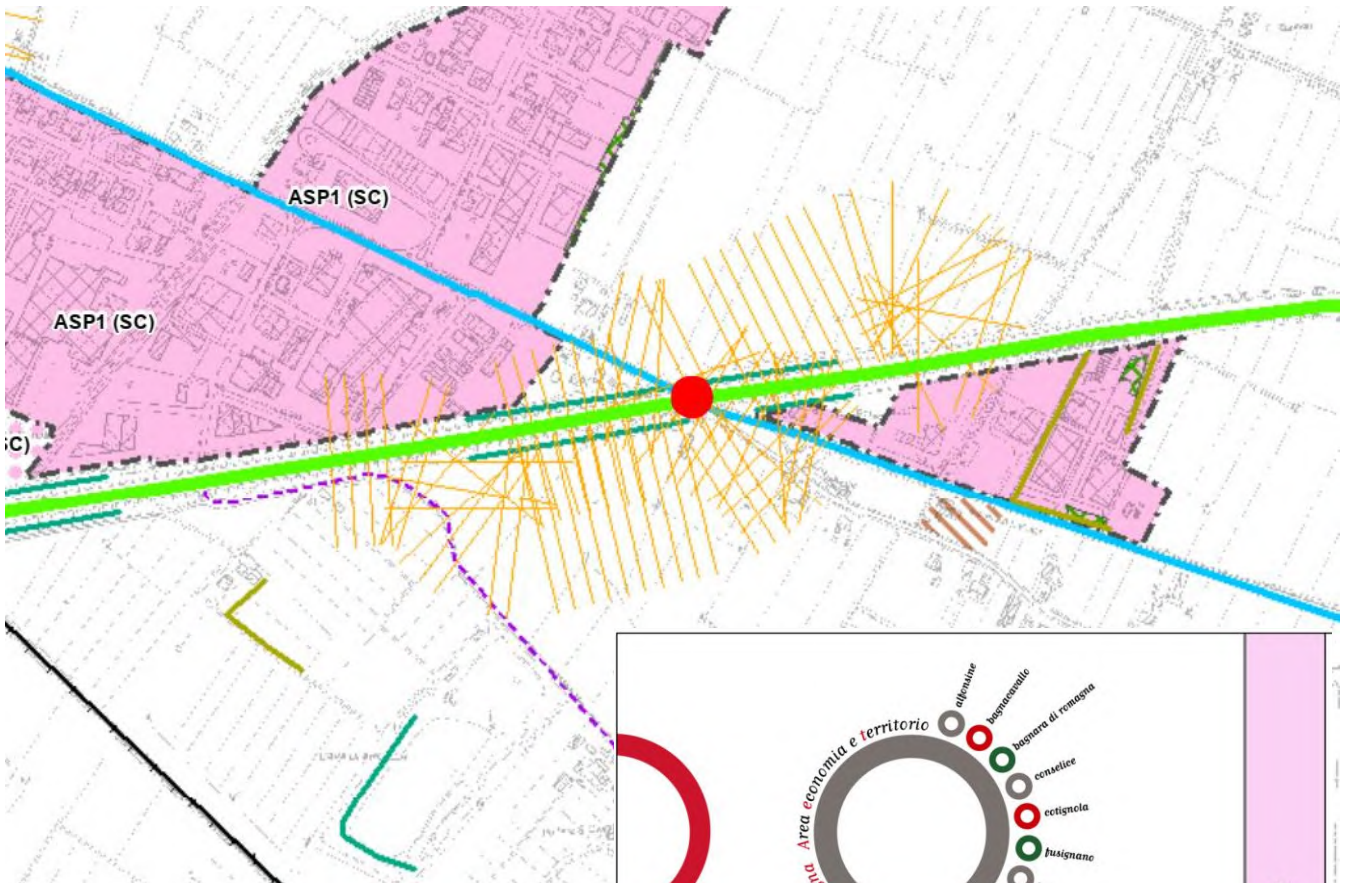
## 2. PIANIFICAZIONE, ASSETTO URBANISTICO

### 2.1 Urbanistica, Piano Strutturale Comunale (PSC)

Piano Strutturale Comunale (PSC) - **Schema di assetto strutturale.**

Il sito è interessato da

- Autostrade (art.3.4)
- Viabilità secondaria di rilievo provinciale e interprovinciale (art.3.4)
- Corridoio per la rete di base di interesse regionale di previsione (art.3.5)
- Filari (art. 3.3)



**Piano Strutturale Comunale**  
 Variante art.32 L.R.20/2000  
**Unione Bassa Romagna**

ADOTTATO	Delibera di C.C.	n. 64	del	27/11/2017
APPROVATO	Delibera di C.C.	n. _____	del	_____
PUBBLICATO	BUR	n. _____	del	_____

*Schema di assetto strutturale*

---


ADOTTATO	Delibera di C.C.	n. 55	del	29/07/2008
APPROVATO	Delibera di C.C.	n. 22	del	07/04/2009
PUBBLICATO	BUR	n. 106	del	17/06/2009


**TAVOLA 4 BC2**  
 scala 1:10.000

<b>Sindaco referente per l'Unione</b>	Davide Ranalli
<b>Sindaco del Comune di Bagnacavallo</b>	Eleonora Proni
<b>Assessore competente</b>	Matteo Giacomoni
<b>Responsabile del Servizio Urbanistica</b>	Gabriele Montanari
<b>Progettisti</b>	Servizio Urbanistica MATE sc- Carlo Santacroce

B  
a  
g  
n  
a  
c  
a  
v  
a  
l  
l  
o

## Legenda


 Confini comunali


 Territorio urbanizzato (art.4.1)

### ASSETTO STRATEGICO DELLA MOBILITA'

 Ferrovie (art.3.5)


 Autostrade (art.3.4)


 Rete di base di interesse regionale (art.3.4)


 Corridoio per la rete di base di interesse regionale di previsione (art.3.5)


 Viabilità secondaria di rilievo provinciale o interprovinciale (art.3.4)

 Corridoio per la viabilità secondaria di rilievo provinciale o interprovinciale di previsione (art.3.5)

 Principali strade di penetrazione e distribuzione urbana (art.3.5)

 Ipotesi di massima di nuove strade di penetrazione e distribuzione urbana (art.3.5)


 Percorso ciclabile extraurbano esistente (art.3.5)

 Percorso ciclabile extraurbano di progetto (art.3.5)

 Percorso turistico ambientale esistente (su sommità arginale) (art.3.5)


 Percorso turistico ambientale di progetto (su sommità arginale) (art.3.5)


 Stazioni ferroviarie (art.3.5)


 Principali nodi della viabilità primaria


 Principali nodi della viabilità secondaria

### AMBITI NORMATIVI ai sensi della L.R. 20/2000

 ACS - Centri storici secondo la definizione della L.R. 20/2000 (art. 5.1)


 AUC - Ambiti urbani consolidati (art. 5.2)


 AR - Ambiti da riqualificare (art. 5.3)

 ASP1 - Ambiti specializzati per attività produttive esistenti o in corso di attuazione di rilievo sovracomunale "strategici" (SS), "consolidati" (SC) o di rilievo comunale (C) (art. 5.4)

 ANS1 - Ambiti per potenziali nuovi insediamenti urbani (art. 5.5)


 ANS2 - Ambiti per potenziali nuovi insediamenti urbani da destinarsi prevalentemente all'incremento delle dotazioni territoriali (art. 5.5)


 ASP2 - Nuovi potenziali ambiti specializzati per attività produttive: sovracomunali "strategici" (SS), "consolidati" (SC) o comunali (C) (art. 5.7)

 Ambito agricolo ad alta vocazione produttiva (art.5.10)


### PORZIONI ED ELEMENTI PARTICOLARI INTERNI AGLI AMBITI NORMATIVI


 Porzioni del Centro storico di cui al comma 4 art. A7 L.R. 20 (art. 5.1)

 Porzioni degli Ambiti consolidati caratterizzate da omogeneità di impianto urbanistico in quanto frutto di piani attuativi unitari attuati o in corso di attuazione sulla base di PUA (art.5.2)

 Porzioni degli Ambiti consolidati comprendenti (o contigui a) particolari elementi di pregio storico-testimoniale o di pregio ambientale (art.5.2)

 Ambiti consolidati delle frange urbane (art.5.2)

 Porzioni degli ambiti consolidati che devono essere governati e disciplinati con un PUA o un progetto unitario convenzionato (art.5.2)

 Aree attrezzate per attività ricreative, sportive e turistiche in ambito rurale (art.5.10)

 Impianti produttivi in ambito rurale (art.5.10)

 Aree produttive per ricerca, coltivazione e deposito di idrocarburi (art.5.10)


 Aree destinate ad attività ricettive, ristorative e agrituristiche in ambito rurale (art.5.10)

 Nuclei residenziali in ambito rurale (art.5.10)

 Porzioni particolari per le quali si conferma in via transitoria la normativa previgente (art. 5.1)

### PRINCIPALI DOTAZIONI TERRITORIALI

 Cimiteri (art.3.7)


 Depuratori, discariche, centro integrato rifiuti (art.3.7); URB

 Altre dotazioni ecologiche e territoriali (art.4.5)

 Principali sistemi di servizi e spazi collettivi urbani esistenti (art.5.2)

### ELEMENTI URBANI STRUTTURANTI

 Principali assi commerciali

 Assi viari da riqualificare

 Siepi (art.3.3)

 Filari (art.3.3)

 Aree fluviali di cui qualificare la valenza nel paesaggio urbano

### Art. 3.3 Consolidamento e sviluppo della rete ecologica

1. Il PSC assume l'obiettivo della conservazione e dell'incremento della bio-diversità del territorio.
2. Il PSC identifica nella Tav. 2, a livello intercomunale, il progetto di sistema spaziale per il potenziamento della rete ecologica provinciale e locale sulla base delle conoscenze della situazione ecosistemica del territorio alla data di adozione delle presenti norme. Il Comune si riserva di integrare tale individuazione con successivi atti, in relazione allo sviluppo di specifici studi sulla consistenza delle risorse ecologiche ovvero progetti di formazione o consolidamento di corridoi ecologici.
3. In funzione della tutela e implementazione della rete ecologica il PSC individua i seguenti elementi funzionali esistenti o di nuova previsione:

- le principali aree di valore naturale ed ecologico, ovvero vocate alla valorizzazione degli aspetti naturalistici ed ecologici, riconosciute e protette sulla base di specifici provvedimenti: le stazioni del Parco regionale del delta del Po, le riserve naturali le aree di riequilibrio ecologico i Siti di Importanza Comunitaria (SIC), le Zone di Protezione Speciale (ZPS) e il "Paesaggio naturale e seminaturale protetto della Centuriazione";

- gli ulteriori elementi minori il cui mantenimento e sviluppo contribuisce alla varietà ecologica del territorio: specchi d'acqua, aree alberate, filari alberati e siepi;
- le 'aree nucleo' (o 'core area') ovvero nodi ecologici complessi;
- le fasce territoriali da potenziare o riqualificare come corridoi ecologici primari;
- gli ambiti entro cui potenziare, riqualificare o realizzare gangli (nodi) primari della rete ecologica;
- le fasce territoriali entro cui potenziare, riqualificare o realizzare corridoi ecologici secondari;
- gli ambiti entro cui potenziare, riqualificare o realizzare gangli (nodi) secondari della rete ecologica o realizzare 'stepping stones' (punti di sosta-passaggio);
- gli agrosistemi a cui attribuire funzioni di riequilibrio ecologico;
- alcuni punti di conflitto fra la rete ecologica e la rete delle infrastrutture stradali nei quali realizzare prioritariamente dei 'ponti ecologici polivalenti'.

4. Quando i corridoi ecologici esistenti o da realizzare corrispondono ai corsi d'acqua (intesi come alveo e fascia di tutela e/o fascia di pertinenza), nel rispetto delle disposizioni di cui al precedente Titolo II, tutti gli interventi di gestione e di manutenzione ordinaria e straordinaria delle sponde e della vegetazione ripariale che riguardano tali ambiti devono essere svolti prestando attenzione al loro ruolo ecologico, in sinergia con i progetti d'attuazione delle reti ecologiche.

5. Nelle aree nucleo e nei gangli della rete ecologica sono ammesse tutte le funzioni e le azioni che concorrono al miglioramento della funzionalità ecologica degli habitat, alla promozione della fruizione per attività ricreative e sportive all'aria aperta compatibili con gli obiettivi di tutela e potenziamento della biodiversità, allo sviluppo di attività economiche ecocompatibili.

6. Il Comune, attraverso uno specifico Regolamento comunale del verde, disciplina le modalità di gestione degli elementi della rete ecologica e fornisce gli indirizzi per la realizzazione dei nuovi corridoi ecologici.

7. Il Piano Operativo Comunale costituisce la sede per l'elaborazione e l'integrazione di specifici progetti pubblici e privati per la realizzazione o miglioramento di elementi della rete ecologica.

8. Per le porzioni di territorio comunale interessate da perimetrazioni di Siti di Importanza Comunitaria (SIC) ai sensi della direttiva n. 79/409/CEE e Zone di Protezione Speciale (ZPS) ai sensi della direttiva n. 92/43/CEE, il Comune contribuisce alla formazione del Piano di gestione.

9. Per le porzioni di territorio ricadenti all'interno del perimetro del Parco Regionale del Delta del Po, le azioni del Comune per il miglioramento della qualità ambientale ed ecologica si coordinano con le disposizioni del Piano Territoriale del Parco e con l'attività dell'Ente Parco.

## **INFRASTRUTTURAZIONE DEL TERRITORIO.**

### **Art. 3.4 Classificazione delle strade**

1. Le strade saranno classificate dagli organi competenti ai sensi del D.Lgs.3/4/1992 n. 285 (Nuovo Codice della Strada) e del D.P.R. 16/12/1992 n. 495 e successive modifiche e integrazioni. In attesa di tale classificazione, il RUE e il POC devono attenersi in via transitoria alla seguente classificazione stabilita dal PSC.
2. Sono autostrade - Tipo A: l'autostrada A-14, ivi compresa la bretella A-14 bis liberalizzata
3. Sono strade extraurbane secondarie - Tipo C: i tratti esistenti e di progetto, esterni ai centri abitati, delle strade classificate come "rete di base di interesse regionale": ossia la SP S.Vitale SP253, ossia la SP 610 Selice, SP 8 Naviglio e la nuova sede della SS 16.
4. Sono pure strade extraurbane secondarie - Tipo C: i tratti esistenti e di progetto, esterni ai centri abitati, delle strade classificate nella Tav. 1 del PSC come viabilità secondaria "di rilievo interprovinciale e provinciale", ossia la sede storica della SS 16, le strade provinciali SP 7, 12 13, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 36, 59, 67, 76, 93, 95, 103, 105, 107, 109,114 e 115, la strada comunale Via Lunga Inferiore. Infine sono strade extraurbane secondarie – Tipo C i tratti esterni ai centri abitati delle strade SP9, 19, 24, 25, 26, 28, 31, 39, 41, 46, 50, 61, 77, 79, 88, 89, 108 e 119
5. Sono strade extraurbane locali - Tipo F - tutte le restanti strade provinciali, comunali e vicinali esistenti e di progetto al di fuori dei centri abitati.

Relativamente all'art. 3.5 si riporta solo quello di interesse per il progetto in esame.

### **Art. 3.5 Infrastrutture per la mobilità: previsioni progettuali del PSC**

2. Con riguardo alla rete stradale extraurbana di interesse sovracomunale, il PSC prospetta i seguenti interventi di nuova realizzazione, di miglioramento e qualificazione:
- XV. La futura Interconnessione della A14 dir con la SP n.253R San Vitale in località Borgo Stecchi. Si tratta del recepimento della convenzione tra il Comune di Bagnacavallo, la Provincia di Ravenna e la Regione Emilia Romagna (delibera C.C. n°2 del 25/01/2016) che intende far sì che la città di Bagnacavallo possa avere un collegamento stradale efficiente fra i suoi principali assi viari (in particolare fra la SP8 sud, la SP8 nord e la SP n. 253R San Vitale);

Piano Strutturale Comunale (PSC) - **Schema di assetto strutturale degli insediamenti e della mobilità.**

Come si osserva il sito di interesse è un “Nodo stradale esistente e di progetto della rete viaria primaria”



**Legenda**

- ..... Confini comunali
- ASSETTO STRATEGICO DELLA MOBILITA'**
- Rete ferroviaria
- Autostrade
- Rete di base di interesse regionale
- - - - - Rete di base di interesse regionale di previsione
- Viabilità secondaria di rilievo provinciale o interprovinciale
- - - - - Viabilità secondaria di rilievo provinciale o interprovinciale di previsione
- ..... Principali strade di penetrazione e distribuzione urbana
- Nodi stradali esistenti e di progetto della rete viaria primaria
- Stazioni ferroviarie
- ASSETTO STRATEGICO DEL SISTEMA INSEDIATIVO**
- Centri storici
- Ambiti urbani prevalentemente residenziali
- Ambiti specializzati per attività produttive esistenti o in corso di attuazione
- ▨ Ambiti per potenziali nuovi insediamenti urbani
- ▨ Ambiti di potenziale espansione degli ambiti specializzati per attività produttive
- Localizzazione ambiti produttivi
- ⊛ Ambiti produttivi di rilievo sovracomunale "strategici"
- ☆ Ambiti produttivi di rilievo sovracomunale "consolidati"
- Ⓜ (APEA) Ambiti produttivi che, in relazione alla prevalenza delle aree ancora da urbanizzare rispetto agli insediamenti in atto, presentano le migliori pre-condizioni per acquistare le prestazioni di Area Produttiva Ecologica Attrezzata
- Centri urbani destinati ad offrire una gamma completa e diversificata di servizi
- ◇ Ulteriori centri abitativi nei quali consolidare l'offerta di servizi di base, a presidio di una propria area di gravitazione

Bagnacavallo

**Piano Strutturale Comunale**  
 Variante art.32 L. R. 20/2000  
**Unione Bassa Romagna**

ADOTTATO Delibera di C.C. n. 06 del 27/11/2017  
 APPROVATO Delibera di C.C. n. 22 del 07/04/2009  
 PUBBLICATO BUR n. 106 del 31/08/2009

**Schema di assetto strutturale degli insediamenti e della mobilità**

**TAVOLA 1 BC**  
 scala 1:35.000

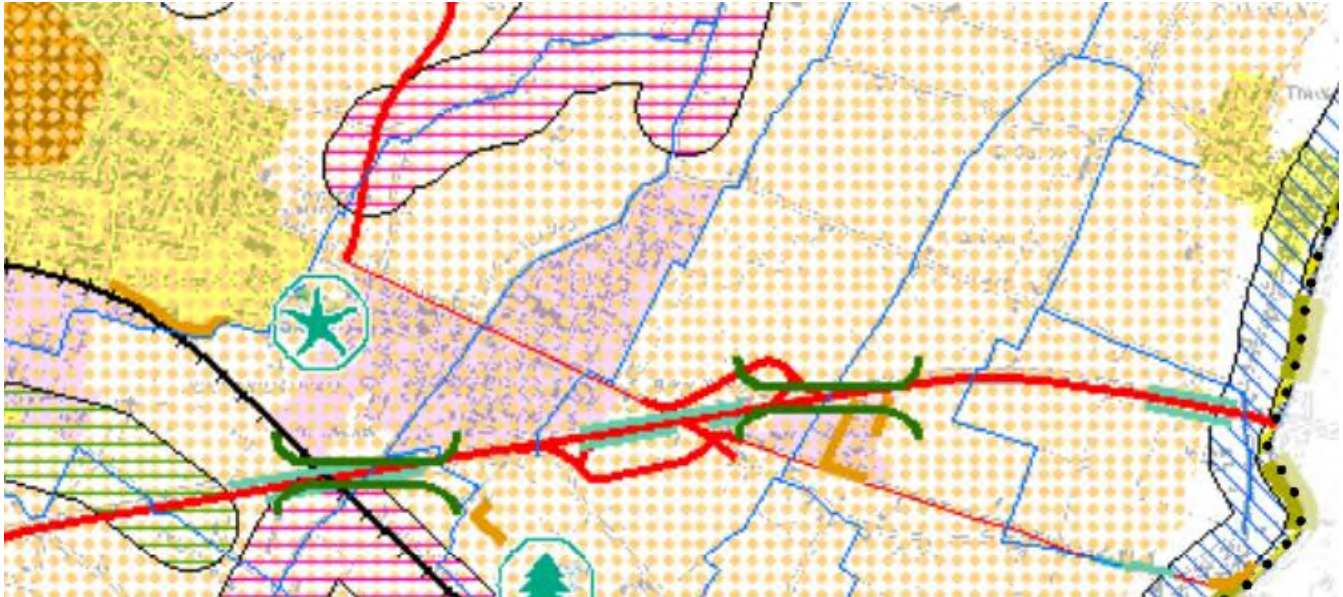
ADOTTATO Delibera di C.C. n. 55 del 29/07/2008  
 APPROVATO Delibera di C.C. n. 22 del 07/04/2009  
 PUBBLICATO BUR n. 106 del 31/08/2009

**Sindaco referente per l'Unione:** Davide Baselli  
**Sindaco del Comune di Bagnacavallo:** Barbara Fiori  
**Assessore competente:** Matteo Giacomoni  
**Responsabile del Servizio Urbanistica:** Gabriele Montanari  
**Progettisti:** Servizio Urbanistica PAE sc - Carlo Santacroce

# Piano Strutturale Comunale (PSC) - Schema spaziale per la valorizzazione delle risorse ambientali e storico culturali

Come si osserva il sito di interesse è interessato da

- Ponti ecologici polivalenti da prevedere
- Da maceri e specchi minori
- Da agroecosistemi a cui attribuire funzioni di riequilibrio ecologico
- Da viabilità esistente e di progetto
- Da viabilità secondaria esistente e di progetto



## Legenda

- Confini comunali
- Sottounità di paesaggio e relativo numero:  
3 - della centuriazione di Bagnacavallo 4 - delle trame irregolari di Bagnacavallo

### SISTEMA INSEDIATIVO

- Centri storici
- Ambiti urbani prevalentemente residenziali
- Ambiti specializzati per attività produttive esistenti o in corso di attuazione

### ELEMENTI DI INTERESSE NATURALISTICO

- Superfici alberate
- Invasi e alvei
- Maceri e specchi d'acqua minori
- Scoli e canali principali e secondari
- Filari alberati
- Siepi
- Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e Zone di Protezione Speciale (ZPS)
- Aree di riequilibrio ecologico

### PROGETTO DI RETE ECOLOGICA SULLA BASE DEL PTCP

#### Rete ecologica di primo livello esistente e di progetto

- Fasce territoriali da potenziare o riqualificare come corridoi ecologici primari
  - Ambiti entro cui potenziare, riqualificare o realizzare gangli (nodi) della rete ecologica
  - Agroecosistemi a cui attribuire funzioni di riequilibrio ecologico
  - Ponti ecologici polivalenti da prevedere
- #### Rete ecologica di secondo livello esistente
- Fasce territoriali da potenziare o riqualificare come corridoi ecologici secondari
  - Fasce territoriali entro cui realizzare corridoi ecologici secondari
  - Ambito entro cui potenziare o riqualificare gangli (nodi) secondari della rete ecologica
  - Ambito entro cui potenziare o riqualificare "stepping stones"

#### Rete ecologica di secondo livello di progetto

- Ambito entro cui realizzare gangli (nodi) secondari della rete ecologica

### PRINCIPALI BARRIERE INFRASTRUTTURALI RISPETTO ALLA CONTINUITA' DELLE RETI ECOLOGICHE

- Rete ferroviaria
- Viabilità primaria esistente e di progetto
- Viabilità secondaria esistente e di progetto

**Piano Strutturale Comunale**  
Variante art.32 L.R.20/2000  
**Unione Bassa Romagna**

ADOTTATO Delibera di C.C. n. 64 del 27/11/2017  
 APPROVATO Delibera di C.C. n. del del  
 PUBBLICATO BUR n. del del

**Schema spaziale per la valorizzazione delle risorse ambientali e storico culturali**

**TAVOLA 2 BC**  
scala 1:35.000

ADOTTATO Delibera di C.C. n. 55 del 29/07/2008  
 APPROVATO Delibera di C.C. n. 22 del 07/04/2009  
 PUBBLICATO BUR n. 106 del 17/06/2009

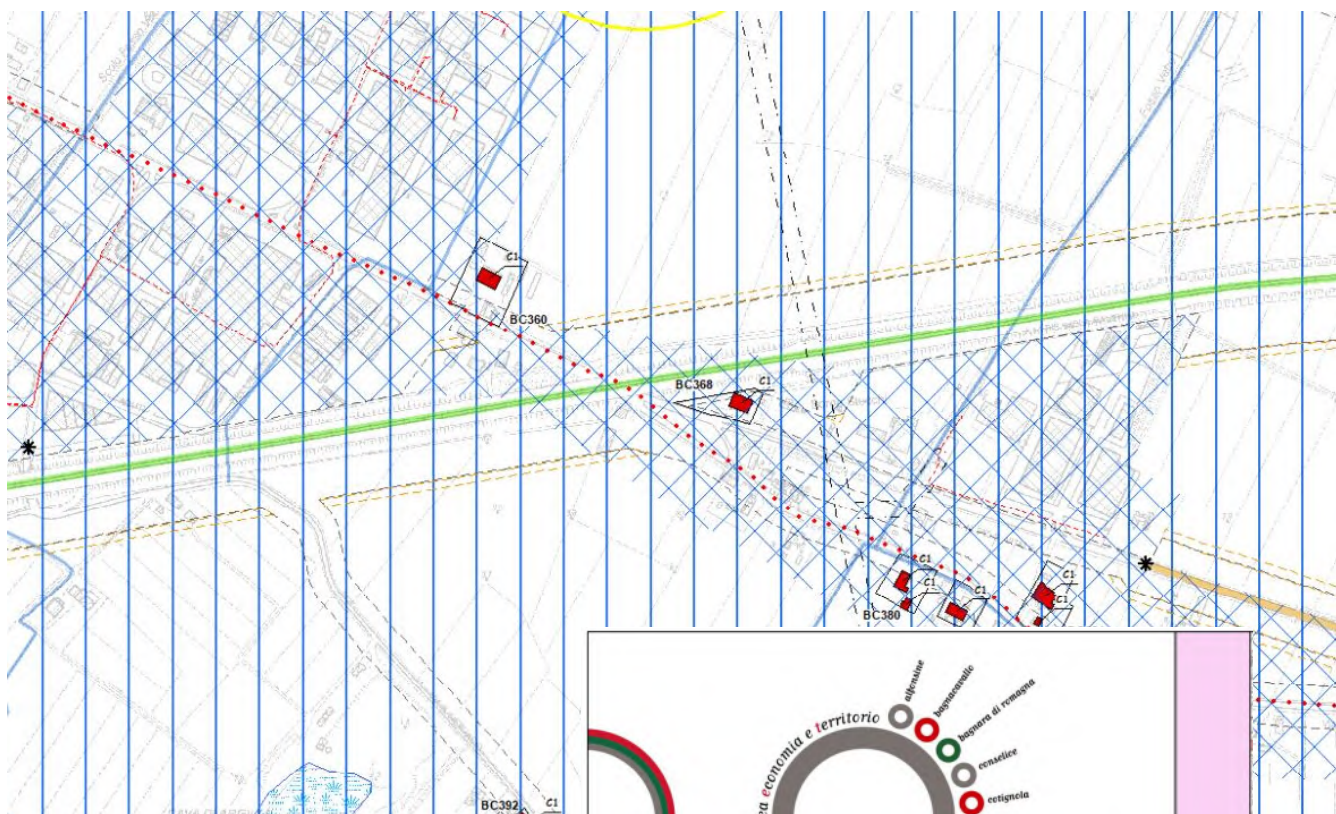
**Sindaco referente per l'Unione** Davide Ranalli  
**Sindaco del Comune di Bagnacavallo** Eleonora Prati  
**Assessore competente** Matteo Giacomoni  
**Responsabile del Servizio Urbanistica** Gabriele Montanari  
**Progettisti** Servizio Urbanistica  
 MATE s.c. - Carlo Santacrose

Bagnacavallo

## 2.2 Pianificazione, Tavole di Microzonazione Sismica

Dalla tavola dei vincoli del RUE di cui alla delibera CC di Bagnacavallo n. 21 del 18/03/2019, entrati in vigore con la pubblicazione sul BUR n. 120 del 17/04/2019, si osserva che le criticità geologiche principali riguardano la presenza:

- di aree soggette ad alluvioni poco frequenti (P2) (scheda dei vincoli VS07);
- in parte, in corrispondenza della San Vitale, di approfondimento aree di terzo livello (studio MS) (Scheda dei vincoli VS13), per le quali il sito in esame ricade in aree caratterizzate da Indice di liquefazione  $IL \leq 2$  basso.



**Carta Unica del Territorio  
Unione Bassa Romagna**

**Tavola dei vincoli**

**TAVOLA BC4**  
scala 1:5.000

ADOTTATO	Delibera di C.C.	n. 63	del 27/11/2017
APPROVATO	Delibera di C.C.	n. _____	del _____
PUBBLICATO	BUR	n. _____	del _____

<b>Sindaco referente per l'Unione</b>	Davide Ranalli
<b>Sindaco del Comune di Bagnacavallo</b>	Eleonora Pronti
<b>Assessore competente</b>	Matteo Giacomoni
<b>Responsabile del Servizio Urbanistica</b>	Gabriele Montanari
<b>Progettisti</b>	Servizio Urbanistica MATE sc - Carlo Santacroce

B  
a  
g  
n  
a  
c  
a  
v  
a  
l  
l  
o

## Legenda

Contine comunale

Territorio urbanizzato

### AMBIENTE E PAESAGGIO

Aree soggette a vincolo paesaggistico (Scheda dei vincoli AP01)

Sistema delle aree forestali (Scheda dei vincoli AP02)

Alberi monumentali (Scheda dei vincoli AP04)

Invasi ed alvei di laghi, bacini e corsi d'acqua (Scheda dei vincoli AP05)

Zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale (Scheda dei vincoli AP06)

Paleodossi fluviali particolarmente pronunciati (Scheda dei vincoli AP08)

Paleodossi di modesta rilevanza (Scheda dei vincoli AP08)

Aree di riequilibrio ecologico (Scheda dei vincoli AP09)

Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e Zone di Protezione Speciale (ZPS) (Scheda dei vincoli AP10)

### STORICO CULTURALE E TESTIMONIALE

Immobili interessati da specifiche disposizioni di vincolo (Scheda dei vincoli SCT01)

Immobili accentrati o sparsi di valore storico-architettonico soggetti a restauro scientifico (Scheda dei vincoli SCT02)

Immobili accentrati o sparsi di valore storico-architettonico soggetti a restauro e risanamento conservativo (Scheda dei vincoli SCT02)

fuori dal centro storico:

Edifici di interesse storico-architettonico e relativa categoria (Scheda dei vincoli SCT02)

Edifici di pregio storico-culturale e testimoniale e relativa categoria (Scheda dei vincoli SCT02)

Aree di pertinenza dell'edificio tutelato e relativo numero di scheda (Scheda dei vincoli SCT02)

Centri storici (Scheda dei vincoli SCT03)

Canali storici (Scheda dei vincoli SCT04)

Viabilità storica (Scheda dei vincoli SCT05)

Bonifiche storiche di pianura (Scheda dei vincoli SCT07)

Zone ed elementi di interesse storico-archeologico (Scheda dei vincoli SCT10):  
B - Area a basso rischio archeologico  
M - Area a medio rischio archeologico

Maceri e specchi d'acqua (Scheda dei vincoli SCT11)

### VULNERABILITA' E SICUREZZA

Scoli e canali principali e secondari (Scheda dei vincoli VS01)

Fasce di pertinenza fluviale (Scheda dei vincoli VS02)

Aree ad alta probabilità di inondazione (Scheda dei vincoli VS04)

Aree a rischio moderato di esondazione nel Bacino del Po (fascia C) (Scheda dei vincoli VS06)

Mappa di pericolosità delle aree potenzialmente interessate da alluvioni

Corsi d'acqua naturali (Scheda dei vincoli VS07)

Alluvioni poco frequenti (P2)

Alluvioni frequenti (P3)

Reticolo secondario di pianura (Scheda dei vincoli VS08)

Alluvioni poco frequenti (P2)

Alluvioni frequenti (P3)

Siti sui quali è necessaria una bonifica (Scheda dei vincoli VS10)

Siti bonificati con prescrizione (Scheda dei vincoli VS10)

Aree soggette a particolare amplificazione del rischio sismico: aree che non necessitano di approfondimento (I livello) (Scheda dei vincoli VS12)

Aree soggette a particolare amplificazione del rischio sismico: aree che necessitano dell'analisi semplificata (II livello) (Scheda dei vincoli VS12)

Aree soggette a particolare amplificazione del rischio sismico: aree per le quali è richiesta la verifica del loro possibile inserimento nelle zone che chiedono un'analisi approfondita (III livello) (Scheda dei vincoli VS12)

Approfondimento aree di terzo livello (studio MS) (Scheda dei vincoli VS13)

Indice di liquefazione

IL <= 2 basso

2 > IL <= 5 medio

5 > IL <= 15 alto (elevato)

Unità strutturale interferente (studio CLE) (Scheda dei vincoli VS13)

## IMPIANTI E INFRASTRUTTURE

Classificazione delle strade (Scheda dei vincoli II01):

Categoria C con fascia ampliata

Categoria C

\* Limite del centro abitato da Codice della Strada (Scheda dei vincoli II01)

Sede stradale e relativa fascia di rispetto (Scheda dei vincoli II01)

Fascia di rispetto stradale con ampliamento (Scheda dei vincoli II01)

Sede ferroviaria e relativa fascia di rispetto (Scheda dei vincoli II02)

Cimiteri (Scheda dei vincoli II04)

Fascia di rispetto dei cimiteri (Scheda dei vincoli II04)

Depuratori, discariche, centro integrati rifiuti (Scheda dei vincoli II05)

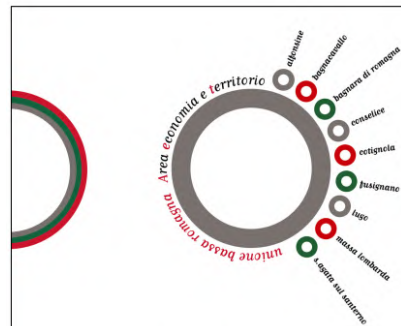
Fascia di rispetto dei depuratori, discariche e centro integrati rifiuti (Scheda dei vincoli II05)

Elettrodotti media e alta tensione e relativa fascia di attenzione (Scheda dei vincoli II06)

Elettrodotti media e alta tensione interrati (Scheda dei vincoli II06)

Metanodotti e relativa fascia di attenzione (Scheda dei vincoli II07)

Fascia di rispetto di 500 metri dal confine provinciale (Scheda dei vincoli II10)



## Carta Unica del Territorio Unione Bassa Romagna

### LEGENDA

ADOTTATO Delibera di C.C. n. 63 del 27/11/2017  
APPROVATO Delibera di C.C. n. del  
PUBBLICATO BUR n. del

Sindaco referente per l'Unione

Sindaco del Comune di Bagnacavallo

Assessore competente

Responsabile del Servizio Urbanistica

Progettisti

Davide Ranalli

Eleonora Prati

Matteo Giacomoni

Gabriele Montanari

Servizio Urbanistica  
NATE sc - Carlo Santacroce

B  
a  
g  
n  
a  
c  
a  
v  
a  
l  
l  
o

## 3 LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI

### 3.1 GEOLOGIA

Le caratteristiche fisiche generali, la composizione litologica, l'assetto strutturale, il grado di stabilità attuali di un territorio sono la risultante e la sintesi della sua evoluzione geologica.

Per una migliore comprensione della geologia del territorio in esame, risulta utile avere un quadro, sia pure schematico e riassuntivo, dei lineamenti e della storia geologica della più ampia unità regionale di cui l'area in esame è parte.

Il territorio dove si trova la località di Borgo Stecchi, in comune di Bagnacavallo, è inserito, anche se in modo marginale, nel vasto bacino sedimentario della Valle Padana e più precisamente nel lembo sud-orientale della stessa, delimitato a Nord dal corso del Po e a Sud dalle propaggini collinare dell'Appennino Romagnolo.

La storia geologica di questa pianura, la sua genesi e le sue vicissitudini evolutive possono essere ricondotte, nel loro insieme, ad un lento e progressivo ricoprimento del settore meridionale della fossa occupata dall'alto Adriatico già a partire dalla fase centrale della orogenesi alpina, da un lato, e di quella appenninica, dall'altro, cioè nell'oligocene, come confermano le risultanze delle perforazioni condotte nell'area per ricerche di idrocarburi.

L'attuale assetto geologico è la risultante di un complesso avvicendamento di fasi erosive in alternanza a fasi prevalentemente sedimentarie, sia in senso verticale sia in senso orizzontale, in relazione al perdurare di una dinamica di abbassamenti del substrato, di fenomeni di subsidenza del materasso alluvionale che si stava formando, con conseguenti arresti della regressione marina o addirittura episodi di ingressione e formazione di fasi lagunari lungo la fascia preappenninica.

Solo nel Quaternario più recente l'assetto tettonico manifesta una sorta di equilibrio raggiunto e, alla prevalente tendenza alla subsidenza e deposizione prevalentemente marina, subentra un periodo di più estesi fenomeni sedimentari fluviali, ai quali è concomitante il progressivo ritiro del mare verso la configurazione dell'attuale costa.

Il quaternario è contraddistinto da una fase deposizionale marina iniziale (Pleistocene) e una fase deposizionale continentale (Olocene) che prosegue anche attualmente.

La stratigrafia pleistocenica presenta frequenti variazioni litologiche. Le sabbie si intercalano a sedimenti più fini limoso sabbiosi o limoso argillosi, e nelle parti sommitali si fanno sempre più frequenti litotipi di ambiente lagunare salmastro.

La stratigrafia olocenica è dominata dalla più recente regressione marina in concomitanza con le grandi glaciazioni intervallate da lunghi periodi di clima più mite durante i quali prevale l'azione di trasporto dei numerosi corsi d'acqua.

Il limite Olocene-Pleistocene, cioè alluvioni-Quaternario marino, presenta una profondità di circa 60 m ÷ 80 m in corrispondenza dell'allineamento Massa Lombarda - Lugo - Bagnacavallo, risalendo lateralmente fra i 20 m e 40 m in corrispondenza delle zone di Alfonsine e di Cotignola - Bagnara.

Da quanto esposto risulta che il bacino subsidente padano, ed in particolare il suo settore sud-orientale, è un'area geologicamente giovane e conseguentemente instabile. Questo carattere di instabilità permane tuttora.

Infatti, in base alla ripetizione delle livellazioni I.G.M., si è verificato, ed è probabilmente ancora in atto, un innalzamento delle regioni poste ad occidente dell'asse Genova-Brescia, ed un abbassamento ad oriente con epicentro nel delta del Po, ed indici più elevati nella costa adriatica.

Dalla carta geologica, risulta una base del Pliocene posto a circa -3.000 m sotto il livello mare.

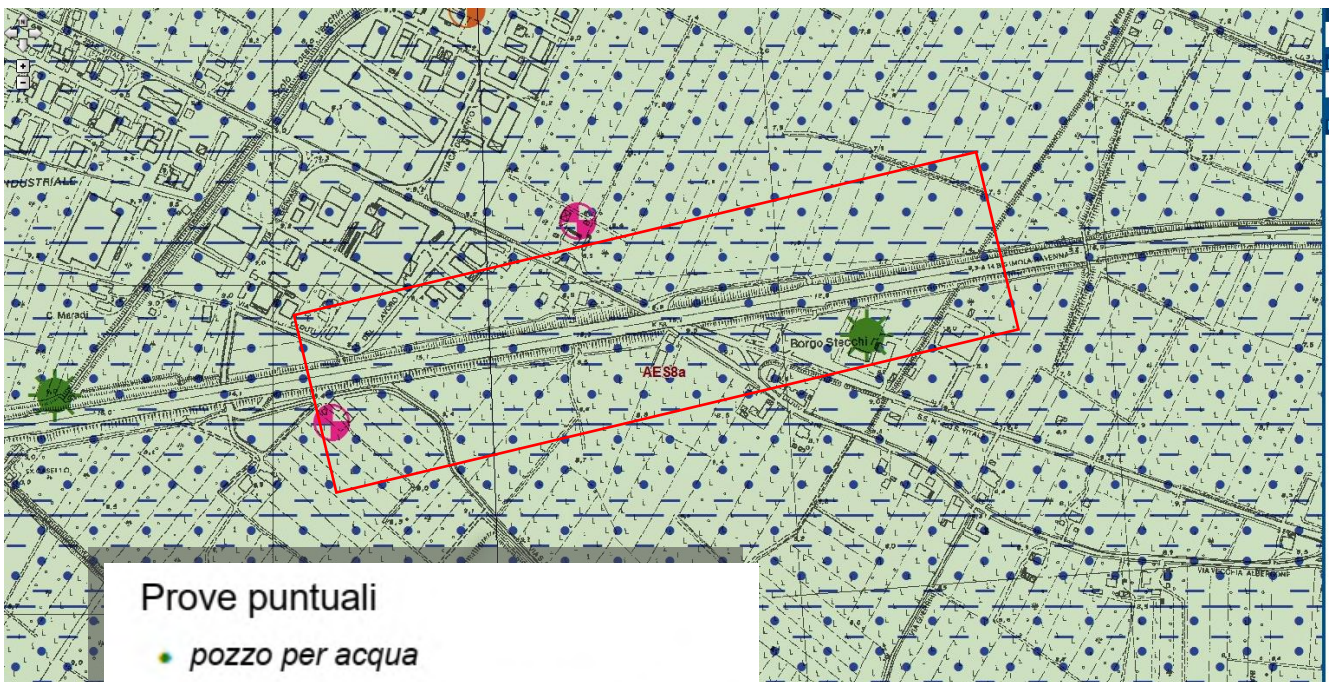
I terreni d'interesse sono tipici della bassa pianura, cioè caratterizzati da depositi fini e medio-fini formati per successive fasi di esondazioni del reticolo idrografico.

In particolare, l'area di interesse è inserita nella bassa pianura, che si estende a quote inferiori di 8÷9 m s.l.m., ed è costituita da alluvionali depositatesi in gran parte in età storica, in particolare età post-romana, a granulometria prevalentemente fine (sabbie, limi e argille), con suoli calcarei e poco evoluti. Essa si caratterizza, sotto l'aspetto geomorfologico, per una "freschezza" delle morfologie fluviali, tra cui sono riconoscibili soprattutto i dossi e paleodossi fluviali, cioè gli argini naturali subattuali o estinti dei principali corsi d'acqua.

Il corso d'acqua naturale principale presente nell'area circostante il sito è il Fiume Lamone che scorre alla distanza di circa 826 m a Nord, ed il Torrente Sillaro, affluente del F.Reno, che scorre, arginato e pensili, alla distanza di circa 1840 m a Est del sito di interesse.

Il principale corso d'acqua principale del sistema di bonifica per il sito in esame è costituito dallo Scolo Fosso Vecchio, che scorre verso Ovest, alla distanza di circa 550 m dal sito di progetto.

La geologia dell'area è caratterizzata da coperture quaternarie appartenenti all'Unità di Modena (AES8a): Sabbia Limoso Argillosa – Piana alluvionale - Deposito di canale, argine e rotta fluviale.



### Prove puntuali

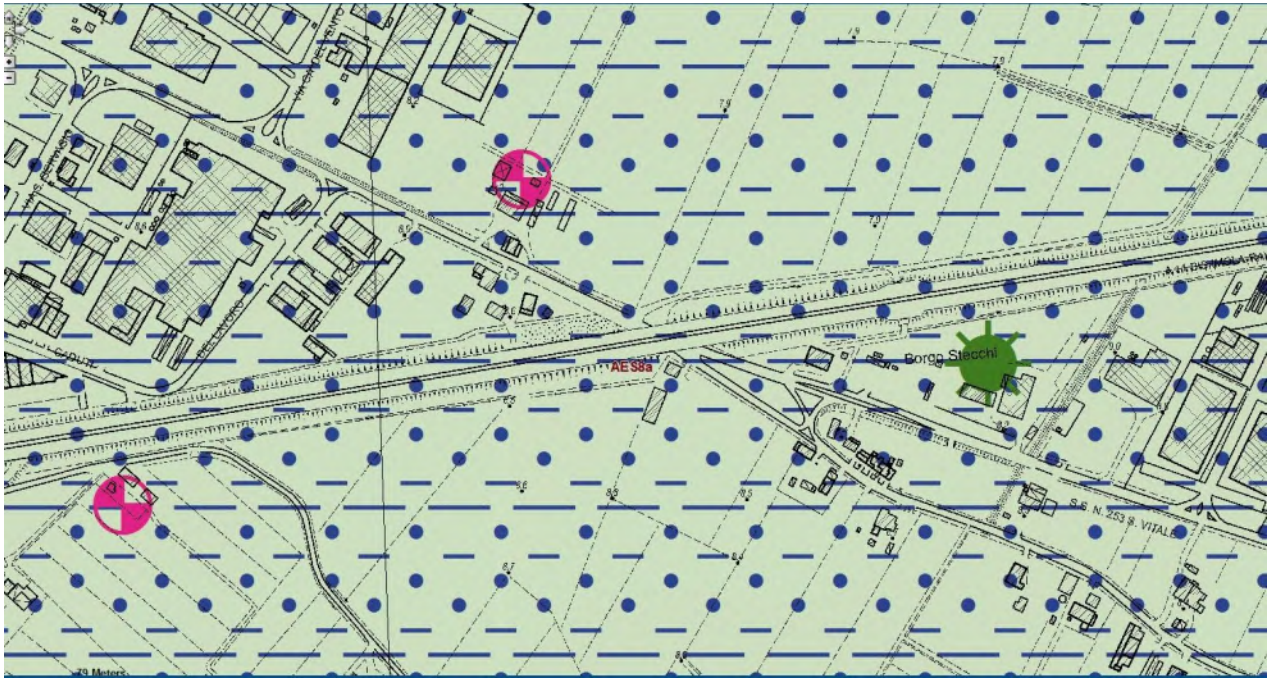
- *pozzo per acqua*
- *prova CPT con punta elettrica con piezocono*
- *prova CPT con punta meccanica*

### Ambienti deposiz. e litologie (10K)

■ *Sabbia Limoso Argillosa - Piana alluvionale*

### Coperture quaternarie (10K)

■ *AES8a - Unità di Modena*



### AES8 - Subsistema di Ravenna

Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi, rispettivamente depositi di conoide ghiaiosa, intravallivi terrazzati e di interconoide. L'unità comprende più ordini di terrazzo nelle zone intravallive. Argille, limi ed alternanze limoso-sabbiose di tracimazione fluviale (piana inondabile, argine, e tracimazioni indifferenziate). Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico. A tetto suoli, variabili da non calcarei a calcarei, a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente meno di 150 cm, e a luoghi parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. nel sottosuolo della pianura: depositi argillosi e limosi grigi e grigio scuri, arricchiti in sostanza organica, di piana inondabile non drenata, palude e laguna passanti, verso l'alto, a limi-sabbiosi, limi ed argille bruni e giallastri di piana alluvion Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsistemi e sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è circa 20m.

*Pleistocene sup. - Olocene*

### AES8a - Unità di Modena

Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, talora organizzate in corpi a geometrie lenticolari, nastriformi, tabulari e cuneiformi. Depositi alluvionali intravallivi, terrazzati (primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive), deltizi, litorali, di conoide e, localmente, di piana inondabile. Nella costa e nel Mare Adriatico sabbie di cordone litorale e di fronte deltizia passanti ad argille e limi di prodelta e di transizione alla piattaforma. Limite superiore coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (meno di 100 cm). Può ricoprire resti archeologici di età romana del VI secolo d.C. Lo spessore massimo dell'unità è generalmente di alcuni metri, talora plurimetrico.

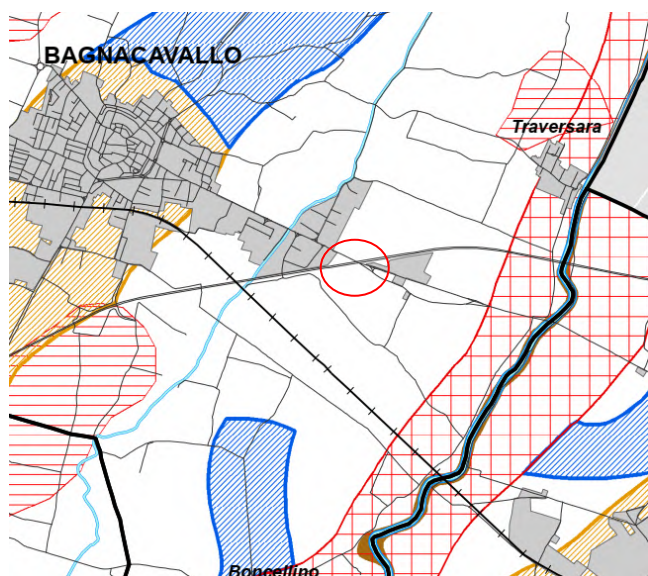
*Olocene*



AES8 - Subsistema di Ravenna



AES8a - Unità di Modena










Piano strutturale comunale associato  
bassa romagna



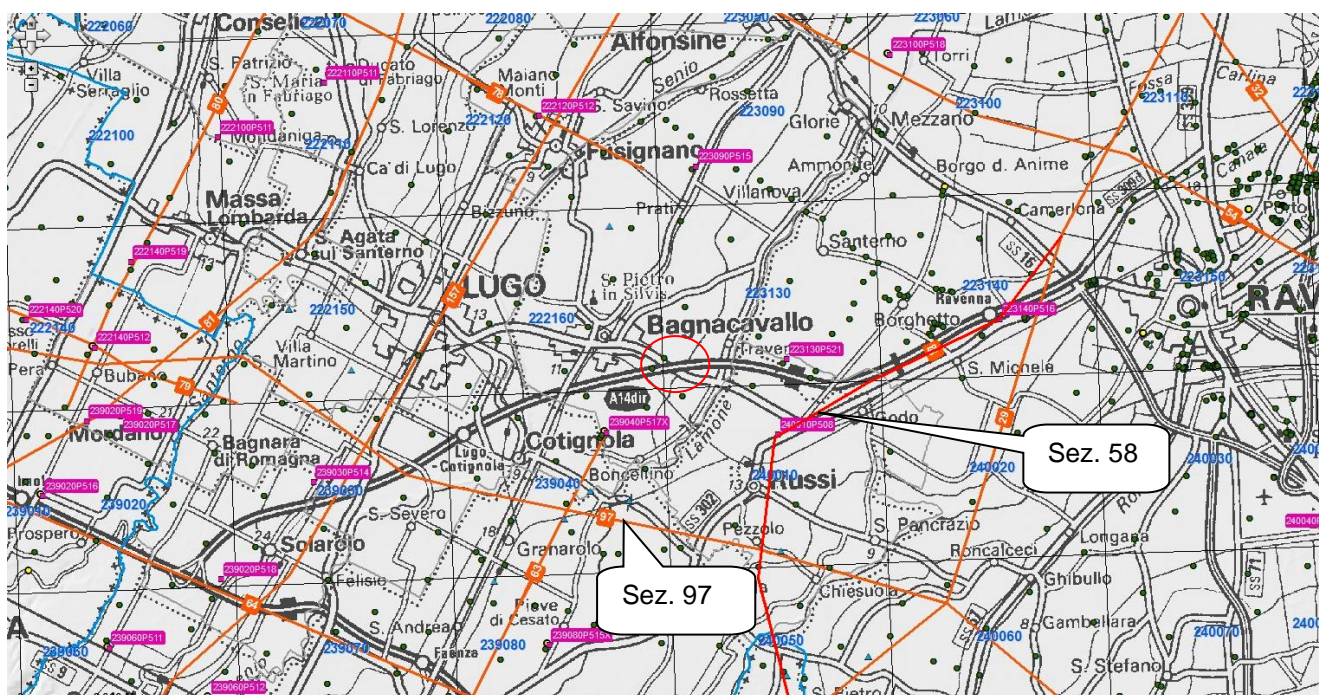
marzo 2009  
**QUADRO CONOSCITIVO**  
Sistema naturale ambientale  
**CONTRODEDUZIONI**

Tavola 29 (SNA13) - Geomorfologia  
(rif. Carta 1-1 elaborato specialistico "Geologia, ambiente, sismica")

#### Geomorfologia

-  Aree depresse
  -  Ventagli di esondazione
  -  Argini
- Dossi di pianura e calanchi (art. 3.20 PTCP)
-  Paleodossi fluviali particolarmente pronunciati (art. 3.20a PTCP)
  -  Dossi di ambito fluviale recente (art. 3.20b PTCP)
  -  Paleodossi di modesta rilevanza che hanno perso la morfologia del microrilievo originario (art. 3.20c)
  -  Paleodossi di modesta rilevanza da sottoporre a direttiva di cui al comma 8 (art. 3.20c)

Sezioni geologiche tratte dal sito del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna





### 3.2 Lineamenti strutturali

Lo schema strutturale locale è caratterizzato da uno stile a pieghe, di norma asimmetriche con vergenza verso N, ad andamento NW-SE con frequenti ondulazioni assiali ed una immersione generale verso SE.

Nei terreni neogenici il piegamento è avvenuto in due fasi distinte tra Miocene e Pliocene e prima del Pliocene medio. La seconda fase ha influito maggiormente nell'area emilano-romagnola, dove la discordanza tra i termini del Miocene e quelli del Pliocene inferiore è attenuata, mentre si osserva un più accentuato piegamento ed una maggiore erosione dei termini del pliocene inferiore.

Ai fenomeni plicativi si sovrappone la già citata subsidenza differenziale, con deposizione più intensa nelle sinclinali e minore al culmine delle anticlinali.

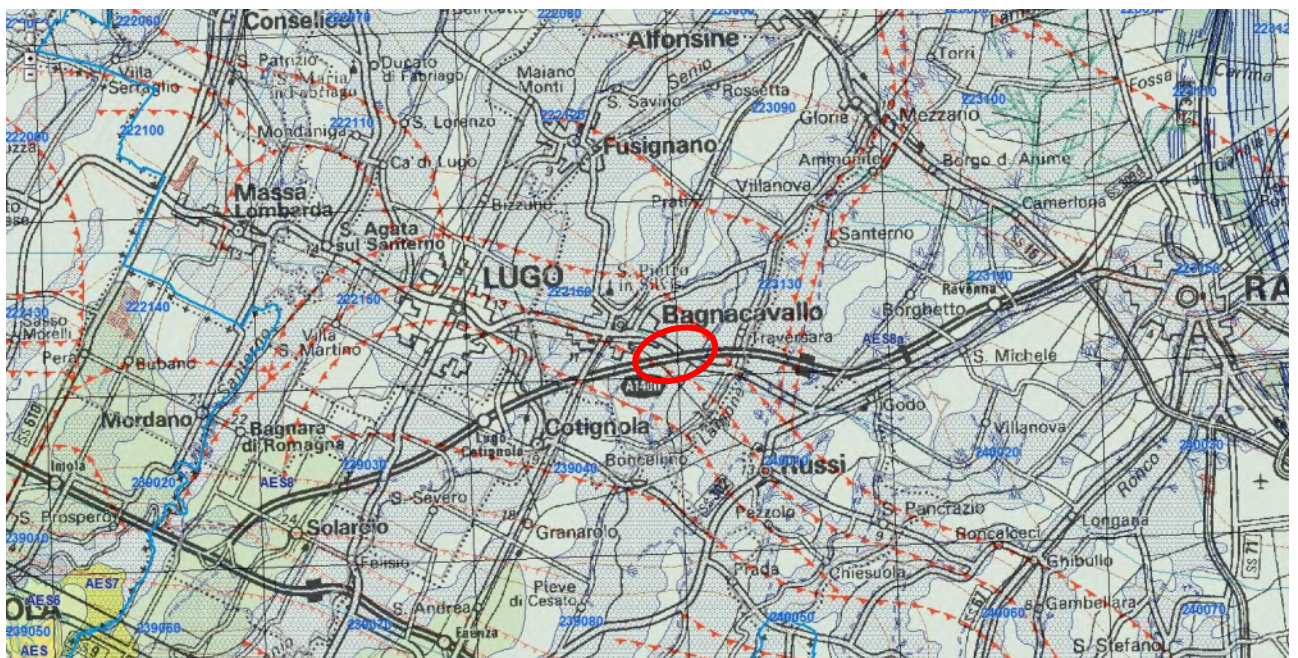
Le pieghe pedeappenniniche sono accompagnate dallo sviluppo di faglie a carattere distensivo, talora grandiose, e sono inoltre sovente interrotte da faglie con direzione NE-SW con rigetto prevalentemente orizzontale.

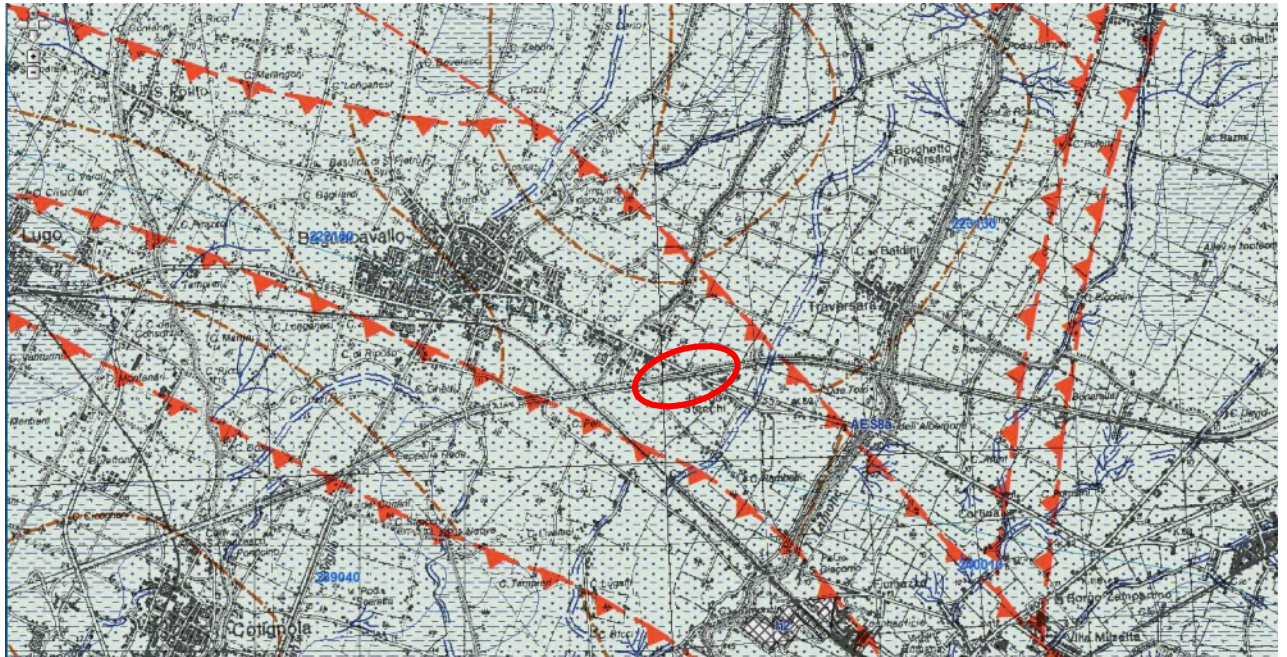
Nella più ampia unità di territorio in esame da N a S si riconoscono i seguenti motivi strutturali principali:

- Sinclinale di S.Romualdo-Piombone;
- Anticlinale di Ravenna e di Alfonsine;
- Sinclinale romagnola (asse ONO-ESE passante in corrispondenza di Fusignano);
- Anticlinale di Cotignola;
- Sinclinale di Forlì.

Le strutture sepolte plioceniche influenzano, sia pure con grado decrescente col diminuire della profondità, l'assetto dei sedimenti pleistocenici, che risultano blandamente ondulati e presentano una generale pendenza verso SE secondo l'immersione degli assi strutturali pliocenici.

I sedimenti alluvionali recenti hanno un assetto più irregolare ed articolato. Infatti, pur avendo una tendenziale e debole pendenza verso NE secondo la direzione di deflusso degli attuali corsi appenninici, presentano variazioni di potenza anche rilevanti, derivanti da ondulazioni del letto con depressioni ad andamento appenninico, probabilmente riferibili a paleoalvei.





## Legenda

Province



Comuni



Griglia 10.000



Tracciati geologici (50k)

— traccia di sezione geologica

Linee geomorf./antrop. (50K)

— traccia di alveo fluviale abbandonato certa

— traccia di alveo fluviale abbandonato incerta

— ventaglio di esondazione certo

Isolinee di unità del sottosuolo (50k)

— isobata della base del pliocene

Elementi strutturali (50K)

— faglia profonda indeterminata dedotta

— sovrascorrimento profondo post-tortoniano dedotto

Limiti di unità geologiche (50K)

— contatto con area non rilevabile

— contatto stratigrafico o litologico certo

Aree geomorf./antrop. (50K)

— discarica, deposito di origine antropica

Ambienti deposiz. e litologie (50K)

— argilla limosa di piana alluvionale

— limo argilloso di piana alluvionale

— sabbia limosa di piana alluvionale

Unità geologiche (50K)

— AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena

— h2 - Deposito da cava inattiva



## 4 LINEAMENTI CLIMATOLOGICI

Il territorio di Bagnacavallo è caratterizzato da un clima di tipo sub-continentale, con inverni freddi e umidi, nebbie abbastanza frequenti ed intense ed estati calde, poco piovose e piuttosto afose.

In base alla media trentennale di riferimento 1961-1990, la temperatura media del mese più freddo, gennaio, si attesta a +2,0 °C; quella del mese più caldo, luglio, è di +23,1 °C.

Le precipitazioni medie annue sono inferiori ai 700 mm, distribuite mediamente in 85 giorni, con minimi relativi in inverno ed estate e picchi moderati in primavera ed autunno.

BAGNACAVALLO	Mesi												Stagioni				Anno
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Inv	Pri	Est	Aut	
T. max. media (°C)	5,4	10,0	14,3	19,3	24,1	27,8	30,5	30,0	26,4	20,5	12,8	6,5	7,3	19,2	29,4	19,9	19,0
T. min. media (°C)	-1,4	0,3	2,6	6,2	10,1	13,7	15,7	15,5	12,7	8,2	4,4	-0,7	-0,6	6,3	15,0	8,4	7,3
Precipitazioni (mm)	53	45	50	57	61	51	39	62	59	58	80	63	161	168	152	197	678
Giorni di pioggia	8	7	8	7	8	6	5	6	6	7	9	8	23	23	17	22	85
Eliofania assoluta (ore al giorno)	2,0	3,4	4,8	6,4	8,2	9,0	10,0	8,9	6,6	5,5	2,8	2,1	2,5	6,5	9,3	5,0	5,8
Vento (direzione-m/s)	W 2,8	W 2,8	W 2,9	E 3,0	E 2,8	E 2,7	E 2,7	E 2,4	E 2,5	W 2,5	W 2,7	W 2,6	2,7	2,9	2,6	2,6	2,7

## 5 IDRO - GEOMORFOLOGIA

Il territorio di interesse è situato in sinistra idrografica del Fiume Lamone, arginato e pensile, alla distanza di circa 1840 m.

Mentre, rispetto allo Scolo Canale Vecchio si trova in destra idrografica, alla distanza di circa 650 m.

I principali elementi emergenti antropici del territorio sono costituiti dall'autostrada A14, interessata dal presente progetto, e dalla Ferrovia Castelbolognese-Ravenna, circa 560 m a SO del sito di progetto.

L'esame della carta ipsometrica evidenzia una superficie topografica costituita da un piano inclinato in direzione NNE con pendenza media di circa il 0.8÷1 per mille.

Considerando il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (cartografia di pericolosità predisposta nel dicembre 2013), realizzato ai sensi della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs 49/2010, il sito in esame risulta appartenere allo scenario di allagamento poco frequente (T=100-200 anni), unicamente con acque provenienti dal reticolo di bonifica.

In base a tale pericolosità e a quanto disposto dalla normativa di settore, sarà il Consorzio di Bonifica competente che dovrà indicare i tiranti idrici di riferimento per il sito in esame.

Infine, si osserva che il trend di subsidenza della zona, ricavato dalla cartografica di ARPAE, risulta attorno a 5÷7.5 mm/anno.



**LEGENDA**

**scenari di pericolosità**

- P3 - Alluvioni frequenti**
- P2 - Alluvioni poco frequenti**
- P1 - Alluvioni rare**
- Confine amministrativo  
Autorità Bacino Reno**

**AUTORITA' di BACINO del RENO**

**Variante di coordinamento  
tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni  
e i Piani Stralcio di bacino**

Piano Stralcio per il bacino del torrente Samoggia (aggiornamento 2007)      Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (art. 17, comma 2, lett. a) del D.Lgs. n. 152 del 3/10/1999 (Linee Guida, sezione Idice-Savena vivo, torrente Sillano, torrente Sestese)

Piano Stralcio per il bacino del torrente Senio (Revisione Generale)      Piano Stralcio per il sistema idraulico Navile - Savena Abbandonato

**TAVOLA MP 12**  
**MAPPA DI PERICOLOSITÀ DELLE AREE  
POTENZIALMENTE INTERESSATE DA ALLUVIONI**

SCALA 1:25.000

Il Presidente dell'Autorità di Bacino del Reno  
*Paolo Gazzoni*

I Progettisti  
 Dott. Ing. Gabriele Strampelli  
 Dott. Ing. Lorenza Zamboni

Il Segretario Generale dell'Autorità di Bacino del Reno  
 Arch. Paola Alibelli

Bologna, 7 novembre 2016

Direttiva Alluvioni 2007/60/CE

Piano di gestione del rischio di alluvioni

**Risultato interrogazione**

Interrogazione sul livello "Alluvioni poco frequenti - M - P2 (IT1021FHMMRSPRER)"

Campo	Valore
Codice	IT1021CGMRSP176_01
Ambito territoriale	RSP
Denominazione del Consorzio	CONSORZIO DI BONIFICA DELLA ROMAGNA OCCIDENTALE
Denominazione corso acqua	
Codice corso acqua	
Codice scenario di alluvione	M
Codice origine alluvione	A11
Numero abitanti	160.050
Numero impianti IED	125
Area (mq)	760.970.810,931

Rete Idrografica Italia  
 Rete Idrografica Italia  
 Database Topografico Regionale  
 Carta Tecnica Regionale  
 Ortofoto Aerea 2011  
 Sfumo Nord Italia 3D (70m)

**Overview**

**DISTRETTO PADANO**

**Link utili**

**PER APPROFONDIRE:**

- Metadati delle Mappe
- Geografia Emilia Romagna
- Portale Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni BCR
- Portale Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni distretto idrografico del Po
- Portale Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni distretto idrografico Appennino Settentrionale

Sistema di coordinate mappa X: 738.271,69 Y: 4.921.835,86

Variante di coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni e i Piani Stralcio di bacino	
Piano Stralcio per il bacino del torrente Samoggia aggiornamento 2007	Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico art.1 c.1 L.3.08.98 n.267 e s.m.i. (fiume Reno, torrente Illice-Savena vivo, torrente Sillaro, torrente Santeramo)
Piano Stralcio per il bacino del torrente Senio Revisione Generale	Piano Stralcio per il sistema idraulico Navile - Savena Abbandonato

### Norme integrative

(ALLEGATO alla Deliberazione C. I. n. 3/1 del 7 novembre 2016)

Il Presidente  
dell'Autorità di Bacino del Reno  
Paola Gazzolo

I Progettisti  
Dott. Ing. Gabriele Strampelli  
Dott. Ing. Lorenza Zamboni

Il Segretario Generale  
dell'Autorità di Bacino del Reno  
Arch. Paola Affobelli

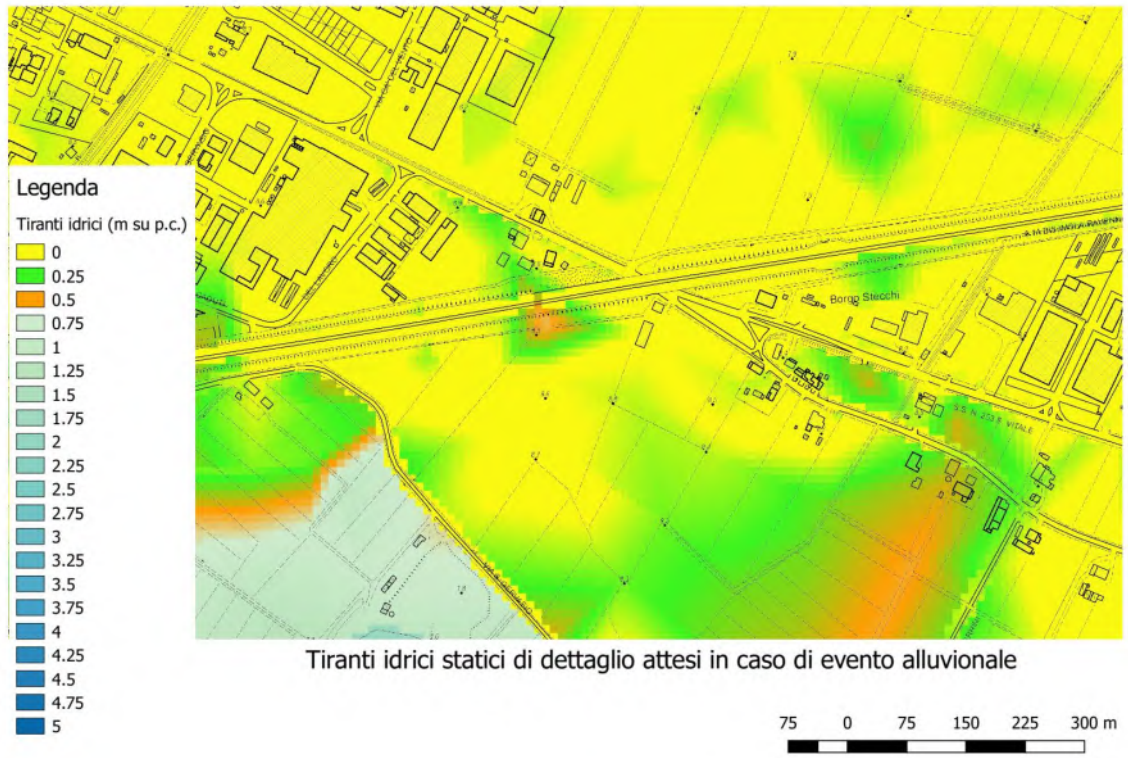
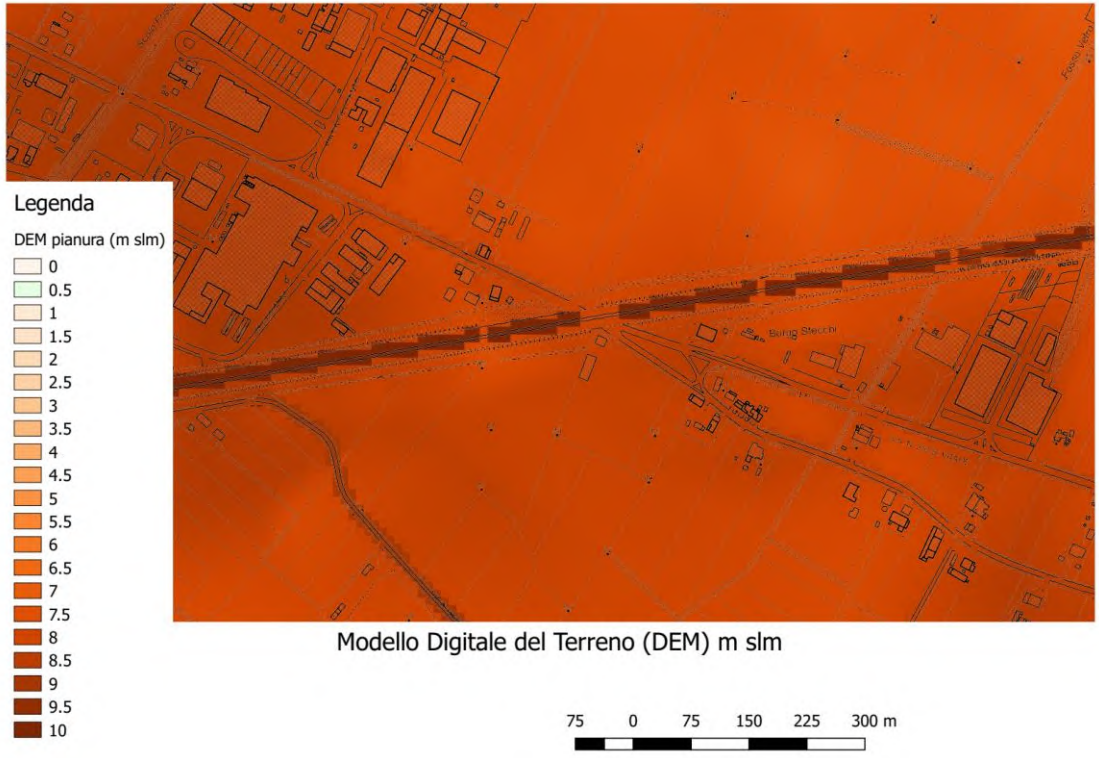
#### Art. 32 (aree interessate da alluvioni frequenti , poco frequenti o rare)

1. Nelle aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (P3) o poco frequenti (P2), le amministrazioni comunali, oltre a quanto stabilito dalle norme di cui ai precedenti Titoli del presente piano, nell'esercizio delle attribuzioni di propria competenza opereranno in riferimento alla strategia e ai contenuti del PGRA e, a tal fine, dovranno :
  - a) aggiornare i Piani di emergenza ai fini della Protezione Civile, conformemente a quanto indicato nelle linee guida nazionali e regionali, specificando lo scenario d'evento atteso e il modello d'intervento per ciò che concerne il rischio idraulico.
  - b) assicurare la congruenza dei propri strumenti urbanistici con il quadro della pericolosità d'inondazione caratterizzante le aree facenti parte del proprio territorio, valutando la sostenibilità delle previsioni relativamente al rischio idraulico, facendo riferimento alle possibili alternative localizzative e all'adozione di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle persone esposte.
  - c) consentire, prevedere e/o promuovere, anche mediante meccanismi incentivanti, la realizzazione di interventi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità alle inondazioni di edifici e infrastrutture.
2. Nelle aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (P1), le amministrazioni comunali, in ottemperanza ai principi di precauzione e dell'azione preventiva, dovranno sviluppare le azioni amministrative di cui al punto a) del precedente comma 1.
3. In relazione al fenomeno di inondazione generata dal reticolo di bonifica, oltre a quanto stabilito nel presente piano, si applica la Direttiva per la sicurezza idraulica nei sistemi idrografici di pianura nel bacino del Reno approvata con Delibera C.I. n° 1/3 del 23/04/2008; (Avviso di adozione BUR n.74 del 07/05/2008) e modificata con Delibera C.I. n° 1/2 del 25/02/2009 (Avviso di adozione BUR n.40 del 11/03/2009).
4. Nel caso in cui, a seguito di rilievi e di studi specifici, le caratteristiche morfologiche delle aree o le prestazioni idrauliche dei corsi d'acqua configurino le aree potenzialmente interessate da alluvioni diversamente da quanto indicato nelle tavole MP "Mappe di pericolosità delle aree potenzialmente interessate da alluvioni", tali tavole potranno essere modificate secondo la procedura di cui all'art. 24 comma 2 del presente piano, anche su proposta delle Amministrazioni comunali . Nel caso in cui la realizzazione di interventi strutturali configuri le aree potenzialmente interessate da alluvioni diversamente da quanto indicato nelle tavole MP "Mappe di pericolosità delle aree potenzialmente interessate da alluvioni", il Comitato Istituzionale, previo parere del Comitato Tecnico, prende atto dell'avvenuta verifica funzionale delle opere e determina la decorrenza della nuova perimetrazione.

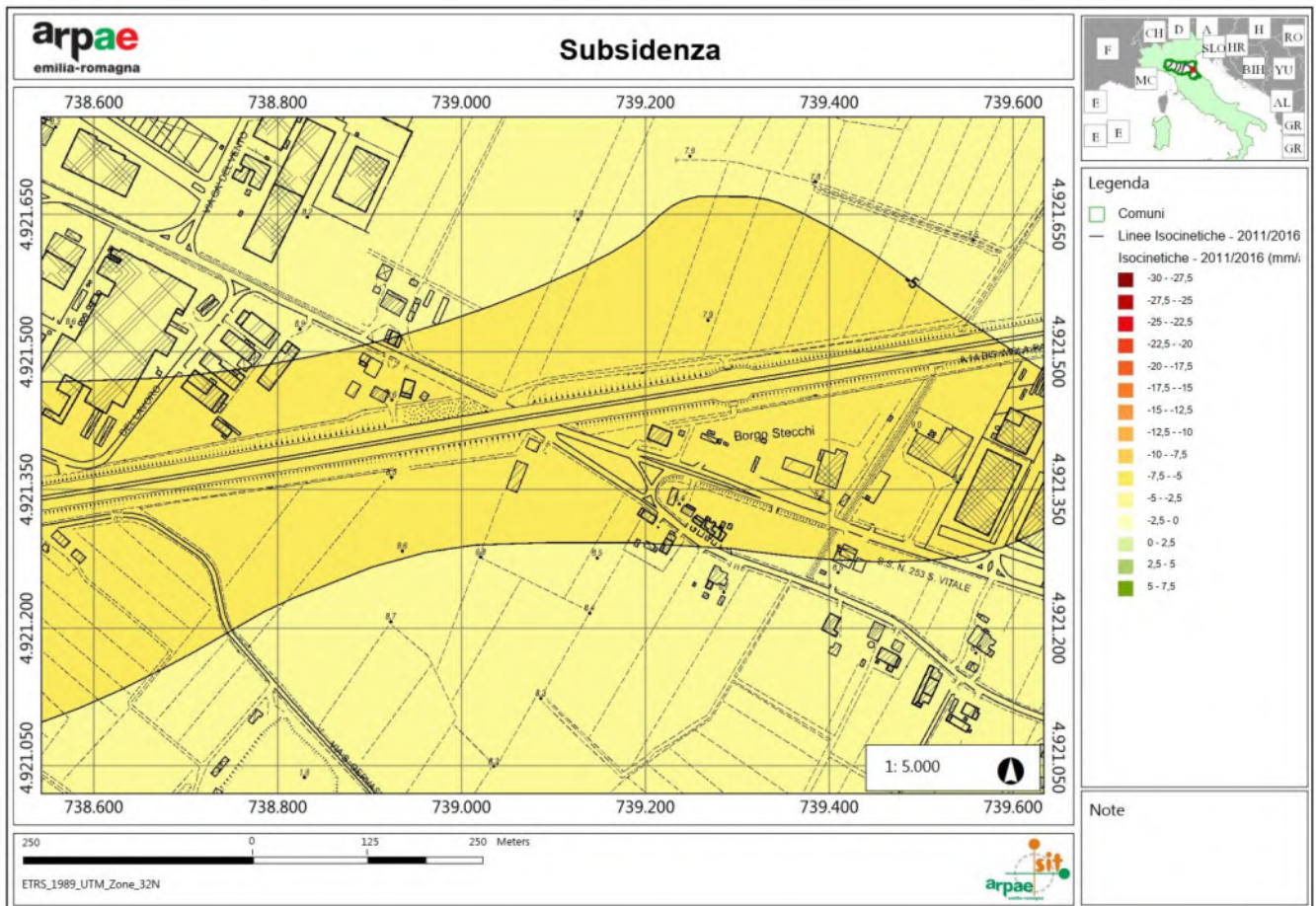
Facendo riferimento al modello digitale del terreno (DEM) elaborato dalla Protezione Civile della Provincia di Ravenna, e appositamente predisposto per la modellazione del tirante idrico, si è provveduto a valutare il tirante idrico di dettaglio per la zona in esame facendo utilizzando l'algoritmo Hydro di Wang & Liu (fill sink), considerando un gradiente idraulico pari a 0.001. L'elaborazione valuta il massimo livello di acqua statico sul piano di campagna prevedibile in caso di allagamento.

Sottostante si riporta l'elaborazione del tirante idrico e il modello digitale del terreno della zona in esame, appositamente predisposto per l'elaborazione dei "fill sink".

Come si può osserva per il sito di progetto in tirante idrico risulta compreso tra 0 m e 0.25 m.



Come si può osservare dalla sottostante cartografia, la subsidenza nella zona in esame è compresa tra 5 mm e 7.5 mm all'anno.



## 6 IDROGEOLOGIA

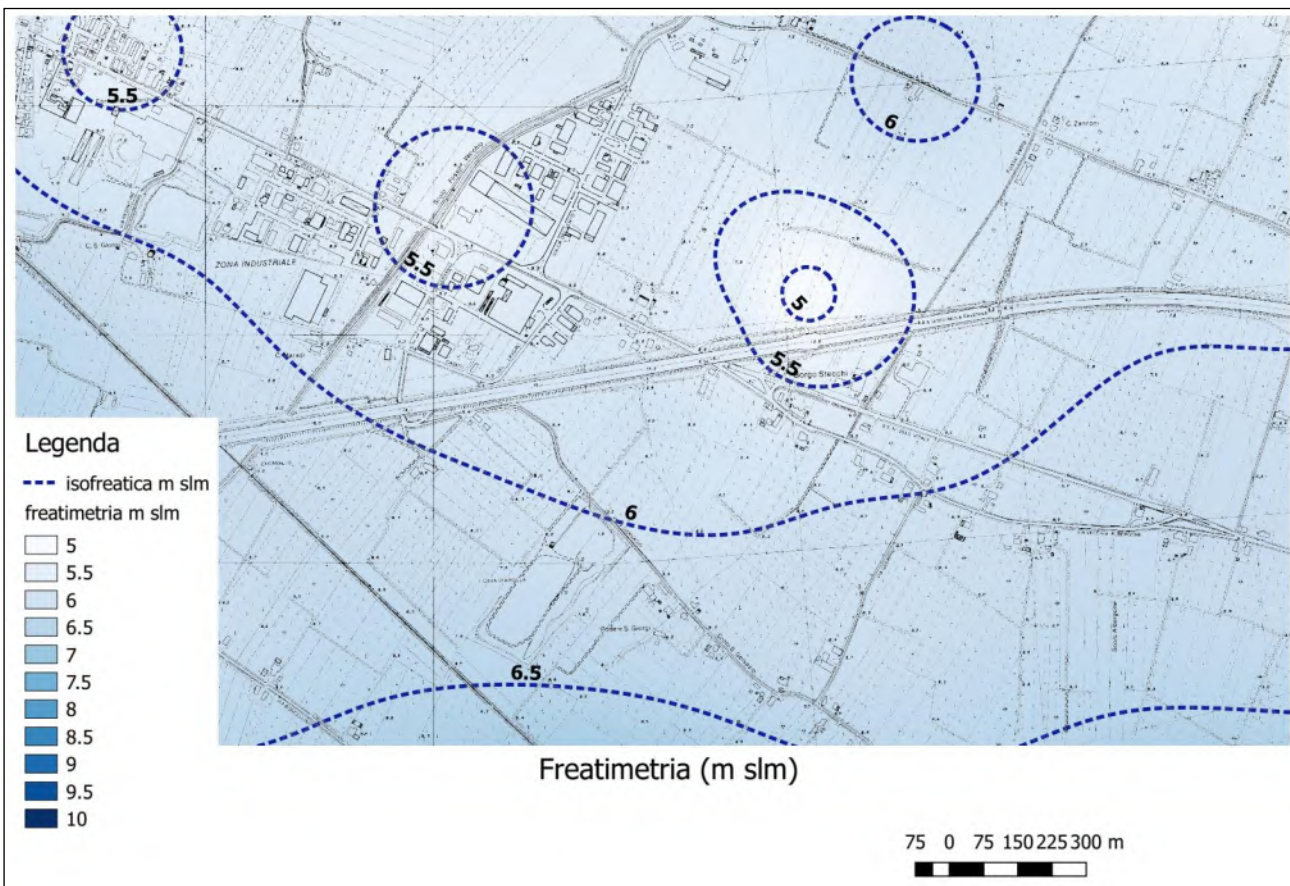
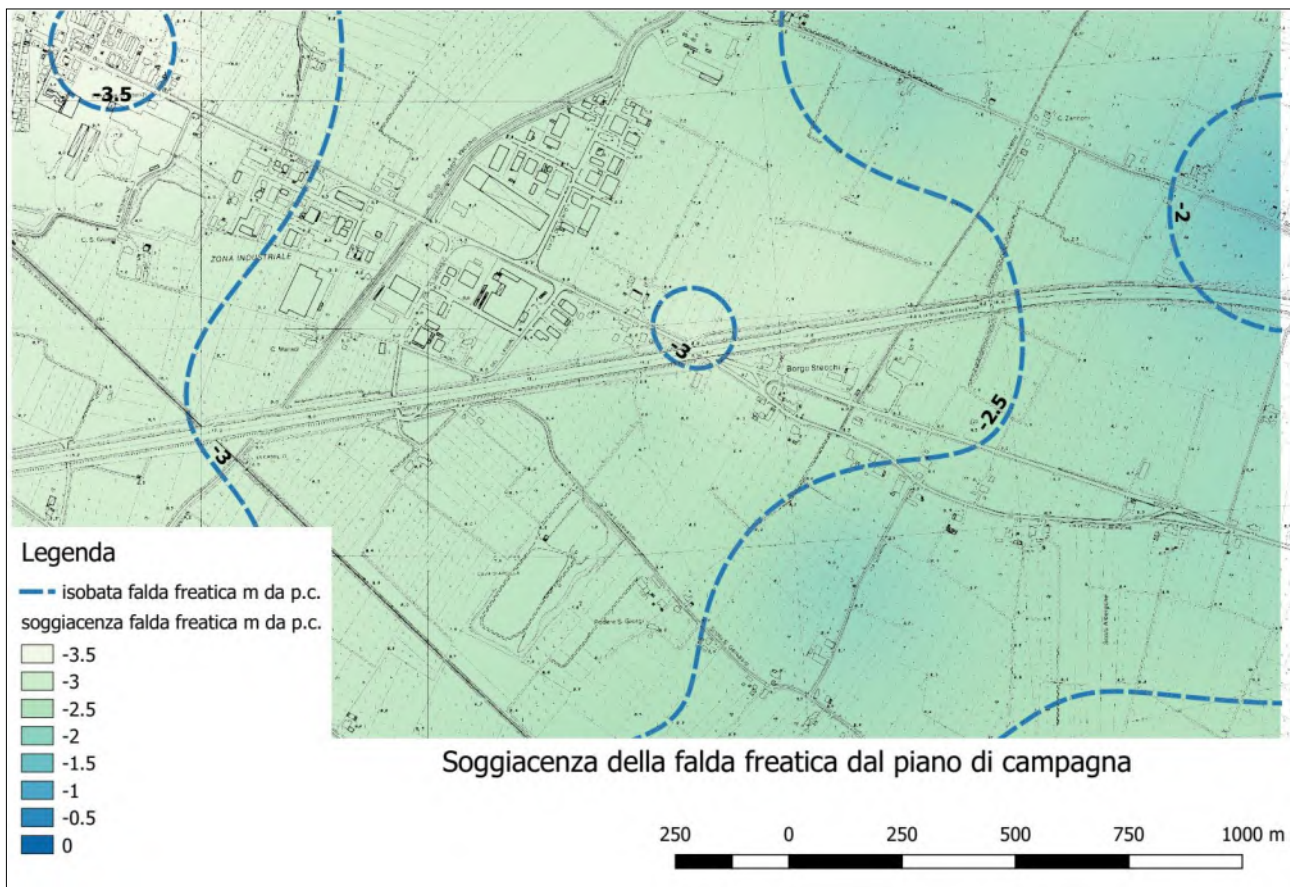
Per quanto riguarda le acque sotterranee, sul sito in esame si possono distinguere:

- *falda freatica superficiale*, prevalentemente alimentata dalle acque meteoriche, con livello statico a profondità variabili fra 3.0 e 2.6 m rispetto al piano campagna attuale, in condizioni di massimo idrogeologico e attorno a 3-4 m in condizioni di minimo idrogeologico;
- *falde artesiane*, poste a diverse profondità rispetto al piano di campagna, si trovano all'interno di acquiferi di natura sabbiosa, separati da livelli impermeabili argilloso limosi, e la loro alimentazione avviene, essenzialmente, tramite l'infiltrazione di acqua dalla fascia pedecollinare, o di alta pianura, dove i sedimenti a granulometria più grossolana si trovano a profondità minori se non in affioramento. Per la zona di interesse i primi livelli sabbiosi in pressione, si trovano alla profondità a partire da circa -90 m rispetto al piano di campagna.

La falda libera superficiale ha una particolare incidenza ed un ruolo peculiare ai fini progettuali, in relazione alla sua possibile influenza sui parametri del carico ammissibile e sugli effetti cosismico che possono manifestarsi nel suolo.

Al fine di caratterizzare la falda freatica del territorio in esame si è fatto riferimento agli studi freatimetrici eseguiti per la pianificazione urbanistica comunale, eseguendo opportune verifiche in campagna che hanno confermato i caratteri idrogeologici del territorio emersi dal precedente studio.

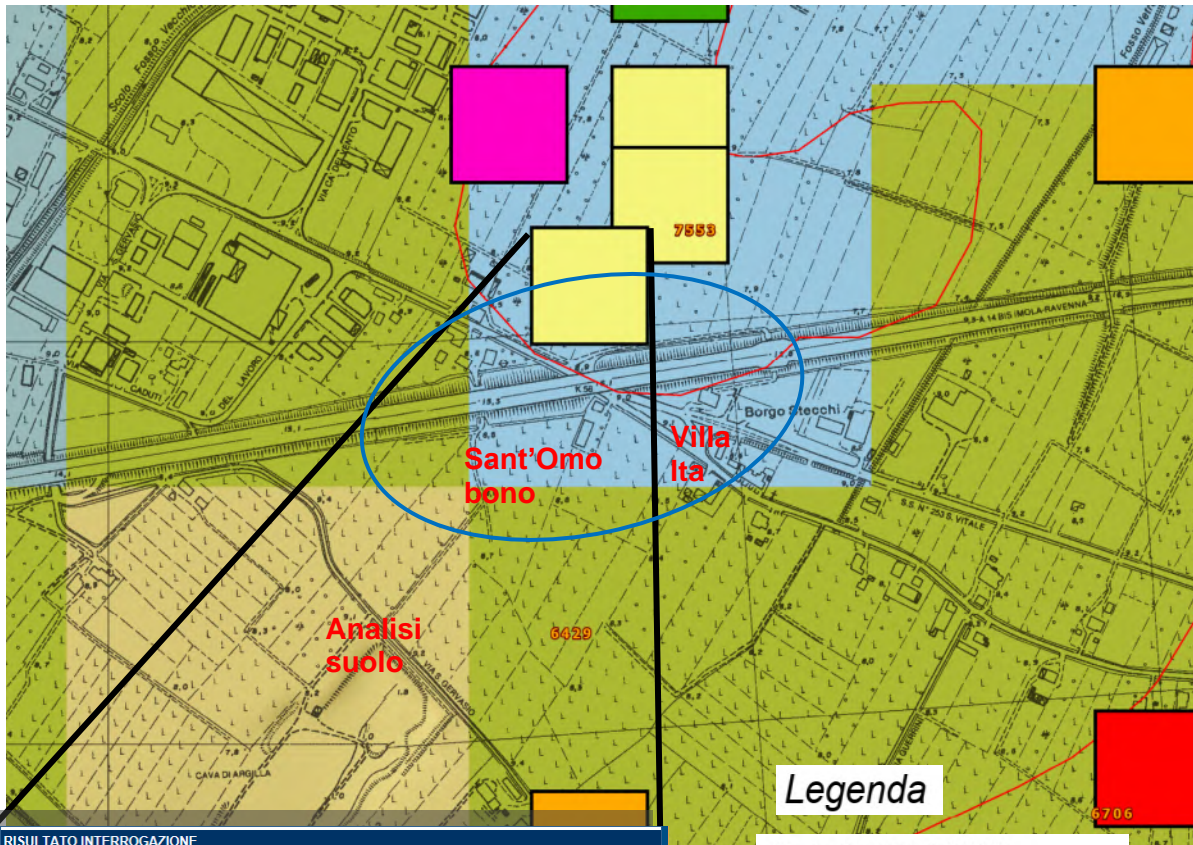
Nella zona di interesse i livelli statici della soggiacenza hanno valori compresi tra -2 e -3.5 m dal piano di campagna e i livelli freatici evidenziano un deflusso verso NNE.



## 7 LITOLOGIA SUPERFICIALE E PEDOLOGIA

La carta Geologica e dei Suoli Regionale evidenzia per la parte a Nord della A14, litologie franco limose appartenenti alla consociazione dei suoli LA BOARIA (LBA1).

Mentre per la zona sud si osservano litologie franco limose appartenenti alla consociazione dei suoli SANT'OMOBONO (SIMB1/SIMB2).



### RISULTATO INTERROGAZIONE


Comune di BAGNACAVALLO (RA), sezione CTR: 223130

Campioni Analisi Terreni	ID Sito SACT	41027
<a href="#">28063</a>	Precisione localizzazione	centroide del quadrato di riferimento con precisione <50 m
<a href="#">34219</a>	Data campionamento	15/06/1990
Carta Suoli 1:50.000	Profondita' min (cm)	0
<a href="#">3943</a>	Profondita' max (cm)	30
Tessitura 0-30cm	Note	
<a href="#">28689</a>	Sabbia (%)	6
	Limo (%)	63
	Argilla (%)	31
	pH	8
	Calcare totale (%)	23
	Calcare attivo (%)	13
	Sostanza organica (%)	2.1
	K2O assimilabile (ppm)	391
	P2O5 assimilabile (ppm)	14
	N totale (per mille)	1.3
	Tipo campione	Composito
	Sigla suolo	SMB2
	Nome suolo	SANT'OMOBONO franco argilloso limosi
	Note Illustrative	<a href="#">Apri link</a>

Chiudi

### Legenda


Carta Suoli 1:50.000


 delineazione di suolo

 corpi d'acqua

Tessitura 0-30cm

 AL - argilloso limosa

 FLA - franco limosa argillosa

 F - franca

 FS - franco sabbiosa

## 8 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di verificare le caratteristiche geomeccaniche del terreno interessato all'intervento ed in considerazione del rilievo effettuato, sono state realizzate n. 7 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono (CPTU), di cui n.2 spinte fino a -35 m dal piano di campagna, n. 3 misure HVSR e una MASW.

### 8.1 PROVE PENETROMETRICHE

Per le prove penetrometriche si è utilizzato un penetrometro con spinta di 30 tonnellate, montato su sottocarro (peso complessivo 5500 kg), dotato di punta elettrica costruita secondo la tipologia "Gouda" che ha permesso l'acquisizione dei dati ogni 2 cm di avanzamento.

La punta rispetta le dimensioni standard europee:

- Punta conica per la misura della resistenza alla punta con area pari a cmq 10 ed angolo di 60°;
- Manicotto per la misura dell'attrito laterale di cmq 150;
- Sensore inclinometrico per controllare la deviazione delle aste dalla verticale;
- Sensore di temperatura per correggere deriva dovuta al cambiamento di temperatura.

Dall'esame dei dati di lettura sono state costruite le curve che si riferiscono alla resistenza alla punta (Qc), alla resistenza all'attrito laterale (Fs) le cui rappresentazioni grafiche vengono riportate nei diagrammi allegati.

Dall'indice di comportamento Ic, che è funzione di Qc e Fs/Qc, si è giunti alla classificazione dei terreni seguendo la metodologia suggerita dal Robertson in 1990 e utilizzando le metodologie suggerite dal tipo di indagine adottata (test penetrometrici) è stato possibile ricostruite le caratteristiche meccanico-fisiche di ciascuna porzione di terreno presa in considerazione, traducendo in termini meccanici i risultati penetrometrici seguendo criteri suggeriti dalla letteratura.

Unità A	<i>Da 0.0 m a -0.3÷0.5 m dal piano di campagna.</i> terreni di alterazione superficiale di natura limoso sabbiosa argillosa
Unità B	<i>Da -0.3÷0.5 m a circa -19.8÷20 m dal piano di campagna</i> Limi argillosi a consistenza prevalentemente plastica, con intercalazioni di livelli sabbioso-limosi. In particolare, si osserva una lente sabbiosa nella CPTU n.6 alla profondità compresa tra -2.4 m e -3.9 m dal piano di campagna. I valori penetrometrici risultano mediamente compresi tra 1.0 MPa e 2.0 MPa.
Unità C	<i>Da circa -19.8÷20 m a -26.6 m (CPTU n.7) e a 27.9 m (CPTU n.6) dal piano di campagna.</i> Sabbie e sabbie limose da mediamente addensate ad addensate e molto addensate. In particolare, per la prova CPTU n.6 si osservano sabbie addensate e molto addensate. Mentre nella prova CPTU n. 7, nella parte alta, fino a -23.7 m, si osservano intercalazioni di livelli limoso-argillosi. I valori penetrometrici risultano mediamente compresi tra 7 MPa e 19 MPa, con valori massimi fino a circa 21 MPa. I valori penetrometrici presentano valori maggiori in corrispondenza della verticale CPTU n.6
Unità D	<i>Da -26.6÷27.9 m a -30.4 m (CPTU n.7) e a -34 m (CPTU n.6) dal piano di campagna</i> Limi argillosi e argille limose a consistenza plastica per la CPTU n. 6 e solido-plastica (per la CPTU n.7. Si osservano rare intercalazioni di livelli sabbioso-limosi. I valori penetrometrici risultano mediamente compresi tra 1.1 MPa e 1.9 MPa per la CPTU n.6. Mentre per la CPTU n.7, si osservano valori compresi tra 2.1 MPa e 3.2 MPa.
Unità E	<i>Da -30.4÷34 m a -35 m dal piano di campagna, massima profondità indagata.</i> Sabbie da mediamente addensate ad addensate. I valori penetrometrici risultano mediamente compresi tra 8 MPa e 19 MPa.

Il livello della falda freatica, misurato all'interno dei fori penetrometrici alla data delle prove, dopo un lasso di tempo sufficiente a stabilizzarne il livello idrico, si attestava attorno a  $-2.6\div-3.0$  m dal piano campagna, eccetto per le prove n. 6 e n. 7 dove si osservava un livello a  $-0.9$  m dal piano di campagna.

Prova n.	Data misura	Livello idrico m da p.c.
1	29-10-2018	Foro chiuso a $-1.4$ m
2	29-10-2018	$2.6$ m
3	29-10-2018	Foro chiuso a $-0.1$ m
4	29-10-2018	$3.0$ m
5	29-10-2018	$2.9$ m
6	15-03-2019	$0.9$ m
7	15-03-2019	$0.9$ m

Sulle prove CPTU n.6 e n.7, al fine di verificare il livello all'interno dei corpi sabbiosi incontrati (Unità C ed E) si è provveduto ad eseguire alcune dissipazioni che, oltre al livello della falda idrica, hanno permesso di valutare il tipo litologico e la sua permeabilità.

Prova n.	Data misura	Profondità dissipazione (m da p.c.)	Livello idrico (m da p.c.)	Tipo litologico	Permeabilità (cm/sec)
6	15-03-2019	21.00	3.30	sabbia	$6.55 \cdot 10^{-04}$
6	15-03-2019	35.00	3.60	sabbia	$5.94 \cdot 10^{-04}$
7	15-03-2019	24.00	3.40	sabbia	$3.06 \cdot 10^{-04}$

In generale, dal confronto tra le prove eseguite, si osserva che le caratteristiche areali litostratigrafiche del substrato dell'area di interesse risultano nel complesso omogenee.

## 8.2 MISURE DEI MICROTREMORI E MASW

Per la valutazione dell'amplificazione sismica di risonanza del substrato di interesse e della Vs30 si è utilizzato il TROMINO, uno strumento in grado di misurare i microtremori, e, inoltre, è stato eseguito uno stendimento sismico SASW-MASW.

Al fine di valutare anche l'eventuale variabilità sismostratigrafica del sito in esame, si è provveduto ad eseguire n. 3 misure dei microtremori (HVSR).

### Metodo dei microtremori HVSR

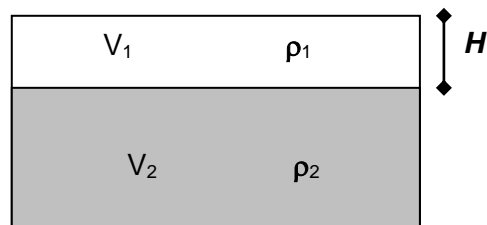
Il tremore sismico, comunemente definito "rumore sismico", esiste ovunque sulla superficie della terra. Esso è principalmente costituito da onde superficiali, ovvero da onde elastiche prodotte dall'interferenza costruttiva di onde P ed S che si propagano negli strati superficiali. Il rumore sismico è prodotto essenzialmente dal vento o dalle onde marine. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione della velocità di queste ultime.

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo da rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoschi e Igaraschi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato. Considerando lo schema della figura sottostante in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità ( $\rho_1$  e  $\rho_2$ ) e le diverse velocità delle onde sismiche ( $V_1$  e  $V_2$ ). Un'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizioni di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente ( $\lambda$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a

$$f_r = \frac{V_{s1}}{4 * H}$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi dello spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando la sopra riportata equazione.



L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) in contenuto di frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

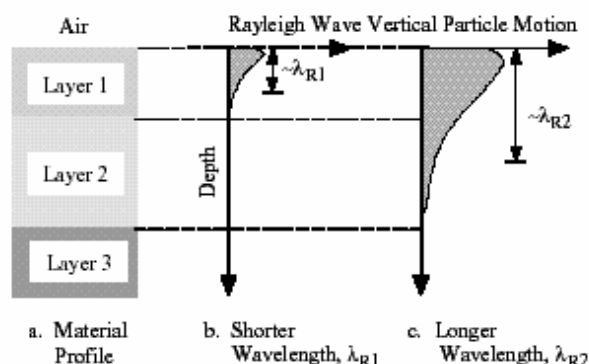
Un aspetto assai importante è che il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione per la risonanza del sottosuolo e degli edifici più o meno come una luce bianca diffusa illumina gli oggetti eccitando le lunghezze d'onda tipiche di ciascun oggetto e dandogli il suo tipico colore.

Questo risulta molto importante a livello ingegneristico perché se un edificio ha frequenze proprie di vibrazione uguali a quelle del substrato su cui è fondato, durante un sisma, si assiste al fenomeno

dell'accoppiamento delle vibrazioni. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici.

### Metodo dei MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980 ) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.



Le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo SASW-MASW si mantiene fisso il sensore di misura e si sposta a intervalli regolari il punto di generazione delle onde.

Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente circa 8÷15 m, in funzione della rigidezza del suolo.

Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002): (1) la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, (2) la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica, (3) la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$  (o in maniera alternativa alle velocità  $V_p$  è possibile assegnare il coefficiente di Poisson  $\mu$ ), la densità di massa  $\rho$  degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

### Combinazione del metodo HVSr e MASW e risultati.

La combinazione tra le misure HVSr e quelle MASW permettono di ottimizzare la ricostruzione del modello di velocità delle onde di taglio  $V_s$ .

Infatti, le MASW permettono di ottenere le misure di velocità di taglio nei primi metri che servono da base per interpretare gli strati più profondi osservabili solo dalle misure HVSr.

Inoltre, si è provveduto ad eseguire anche la calibrazione delle misure HVSr e MASW in base alle indagini geognostiche eseguite sul sito di indagine.

La prova eseguita impiegando la suddetta metodologia dei microtremiti, combinata con la MASW, utilizzando l'inversione H/V con il metodo proposto da Nakamura, secondo la teoria descritta da Aki (1964) e Ben-Menahem & Sing (1981), ha evidenziato una  $V_{s30} = 186 \div 211$  m/s.

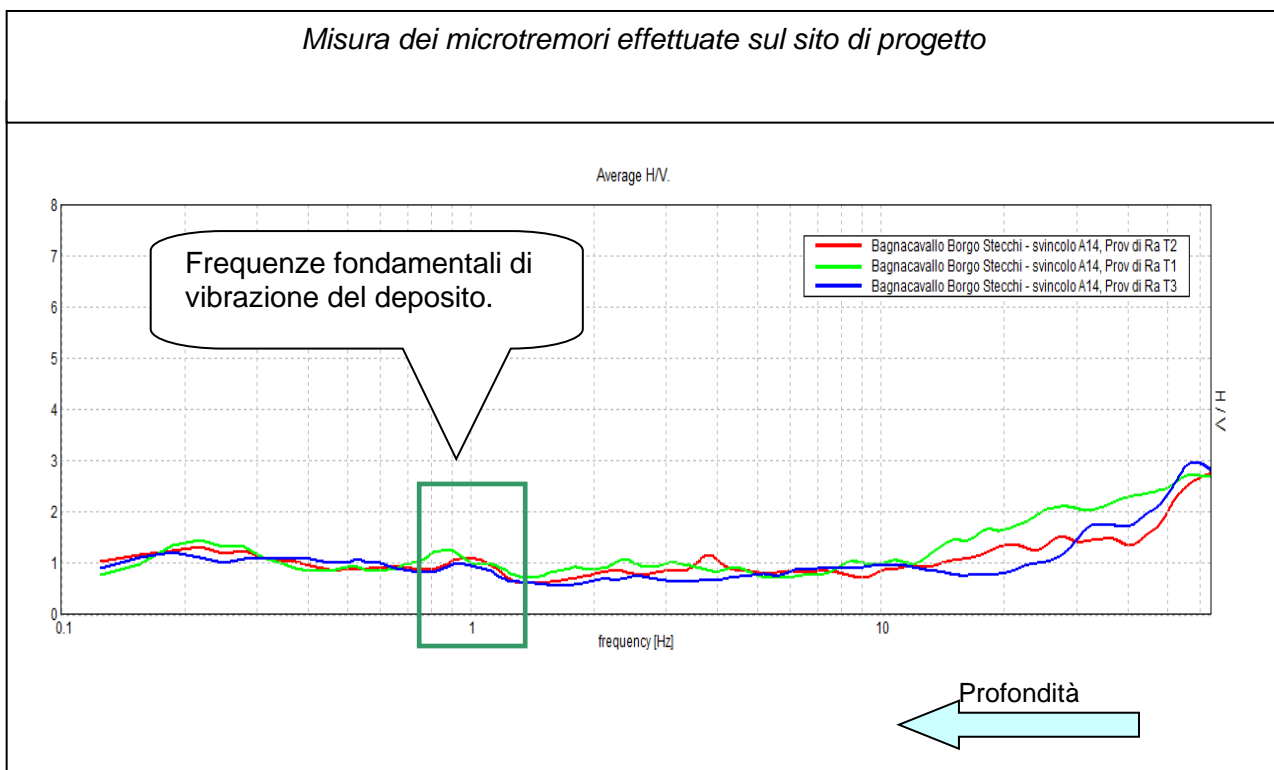
L'analisi delle frequenze fondamentali di amplificazione del sito evidenzia l'amplificazione di risonanza tipica del terreno e, di conseguenza, l'altezza critica degli edifici che in caso di sisma possono entrare in risonanza con il terreno.

Nel caso specifico si osserva una sostanziale assenza di contrasti di impedenza nel campo di frequenze di interesse per l'ingegneria ( $Hz < 10 \div 20$ ), risultando molto molto bassi, appena superiori all'unità. Comunque, è possibile individuare, le sottostanti frequenze fondamentali per il deposito esaminato, pur considerando la loro modestissima amplificazione.

<b>Misura HVSR</b>	<b>Frequenze fondamentali di vibrazione del deposito</b>	
Numero misura	Frequenza – f (Hz)	Periodo – T (sec)
T1	0.8÷1.1	1.25÷0.9
T2 e T3	0.9÷1.1	1.11÷0.9

Le verifiche del modello sismico delle opere in esame potranno essere utilmente confrontate con la frequenza fondamentale del sito indagato.

Dal confronto tra le due misure HVSR effettuate sull'area in esame, si osserva una risposta sismicamente omogenea del sottosuolo del sito di interesse, con contrasti di impedenza sostanzialmente assenti per le frequenze di specifico interesse per l'ingegneria.



## 9 MICROZONAZIONE SISMICA

### 9.1 Pericolosità sismica di base

#### 9.1.1 N.T.C. 17-01-2018

In base alle NTC 2018, considerando un sisma di progetto con tempi di ritorno di 712 anni, per l'area di interesse risulta un valore di  $a_{rif} = 0.213g$ , le velocità  $V_{s30}$  risultano comprese tra **186÷211 m/s**, quindi può considerarsi un substrato appartenente alla categoria di suolo **C**. Di conseguenza risulta un coefficiente di amplificazione sismica per tipo di suolo  $S = 1.39$  e, essendo in zona pianeggiante, il coefficiente di amplificazione morfologico risulta  $S_T = 1$ , quindi l'accelerazione massima al suolo risulterà di  **$a_{max} = 0.296g$** .

Mentre, considerando per l'allargamento dell'autostrada una classe d'uso 4, a cui corrisponde un sisma di progetto con tempi di ritorno di 1898 anni, sempre considerando categoria C del suolo, risulta un coefficiente di amplificazione per tipo di suolo  $S=1.26$ , quindi l'accelerazione massima al suolo risulterà di  **$a_{max} = 0.380g$** .

#### 9.1.2 D.G.R. n. 630/2019

il sito di interesse ricade nel settore di pianura 2.

PIANURA 2: 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 dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.;

$V_{s30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

$V_{s30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5
SA2	2,7	2,7	2,4	2,1	1,9	1,8
SA3	3,3	3,2	2,8	2,5	2,3	2,1
SA4	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ ), **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ ), **SA4** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

$V_{s30}$ (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	3,1	3,0	2,7	2,4	2,1	2,0
SI3	3,6	3,3	2,9	2,5	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ ), **SI2** ( $0,5s \leq T \leq 1,0s$ ), **SI3** ( $0,5s \leq T \leq 1,5s$ )

Considerando le suddette  $V_{s30}$ , considerando una velocità equivalente  $V_{s30}=200$  m/s, si ottengono le seguenti amplificazione dello spettro elastico:

- F.A. P.G.A. = 1.7
- F.A. INTENSITA' SPETTRALE  $0.1s < T_0 < 0.5s = 2.0$
- F.A. INTENSITA' SPETTRALE  $0.5s < T_0 < 1.0s = 3.0$
- F.A. INTENSITA' SPETTRALE  $0.5s < T_0 < 1.5s = 3.3$

Per quanto riguarda l'ag al suolo attribuita al sito in esame, facendo sempre riferimento alla già citata D.G.R., ma considerando un sisma di progetto di 475 anni, come previsto dalla D.G.R. in parola, si ha un valore pari a  **$ag=0.183 \cdot 1.7=0.311g$** , quindi di poco superiore rispetto a quanto ottenuto seguendo le

procedure della normativa nazionale considerando un sisma di progetto con tempi di ritorno di 712 anni.

### 9.1.3 Assetto sismotettonico, sismicità del comune di Bagnacavallo, mappe interattive di pericolosità sismica e zone sismogenetiche

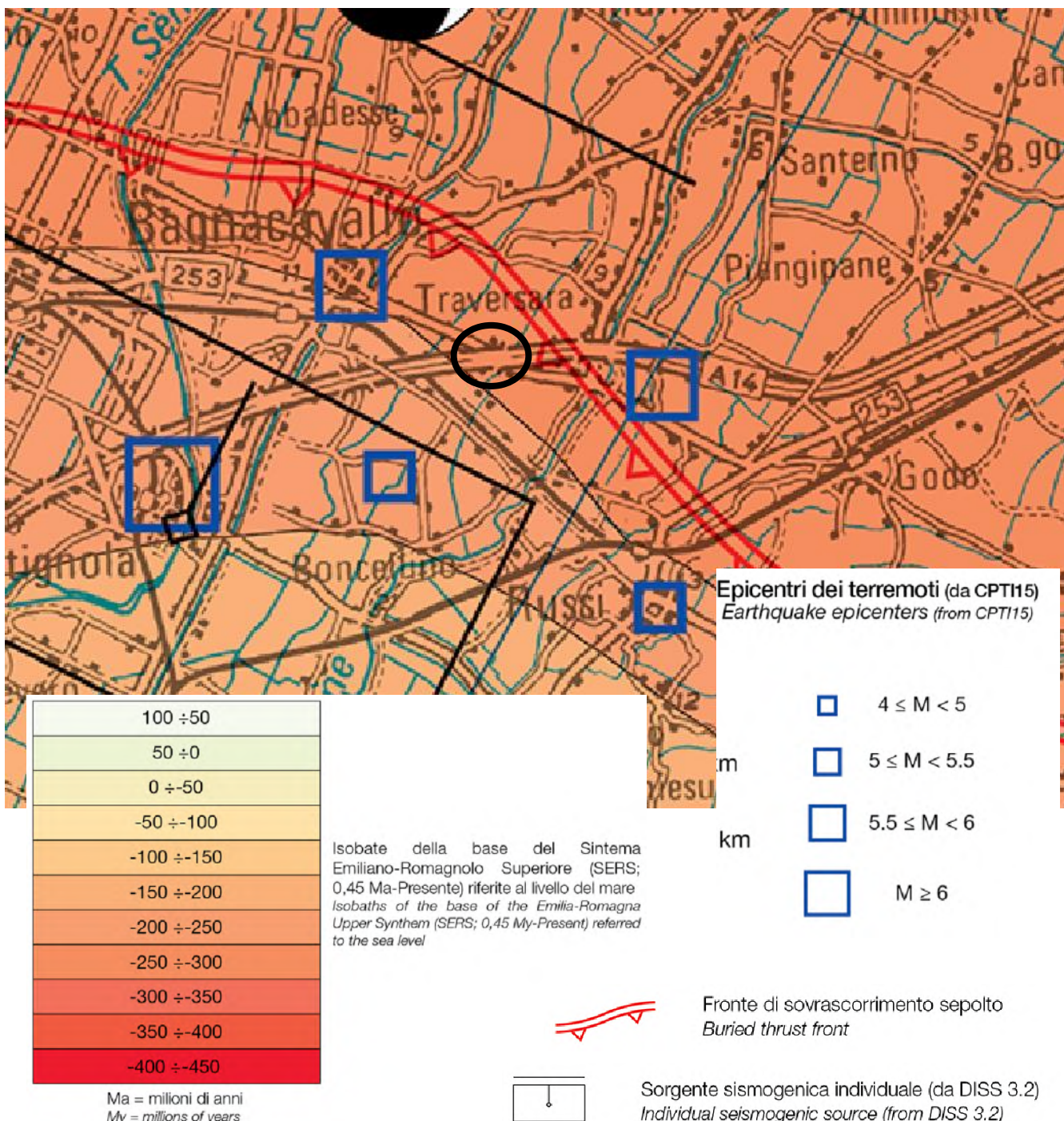
Dalla carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna, si osserva che in corrispondenza del sito di progetto la base del Sintema Emiliano-Romagnolo superiore, un riflettore sismostratigrafico, si trova alla profondità di circa 250 m sotto al livello del mare. Ulteriormente, immediatamente a NO del sito in esame, si osserva una struttura sepolta corrispondente ad un sovrascorrimento.

Gli epicentri dei sismi più prossimi al sito in esame evidenziano magnitudo  $5.5 < M < 6.0$ .

Le mappe interattive di pericolosità sismica, pubblicate da IMGV, per il sito in esame e per tempi di ritorno dell'ordine di grandezza dei 712 anni, evidenzia una magnitudo  $M=5.0$ .

Il sito in esame, in base alla zonizzazione sismogenetica ZS9, il sito ricade all'interno della macrozona sismogenetica 912 che presenta una magnitudo massima  $M_w=6.14$ .

Dalla carta sismogenetica, si osserva che il sito in esame si trova nella zona sismogenetica ITCS011–Ascensione-Armaia, la quale presenta una magnitudo momento massima  $M_w=6.0$ .

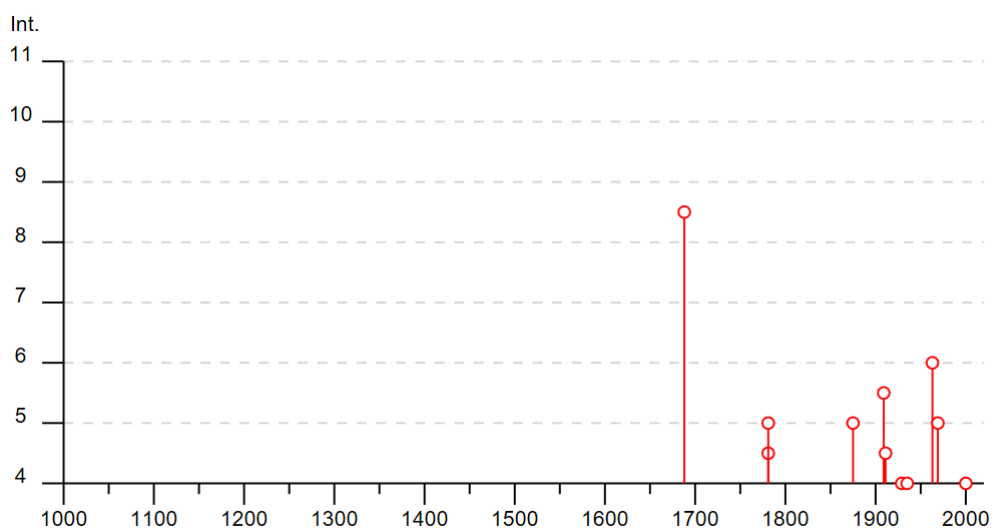


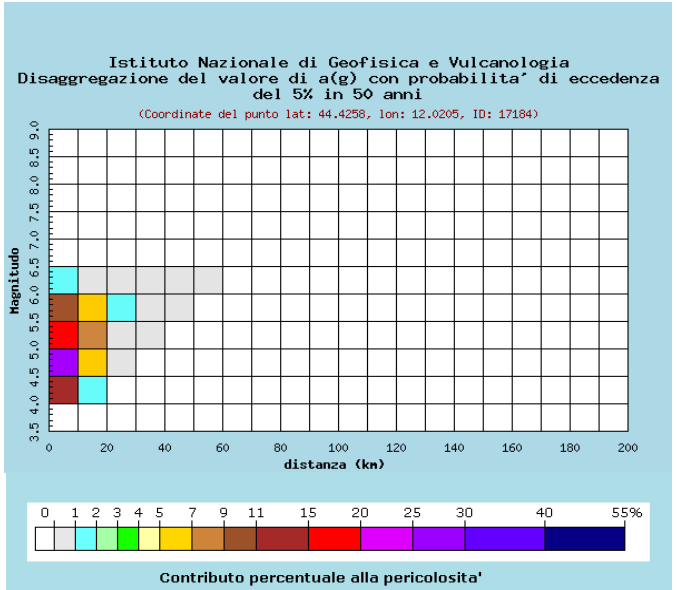
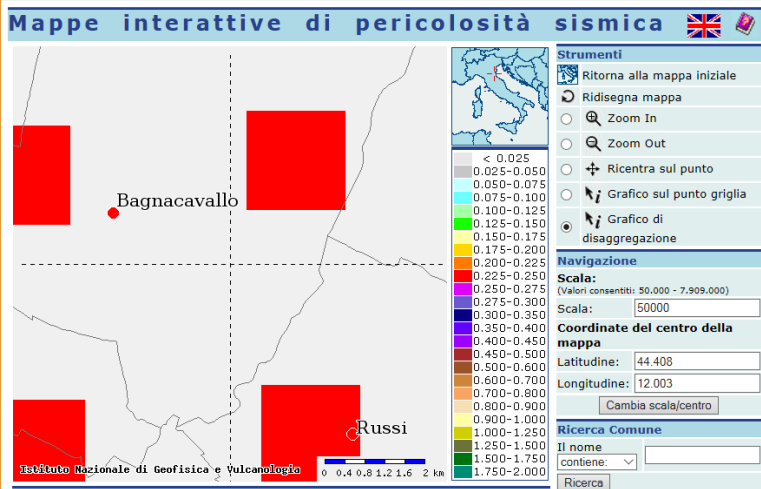
## Bagnacavallo



PlaceID IT\_41072  
 Coordinate (lat, lon) 44.416, 11.977  
 Comune (ISTAT 2015) Bagnacavallo  
 Provincia Ravenna  
 Regione Emilia-Romagna  
 Numero di eventi riportati 28

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
8-9	<a href="#">1688</a>	04	11	12	20		Romagna	39	8-9 5.84
4-5	<a href="#">1781</a>	04	04	21	20		Faentino	96	9-10 6.12
5	<a href="#">1781</a>	07	17	09	40		Faentino	46	8 5.61
5	<a href="#">1875</a>	03	17	23	51		Costa romagnola	144	8 5.74
3	<a href="#">1895</a>	03	23				Comacchio	33	6 4.65
2-3	<a href="#">1898</a>	01	16	13	10		Romagna settentrionale	110	6 4.59
NF	<a href="#">1898</a>	03	04	21	05		Parmense	313	7-8 5.37
NF	<a href="#">1904</a>	11	17	05	02		Pistoiese	204	7 5.10
5-6	<a href="#">1909</a>	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36
4-5	<a href="#">1911</a>	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7 5.26
4	<a href="#">1929</a>	04	10	05	44		Bolognese	87	6 5.05
4	<a href="#">1935</a>	06	05	11	48		Faentino	27	6 5.23
NF	<a href="#">1948</a>	06	13	06	33	3	Alta Valtiberina	142	7 5.04
6	<a href="#">1963</a>	08	09	06	05		Romagna	16	5 5.23
5	<a href="#">1969</a>	01	10	16	17	3	Pianura Ravennate	22	5 4.38
NF	<a href="#">1971</a>	10	04	16	43	3	Valnerina	43	5-6 4.51
NF	<a href="#">1972</a>	11	30	11	25	2	Costa pesarese	30	4.52
3	<a href="#">1980</a>	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.81
NF	<a href="#">1983</a>	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7 5.04
NF	<a href="#">1986</a>	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6 4.43
NF	<a href="#">1995</a>	12	27	23	44	2	Forlivese	37	5 3.97
NF	<a href="#">1999</a>	01	25	22	45	5	Appennino forlivese	97	5 4.36
3	<a href="#">2000</a>	05	06	22	07	0	Faentino	85	5 4.08
3-4	<a href="#">2000</a>	05	08	12	29	5	Faentino	126	5 4.67
4	<a href="#">2000</a>	05	10	16	52	1	Faentino	151	5-6 4.82
3	<a href="#">2002</a>	11	02	10	57	4	Ferrarese	79	4 4.21
2	<a href="#">2003</a>	12	07	10	20	3	Forlivese	165	5 4.18
3-4	<a href="#">2005</a>	07	15	15	17	1	Forlivese	173	4-5 4.29





Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.4258, lon: 12.0205, ID: 17184)										
	Magnitudo										
	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0	6,0-6,5	6,5-7,0	7,0-7,5	7,5-8,0	8,0-8,5	8,5-9,0
0-10	0.000	14.600	29.700	19.000	10.300	1.300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.270	5.670	7.700	6.570	0.824	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.057	0.837	1.570	0.230	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.008	0.213	0.063	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.040	7.430	1.020

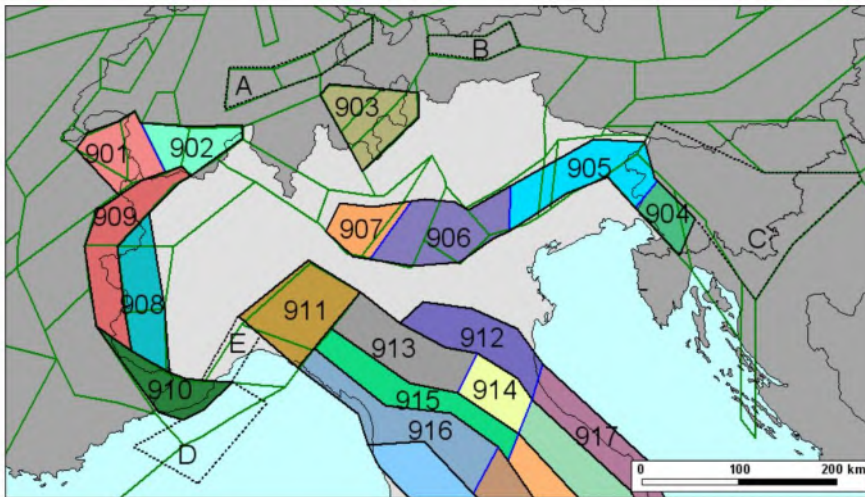


Figura 7 - Zonazione sismogenetica ZS9 per il Nord Italia (bordi in nero e blu) a confronto con la zonazione adottata dal progetto SESAME (bordi verdi, da Jiménez et al., 1991).

**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**  
Database of Individual Seismogenic Sources

DISS version 3.2.1

A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas

- Active Faults
- Active Folds
- Individual Seismogenic Sources
- Composite Seismogenic Sources
- Debated Seismogenic Sources
- Subduction Zones
- Area of relevance

Subduction depth [km]: 0 100 240 360 480 600

Except where otherwise noted, content on this site is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Contact Us to request additional permissions to use the work granted by this license.

OpenStreetMap contributors. OpenStreetMap

**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**  
Database of Individual Seismogenic Sources

User: Guest | LOGIN

HOME | MAP | SEARCH | HELP

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES ?

COMMENTARY | PICTURES | REFERENCES | USER COMMENTS

**GENERAL INFORMATION**

DISS-ID: ITCS011  
 Name: Ascensione-Armaia  
 Compiler(s): Burrato P. (1), Maesano F.E. (1)  
 Contributor(s): Burrato P. (1), Maesano F.E. (1), D'Ambrogio C. (2), Toscani G. (3), Basili R. (1)

Affiliation(s):  
 1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy  
 2) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy  
 3) Universit  di Pavia; Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente; Via Ferrara, 1, 27100 Pavia, Italy

Created: 15-Nov-2013  
 Updated: 19-Jun-2015

Display map ...

Related sources: ITIS100

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	2.0	LD Based on geological data from various Authors.
Max depth [km]	10.0	LD Based on geological data from various Authors.
Strike [deg] min... max	110...140	LD Based on geological data from various Authors.
Dip [deg] min... max	25...45	LD Based on geological data from various Authors.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ Inferred from regional tectonic data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.15...0.33	LD Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	6.0	EJ Based on the strongest earthquake occurred in the region.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;  
**ACTIVE FAULTS**

## 9.2 Analisi del rischio dei fenomeni cosismici

Al fine di comprendere al meglio il possibile rischio a cui potranno essere soggette le future strutture di progetto relativamente alla pericolosità cosismica di liquefazione dei terreni del substrato del fabbricato in esame, si analizza il concetto di Rischio.

Per la valutazione del Rischio si utilizza la seguente relazione:

$$R = P \times V \times E$$

Dove:

- R = rischio
- P = pericolosità: probabilità di accadimento di un determinato evento di una certa intensità in un determinato sito e in un determinato momento.
- V = vulnerabilità: capacità di un certo elemento strutturale e/o non strutturale di resistere a quel determinato evento.
- E = elemento a rischio: valore dell'elemento strutturale e/o non strutturale.

### Suscettibilità

Una sollecitazione sismica provoca una messa in accelerazione delle particelle del suolo che possono determinare liquefazione e/o modificazioni topografiche dell'area.

Ciò avviene in misura maggiore per quei terreni incoerenti poiché i granuli sottoposti a vibrazione perdono resistenza di attrito e quindi vengono favoriti fenomeni di scorrimento con assestamenti e rifluimenti, con possibili processi di liquefazione in caso di terreni saturi di acqua.

La coesione conserva invece la sua efficacia, indipendentemente dalla vibrazione; quindi i terreni coerenti presentano, praticamente, inalterata la resistenza alle azioni taglianti rapide e con essi sono più rari cedimenti delle opere per assestamenti e rifluimenti generati da azioni dinamiche quali quelle sismiche.

Con metodo più analitico, al fine di valutare la suscettibilità, cioè la propensione di un determinato deposito di essere soggetto a un determinato fenomeno (ovviamente questo non implica che il fenomeno avvenga per forza), alla liquefazione, si è fatto riferimento al metodo AGI 2006, Boulanger & Idriss (2014) e Robertson & Cabal (2009) che utilizzano una metodologia di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza è definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e alla sollecitazione indotta dal terremoto di progetto.

La suddetta analisi, escludendo gli strati sottili, cioè quelli inferiori al metro e frapposti tra strati coesivi, non soggetti a liquefazione, in una scala che va da 0 a >15 per l'indice del potenziale di liquefazione, quindi per la suscettività del sedimento al fenomeno della liquefazione per quel determinato sisma di riferimento, presenta valori che vanno in generale da un massimo  $I_L=3.9$  ad un minimo di  $I_L=0$ , eccetto la CPTU n. 6 che mostra un valore massimo di  $I_L=6.8$ .

(Sonmez, 2003):

$I_L = 0$	Non liquefacibile ( $F_L \geq 1.2$ )
$0 < I_L \leq 2$	Potenziale basso
$2 < I_L \leq 5$	Potenziale moderato
$5 < I_L \leq 15$	Potenziale alto
$15 < I_L$	Potenziale molto alto

**Indice del Potenziale di Liquefazione (IL) con sisma di progetto  $a_{max}=0.311g$  (DGR 630/2019) e magnitudo momento pari a  $Mw=6.14$**

<i>N. prova CPTU</i>	Boulanger & Idriss (2014)	Giudizio del potenziale di liquefazione (Sonmez, 2003)	Cedimenti post-sisma terreni granulari (cm)
<i>CPTU n. 1</i>	0.9	basso	2.1
<i>CPTU n. 2</i>	3.4	moderato	3.8
<i>CPTU n. 3</i>	0.1	basso	0.8
<i>CPTU n. 4</i>	3.9	moderato	6.4
<i>CPTU n. 5</i>	3.3	moderato	6.8
<i>CPTU n. 6</i>	5.9	alto	7.0
<i>CPTU n. 7</i>	1.0	basso	4.9

**Indice del Potenziale di Liquefazione (IL) con sisma di progetto  $a=0.269g$  (NTC2018 e RSL con sisma  $Tr=712$  anni) e magnitudo momento pari a  $Mw=6.14$**

<i>N. prova CPTU</i>	Boulanger & Idriss (2014)	AGI (2006)	Robertson & Cabal (2009)	Giudizio del potenziale di liquefazione (Sonmez, 2003)	Max cedimenti post-sisma terreni granulari (cm)
<i>CPTU n. 1</i>	-	0.6	0.3	basso	2
<i>CPTU n. 2</i>	-	0.0	0.0	non liquefacibile	0
<i>CPTU n. 3</i>	-	0.0	0.0	non liquefacibile	0
<i>CPTU n. 4</i>	-	0.6	0.3	basso	2
<i>CPTU n. 5</i>	-	1.4	0.3	basso	4
<i>CPTU n. 6</i>	5.9	-	-	alto	6.6
<i>CPTU n. 7</i>	1.0	-	-	basso	4.5

**Indice del Potenziale di Liquefazione (IL) con sisma di progetto  $a=0.380g$  (NTC2019 con sisma  $Tr=1898$  anni) e magnitudo momento pari a  $Mw=6.14$**

<i>N. prova CPTU</i>	AGI (2006)	Robertson & Cabal (2009)	Giudizio del potenziale di liquefazione (Sonmez, 2003)	Max cedimenti post-sisma terreni granulari (cm)
<i>CPTU n. 6</i>	7.6	5.8	alto	8
<i>CPTU n. 7</i>	1.9	1.2	basso	6

### Pericolosità

Con il metodo proposto da Facciorusso & Vannucchi (2009) è poi stata definita la pericolosità della liquefazione del deposito in esame. Ovviamente nei grafici si riporta anche la suddivisione delle categorie di suscettività come indicato da Facciorusso per i diversi valori dell'Indice del potenziale di liquefazione.

Si evidenzia che la procedura proposta dai suddetti autori è basata sull'“approccio bayesano” e, utilizzando il teorema della probabilità totale, consente di associare ad ogni valore del fattore di sicurezza calcolato con il metodo deterministico, FSL, un valore di probabilità di inizio liquefazione, PL (“Bayesian mapping function”). Tale funzione, con riferimento al metodo proposto da Robetson e Wride (1998) assume la forma (Juang et al. 2002):

$$PL = \frac{1}{1 + \left(\frac{FSL}{A}\right)^B}$$

Dove A=1 e B=3.3.

Da tale analisi si osserva che la probabilità, in una scala 0-100%, attorno a 3÷9%, con un massimo pari al 13% in corrispondenza della verticale CPTU n. 6, cioè, secondo quanto proposto da Facciorusso, per il deposito in esame risulta il giudizio “**non liquefazione quasi certa**”.

Sottostante si riportano i valori ricavati utilizzando l'accelerazione al suolo più severa, corrispondente a quanto proposto dalla DGR 630/2019.

<b>Pericolosità liquefazione</b>		
<b>Indice di probabilità di liquefazione (PPbl) con sisma di progetto <math>a_{max}=0.311g</math> (DGR 630/2019) e magnitudo momento pari a <math>M_w=6.14</math></b>		
<b>N. prova CPTU</b>	<b>Boulanger &amp; Idriss (2014)</b>	<b>Giudizio di pericolosità (Facciorusso &amp; Vannucchi, 2009)</b>
<b>CPTU n. 1</b>	3%	Non liquefazione quasi certa
<b>CPTU n. 2</b>	8%	Non liquefazione quasi certa
<b>CPTU n. 3</b>	3%	Non liquefazione quasi certa
<b>CPTU n. 4</b>	9%	Non liquefazione quasi certa
<b>CPTU n. 5</b>	8%	Non liquefazione quasi certa
<b>CPTU n. 6</b>	13%	Non liquefazione quasi certa
<b>CPTU n. 7</b>	3%	Non liquefazione quasi certa

<b>Pericolosità liquefazione</b>		
<b>Indice di probabilità di liquefazione (PPbl) con sisma di progetto <math>a_{max}=0.380g</math> (NTC2018 – <math>V_n=100</math> anni e <math>C_u=2</math>) e magnitudo momento pari a <math>M_w=6.14</math></b>		
<b>N. prova CPTU</b>	<b>AGI (2006)</b>	<b>Giudizio di pericolosità (Facciorusso &amp; Vannucchi, 2009)</b>
<b>CPTU n. 6</b>	13%	Non liquefazione quasi certa
<b>CPTU n. 7</b>	3%	Non liquefazione quasi certa

### Vulnerabilità

In questo caso si deve esaminare quale tipo di danno potenziale è possibile che occorra a seguito di quel determinato evento, ad esempio sugli edifici. Nel caso specifico, in base alle NTC 2018, stiamo parlando S.L.V. (Stato Limite della Vita), cioè di salvaguardia della vita. Cioè, l'opera può subire dei danni a seguito di un sisma di progetto, ma in ogni caso non ci devono essere perdite di vite umane.

Nel caso in esame i cedimenti massimi post-sisma (compresi tra 0 e 4 cm), come sopra riportati, presentano valori ampiamente compatibili sia agli SLV sia agli SLD per le future opere. Si ricorda poi che l'assestamento del terreno sarà generalizzato e quindi i cedimenti differenziali potrebbero essere ridotti al minimo e inferiori rispetto al massimo cedimento prevedibile.

Solo la verticale CPTU n. 6 ha evidenziato potenziali cedimenti dell'ordine degli 8 cm, valori compatibili in quanto in questa zona dovrà essere realizzato l'allargamento del ponte le cui fondazioni saranno realizzate su pali. In particolare, il progettista strutturale dovrà valutare la possibilità che si manifestino

eventuali attriti negativi dovuti al potenziale assestamento dello strato compreso tra 2.5 m e 4.0 m dal piano di campagna.

Pertanto, la vulnerabilità in riferimento agli SLV e SLD, cioè di salvaguardia della vita, risulterà molto basso, prossimo a zero. Inoltre, si osserva, che anche rispetto agli SLD la vulnerabilità presenterà un valore molto basso, potendo essere assunto pari a zero.

### **Elementi a rischio**

Nel caso specifico opere stradali, i possibili rischi per la vita umana, come previsto per SLV, riguardano la possibilità che l'evento sismico avvenga durante il transito di autoveicoli. Evento molto probabile in caso di evento sismico.

Perciò, per le valutazioni del rischio connesso a fenomeni cosismici, causati da un sisma di progetto con tempi di ritorno di 712 anni, quindi per gli SLV, si dovranno considerare i potenziali danni causati alla vita umana dal suddetto fenomeno alle persone che transitano sulla strada in progetto.

### **Analisi del rischio**

Per tale analisi può essere assunto un valore della probabilità di accadimento massimo del fenomeno della liquefazione pari a  $P=0.13$ .

Considerando che si tratta di valutare il rischio dell'incolumità della vita, in base alle probabili opere in progetto, non si avranno conseguenze sulla vita, essendo le deformazioni massime indotte dai potenziali fenomeni cosismici ampiamente compatibili con la funzionalità dell'opera, quindi senza conseguenze sulla incolumità delle persone presenti sull'asse viario, cioè l'opera non crollerà e i frequentatori potranno allontanarsi da essa. Pertanto, può essere assunto il valore di vulnerabilità  $V=0$ .

Per quanto riguarda il valore della vita, si assume il valore massimo pari a  $E=1$ .

In questo caso il rischio risulta  $R=0.13 \times 0 \times 1 = 0$ .

Per quanto sopra descritto la valutazione del rischio post sismico relativamente ai fenomeni cosismici risulta sostanzialmente nullo, essendo nulla la vulnerabilità dell'opera rispetto ai fenomeni cosismici corrispondente alle azioni sismiche rispetto agli SLV e SLD.

### **9.3 Assestamenti terreni coesivi post-sisma**

Dall'analisi geostatica dei dati ricavati dalla prova penetrometrica CPTU, osservabili dai cross-plot, riportati nei grafici penetrometrici e di interpretazione, si nota che le variabili dei terreni fini indagati presentano un maggiore addensamento nel campo di quelli relativamente sovraconsolidati. Nessun punto ricade in quello dei terreni sensitivi. **Pertanto, i terreni fini del substrato indagato non sono sensitivi** e quindi non sono potenzialmente soggetti a significativi importanti cedimenti in caso di un sisma di progetto.

Per quanto riguarda gli assestamenti post sismici dei terreni fini è stata condotta un'analisi utilizzando la metodologia di Robertson & Cabal (2009), considerando una  $M_w=6.14$ . Tale analisi ha evidenziato valori compatibili con le previste opere in progetto, essendo dell'ordine di  $1 \div 2$  cm.

### **9.4 Considerazione conclusive in merito alla DGR 630/2019 sugli approfondimenti del terzo livello**

Concludendo, in base alle considerazioni geotecniche, in riferimento al substrato dell'area indagata, si osserva:

- i terreni del substrato in esame è attribuibile un giudizio di pericolosità, in base a quanto proposto da Facciorusso & Vannucchi (2009), corrispondente a **non liquefazione quasi certa**.
- i terreni fini e granulari non sono soggetti, in termini generali, a cedimenti post-sisma incompatibili con gli SLV e SLD.

Pertanto, per il sito in esame non si avranno rischi connessi a fenomeni cosismici per un sisma di progetto con tempi di ritorno di 712 anni, corrispondente alla valutazione degli Stati Limite della Vita (SLV). Inoltre, risulteranno anche assenti rischi rispetto ad un sisma di progetto relativo agli SLD.

## 10 CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

### 10.1 METODO UTILIZZATO PER LA VALUTAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Un aspetto essenziale del metodo degli stati limite riguarda la scelta dei parametri da introdurre nel modello di calcolo. Riguardo ai calcoli geotecnici con il criterio degli stati limite si devono considerare nelle relazioni i parametri caratteristici.

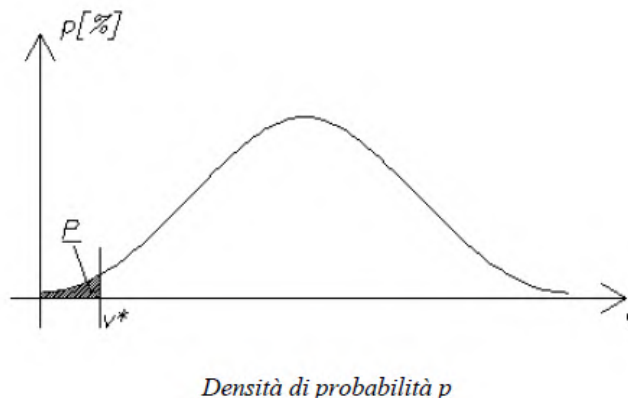
In base all'EC7, al punto 2.4.5.2.2(P), il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore di influenza all'insorgere dello stato limite.

Da ciò discende:

- *Stima cautelativa*: si tratta di una stima che deve essere a favore della sicurezza. Cioè si deve tenere conto dell'incertezza esistente in geotecnica dovuta alla notevole variabilità delle proprietà dei depositi e all'incertezza dovuta alle informazioni non complete generalmente a disposizione tramite prove in situ e di laboratorio;
- *Valore che influenza l'insorgere dello stato limite*: il valore caratteristico è in funzione dello stato limite considerato, ad esempio la rottura al collasso verticale della fondazione. Si osserva che se invece della rottura al collasso verticale, esaminiamo la rottura allo slittamento, il valore del parametro geotecnico sarà generalmente diverso.

L'unica metodologia delineata dall'EC7 per la definizione dei valori caratteristici è di natura statistica, anche se questa non è resa obbligatoria, cioè non deve necessariamente essere adottata dai singoli stati membri.

Nel caso specifico utilizzando il metodo statistico il valore caratteristico di un particolare parametro di calcolo è definito come quel valore al quale è associato una determinata probabilità di non superamento.



Osservando la sopra riportata figura si rileva che  $P$  è la probabilità di non superamento della variabile  $v$  connessa al valore  $v^*$  (valore caratteristico cercato se  $P=5\%$ ).  $v^*$  viene quindi calcolato imponendo che l'area  $P$  sia uguale a 5%.

In particolare in funzione del volume di terreno coinvolto nello stato limite considerato si possono presentare le seguenti situazioni:

1. Elevati volumi di terreno;
2. Piccoli volumi di terreno;
3. Campioni di scarsa numerosità.

### 1. Elevati volumi di terreno

Quando la zona di influenza coinvolge elevati volumi di terreno bisogna selezionare un 5° percentile della distribuzione media.

$$x_k = \bar{x} \pm t_{n-1}^{0.95} \left( \frac{s}{\sqrt{n-1}} \right)$$

Dove:

$x_k$  = valore caratteristico desiderato

$\bar{x}$  = valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione

$t$  = valore della distribuzione di student ad n-1 gradi di libertà con probabilità u=95%  
(ossia  $1-\alpha=0.95$  o alternativamente,  $\alpha=0.05$ )

$s$  = deviazione standard del campione

$n$  = numero di dati

### 2. Piccoli volumi di terreno

Nel caso che la rottura sia locale, ossia interessi volumi relativamente piccoli del terreno, la formula da applicare è la seguente.

$$x_k = \bar{x} \pm z_{0.05} \cdot s \approx \bar{x} \pm 1.645 \cdot s$$

Dove:

$x_k$  = valore caratteristico desiderato

$\bar{x}$  = valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione

$z$  = distribuzione normale standardizzata

$s$  = deviazione standard del campione

### 3. Campioni di scarsa numerosità

Per campioni di scarsa numerosità è possibile utilizzare anche la più generica equazione di Schneider, che offre la seguente formula semplificata:

$$x_k = \bar{x} * 1 - \frac{COV}{2}$$

Dove:

$x_k$  = valore caratteristico desiderato

$\bar{x}$  = valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione

COV = covarianza

Diversi autori propongono valori di covarianza per i vari parametri geotecnici

Shneider (1997)

Angolo di attrito = 10%

Coesione = 40%

Modulo di comprimibilità = 40%

Phoon et al. 1995

Peso di volume naturale = 7%

Valore di  $q_c$  (MPa) per sabbie = 38%

Valore di  $q_c$  (MPa) per argille limose = 27%

Valore di  $q_T$  (MPa) per argille = 8%

Densità relativa (%) per sabbie = 10-40%

### **10.1.1 Parametri geotecnici caratteristici delle unità litostratigrafiche del sito indagato**

Si stimano i parametri geotecnici caratteristici delle varie unità litostratigrafiche considerando, in funzione delle prove geognostiche eseguite, i parametri geotecnici con comportamento geotecnico a breve termine, quindi in condizioni non drenate, risultano, nel caso specifico, più attendibili rispetto a quelle drenate, a lungo termine.

Attenzione, i parametri geotecnici dell'unità geotecnica A devono essere presi con cautela in quanto terreni rimaneggiati e alterati.

Per la valutazione dei cedimenti, nel caso specifico, si è fatto opportunamente riferimento ai valori del modulo edometrico (M) ricavato ogni 2 cm di avanzamento e graficati nel modulo di calcolo allegato.

UNITA' GEOTECNICA	CPT 1		CPT 2		CPT 3	
	DA	A	DA	A	DA	A
	A	0.00	0.70	0.00	0.30	0.00
B	0.70	1.40	0.30	1.80	0.60	1.90
C	1.40	3.60	1.80	3.50	1.90	3.20
D	3.60	7.80	3.50	7.70	3.20	7.80
E	7.80	9.40	7.70	10.20	7.80	10.20
F	9.40	12.80	10.20	13.30	10.20	12.90
G	12.80	20.00	13.30	15.00	12.90	20.00

lc	ZONA	LITOTIPO PREVALENTE
MEDIANA	ROBERTSON	ROBERTSON 1990
2.20	5	sabbia limosa-limo sabbioso
2.56	5	sabbia limosa-limo sabbioso
2.80	4	limo argilloso-argilla limosa
2.88	4	limo argilloso-argilla limosa
2.91	4	limo argilloso-argilla limosa
2.93	4	limo argilloso-argilla limosa
2.94	4	limo argilloso-argilla limosa

ANGOLO DI ATTRITO Searly (argille) e Kulhawy Mayne (sabbie)	ANGOLO DI ATTRITO A VOLUME COSTANTE	DENSITA' RELATIVA Tatsuzuka 1990	COESIONE DRENATA	COESIONE NON DRENATA programma Robertson 2013	COEFFICIENTE DI POISSON Manuale di uso C.D.G.	MODULO DI TAGLIO INIZIALE Robertson 2013	MODULO ELASTICO autori vari	MODULO EDOMETRICO Benassi	Ki di Winkler per piastra di 30cm	Kh di Winkler per pali di diametro 30 cm sul tratto di 1 metro	DENSITA' DEL TERRENO	DENSITA' DEL TERRENO SECCO	OVER CONSOLIDATION RATIO Marchi / SGT 2014
--	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------	--	--	---	--------------------------------	------------------------------	--------------------------------------	--	----------------------	----------------------------	---

### VALORI CARATTERISTICI PER PICCOLI VOLUMI

$\phi$	$\phi_{cv}$	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	$\gamma$ valori medie	$\gamma_s$ valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/mc	kg/mc	
30.3	28.3	31.3			0.33	0	0	0	0.00	0.000	1876	1476	208.80
17.3	13.9	42.9			0.30	318	177	88	1.19	0.040	1903	1503	26.64
18.4			0.44	0.62	0.32	197	130	43	1.75	0.007	1791	1391	6.94
21.4			0.08	0.52	0.40	221	126	42	1.93	0.008	1742	1342	3.43
20.9			0.25	0.83	0.40	409	244	81	3.00	0.012	1864	1464	3.78
21.5			0.00	0.64	0.40	279	157	53	2.25	0.009	1780	1380	2.52
22.0			0.00	0.71	0.40	306	157	52	2.78	0.011	1787	1387	2.19

UNITA' GEOTECNICA	CPT 1		CPT 2		CPT 3	
	DA	A	DA	A	DA	A
	A	0.00	0.70	0.00	0.30	0.00
B	0.70	1.40	0.30	1.80	0.60	1.90
C	1.40	3.60	1.80	3.50	1.90	3.20
D	3.60	7.80	3.50	7.70	3.20	7.80
E	7.80	9.40	7.70	10.20	7.80	10.20
F	9.40	12.80	10.20	13.30	10.20	12.90
G	12.80	20.00	13.30	15.00	12.90	20.00

lc	ZONA	LITOTIPO PREVALENTE
MEDIANA	ROBERTSON	ROBERTSON 1990
2.20	5	sabbia limosa-limo sabbioso
2.56	5	sabbia limosa-limo sabbioso
2.80	4	limo argilloso-argilla limosa
2.88	4	limo argilloso-argilla limosa
2.91	4	limo argilloso-argilla limosa
2.93	4	limo argilloso-argilla limosa
2.94	4	limo argilloso-argilla limosa

### VALORI CARATTERISTICI PER GRANDI VOLUMI

$\phi$	$\phi_{cv}$	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	$\gamma$ valori medie	$\gamma_s$ valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/mc	kg/mc	
36.6	31.1	57.3			0.33	496	490	200	10.86	0.362	1876	1476	208.80
29.5	24.6	53.9			0.30	511	424	159	5.65	0.188	1903	1503	26.64
23.4			0.49	0.89	0.32	331	214	73	2.68	0.011	1791	1391	6.94
24.0			0.28	0.74	0.40	298	187	62	2.50	0.010	1742	1342	3.43
22.1			0.40	1.08	0.40	493	311	104	3.50	0.014	1864	1464	3.78
24.5			0.07	0.92	0.40	390	242	81	3.02	0.012	1780	1380	2.52
24.7			0.03	1.05	0.40	437	273	91	3.40	0.014	1787	1387	2.19

UNITA' GEOTECNICA	CPT 1		CPT 2		CPT 3	
	DA	A	DA	A	DA	A
	A	0.00	0.70	0.00	0.30	0.00
B	0.70	1.40	0.30	1.80	0.60	1.90
C	1.40	3.60	1.80	3.50	1.90	3.20
D	3.60	7.80	3.50	7.70	3.20	7.80
E	7.80	9.40	7.70	10.20	7.80	10.20
F	9.40	12.80	10.20	13.30	10.20	12.90
G	12.80	20.00	13.30	15.00	12.90	20.00

lc	ZONA	LITOTIPO PREVALENTE
MEDIANA	ROBERTSON	ROBERTSON 1990
2.20	5	sabbia limosa-limo sabbioso
2.56	5	sabbia limosa-limo sabbioso
2.80	4	limo argilloso-argilla limosa
2.88	4	limo argilloso-argilla limosa
2.91	4	limo argilloso-argilla limosa
2.93	4	limo argilloso-argilla limosa
2.94	4	limo argilloso-argilla limosa

### VALORI MEDI

$\phi$	$\phi_{cv}$	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	$\gamma$ valori medie	$\gamma_s$ valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/mc	kg/mc	
37.6	31.3	61.9			0.33	612	571	251	15.87	0.529	1876	1476	208.80
30.8	25.6	55.5			0.30	531	450	166	6.11	0.204	1903	1503	26.64
23.7			0.49	0.91	0.32	342	221	75	2.76	0.011	1791	1391	6.94
24.2			0.29	0.75	0.40	302	190	63	2.52	0.010	1742	1342	3.43
22.2			0.41	1.10	0.40	499	316	105	3.54	0.014	1864	1464	3.78
24.7			0.08	0.93	0.40	397	247	83	3.06	0.012	1780	1380	2.52
24.9			0.03	1.07	0.40	443	279	93	3.43	0.014	1787	1387	2.19

UNITA' GEOTECNICA	CPT 5		CPT 4		CPT 3		Ic	ZONA ROBERTSON	LITOTIPO PREVALENTE ROBERTSON 1990
	DA	A	DA	A	DA	A			
	A	0.00	0.70	0.00	0.60	0.00			
B	0.70	2.10	0.60	2.10	0.60	1.90	2.63	4	limo argilloso-argilla limosa
C	2.10	3.00	2.10	3.00	1.90	3.20	2.76	4	limo argilloso-argilla limosa
D	3.00	8.00	3.00	7.80	3.20	7.80	2.93	4	limo argilloso-argilla limosa
E	8.00	8.90	7.80	9.00	7.80	10.20	2.94	4	limo argilloso-argilla limosa
F	8.90	13.90	9.00	12.60	10.20	12.90	2.96	3	argilla-argilla limosa
G	13.90	15.30	12.60	15.00	12.90	14.80	2.94	4	limo argilloso-argilla limosa
H	15.30	20.00			14.80	20.00	2.92	4	limo argilloso-argilla limosa

ANGOLO DI ATTRITO Searly (argille) e Kulhawy Mayne (sabbie)	ANGOLO DI ATTRITO A VOLUME COSTANTE	DENSITA' RELATIVA Tatsuoka 1990	COESIONE DRENATA	COESIONE NON DRENATA programma Robertson 2013	COEFFICIENTE DI POISSON Manuale di uso C.D.G.	MODULO DI TAGLIO INIZIALE Robertson 2013	MODULO ELASTICO autori vari	MODULO EDOMETRICO Benassi	Ki di Winkler per piastra di 30cm	Kh di Winkler per pali di diametro 30 cm sul tratto di 1 metro	DENSITA' DEL TERRENO	DENSITA' DEL TERRENO SECCO	OVER CONSOLIDATION RATIO Marcihi/ SGT 2014
---	-------------------------------------	---------------------------------	------------------	---	---	--	-----------------------------	---------------------------	-----------------------------------	--	----------------------	----------------------------	--

### VALORI CARATTERISTICI PER PICCOLI VOLUMI

$\phi$	$\phi_{cv}$	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	$\gamma$ valori medie	$\gamma_s$ valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/mc	kg/mc	
28.2	27.0	21.4			0.31	199	0	0	0.00	0.000	1924	1524	239.75
17.4			0.46	0.48	0.28	190	133	22	0.54	0.002	1840	1440	14.06
19.2			0.32	0.45	0.28	161	72	17	1.07	0.004	1742	1342	5.38
19.7			0.11	0.53	0.40	250	143	48	1.90	0.008	1776	1376	3.60
20.3			0.15	0.74	0.40	382	215	72	2.80	0.011	1852	1452	3.49
21.0			0.00	0.55	0.40	236	122	41	2.13	0.009	1765	1365	2.33
20.3			0.00	0.77	0.40	430	238	82	2.76	0.011	1849	1449	2.69
22.7			0.00	0.61	0.40	273	120	40	2.59	0.010	1754	1354	1.92

UNITA' GEOTECNICA	CPT 5		CPT 4		CPT 3	
	DA	A	DA	A	DA	A
	A	0.00	0.70	0.00	0.60	0.00
B	0.70	2.10	0.60	2.10	0.60	1.90
C	2.10	3.00	2.10	3.00	1.90	3.20
D	3.00	8.00	3.00	7.80	3.20	7.80
E	8.00	8.90	7.80	9.00	7.80	10.20
F	8.90	13.90	9.00	12.60	10.20	12.90
G	13.90	15.30	12.60	15.00	12.90	14.80
H	15.30	20.00			14.80	20.00

lc	ZONA	LITOTIPO PREVALENTE
MEDIANA	ROBERTSON	ROBERTSON 1990
2.34	5	sabbia limosa-limo sabbioso
2.63	4	limo argilloso-argilla limosa
2.76	4	limo argilloso-argilla limosa
2.93	4	limo argilloso-argilla limosa
2.94	4	limo argilloso-argilla limosa
2.96	3	argilla-argilla limosa
2.94	4	limo argilloso-argilla limosa
2.92	4	limo argilloso-argilla limosa

### VALORI CARATTERISTICI PER GRANDI VOLUMI

$\phi$	$\phi_{cv}$	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	$\gamma$ valori medie	$\gamma_s$ valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/mc	kg/mc	
35.8	31.0	52.7			0.31	693	449	220	10.77	0.359	1924	1524	239.75
27.8			0.49	1.07	0.28	404	288	107	3.26	0.013	1840	1440	14.06
25.2			0.44	0.72	0.28	276	183	63	2.34	0.009	1742	1342	5.38
22.9			0.32	0.75	0.40	335	203	68	2.57	0.010	1776	1376	3.60
22.0			0.34	0.99	0.40	470	285	95	3.32	0.013	1852	1452	3.49
24.1			0.05	0.82	0.40	372	219	73	2.85	0.011	1765	1365	2.33
23.1			0.10	1.12	0.40	516	322	108	3.56	0.014	1849	1449	2.69
25.6			0.01	1.02	0.40	401	240	80	3.27	0.013	1754	1354	1.92

UNITA' GEOTECNICA	CPT 5		CPT 4		CPT 3	
	DA	A	DA	A	DA	A
	A	0.00	0.70	0.00	0.60	0.00
B	0.70	2.10	0.60	2.10	0.60	1.90
C	2.10	3.00	2.10	3.00	1.90	3.20
D	3.00	8.00	3.00	7.80	3.20	7.80
E	8.00	8.90	7.80	9.00	7.80	10.20
F	8.90	13.90	9.00	12.60	10.20	12.90
G	13.90	15.30	12.60	15.00	12.90	14.80
H	15.30	20.00			14.80	20.00

lc	ZONA	LITOTIPO PREVALENTE
MEDIANA	ROBERTSON	ROBERTSON 1990
2.34	5	sabbia limosa-limo sabbioso
2.63	4	limo argilloso-argilla limosa
2.76	4	limo argilloso-argilla limosa
2.93	4	limo argilloso-argilla limosa
2.94	4	limo argilloso-argilla limosa
2.96	3	argilla-argilla limosa
2.94	4	limo argilloso-argilla limosa
2.92	4	limo argilloso-argilla limosa

### VALORI MEDI

$\phi$	$\phi_{cv}$	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	$\gamma$ valori medie	$\gamma_s$ valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/mc	kg/mc	
36.9	31.3	57.4			0.31	782	518	263	14.91	0.497	1924	1524	239.75
28.7			0.49	1.14	0.28	423	302	115	3.50	0.014	1840	1440	14.06
25.9			0.46	0.76	0.28	289	195	68	2.49	0.010	1742	1342	5.38
23.0			0.33	0.76	0.40	339	205	68	2.61	0.010	1776	1376	3.60
22.1			0.35	1.02	0.40	478	292	97	3.37	0.013	1852	1452	3.49
24.3			0.06	0.84	0.40	379	225	75	2.89	0.012	1765	1365	2.33
23.3			0.11	1.15	0.40	522	328	110	3.62	0.014	1849	1449	2.69
25.7			0.02	1.04	0.40	409	247	82	3.31	0.013	1754	1354	1.92

UNITA' GEOTECNICA	CPT 6	
	DA	A
	A	0.00
B	1.00	2.40
C	2.40	3.90
D	3.90	6.60
E	6.60	15.00
F	15.00	19.80
G	19.80	23.00
H	23.00	27.90
I	27.90	34.00
J	34.00	35.00

Ic	ZONA	LITOTIPO PREVALENTE
MEDIANA	ROBERTSON	ROBERTSON 1990
2.85	4	limo argilloso-argilla limosa
2.93	4	limo argilloso-argilla limosa
1.89	6	sabbia-sabbia limosa
2.87	4	limo argilloso-argilla limosa
3.00	3	argilla-argilla limosa
3.00	3	argilla-argilla limosa
1.82	6	sabbia-sabbia limosa
1.65	6	sabbia-sabbia limosa
2.96	3	argilla-argilla limosa
1.89	6	sabbia-sabbia limosa

ANGOLO DI ATTRITO Searly (argille) e Kulhawy Mayne (sabbie)	ANGOLO DI ATTRITO A VOLUME COSTANTE	DENSITA' RELATIVA Tatsuoka 1990	COESIONE DRENATA	COESIONE NON DRENATA programma Robertson 2013	COEFFICIENTE DI POISSON Manuale di uso C.D.G.	MODULO DI TAGLIO INIZIALE Robertson 2013	MODULO ELASTICO autori vari	MODULO EDOMETRICO Benassi	Ki di Winkler per piastra di 30cm	Kh di Winkler per pali di diametro 30cm	DENSITA' DEL TERRENO	DENSITA' DEL TERRENO SECCO	OVER CONSOLIDATION RATIO Marchi / SGT 2014
--	-------------------------------------	------------------------------------	------------------	--	--	---	--------------------------------	------------------------------	--------------------------------------	--	----------------------	----------------------------	---

### VALORI CARATTERISTICI PER PICCOLI VOLUMI

$\phi$	$\phi_{cv}$	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	$\gamma$ valori medie	$\gamma_s$ valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	
18.3			0.50	0.72	0.26	311	188	63	2.52	2.52	1855	1455	63.81
18.2			0.37	0.45	0.40	200	116	39	1.74	1.74	1817	1417	11.82
36.0	32.7	42.5			0.36	302	319	76	0.15	1.23	1774	1374	
21.1			0.12	0.54	0.40	230	153	51	2.11	2.11	1767	1367	4.35
18.8			0.00	0.51	0.40	278	161	54	2.03	2.08	1823	1423	2.92
21.7			0.00	0.53	0.40	271	150	50	2.49	2.49	1756	1356	1.82
36.9	32.8	48.5			0.36	629	484	221	2.33	3.41	1869	1469	
38.4	32.7	58.5			0.37	719	619	309	2.66	4.52	1920	1520	
22.9			0.00	0.74	0.40	418	225	74	3.24	3.28	1823	1423	1.66
35.2	32.6	36.6			0.35	850	280	233	0.20	0.98	1950	1550	

UNITA' GEOTECNICA	CPT 6		Ic MEDIANA	ZONA ROBERTSON	LITOTIPO PREVALENTE ROBERTSON 1990
	DA	A			
	A	0.00			
B	1.00	2.40	2.93	4	limo argilloso-argilla limosa
C	2.40	3.90	1.89	6	sabbia-sabbia limosa
D	3.90	6.60	2.87	4	limo argilloso-argilla limosa
E	6.60	15.00	3.00	3	argilla-argilla limosa
F	15.00	19.80	3.00	3	argilla-argilla limosa
G	19.80	23.00	1.82	6	sabbia-sabbia limosa
H	23.00	27.90	1.65	6	sabbia-sabbia limosa
I	27.90	34.00	2.96	3	argilla-argilla limosa
J	34.00	35.00	1.89	6	sabbia-sabbia limosa

### VALORI CARATTERISTICI PER GRANDI VOLUMI

$\phi$	$\phi_{cv}$	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	$\gamma$ valori medie	$\gamma_s$ valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/mc	kg/mc	
20.4			0.50	0.89	0.26	392	237	79	2.94	2.94	1855	1455	63.81
20.5			0.45	0.71	0.40	338	192	64	2.50	2.50	1817	1417	11.82
38.2	32.7	57.1			0.36	388	655	163	5.65	6.86	1774	1374	
22.8			0.29	0.70	0.40	289	191	64	2.48	2.48	1767	1367	4.35
22.4			0.10	0.82	0.40	412	244	82	2.94	2.95	1823	1423	2.92
24.4			0.00	0.83	0.40	368	223	74	3.00	3.00	1756	1356	1.82
38.3	32.7	58.2			0.36	715	668	302	5.49	6.77	1869	1469	
40.2	32.2	71.1			0.37	864	945	448	11.83	13.05	1920	1520	
25.3			0.00	1.31	0.40	564	367	124	4.09	4.09	1823	1423	1.66
37.6	32.7	53.5			0.35	962	567	357	5.02	6.13	1950	1550	

UNITA' GEOTECNICA	CPT 6		Ic MEDIANA	ZONA ROBERTSON	LITOTIPO PREVALENTE ROBERTSON 1990
	DA	A			
	A	0.00			
B	1.00	2.40	2.93	4	limo argilloso-argilla limosa
C	2.40	3.90	1.89	6	sabbia-sabbia limosa
D	3.90	6.60	2.87	4	limo argilloso-argilla limosa
E	6.60	15.00	3.00	3	argilla-argilla limosa
F	15.00	19.80	3.00	3	argilla-argilla limosa
G	19.80	23.00	1.82	6	sabbia-sabbia limosa
H	23.00	27.90	1.65	6	sabbia-sabbia limosa
I	27.90	34.00	2.96	3	argilla-argilla limosa
J	34.00	35.00	1.89	6	sabbia-sabbia limosa

### VALORI MEDI

$\phi$	$\phi_{cv}$	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	$\gamma$ valori medie	$\gamma_s$ valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/mc	kg/mc	
20.8			0.50	0.93	0.26	410	247	82	3.03	3.03	1855	1455	63.81
20.9			0.47	0.76	0.40	362	205	68	2.63	2.63	1817	1417	11.82
38.6	32.7	59.8			0.36	404	717	180	6.67	7.91	1774	1374	
23.0			0.31	0.72	0.40	296	195	65	2.53	2.53	1767	1367	4.35
22.6			0.12	0.84	0.40	421	249	83	3.00	3.00	1823	1423	2.92
24.6			0.00	0.85	0.40	376	229	76	3.04	3.04	1756	1356	1.82
38.5	32.7	59.2			0.36	724	687	311	5.82	7.13	1869	1469	
40.4	32.2	72.2			0.37	876	973	460	12.60	13.76	1920	1520	
25.4			0.00	1.36	0.40	575	377	127	4.15	4.15	1823	1423	1.66
38.2	32.7	57.6			0.35	989	637	387	6.20	7.40	1950	1550	

UNITA' GEOTECNICA	CPT 7	
	DA	A
	A	0.00
B	1.00	2.20
C	2.20	7.00
D	7.00	15.00
E	15.00	16.90
F	16.90	18.30
G	18.30	20.80
H	20.80	24.60
I	24.60	26.60
J	26.60	30.40
K	30.40	35.00

Ic	ZONA	LITOTIPO PREVALENTE
MEDIANA	ROBERTSON	ROBERTSON 1990
2.97	3	argilla-argilla limosa
2.93	4	limo argilloso-argilla limosa
2.89	4	limo argilloso-argilla limosa
2.98	3	argilla-argilla limosa
2.89	4	limo argilloso-argilla limosa
2.99	3	argilla-argilla limosa
2.84	4	limo argilloso-argilla limosa
2.45	5	sabbia limosa-limo sabbioso
1.83	6	sabbia-sabbia limosa
2.93	4	limo argilloso-argilla limosa
1.82	6	sabbia-sabbia limosa

ANGOLO DI ATTRITO Searly (argille) e Kulhawy Mayne (sabbie)	ANGOLO DI ATTRITO A VOLUME COSTANTE	DENSITA' RELATIVA Tatsuoka 1990	COESIONE DRENATA	COESIONE NON DRENATA programma Robertson 2013	COEFFICIENTE DI POISSON Manuale di uso C.D.G.	MODULO DI TAGLIO INIZIALE Robertson 2013	MODULO ELASTICO autori vari	MODULO EDOMETRICO Benassi	Ki di Winkler per piastra di 30cm	Kh di Winkler per pali di diametro 30cm	DENSITA' DEL TERRENO	DENSITA' DEL TERRENO SECCO	OVER CONSOLIDATION RATIO Marchi / SGT 2014
---	-------------------------------------	---------------------------------	------------------	---	---	--	-----------------------------	---------------------------	-----------------------------------	---	----------------------	----------------------------	--

### VALORI CARATTERISTICI PER PICCOLI VOLUMI

$\phi$	$\phi_{cv}$	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	$\gamma$ valori medie	$\gamma_s$ valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	
16.4			0.47	0.41	0.24	318	120	38	1.87	1.86	1845	1445	49.77
18.3			0.35	0.41	0.40	191	107	36	1.64	1.64	1805	1405	11.75
20.0			0.07	0.47	0.40	218	132	44	1.74	1.80	1750	1350	4.65
18.8			0.00	0.53	0.40	280	164	55	2.05	2.08	1833	1433	3.12
23.9			0.00	0.64	0.40	241	114	38	2.09	2.11	1695	1295	1.79
23.0			0.00	0.41	0.40	256	150	49	1.98	2.03	1755	1355	1.70
22.9			0.00	0.63	0.40	382	233	79	2.77	2.80	1793	1393	2.23
23.6	21.9	27.4			0.35	511	195	116	0.47	1.25	1894	1494	2.94
36.8	32.8	47.5			0.36	711	403	229	0.00	1.09	1906	1506	
23.1			0.00	0.82	0.40	423	246	85	3.01	3.08	1820	1420	1.79
37.6	32.8	53.2			0.36	917	475	321	1.14	2.83	1975	1575	

UNITA' GEOTECNICA	CPT 7		Ic MEDIANA	ZONA ROBERTSON	LITOTIPO PREVALENTE ROBERTSON 1990
	DA	A			
A	0.00	1.00	2.97	3	argilla-argilla limosa
B	1.00	2.20	2.93	4	limo argilloso-argilla limosa
C	2.20	7.00	2.89	4	limo argilloso-argilla limosa
D	7.00	15.00	2.98	3	argilla-argilla limosa
E	15.00	16.90	2.89	4	limo argilloso-argilla limosa
F	16.90	18.30	2.99	3	argilla-argilla limosa
G	18.30	20.80	2.84	4	limo argilloso-argilla limosa
H	20.80	24.60	2.45	5	sabbia limosa-limo sabbioso
I	24.60	26.60	1.83	6	sabbia-sabbia limosa
J	26.60	30.40	2.93	4	limo argilloso-argilla limosa
K	30.40	35.00	1.82	6	sabbia-sabbia limosa

### VALORI CARATTERISTICI PER GRANDI VOLUMI

$\phi$	$\phi_{cv}$	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	$\gamma$ valori medie	$\gamma_s$ valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	
19.6			0.49	0.70	0.24	375	192	65	2.51	2.51	1845	1445	49.77
20.9			0.44	0.69	0.40	321	183	61	2.41	2.41	1805	1405	11.75
23.0			0.28	0.64	0.40	273	175	58	2.27	2.28	1750	1350	4.65
22.0			0.14	0.87	0.40	431	256	86	3.04	3.04	1833	1433	3.12
25.9			0.00	0.80	0.40	298	169	57	2.69	2.70	1695	1295	1.79
24.9			0.00	0.70	0.40	349	222	75	2.71	2.73	1755	1355	1.70
25.3			0.00	1.20	0.40	445	286	96	3.61	3.62	1793	1393	2.23
31.3	28.4	39.4			0.35	711	403	206	2.80	3.35	1894	1494	2.94
38.8	32.6	61.3			0.36	819	722	358	6.99	8.26	1906	1506	
25.5			0.00	1.33	0.40	544	360	123	3.99	4.00	1820	1420	1.79
39.7	32.4	67.8			0.36	1039	820	465	10.19	11.43	1975	1575	

UNITA' GEOTECNICA	CPT 7		Ic MEDIANA	ZONA ROBERTSON	LITOTIPO PREVALENTE ROBERTSON 1990
	DA	A			
A	0.00	1.00	2.97	3	argilla-argilla limosa
B	1.00	2.20	2.93	4	limo argilloso-argilla limosa
C	2.20	7.00	2.89	4	limo argilloso-argilla limosa
D	7.00	15.00	2.98	3	argilla-argilla limosa
E	15.00	16.90	2.89	4	limo argilloso-argilla limosa
F	16.90	18.30	2.99	3	argilla-argilla limosa
G	18.30	20.80	2.84	4	limo argilloso-argilla limosa
H	20.80	24.60	2.45	5	sabbia limosa-limo sabbioso
I	24.60	26.60	1.83	6	sabbia-sabbia limosa
J	26.60	30.40	2.93	4	limo argilloso-argilla limosa
K	30.40	35.00	1.82	6	sabbia-sabbia limosa

### VALORI MEDI

$\phi$	$\phi_{cv}$	Dr	C'	Cu	P valori medie	Go	E	M	Ki	Kh	$\gamma$ valori medie	$\gamma_s$ valori medie	OCR valori medie
°	°	%	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	
20.3			0.49	0.77	0.24	387	208	70	2.65	2.65	1845	1445	49.77
21.3			0.45	0.74	0.40	345	197	66	2.56	2.56	1805	1405	11.75
23.2			0.29	0.66	0.40	277	178	59	2.32	2.32	1750	1350	4.65
22.2			0.16	0.89	0.40	440	262	88	3.10	3.10	1833	1433	3.12
26.2			0.00	0.82	0.40	307	176	59	2.78	2.78	1695	1295	1.79
25.4			0.00	0.76	0.40	369	238	81	2.87	2.87	1755	1355	1.70
25.6			0.01	1.27	0.40	453	292	98	3.72	3.72	1793	1393	2.23
32.2	29.0	41.1			0.35	732	425	216	3.05	3.57	1894	1494	2.94
39.1	32.6	63.3			0.36	834	767	376	8.03	9.27	1906	1506	
25.7			0.00	1.38	0.40	556	371	126	4.08	4.09	1820	1420	1.79
39.9	32.3	69.1			0.36	1050	850	477	10.98	12.19	1975	1575	

### 10.1.2 VALUTAZIONE DELLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) – DEFORMAZIONI IRREVERSIBILI

A titolo indicativo si valuta il cedimento di un ipotetico rilevato con dimensioni di 14m+5m+5m, con altezza massima di 6 m. Ipoteticamente si considera un sovraccarico pari a 0 ton/mq, 5 ton/mq e 10 ton/mq.

Le valutazioni sono state eseguite con il software della Geostru.

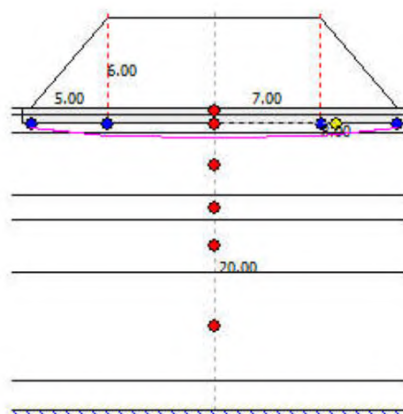
Riferimento zona	SEZIONE tipo
Pressione imposta in sul rilevato (t/m <sup>2</sup> )	0
1/2 Larghezza rettangolo (mt)	7
Larghezza base triangolo (mt)	5
Imposta piano di posa sbancamento (mt)	1
Gamma sbancamento (t/m <sup>3</sup> )	1.8
Incremento netto al piano di posa (t/m <sup>2</sup> )	8.6
Distanza asse - IV punto a scelta (mt)	8
DISTANZA PIANO DI POSA --> SUBSTRATO (mt)	20
Altezza rilevato (mt)	6
Gamma del rilevato (t/m <sup>3</sup> )	1.8
Gamma fondazione rilevato (t/m <sup>3</sup> )	1.8

Cedimenti per ogni strato

Strato	Spessore DH strato (mt)	Modulo edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Grado di consolidazione OCR	Asse (cm)	Bordo esterno (cm)	Piede (cm)	IV Punto (cm)
1	0.4	166	26	0.054	0.054	0.001	0.043
2	1.2	75	6	0.411	0.403	0.034	0.338
3	4.2	63	3	3.747	3.126	0.843	2.717
4	1.6	105	3	0.746	0.588	0.245	0.525
5	3.4	83	2	2.083	1.667	0.847	1.515
6	7.2	93	2	2.915	2.374	1.501	2.214

Cedimenti total

Asse	9.956	cm
Bordo	8.212	cm
Piede	3.471	cm
IV Punto	7.352	cm



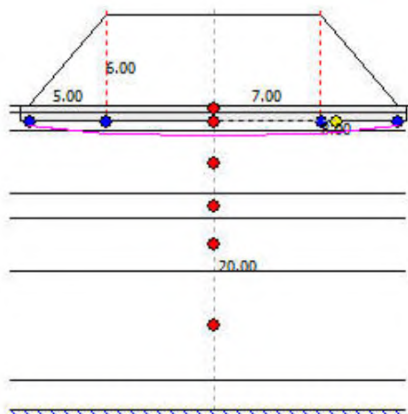
Riferimento zona	SEZIONE tipo
Pressione imposta in sul rilevato (t/m <sup>2</sup> )	5
1/2 Larghezza rettangolo (mt)	7
Larghezza base triangolo (mt)	5
Imposta piano di posa sbancamento (mt)	1
Gamma sbancamento (t/m <sup>3</sup> )	1.8
Incremento netto al piano di posa (t/m <sup>2</sup> )	13.6
Distanza asse - IV punto a scelta (mt)	8
DISTANZA PIANO DI POSA --> SUBSTRATO (mt)	20
Altezza rilevato (mt)	6
Gamma del rilevato (t/m <sup>3</sup> )	1.8
Gamma fondazione rilevato (t/m <sup>3</sup> )	1.8

Cedimenti per ogni strato

Strato	Spessore DH strato (mt)	Modulo edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Grado di consolidazione OCR	Asse (cm)	Bordo esterno (cm)	Piede (cm)	IV Punto (cm)
1	0.4	166	26	0.085	0.085	0.001	0.069
2	1.2	75	6	0.651	0.639	0.053	0.536
3	4.2	63	3	5.939	4.953	1.336	4.307
4	1.6	105	3	1.182	0.933	0.389	0.832
5	3.4	83	2	3.301	2.642	1.342	2.401
6	7.2	93	2	4.62	3.763	2.379	3.508

Cedimenti total

Asse	15.778	cm
Bordo	13.015	cm
Piede	5.5	cm
IV Punto	11.653	cm



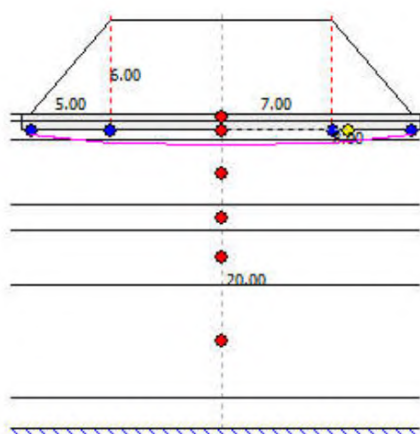
Riferimento zona	SEZIONE tipo
Pressione imposta in sul rilevato (t/m <sup>2</sup> )	10
1/2 Larghezza rettangolo (mt)	7
Larghezza base triangolo (mt)	5
Imposta piano di posa sbancamento (mt)	1
Gamma sbancamento (t/m <sup>3</sup> )	1.8
Incremento netto al piano di posa (t/m <sup>2</sup> )	18.6
Distanza asse - IV punto a scelta (mt)	8
DISTANZA PIANO DI POSA --> SUBSTRATO (mt)	20
Altezza rilevato (mt)	6
Gamma del rilevato (t/m <sup>3</sup> )	1.8
Gamma fondazione rilevato (t/m <sup>3</sup> )	1.8

Cedimenti per ogni strato

Strato	Spessore DH strato (mt)	Modulo edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Grado di consolidazione OCR	Asse (cm)	Bordo esterno (cm)	Piede (cm)	IV Punto (cm)
1	0.4	166	26	0.116	0.116	0.002	0.09
2	1.2	75	6	0.891	0.875	0.073	0.73
3	4.2	63	3	8.131	6.781	1.829	5.89
4	1.6	105	3	1.619	1.277	0.532	1.13
5	3.4	83	2	4.518	3.617	1.837	3.28
6	7.2	93	2	6.325	5.151	3.257	4.80

Cedimenti total

Asse	21.6	cm
Bordo	17.817	cm
Piede	7.53	cm
IV Punto	15.953	cm



## 11 CONCLUSIONI

La morfologia dell'area di interesse è pianeggiante e non presenta particolari degni di nota. Uno sguardo complessivo alle risultanze della prova effettuata evidenzia la presenza di terreni di alterazione superficiale fino a circa 0.3÷0.5 m dal piano di campagna attuale, seguono terreni prevalentemente limoso-argillosi, con intercalazioni di livelli di sabbia limosa, frequenti fino a circa 3.5÷4.0 m dal piano di campagna e rari fino alla massima profondità indagata di -30÷-34 m dal piano di campagna. Oltre, fino a -35 m dal piano di campagna, massima profondità indagata, si osservano terreni sabbiosi.

Il livello della falda freatica, alla data delle indagini geognostiche, presentata il seguente livello dal piano di campagna:

Prova n.	Data misura	Livello idrico m da p.c.
1	29-10-2018	Foro chiuso a -1.4 m
2	29-10-2018	2.6 m
3	29-10-2018	Foro chiuso a -0.1 m
4	29-10-2018	3.0 m
5	29-10-2018	2.9 m
6	15-03-2019	0.9 m
7	15-03-2019	0.9 m

Le dissipazioni eseguite in corrispondenza dei livelli sabbiosi, eseguite per le CPTU n. 6 e n. 7 ha evidenziato seguenti livelli idrici:

Prova n.	Data misura	Profondità dissipazione (m da p.c.)	Livello idrico (m da p.c.)	Tipo litologico	Permeabilità (cm/sec)
6	15-03-2019	21.00	3.30	sabbia	$6.55 \cdot 10^{-04}$
6	15-03-2019	35.00	3.60	sabbia	$5.94 \cdot 10^{-04}$
7	15-03-2019	24.00	3.40	sabbia	$3.06 \cdot 10^{-04}$

L'area è soggetta ad allagamenti poco frequenti (T=100-200 anni), unicamente con acque provenienti dal reticolo di bonifica.

Il Consorzio di Bonifica competente, come da specifica normativa, dovrà fornire il tirante idrico di riferimento a cui attenersi per la mitigazione del rischio idraulico.

Le misure dei microtremiti hanno evidenziato frequenze significative per l'ingegneria nei confronti dei fenomeni di risonanza del substrato del sito in esame, uniformi per le aree oggetto di variante, e, in ogni, caratterizzati da bassissima amplificazione.

<b>Misura HVSR</b>	<b>Frequenze fondamentali di vibrazione del deposito</b>	
Numero misura	Frequenza – f (Hz)	Periodo – T (sec)
T1	0.8÷1.1	1.25÷0.9
T2 e T3	0.9÷1.1	1.11÷0.9

### **NTC – 17-01-2018**

In base alla NTC 2018 il sito in esame è caratterizzato, considerando tempi di ritorno di **712 anni**, da accelerazione al bedrock sismico di  $a_{rif}=0.213g$  e da  **$Vs30=186\div211$  m/s**, quindi **categoria di suolo C** con fattore stratigrafico pari a  $S_s=1.39$ . Considerando che l'area presenta un fattore topografico pari ad uno, l'accelerazione massima alla superficie del sito in esame sarà pari  $a_{max}=0.296g$ .

Mentre, considerando per l'allargamento dell'autostrada una classe d'uso 4, a cui corrisponde un sisma di progetto con tempi di ritorno di 1898 anni, sempre considerando categoria C del suolo, risulta un coefficiente di amplificazione per tipo di suolo  $S=1.26$ , quindi l'accelerazione massima al suolo risulterà di  $a_{max} = 0.380g$ .

**D.G.R. n. 630/2019**

il sito di interesse ricade in zona di pianura 2.

Considerando le suddette  $Vs30$ , si ottengono le seguenti amplificazione dello spettro elastico:

- F.A. P.G.A. = 1.7
- F.A. INTENSITA' SPETTRALE  $0.1s < T_0 < 0.5s = 2.0$
- F.A. INTENSITA' SPETTRALE  $0.5s < T_0 < 1.0s = 3.0$
- F.A. INTENSITA' SPETTRALE  $0.5s < T_0 < 1.5s = 3.3$

Per quanto riguarda l'ag al suolo attribuita al sito in esame, facendo sempre riferimento alla già citata D.G.R., ma considerando un sisma di progetto di 475 anni, come previsto dalla D.G.R. in parola, si ha un valore pari a  $a_g = 0.183 * 1.7 = 0.311g$ , quindi di poco superiore rispetto a quanto ottenuto seguendo le procedure della normativa nazionale considerando un sisma di progetto con tempi di ritorno di 712 anni.

L'analisi di Risposta Sismica Locale (RSL), riportata in appendice, considerando un sisma di progetto con tempi di ritorno di 712 anni, ha evidenziato valori di  $a_g$  compresi tra 0.207g e 0.312g, media 0.269g, in linea con le risultanze ottenute con il metodo semplificato delle NTC2018.

Il substrato dell'area in esame, considerando tempi di ritorno di 712 anni non presenta rischio di liquefazione ed i cedimenti post sisma risultano ammissibili in riferimento agli stati limite previsti dalle NTC 2018.

Anche considerando un sisma di progetto con tempi di ritorno di 1898 anni, scenario considerato per le verticali CPTU n.6 e n.7, realizzate nella zona di ampliamento dell'autostrada, non risultano rischi di liquefazione. Inoltre, sempre in riferimento agli stati limite previsti dalla NTC2018, i cedimenti post sisma risultano ammissibili.

Alla luce delle indagini e delle valutazioni sopra esposte, si ammette l'idoneità dell'area di interesse ai fini della fattibilità geologica, sismica e geotecnica per la realizzazione delle previste opere di raccordo stradale, facendo menzione delle indicazioni riportate nella presente relazione.

Si rammenta che, in ogni caso che il progetto esecutivo dovrà essere corredato da opportuna relazione tecnica a carattere esecutivo, come prescritto dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni e dalle relative circolari esplicative che saranno in vigore all'atto degli esecutivi.

Ottobre, 2020

---

# Appendice

## ***Analisi di Risposta Sismica Locale***

### LA MODELLAZIONE STRATA

La modellazione numerica dei dati, ottenuti dalle diverse prove dirette ed indirette, è stata realizzata tramite l'ausilio del software STRATA (2008), sviluppato da Albert Kottke.

Nel corso dei passati terremoti, si è osservato che il comportamento dei terreni dipende dalle condizioni locali. Le amplificazioni dovute agli effetti locali sono simulate usando numerosi programmi che assumono condizioni di suolo semplificate, come strati di terreno orizzontali ed estesi infinitamente.

Uno dei programmi sviluppati per questo scopo è stato STRATA che calcola la risposta dinamica monodimensionale (1D) di una colonna di terreno utilizzando un modello di propagazione lineare delle onde, con proprietà variabili in funzione del livello deformativo. Il programma permette di eseguire analisi lineari elastiche (EL), dove le proprietà elastiche e lo smorzamento sono mantenuti costanti, o analisi equivalenti lineari (EQL) dove le proprietà elastiche e lo smorzamento vengono fatti variare in funzione del livello deformativo.

Il progenitore dei programmi 1D che utilizzano il metodo EQL è il programma SHAKE di Schnabel et al. (1972).

La verifica monodimensionale dell'amplificazione locale, tramite l'utilizzo di STRATA si compone di due fasi: elaborazione del modello, simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto. La prima fase consiste nell'inserire i dati (accelerazione, intervalli di tempo), relativi ai segnali di riferimento.

Le analisi di RSL sono state condotte considerando lo SLV con un sisma di progetto con tempi di ritorno di 712 anni.

Per lo SLV si è fatto riferimento ai tre accelerogrammi, selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion database" dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale e forniti per le analisi regionali di RSL, le cui tracce sismiche sono rappresentative del territorio della Regione Emilia-Romagna e che possono verificarsi sul sito oggetto di indagine.

I tre accelerogrammi di riferimento, forniti dalla RER, sono relativi a tre diversi possibili scenari:

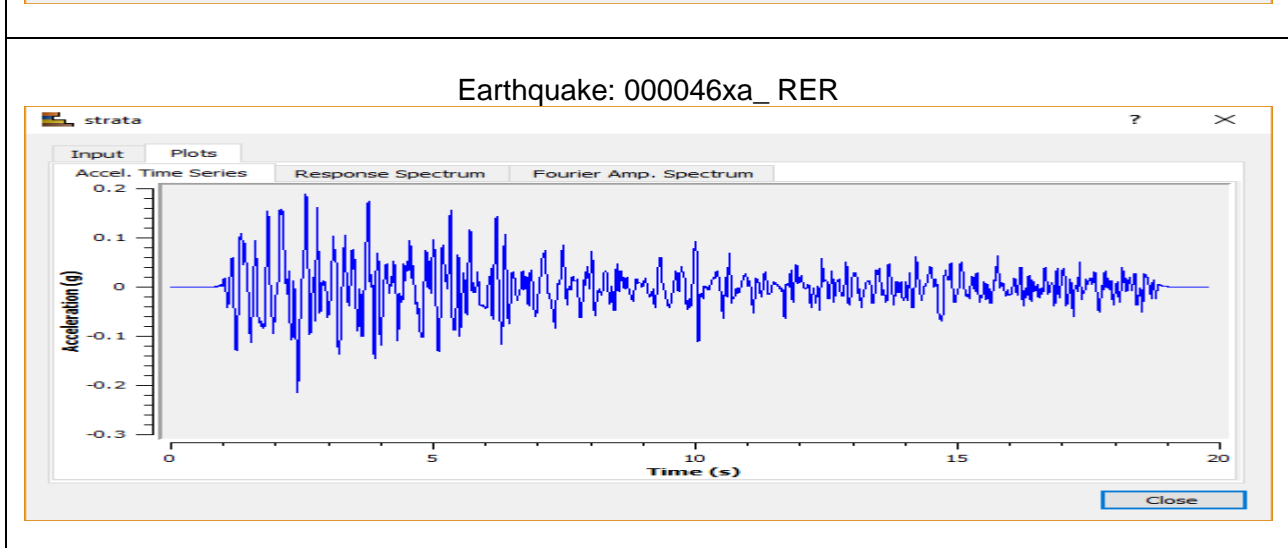
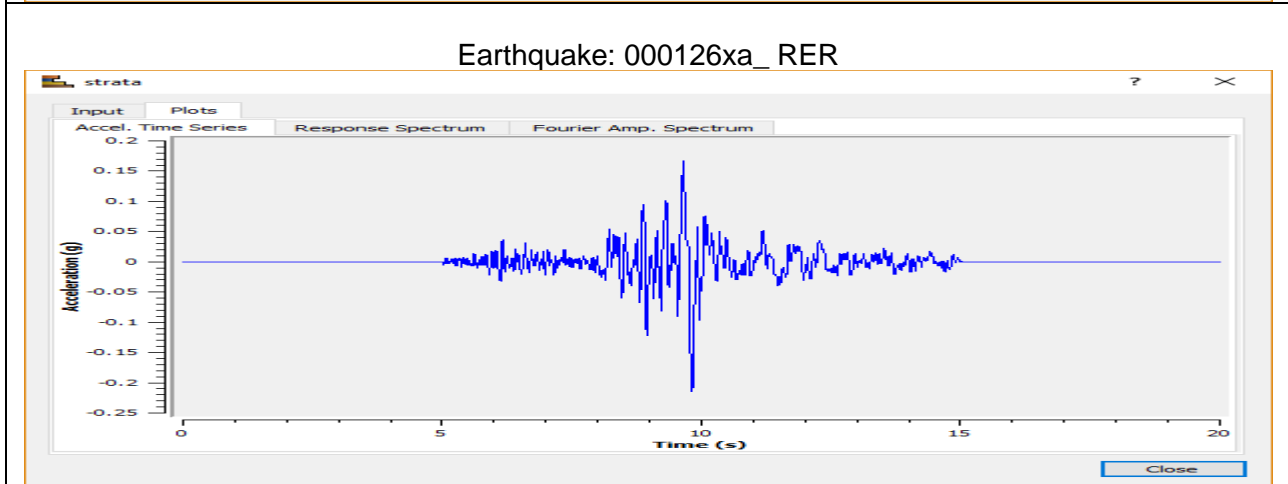
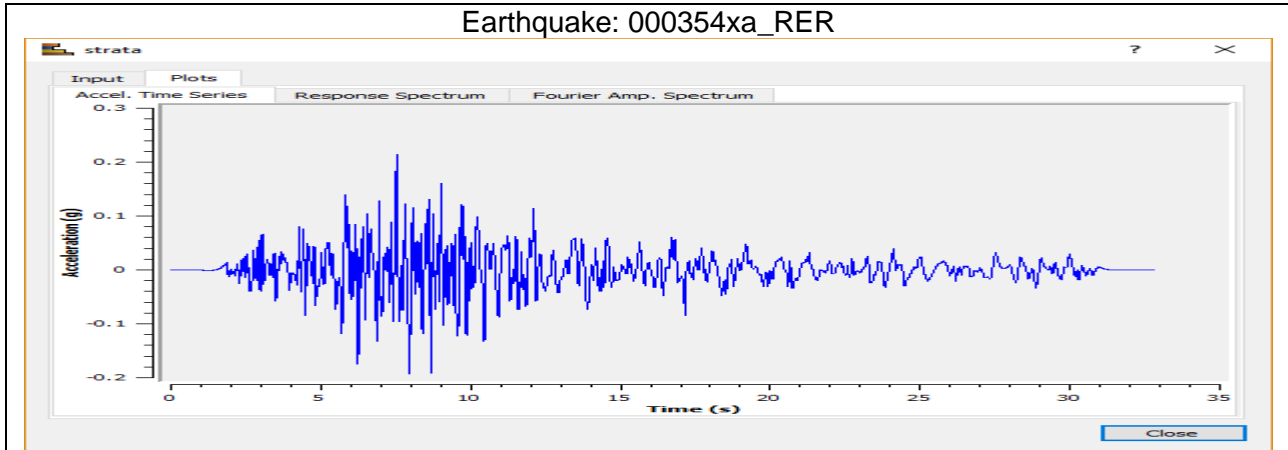
- 1) impulsivo;
- 2) con componente predominante alle alte frequenze;
- 3) con ampio contenuto in frequenze.

Inoltre, sono stati selezionati altri 4 sismogrammi compatibili con la risposta sismica di base del sito in esame con tempi di ritorno di 712 anni.

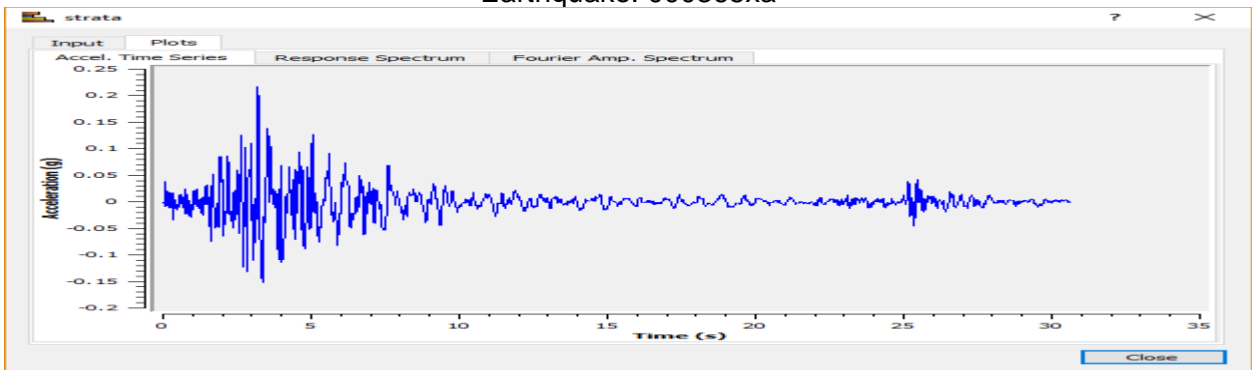
Dopo aver determinato gli input sismici, si è proceduto alla costruzione della colonna di sottosuolo di riferimento rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S ( $V_s$ ).

La stratigrafia che caratterizza il profilo stratigrafico è stata derivata dalle indagini geognostiche e geofisiche realizzate nel sito di interesse e ricavate dai dati del sottosuolo della zona in esame riportati in letteratura.

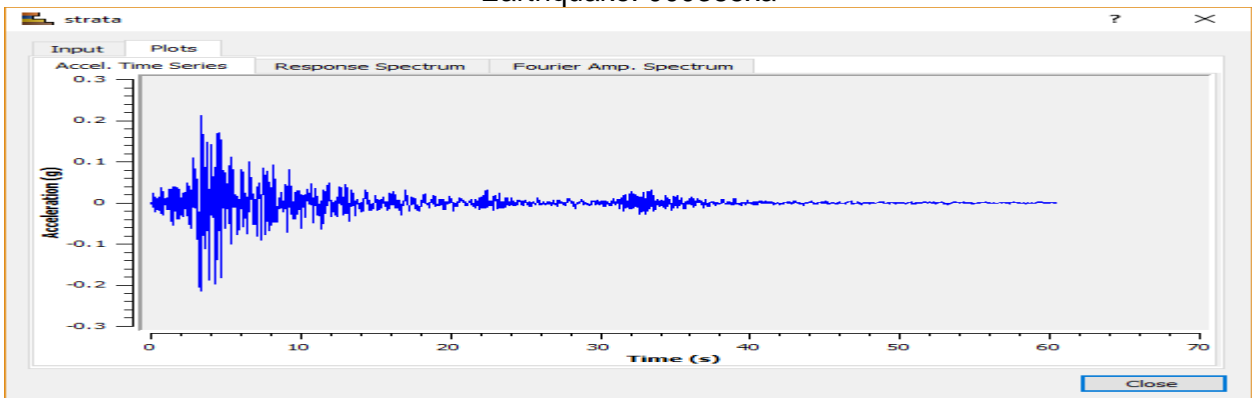
## Sismogrammi per SLV



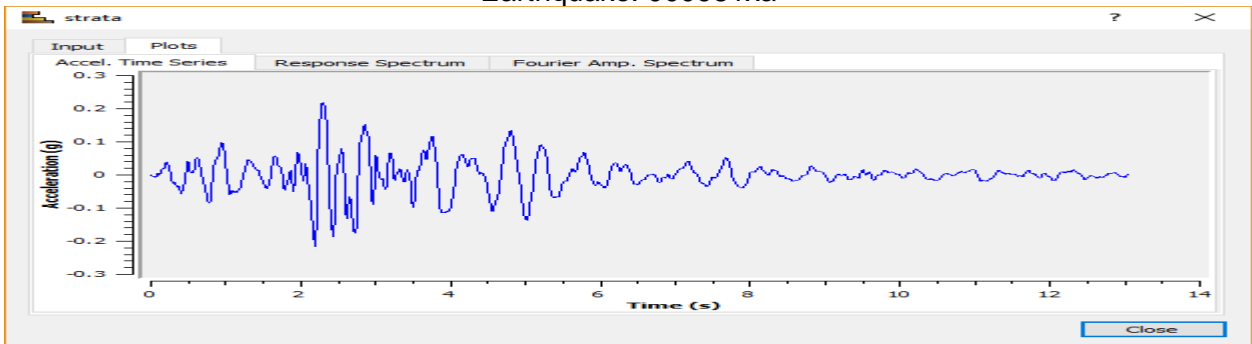
Earthquake: 000365xa



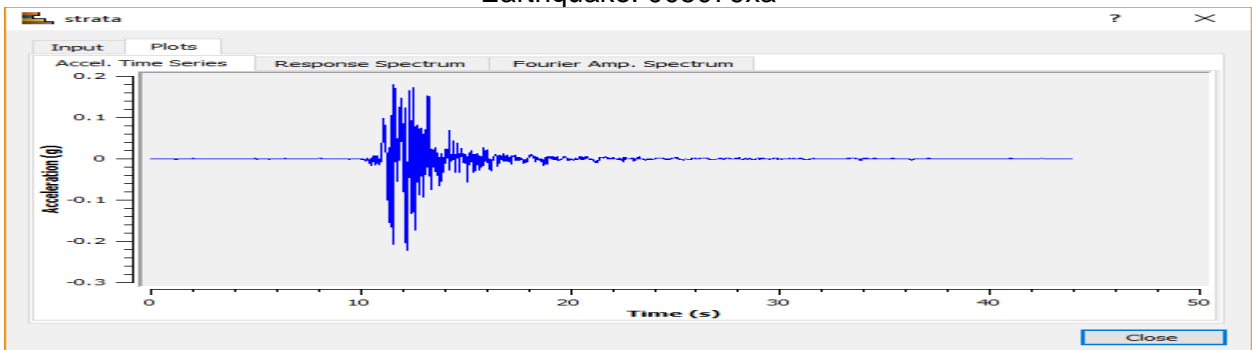
Earthquake: 000385xa



Earthquake: 000981xa



Earthquake: 005079xa



Dopo aver determinato gli input sismici, si è proceduto alla costruzione della colonna di riferimento rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (Vs).

La stratigrafia di input che caratterizza il profilo stratigrafico è stata derivata dalle indagini geognostiche e geofisiche realizzate sul sito di interesse e ricavate dai dati del sottosuolo della zona in esame riportati in letteratura.

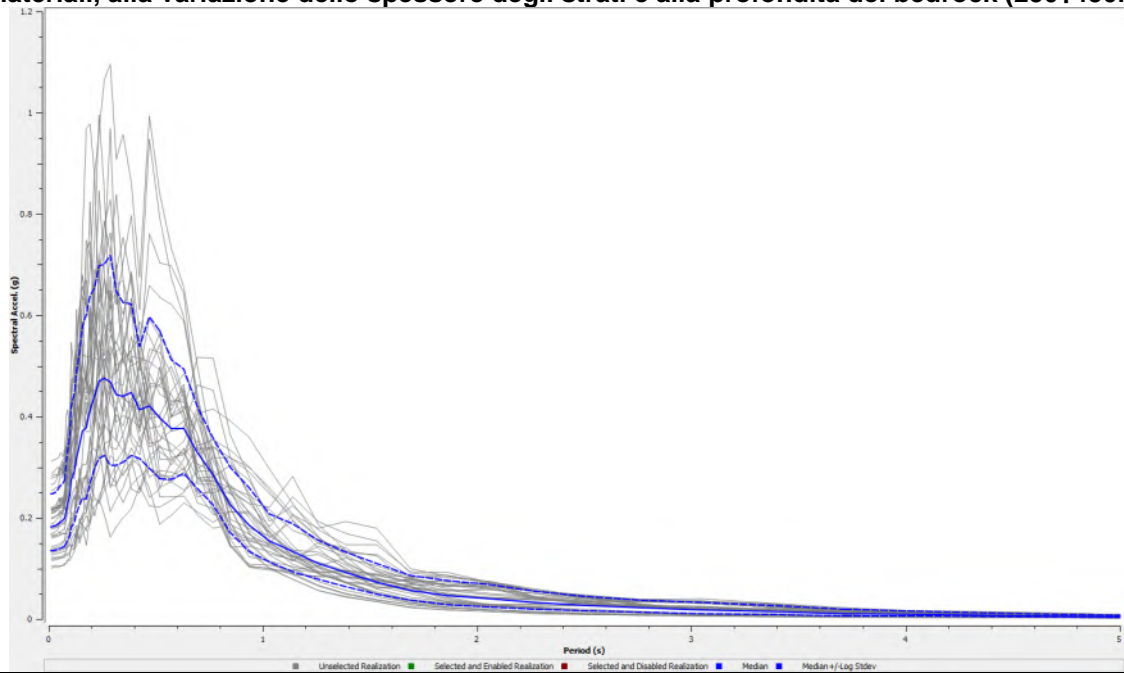
Nel caso specifico, in considerazione delle caratteristiche litologiche delle formazioni della zona di interesse, si è fatto riferimento al seguente modello litostratigrafico.

<b>Profondità (m)</b>	<b>Spessore (m)</b>	<b>Litologia prevalente</b>	<b>Tipo curve modulo di taglio</b>	<b>Tipo curve smorzamento</b>
0.00	0.50	sabbia	Idriss (1990), Sand	Idriss (1990), Sand
0.50	25.00	argilla	Idriss (1990), Clay	Idriss (1990), Clay
25.50	5.00	sabbia	Sand (superficie)	
30.50	10.00	argilla	Idriss (1990), Clay	Idriss (1990), Clay
40.50	75.00	argilla	EPRI (93), 250-500 ft	EPRI (93), 250-500 ft
115.50	25.00	argilla	Idriss (1990), Clay	Idriss (1990), Clay
140.50	10.00	sabbia	Idriss (1990), Sand	Idriss (1990), Sand
150.50	100.00	argilla	GEI (83), >500 ft	EPRI (93), 500-1000 ft
250.50	200.00	argilla	GEI (83), >500 ft	GEI (83), >500 ft
450.50	Half- Space	Substrato considerato	Bedrock	Bedrock

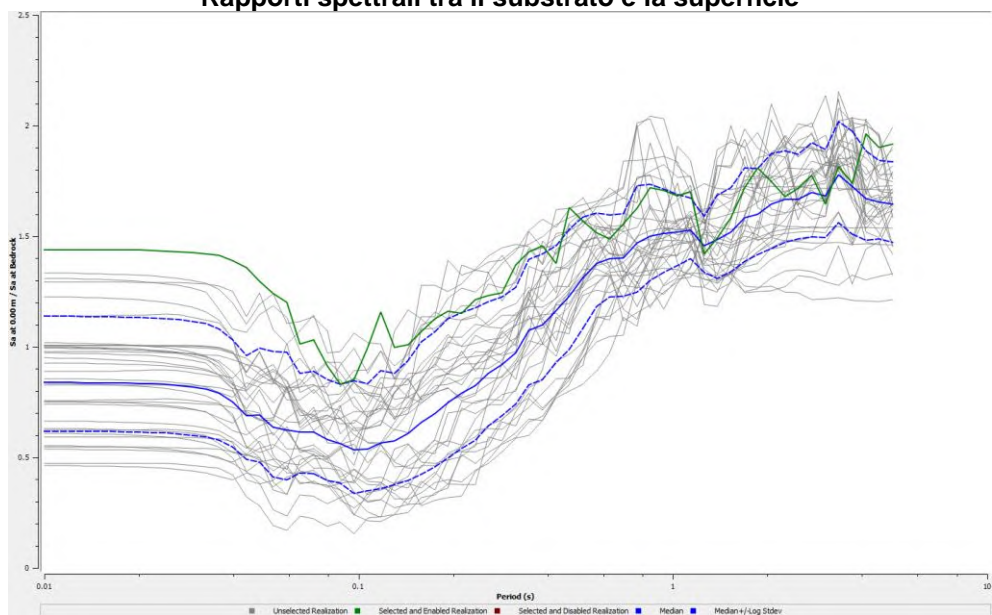
Utilizzando il programma STRATA si riportano i dati ricavati dalla modellazione numerica monodimensionale. Nella modellazione si è proceduto ad una analisi probabilistica facendo variare in modo automatico le velocità delle onde di taglio per ogni strato, il profilo stratigrafico, le caratteristiche dei terreni e le caratteristiche e la profondità del bedrock (tra 250m e 450 m). Sono poi stati scelti i profili con scenario più conservativi e coerenti con l'assetto sismostratigrafico del sito in esame, sui quali sono state eseguite analisi statistiche.

### Stato Limite della Vita – SLV

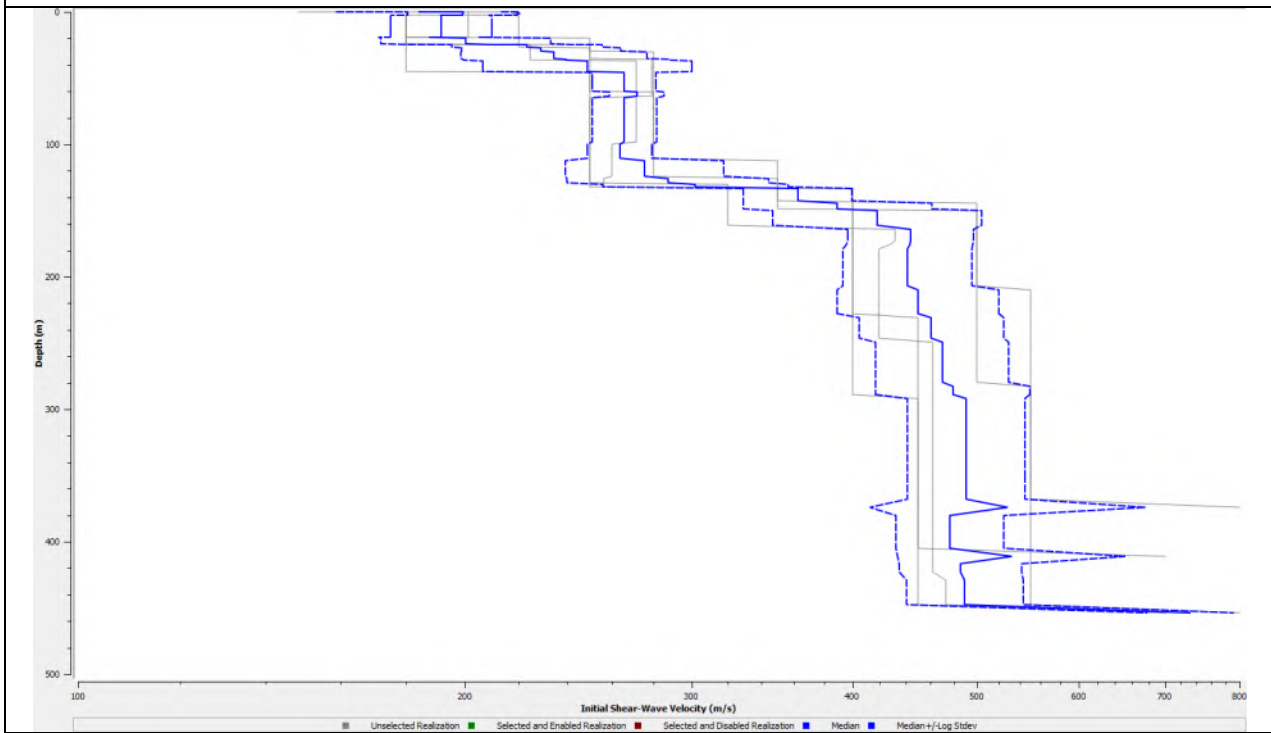
**Spettri elastici relativi ai possibili scenari in base alla variazione della Vs, delle curve di smorzamento dei materiali, alla variazione dello spessore degli strati e alla profondità del bedrock (250÷450m)**



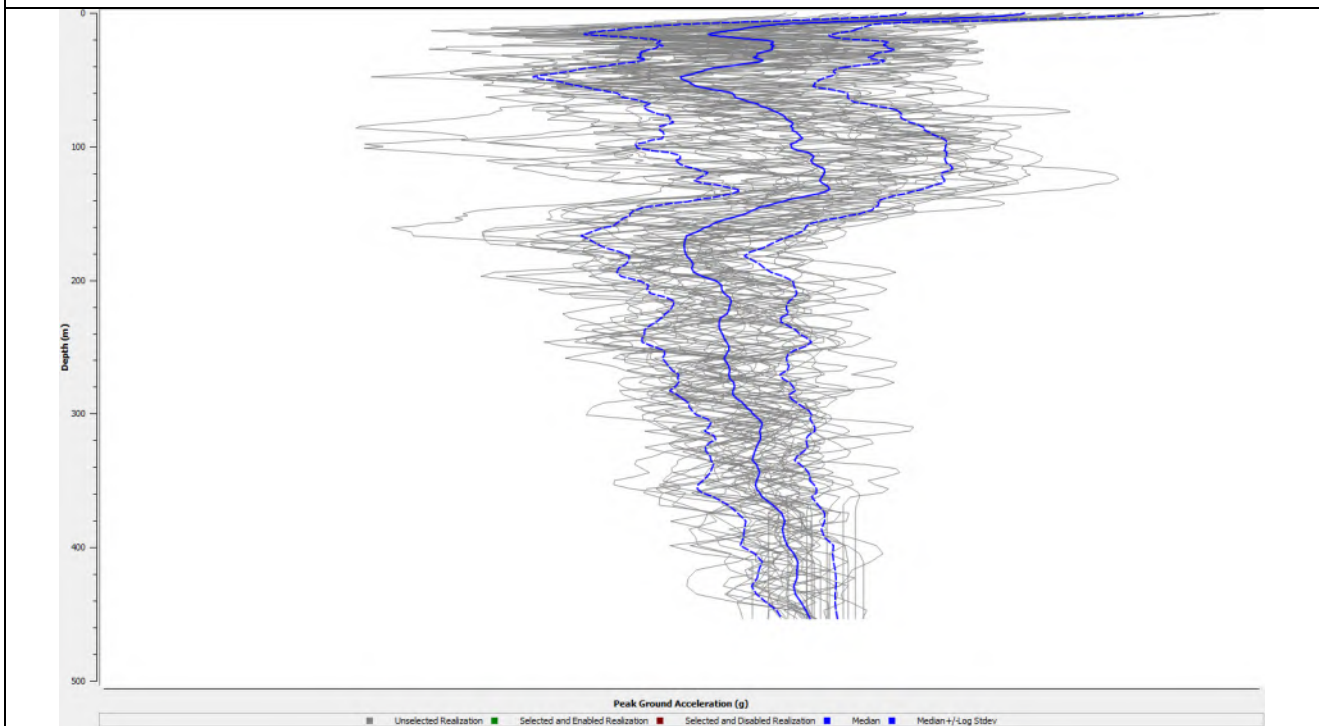
**Rapporti spettrali tra il substrato e la superficie**



### Profilo di Vs iniziale considerato nel Modello STRATA

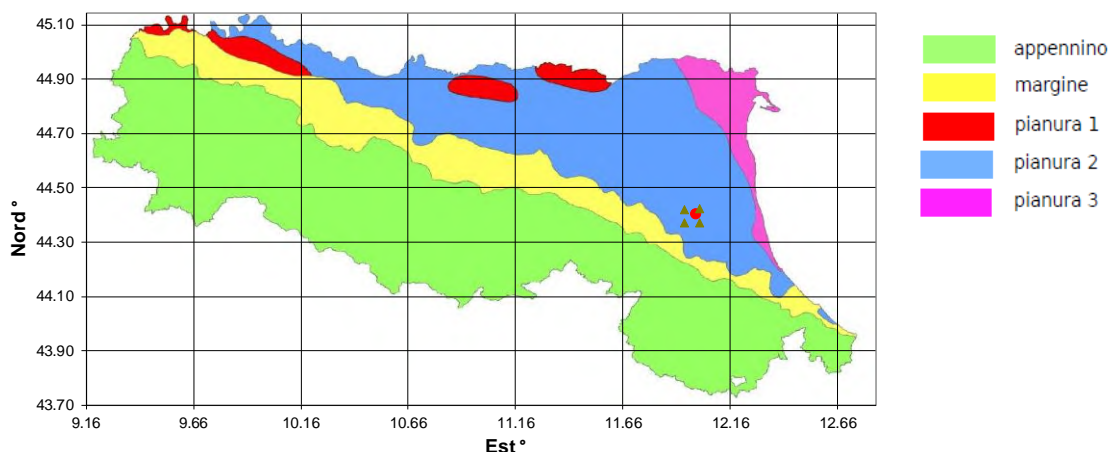


### Profilo accelerazione di picco nel Modello STRATA



Di seguito si valutano i rapporti spettrali PGA / PGO e SI / Slo in riferimento a quanto proposto dalla DGR 630/2019 rispetto al metodo semplificato di II° livello ed al III° livello con elaborazione delle tracce sismiche fornite dalla RER utilizzando il codice di calcolo STRATA e il profilo del suolo emerso dalle indagini geofisiche sull'area per la valutazione degli effetti in superficie.

Assumendo che il sito ricada in ambito di PIANURA 2, come definito dal rapporto "Abachi per la valutazione dei fattori di amplificazione per le indagini di microzonazione sismica di secondo livello in Emilia-Romagna" (A. Tento, L. Martelli, A. Marcellini, 2015), e considerando una classe di Vs30 = 200m/s, si ottengono i parametri sotto riportate.



<b>VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO</b>			
<b>Decreto Ministeriale 17-01-2018</b>		<b>Regione Emilia-Romagna DGR 630/2019</b>	
Latitude (gradi decimali ED50)	44.407400	44.407400	Latitude (gradi decimali ED50)
Longitude (gradi decimali ED50)	12.004200	12.004200	Longitude (gradi decimali ED50)
Accelerazione su suolo di riferimento rigido - SLV (ag/g)	0.183	0.183000	Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per To ( $a_{ref}$ )
Tipo di opera	2	PIANURA 2	Riferimento territoriale / Suolo di riferimento
Classe d'uso	2	Pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato da un'importante discontinuità stratigrafica con contatto di impedenza significativo tale da essere considerato il tetto del substrato rigido alla profondità tra 100-150m dal piano campagna	
Vita Nominale ( $V_N$ )	50 anni		
Coefficiente d'uso ( $C_U$ )	1.5		
Vita di riferimento ( $V_N \times C_U$ )	50 anni		
Tempi di ritorno (SLV)	712 anni	0	Profondità Bedrock sismico
		800	Velocità di taglio di riferimento del substrato marino ( $V_s$ ) (m/s), oppure Velocità onde di taglio Bedrock like ( $V_s$ ) (m/s)
Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ )	230	200	Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30m ( $V_{s30}$ ) (m/s)
Categoria di sottosuolo	C		
Coefficiente di amplificazione per tipo di suolo ( $S_s$ )	1.39	1.7	Fattore di Amplificazione del PGA. (Peak Ground Acceleration)
		2.0	Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. 0.1s < To < 0.5s)
		3.0	Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. 0.5s < To < 1.0s)
		3.3	Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. 0.5s < To < 1.5s)
Categoria topografica	T1		
Coefficiente di amplificazione per categoria topografica ( $S_T$ )	1.00	1.0	Coefficiente di amplificazione per categoria topografica ( $S_T$ )
Accelerazione massima orizzontale al suolo ( $a_{max}/g$ )= $a_v/g$ * $S_T$	<b>0.254</b>	<b>0.311</b>	Accelerazione massima orizzontale al suolo ( $a_v/g$ = $a_{ref}$ * F.A. PGA. * $S_T$ )

Dal modello STRATA è stato possibile anche ricavare gli spettri delle pseudo velocità relative che sono state utilizzate per la valutazione dell'intensità di Housner, utilizzata dalla RER nella definizione dello spettro elastico, successivamente utile per le considerazioni sulle opere ingegneristiche.

L'intensità di Housner è stata calcolata utilizzando un foglio di calcolo excel implementando l'integrazione della pseudo-velocity (calcolate dalle accelerazioni ottenute dalla modellazione con STRATA) per intervalli di  $dT = 0.11$  a  $0.52$  sec,  $dT = 0.52$  a  $1.03$  sec e  $dT = 0.52$  a  $1.53$  sec.

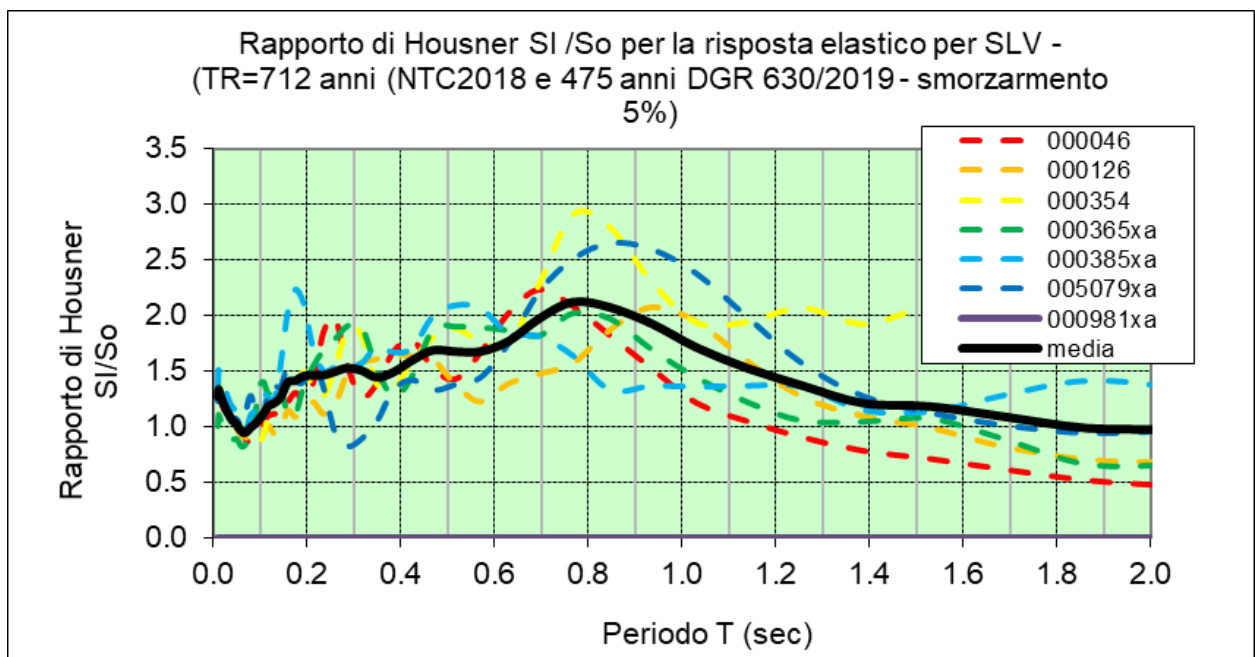
I valori sono stati confrontati con  $SI_0$  proposti dalla RER. I valori del rapporto sono osservabili nelle sotto riportate tabelle.

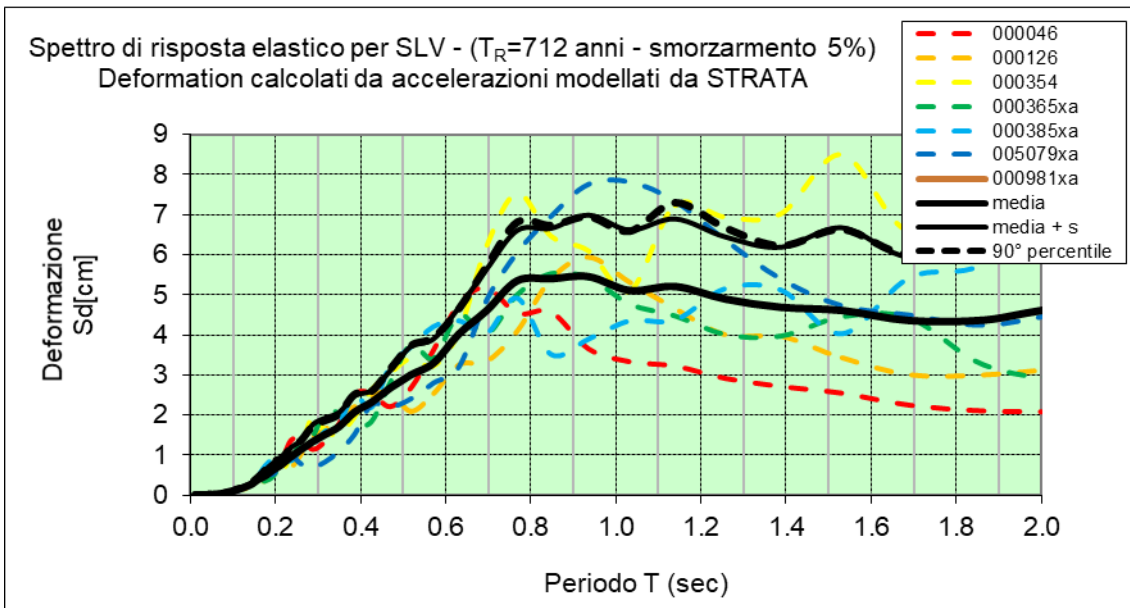
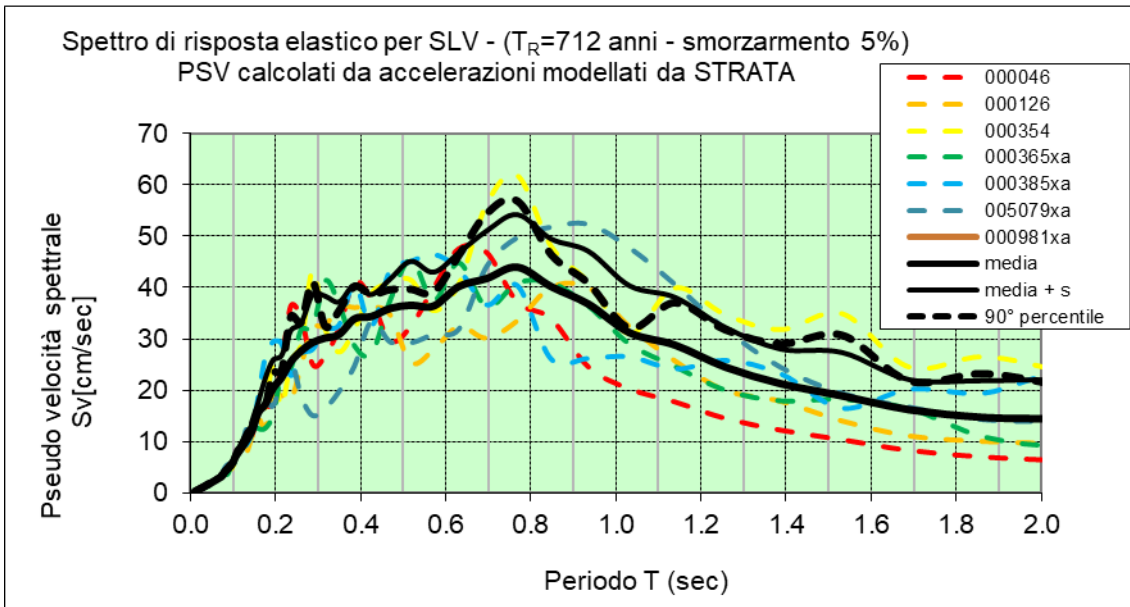
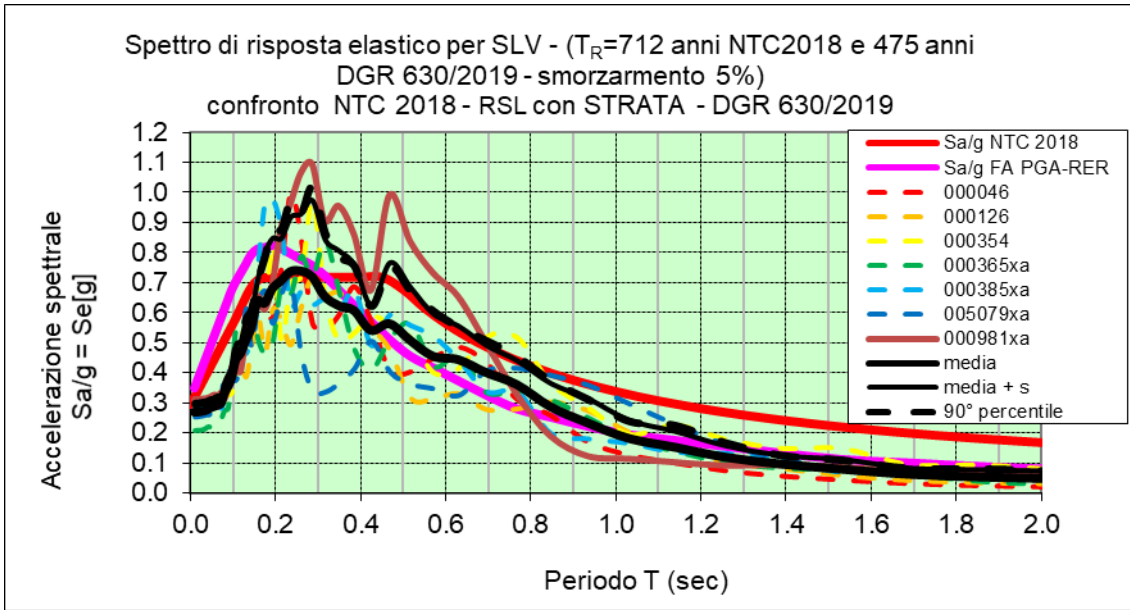
Si riporta anche la tabella del rapporto dei valori PGA del modello STRATA e quello della DGR 630/2019.

Riferimento accelerogramma	Intensità di Housner (SI) (cm) per intervalli ottenuto dalle PSV (Sv) SI =  PSV d(T)		Rapporto Intensità di Housner SI1/SIo		Intensità di Housner (SI) (cm) per intervalli ottenuto dalle PSV (Sv) SI =  PSV d(T)		Rapporto Intensità di Housner SI2/SIo		Intensità di Housner (SI) (cm) per intervalli ottenuto dalle PSV (Sv) SI =  PSV d(T)		Rapporto Intensità di Housner SI3/SIo	
	S1: 0.1 < T < 0.5		S2: 0.5 < T < 1.0		S3: 0.5 < T < 1.5							
000046	0.38	1.48	0.30	1.76	0.36	1.49						
000126	0.35	1.36	0.27	1.61	0.36	1.50						
000354	0.38	1.49	0.37	2.20	0.52	2.14						
000365xa	0.40	1.55	0.31	1.83	0.39	1.62						
000385xa	0.44	1.70	0.29	1.71	0.38	1.58						
005079xa	0.32	1.24	0.36	2.09	0.46	1.92						
000981xa												
media	0.38	1.47	0.32	1.86	0.41	1.71						
So	0.26	2.00	0.17	3.00	0.24	3.30						

Riferimento accelerogramma	PGA a To secondo la modellazione STRATA		Rapporto PGA/PGAo con PGAo secondo NTC2018 e DGR 630/2019
000046	0.265	1.243	
000126	0.278	1.304	
000354	0.288	1.352	
000365xa	0.208	0.976	
000385xa	0.283	1.330	
005079xa	0.253	1.188	
000981xa	0.313	1.471	
media	0.269	1.266	
PGAo	0.213		

Grafici degli spettri elastici di confronto ed il grafico delle amplificazioni SI / S<sub>Io</sub> per ogni intervallo dT considerato nella sopra citata integrazione.





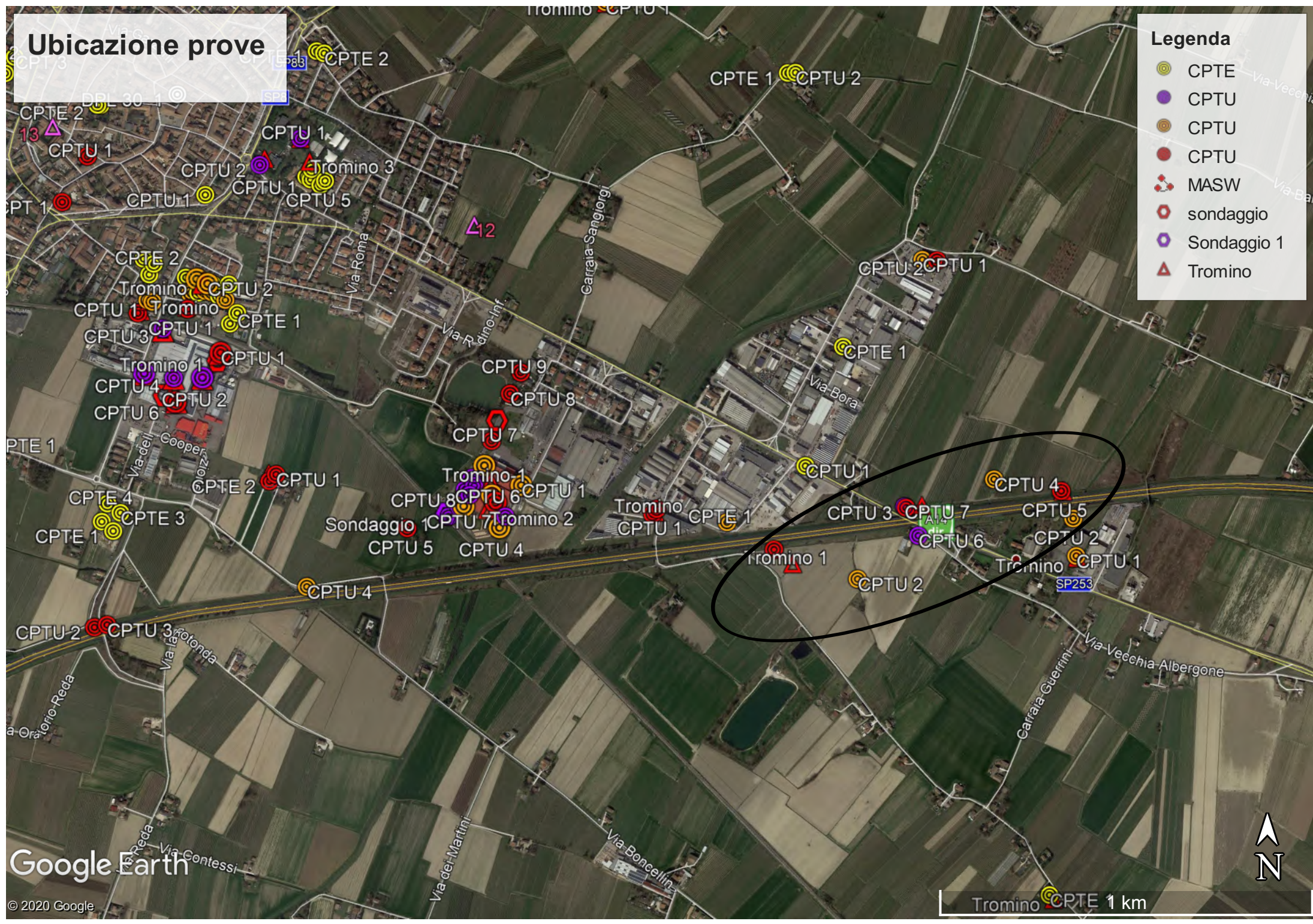
T (sec)	000046	000126	000354	000365xa	000385xa	005079xa	000981xa	mediana	media	Stdev (σ)	media + σ	90° percentile
0.0100	0.2645588	0.2776742	0.2878199	0.207700495	0.283062007	0.25295508	0.312487843	0.278	0.269	0.033	0.303	0.298
0.0110	0.2646915	0.2777525	0.2879217	0.207769146	0.283136846	0.253085763	0.312558162	0.278	0.270	0.033	0.303	0.298
0.0122	0.2648669	0.2778479	0.2880743	0.207852568	0.28322771	0.253244937	0.312643676	0.278	0.270	0.033	0.303	0.298
0.0134	0.2650655	0.2779541	0.2882697	0.207953944	0.283337891	0.253373241	0.31274766	0.278	0.270	0.033	0.303	0.298
0.0148	0.2653096	0.2780979	0.2885104	0.208077132	0.283471268	0.253612149	0.312874087	0.278	0.270	0.033	0.303	0.298
0.0164	0.2656105	0.2782724	0.288805	0.208226804	0.28363235	0.253903505	0.313035221	0.278	0.270	0.033	0.303	0.298
0.0181	0.2659823	0.2784841	0.2891662	0.208408618	0.283826243	0.254259058	0.313219416	0.278	0.270	0.033	0.304	0.299
0.0199	0.2664435	0.2787411	0.2896103	0.208626421	0.284077206	0.254693295	0.313443506	0.279	0.271	0.033	0.304	0.299
0.0220	0.2670185	0.2790527	0.2901006	0.208895126	0.284355241	0.255223359	0.313716269	0.279	0.271	0.033	0.304	0.300
0.0243	0.2676523	0.2794305	0.2907917	0.209219944	0.284679653	0.255870759	0.314047523	0.279	0.272	0.033	0.305	0.300
0.0268	0.2685769	0.2799163	0.2916546	0.20965601	0.285050027	0.256656318	0.314449528	0.280	0.272	0.033	0.305	0.301
0.0296	0.2697765	0.2804739	0.2927457	0.211075248	0.285450583	0.257435504	0.314936917	0.280	0.273	0.033	0.306	0.302
0.0327	0.2713866	0.2811585	0.2941555	0.213006975	0.285792247	0.258258532	0.315278792	0.281	0.274	0.032	0.307	0.303
0.0361	0.2737256	0.2820344	0.2960698	0.21603924	0.285663414	0.259476781	0.316041424	0.282	0.276	0.032	0.307	0.304
0.0398	0.2783402	0.2833284	0.2989216	0.219754534	0.284496685	0.260472056	0.317021491	0.283	0.277	0.031	0.308	0.306
0.0439	0.2923892	0.2879775	0.2998363	0.21992466	0.289243865	0.260818309	0.319081549	0.289	0.281	0.032	0.313	0.308
0.0485	0.2998756	0.2819296	0.2966094	0.224494594	0.293884348	0.273888946	0.322099753	0.294	0.285	0.031	0.315	0.309
0.0535	0.285644	0.2860605	0.3019199	0.237446565	0.293590138	0.28051479	0.326702642	0.286	0.287	0.027	0.314	0.312
0.0590	0.3002081	0.2824378	0.3100062	0.229778832	0.302898307	0.278295327	0.327554727	0.300	0.290	0.031	0.322	0.317
0.0652	0.2858092	0.3071482	0.3158651	0.232313479	0.310623823	0.281459147	0.320698973	0.307	0.293	0.031	0.324	0.318
0.0719	0.2939133	0.2965282	0.3152611	0.24812408	0.282161721	0.318009954	0.33438152	0.297	0.298	0.028	0.327	0.325
0.0794	0.3161915	0.3379536	0.3421889	0.274656377	0.32758352	0.398608818	0.312909796	0.328	0.330	0.038	0.368	0.365
0.0876	0.3599945	0.3609071	0.3252746	0.282311975	0.37566489	0.413197775	0.347320229	0.360	0.352	0.041	0.393	0.391
0.0967	0.4047704	0.350405	0.3316801	0.404194534	0.387607386	0.379433417	0.41355274	0.388	0.382	0.030	0.412	0.408
0.1067	0.4477794	0.4108976	0.4254978	0.54609416	0.452980178	0.376446638	0.438587032	0.439	0.443	0.052	0.495	0.490
0.1178	0.4769574	0.44337	0.5069966	0.490663106	0.503884647	0.417445595	0.405315291	0.477	0.464	0.042	0.505	0.505
0.1300	0.5020295	0.3872612	0.558996	0.501969291	0.464839591	0.611857795	0.515822621	0.502	0.506	0.071	0.577	0.580
0.1435	0.5028191	0.4943149	0.6129582	0.614244678	0.528182729	0.485092966	0.614561561	0.528	0.550	0.061	0.611	0.614
0.1583	0.6366506	0.5879922	0.6794937	0.509171241	0.758819629	0.635572781	0.65731234	0.637	0.638	0.077	0.715	0.711
0.1747	0.6172505	0.4681408	0.6173791	0.462856769	0.968752941	0.670359087	0.612752716	0.617	0.631	0.169	0.800	0.790
0.1929	0.5832816	0.6114905	0.8237997	0.501035194	0.977466487	0.564317745	0.693949999	0.611	0.679	0.168	0.847	0.885
0.2128	0.7497241	0.5733691	0.5075012	0.689896592	0.876473649	0.659007596	0.879037936	0.690	0.705	0.142	0.847	0.877
0.2349	0.995414	0.4937263	0.6991325	0.661840134	0.625137739	0.71047429	0.962370431	0.699	0.735	0.181	0.917	0.976
0.2593	0.8459787	0.6163944	0.7173112	0.786754633	0.669405029	0.465021663	1.065279786	0.717	0.738	0.190	0.928	0.934
0.2861	0.5626119	0.7200499	0.9690396	0.719942115	0.627105574	0.338706658	1.096931754	0.720	0.719	0.253	0.972	1.020
0.3158	0.543939	0.6611315	0.6473212	0.838358065	0.644834721	0.335268313	0.908545633	0.647	0.654	0.188	0.842	0.866
0.3486	0.5925221	0.6680449	0.5048527	0.673310424	0.601140077	0.364554186	0.957245533	0.601	0.623	0.182	0.805	0.787
0.3847	0.6858829	0.6020291	0.5309896	0.477249996	0.678186946	0.413104726	0.86182366	0.602	0.607	0.151	0.758	0.756
0.4246	0.568437	0.54954	0.5869681	0.409399116	0.490909304	0.504695803	0.676142757	0.550	0.541	0.084	0.625	0.623
0.4686	0.4057238	0.4745844	0.5580019	0.513484943	0.592657047	0.40203964	0.993701723	0.513	0.563	0.203	0.766	0.753
0.5172	0.4034614	0.3155828	0.5131501	0.563404912	0.557388006	0.362120837	0.838164921	0.513	0.508	0.175	0.683	0.673
0.5708	0.4495321	0.3141624	0.3984386	0.420898402	0.520847172	0.346669578	0.733595248	0.421	0.455	0.140	0.595	0.606
0.6300	0.4847696	0.3303486	0.4135529	0.455902008	0.442137821	0.324558096	0.65461839	0.442	0.444	0.111	0.555	0.553
0.6953	0.4323531	0.2783603	0.5176633	0.333914673	0.33734644	0.406292352	0.501124976	0.406	0.401	0.090	0.491	0.508
0.7674	0.3110302	0.2805395	0.5151034	0.341476889	0.336658752	0.414967323	0.329602981	0.337	0.361	0.079	0.440	0.455
0.8469	0.2573688	0.3032622	0.3627669	0.309680369	0.197385398	0.391340012	0.190258319	0.303	0.287	0.077	0.365	0.374
0.9347	0.1685901	0.2740785	0.2808844	0.249363518	0.179756274	0.358131349	0.123295496	0.249	0.233	0.081	0.314	0.312
1.0316	0.1262879	0.2012596	0.1928613	0.179916515	0.164832825	0.29619186	0.114684147	0.180	0.182	0.060	0.242	0.239
1.1386	0.1002123	0.1447449	0.2244192	0.13850682	0.135957342	0.228069386	0.103418564	0.139	0.154	0.053	0.206	0.226
1.2566	0.0744215	0.1021594	0.1769715	0.101958396	0.131692783	0.162435329	0.09251681	0.102	0.120	0.038	0.158	0.168
1.3869	0.0568975	0.0828475	0.1469937	0.082858572	0.107284544	0.113062226	0.09435696	0.094	0.098	0.029	0.126	0.127
1.5307	0.043817	0.0590228	0.1461022	0.0763266	0.069313887	0.081311304	0.086943083	0.076	0.080	0.032	0.113	0.111
1.6894	0.0317253	0.0424138	0.0929377	0.062182117	0.076723825	0.063498014	0.074603132	0.063	0.063	0.021	0.084	0.083
1.8645	0.024366	0.0347937	0.0912514	0.037493043	0.066948097	0.049191543	0.074390608	0.049	0.054	0.024	0.078	0.081
2.0578	0.0197052	0.0300001	0.0732864	0.02824981	0.071995248	0.043553577	0.069751837	0.044	0.048	0.023	0.071	0.073
2.2711	0.0150628	0.0243786	0.0554244	0.029376872	0.044067633	0.039302481	0.056772253	0.039	0.038	0.016	0.053	0.056
2.5066	0.0119514	0.0190654	0.0464063	0.031263074	0.030578196	0.034223808	0.043406921	0.031	0.031	0.012	0.043	0.045
2.7665	0.0094547	0.0148669	0.0391778	0.028050772	0.023366804	0.034365768	0.028932965	0.028	0.025	0.010	0.036	0.036
3.0533	0.0077162	0.0108814	0.0339621	0.023478259	0.019447579	0.03071533	0.019701546	0.020	0.021	0.010	0.030	0.032
3.3698	0.0063038	0.0105788	0.0301161	0.017244534	0.0207433925	0.023647197	0.017575793	0.018	0.018	0.008	0.026	0.026
3.7192	0.0050241	0.0060999	0.0192464	0.014702837	0.018180681	0.017371407	0.008931446	0.015	0.013	0.006	0.019	0.019
4.1048	0.0041252	0.0060822	0.0151004	0.010079462	0.013078343	0.013105735	0.011229352	0.011	0.010	0.004	0.014	0.014
4.5303	0.0033442	0.0037447	0.0122192	0.007922143	0.009430385	0.00980485	0.007974447	0.008	0.008	0.003	0.011	0.011
5.0000	0.0027187	0.0029792	0.0090695	0.006400184	0.006503441	0.007015097	0.005074178	0.006	0.006	0.002	0.008	0.008

# ALLEGATI

# Ubicazione prove






## Legenda

- CPTe
- CPTU
- CPTU
- CPTU
- MASW
- sondaggio
- Sondaggio 1
- ▲ Tromino



# Ubicazione prove

### Legenda

-  CPTU 15 m
-  CPTU 20 m
-  CPTU 35 m
-  MASW
-  Misura HVSR





CPTU 7  
CPTU 3

Tromino 2 MASW

CPTU 6



Comune Bagnacavallo  
Via A14dir X SP San Vitale  
Localita' Borgo Stecchi  
Committente Provincia di Ravenna  
Data 29/10/2018

Falda foro chiuso a 1.40m  
Sigla della Punta Tecnopenta 100707  
Azzeramento Inizio prova  
Ultimo taratura guadagno 15-ott-2018  
Ultimo taratura per deriva termica 15-ott-2018

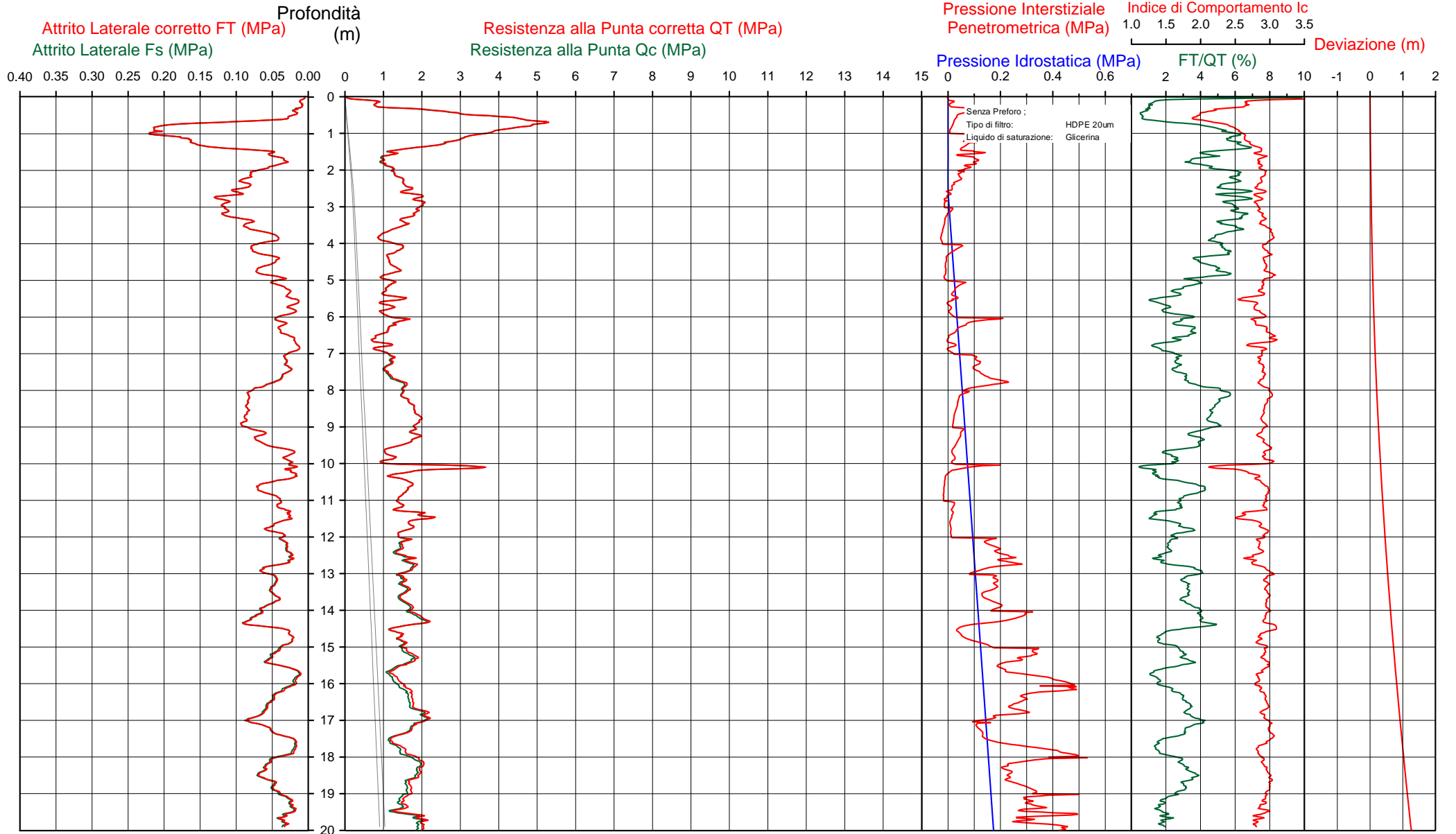


Società di  
Geologia  
Territoriale

S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.  
Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)  
www.geo55.com

# CPTU

## 1



CPTU

1

Data  
Cantiere / Via  
Località  
Comune  
Profondità falda idrica m.

29/10/2018  
A14dir X SP San Vitale  
Borgo Stecchi  
Bagnacavallo  
2.60 foro chiuso a 1.40m



Società di  
Geologia  
Territoriale

S.G.T. sas.  
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs20
156

qt	Qc1N ft daN/cm <sup>2</sup>	ft daN/cm <sup>2</sup>	FT/Qnet %	lc Robertson	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm <sup>2</sup>	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm <sup>2</sup>	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
6.6	11.2	0.09	2.4	2.93	limo argilloso-argilla limosa	0.30			Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.47	25.67	31.6	107
22.1	37.5	0.18	0.8	2.21	sabbia limosa-limo sabbioso	0.40			Sciolta	34.6	39.2	.	.	69.8	132
36.3	61.7	0.22	0.6	1.96	sabbia-sabbia limosa	0.60			Mediamente Addensata	51.1	40.7	.	.	111.8	143
49.6	84.4	1.32	2.7	2.22	sabbia limosa-limo sabbioso	0.80			Mediamente Addensata	61.4	41.3	.	.	256.2	198
40.7	69.2	2.14	5.3	2.54	sabbia densa a sabbia argillosa	1.00			fortemente sovraconsolidato	54.8	39.7	.	.	231.5	219
27.5	46.7	1.65	6.1	2.70	limo argilloso-argilla limosa	1.40			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.30	34.51	154.3	198
13.0	22.0	0.62	4.8	2.85	limo argilloso-argilla limosa	1.60			Plastica	.	.	0.79	11.02	74.3	150
10.1	17.3	0.38	3.8	2.87	limo argilloso-argilla limosa	1.90			Plastica	.	.	0.66	7.01	58.8	133
16.3	25.8	0.96	6.1	2.87	limo argilloso-argilla limosa	3.60			Plastica	.	.	0.94	5.97	91.7	168
10.2	15.2	0.54	5.6	3.02	argilla-argilla limosa	4.00			Plastica	.	.	0.66	4.25	57.9	144
12.8	17.8	0.62	5.1	2.94	limo argilloso-argilla limosa	4.70			Plastica	.	.	0.79	5.07	72.9	153
11.4	15.4	0.54	5.1	2.99	argilla-argilla limosa	5.00			Plastica	.	.	0.72	4.37	65.3	148
11.4	14.6	0.28	2.7	2.83	limo argilloso-argilla limosa	6.00			Plastica	.	.	0.72	3.73	59.6	133
13.0	15.8	0.39	3.3	2.86	limo argilloso-argilla limosa	6.40			Plastica	.	.	0.80	4.15	75.9	145
8.3	10.0	0.25	3.4	3.03	argilla-argilla limosa	6.70			Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.56	2.49	48.5	125
11.2	12.9	0.26	2.6	2.87	limo argilloso-argilla limosa	7.70			Plastica	.	.	0.71	2.82	57.5	133
15.4	16.7	0.71	5.1	2.95	argilla-argilla limosa	8.30			Plastica	.	.	0.90	3.34	88.0	167
18.2	18.5	0.79	4.8	2.91	limo argilloso-argilla limosa	9.50			Plastica	.	.	1.01	3.51	104.2	177
11.3	10.9	0.29	3.0	2.97	argilla-argilla limosa	10.00			Plastica	.	.	0.72	2.31	66.6	139

H2O

CPTU

1

Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

29/10/2018  
 A14dir X SP San Vitale  
 Borgo Stecchi  
 Bagnacavallo  
 2.60 foro chiuso a 1.40m



Società di  
**Geologia**  
**Territoriale**

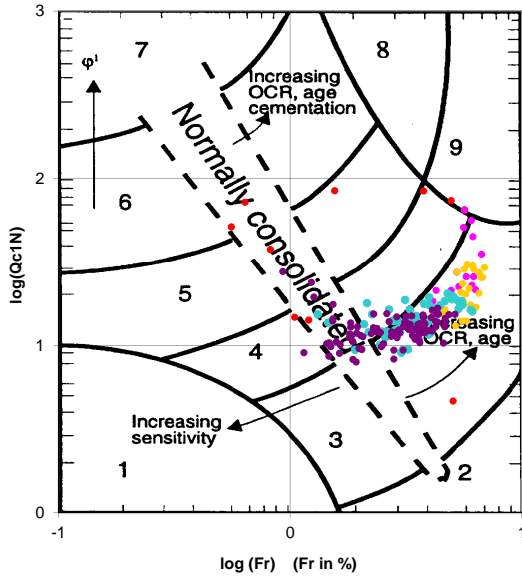
S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

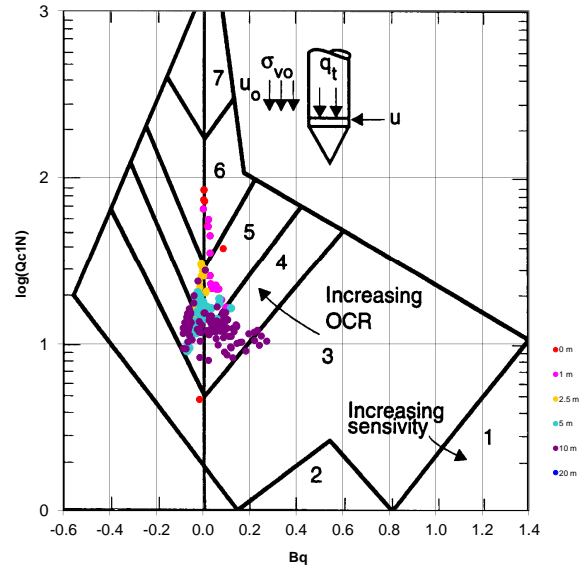
Vs20
156

qt	Qc1N kN/m <sup>2</sup> Boulinger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Robertson 1990	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm <sup>2</sup>	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm <sup>2</sup>	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
27.0	25.9	0.24	1.1	2.40	sabbia limosa-limo sabbioso	10.20			Sciolta	22.4	33.2	.	.	89.1	159
15.4	14.3	0.47	3.4	2.89	limo argilloso-argilla limosa	10.90			Plastica	.	.	0.90	2.64	89.7	157
14.1	12.7	0.38	3.2	2.92	limo argilloso-argilla limosa	11.30			Plastica	.	.	0.84	2.35	82.2	153
20.7	18.6	0.26	1.4	2.59	sabbia limosa-limo sabbioso	11.50			Molto Sciolta	11.5	31.7	.	.	73.1	154
16.0	13.7	0.37	2.7	2.85	limo argilloso-argilla limosa	12.90			Plastica	.	.	0.92	2.75	83.3	155
15.9	12.8	0.51	3.8	2.97	argilla-argilla limosa	14.10			Plastica	.	.	0.92	2.28	92.5	166
20.4	16.1	0.77	4.3	2.93	limo argilloso-argilla limosa	14.30			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.09	2.72	117.8	186
15.6	11.5	0.36	2.7	2.91	limo argilloso-argilla limosa	16.50			Plastica	.	.	0.91	2.54	81.5	155
17.9	12.7	0.56	3.8	2.97	argilla-argilla limosa	16.70			Plastica	.	.	1.00	2.15	104.2	175
21.2	15.1	0.70	3.8	2.91	limo argilloso-argilla limosa	17.00			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.11	2.52	123.1	187
15.7	10.8	0.46	3.4	3.01	argilla-argilla limosa	17.60			Plastica	.	.	0.91	2.27	91.7	162
17.4	11.7	0.36	2.4	2.88	limo argilloso-argilla limosa	18.30			Plastica	.	.	0.98	1.53	81.8	159
18.1	11.8	0.56	3.8	2.99	argilla-argilla limosa	18.90			Plastica	.	.	1.00	2.13	104.8	176
16.3	10.4	0.28	2.2	2.90	limo argilloso-argilla limosa	19.70			Plastica	.	.	0.94	1.83	71.3	155
20.4	12.9	0.32	1.9	2.79	limo argilloso-argilla limosa				Solido-plastica (Duro)	.	.	1.08	2.10	81.7	166

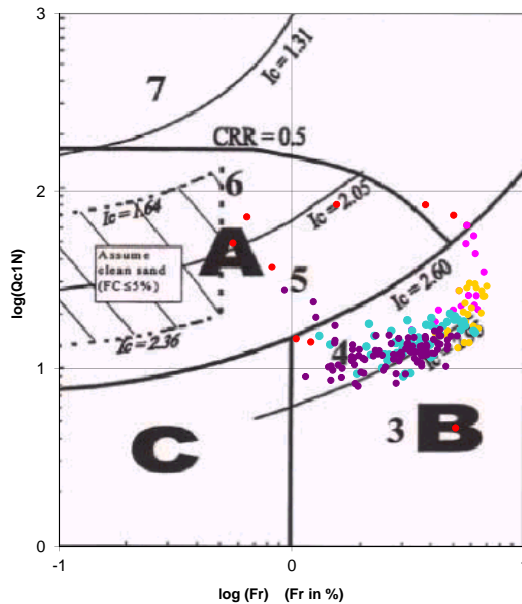
**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 (Robertson 1990)**



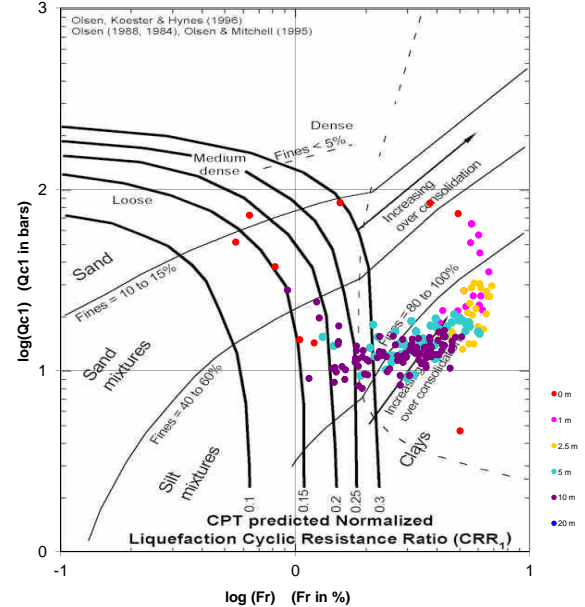
**Cross-plot Qc1N verso Bq  
 (Robertson 1990)**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Robertson 1996**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Olsen 1996**



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29/10/2018

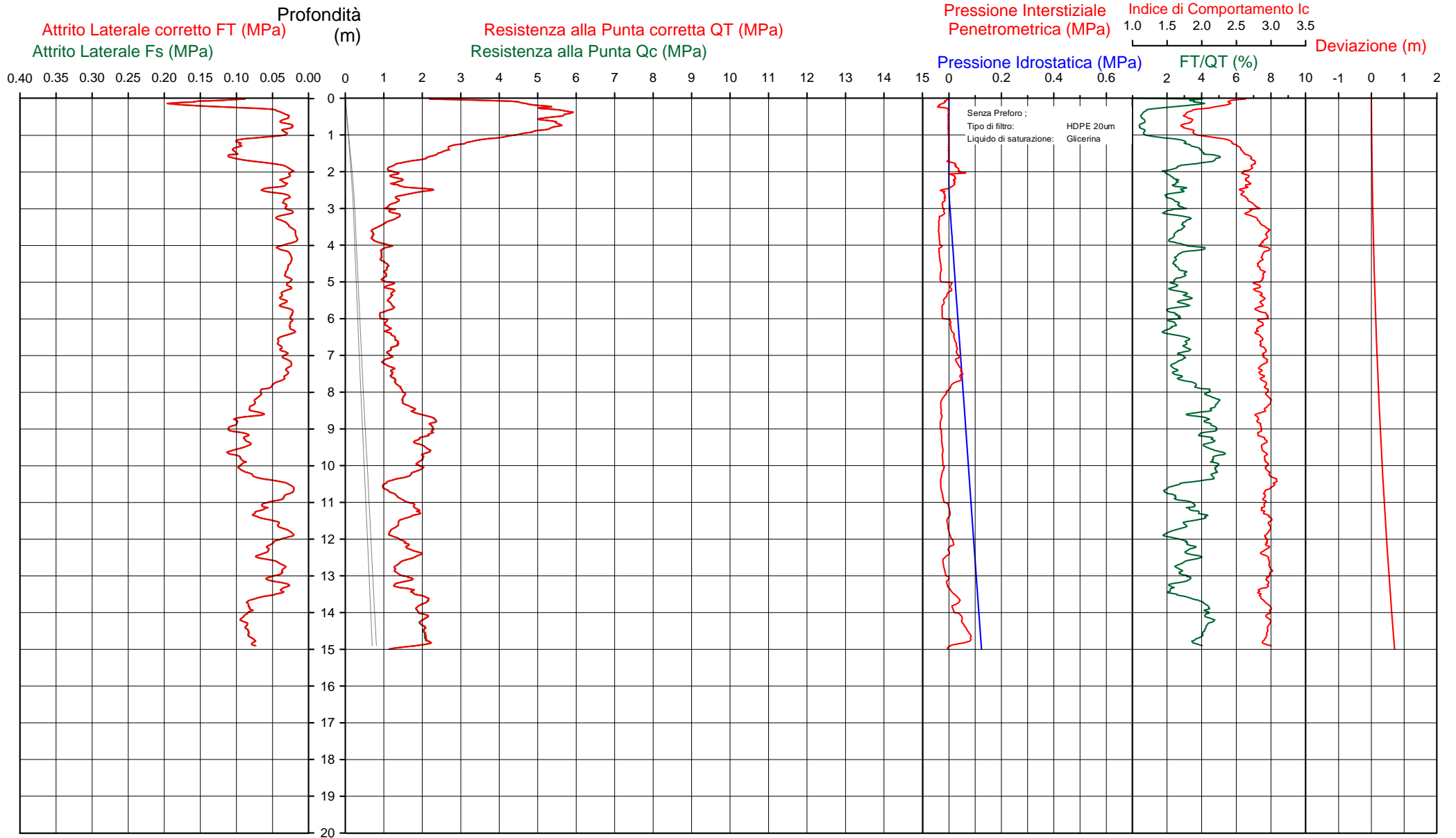
Falda 2.60 m  
 Sigla della Punta Tecnopenta 100707  
 Azzeramento Inizio prova  
 Ultimo taratura guadagno 15-ott-2018  
 Ultimo taratura per deriva termica 15-ott-2018



**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com

**CPTU 2**



CPTU

2

Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

29/10/2018  
 A14dir X SP San Vitale  
 Borgo Stecchi  
 Bagnacavallo  
 2.60



Società di  
 Geologia  
 Territoriale

S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs15
153

qt	Qc1N ruisseau Boulinger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Robertson	basato su Fr vs Qc1N	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990	Angolo Attrito Kulhaway & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009
daN/cm²	daN/cm²	%					m				%		daN/cm²		daN/cm²	m/sec
45.1	76.7	1.32	3.0	2.31	sabbia limosa-limo sabbioso		0.30			Mediamente Addensata	58.3	44.1	.	.	267.3	199
53.3	90.6	0.32	0.6	1.81	sabbia-sabbia limosa		1.00			Mediamente Addensata	63.7	41.6	.	.	164.3	159
29.7	50.5	0.95	3.4	2.48	sabbia limosa-limo sabbioso		1.60			Mediamente Addensata	44.4	37.2	.	.	172.9	178
13.9	23.7	0.42	2.9	2.68	limo argilloso-argilla limosa		2.40			Plastica	.	.	0.84	12.20	78.7	138
19.3	31.0	0.54	2.9	2.59	sabbia limosa-limo sabbioso		2.60		H2O	Sciolta	28.4	33.6	.	.	107.6	155
12.6	20.1	0.32	2.7	2.72	limo argilloso-argilla limosa		3.40			Plastica	.	.	0.78	6.28	66.0	134
7.6	12.0	0.20	2.9	2.92	limo argilloso-argilla limosa		3.90			Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.52	3.66	42.6	115
10.1	14.5	0.29	3.1	2.87	limo argilloso-argilla limosa		5.00			Plastica	.	.	0.66	3.48	58.8	130
11.8	15.6	0.32	3.0	2.83	limo argilloso-argilla limosa		5.80			Plastica	.	.	0.74	3.73	67.6	137
9.1	11.8	0.24	3.0	2.94	limo argilloso-argilla limosa		6.00			Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.60	2.64	52.4	126
11.6	14.1	0.31	2.9	2.87	limo argilloso-argilla limosa		7.30			Plastica	.	.	0.73	2.86	66.1	137
13.9	15.6	0.53	4.1	2.92	limo argilloso-argilla limosa		8.40			Plastica	.	.	0.84	2.90	80.5	155
20.2	20.4	0.92	5.0	2.89	limo argilloso-argilla limosa					Solido-plastica (Duro)	.	.	1.08	3.56	115.3	185

CPTU

2

Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

29/10/2018  
 A14dir X SP San Vitale  
 Borgo Stecchi  
 Bagnacavallo  
 2.60



**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

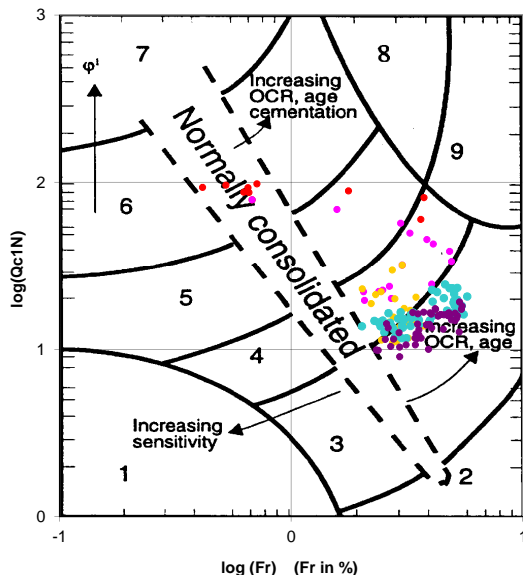
S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

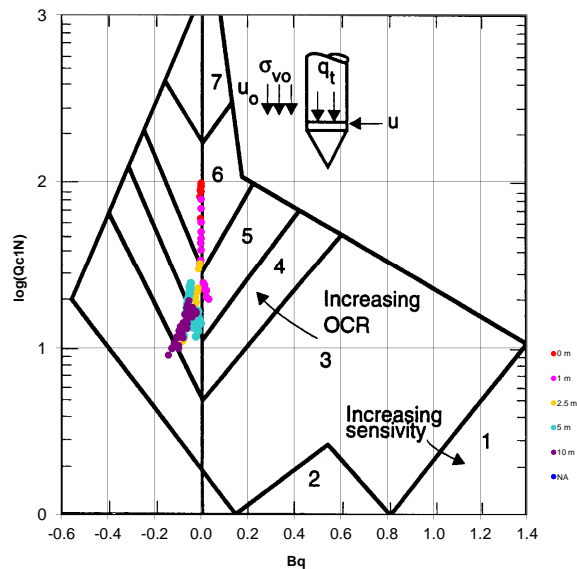
Vs15
153

qt	Qc1N Russell o Boulinger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Robertson 1990	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990	Angolo Attrito φ Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009
daN/cm²	daN/cm²	%		Robertson	basato su Fr vs Qc1N	m			1990	%		daN/cm²		daN/cm²	m/sec
							10.30								
11.3	10.6	0.40	4.0	3.05	argilla-argilla limosa		10.60		Plastica	.	.	0.72	2.44	65.4	145
15.4	14.1	0.47	3.3	2.90	limo argilloso-argilla limosa		11.30		Plastica	.	.	0.90	1.86	89.7	156
14.9	13.3	0.54	4.1	2.98	argilla-argilla limosa		11.70		Plastica	.	.	0.88	2.95	86.1	163
12.2	10.6	0.27	2.7	2.95	limo argilloso-argilla limosa		12.00		Plastica	.	.	0.76	1.93	63.5	142
17.1	14.7	0.57	3.8	2.92	limo argilloso-argilla limosa		12.50		Plastica	.	.	0.97	2.40	99.2	170
14.9	12.3	0.41	3.3	2.95	limo argilloso-argilla limosa		13.50		Plastica	.	.	0.88	2.40	86.9	157
20.4	16.2	0.81	4.6	2.94	limo argilloso-argilla limosa				Solido-plastica (Duro)	.	.	1.09	2.83	117.3	188

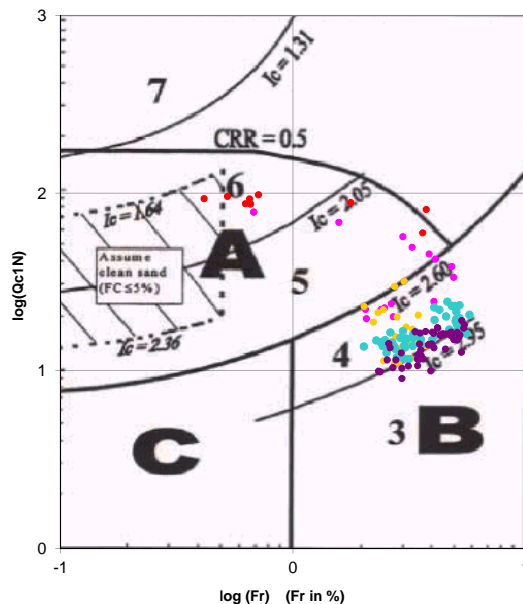
**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 (Robertson 1990)**



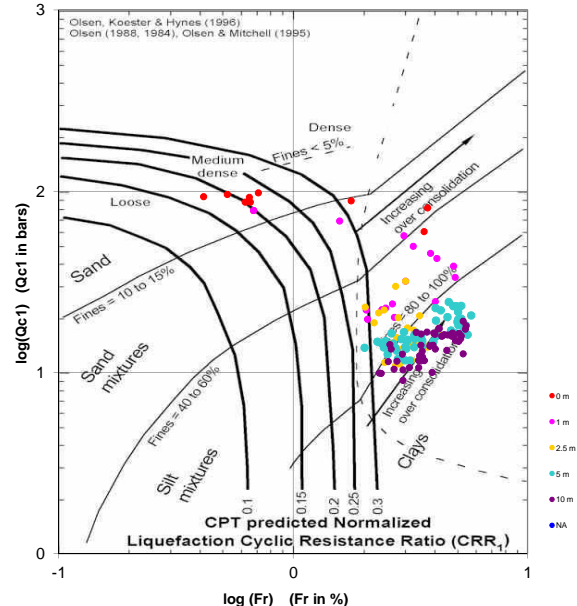
**Cross-plot Qc1N verso Bq  
 (Robertson 1990)**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Robertson 1996**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Olsen 1996**



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29-ott-18

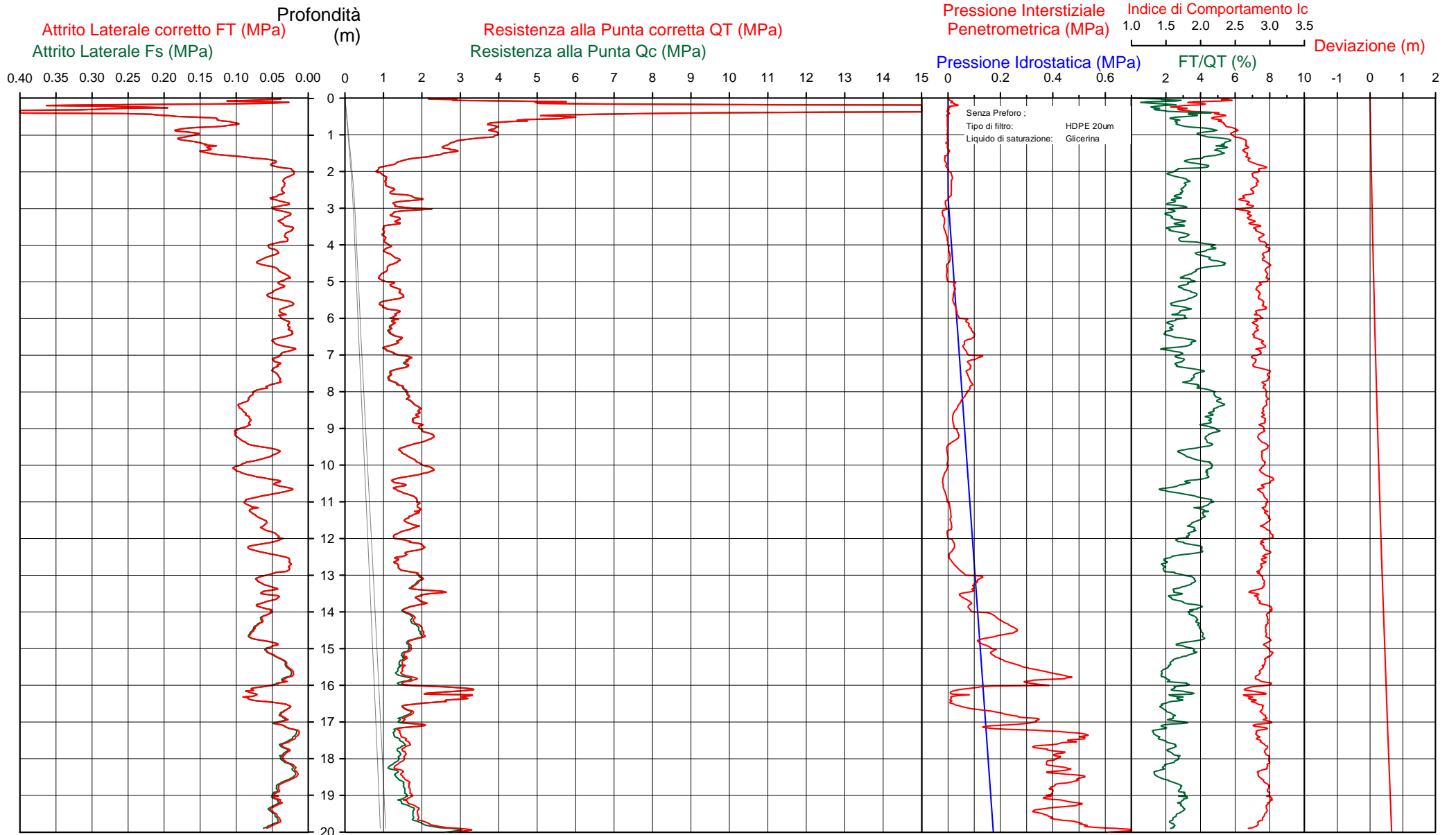
Falda chiuso a 0.10m  
 Sigla della Punta Tecnopenta 100707  
 Azzeramento Inizio prova  
 Ultimo taratura guadagno 15-ott-2018  
 Ultimo taratura per deriva termica 15-ott-2018



**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com

**CPTU 3**



CPTU

3

Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

29 ottobre 2018  
 A14dir X SP San Vitale  
 Borgo Stecchi  
 Bagnacavallo  
 2.70 chiuso a 0.10m



Società di  
 Geologia  
 Territoriale

S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs20
161

qt	Qc1N Russell o Boulinger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm <sup>2</sup>	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm <sup>2</sup>	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
65.6	111.5	1.22	1.8	2.10	sabbia limosa-limo sabbioso	0.20	.....		Addensata	70.6	46.9	.	.	258.0	199
183.0	252.9	3.34	2.0	1.83	sabbia-sabbia limosa	0.40	.....		Molto addensata	>90	49.2	.	.	765.8	298
57.2	97.3	1.72	3.0	2.25	sabbia limosa-limo sabbioso	0.60	.....		Addensata	66.1	42.4	.	.	334.2	217
39.0	66.3	1.47	3.8	2.43	sabbia limosa-limo sabbioso	1.10	.....		Mediamente Addensata	53.4	39.3	.	.	226.2	201
26.8	45.6	1.40	5.3	2.66	limo argilloso-argilla limosa	1.60	.....		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.28	25.16	152.7	191
13.6	23.1	0.52	3.9	2.79	limo argilloso-argilla limosa	1.90	.....		Plastica	.	.	0.82	11.26	78.7	145
8.9	15.2	0.21	2.5	2.80	limo argilloso-argilla limosa	2.10	.....		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.60	4.98	43.8	119
12.1	20.1	0.35	3.0	2.76	limo argilloso-argilla limosa	2.70	.....		Plastica	.	.	0.76	5.33	71.8	134
18.6	28.2	0.47	2.6	2.60	sabbia limosa-limo sabbioso	2.80	.....		Scolta	25.2	33.2	.	.	94.4	152
13.8	21.4	0.36	2.7	2.70	limo argilloso-argilla limosa	3.00	.....		Plastica	.	.	0.83	5.62	73.1	139
17.2	25.6	0.40	2.5	2.62	limo argilloso-argilla limosa	3.10	.....		Plastica	.	.	0.97	7.22	83.2	148
13.2	19.8	0.33	2.6	2.72	limo argilloso-argilla limosa	3.40	.....		Plastica	.	.	0.80	4.94	66.4	137
10.6	15.6	0.36	3.6	2.88	limo argilloso-argilla limosa	4.20	.....		Plastica	.	.	0.68	4.37	61.7	135
11.9	16.4	0.52	4.7	2.94	limo argilloso-argilla limosa	4.80	.....		Plastica	.	.	0.75	3.95	68.5	148
9.3	12.6	0.31	3.6	2.96	argilla-argilla limosa	5.00	.....		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.62	2.81	54.1	131
13.7	17.6	0.45	3.5	2.84	limo argilloso-argilla limosa	5.50	.....		Plastica	.	.	0.83	3.71	79.6	149
9.6	12.3	0.25	2.9	2.91	limo argilloso-argilla limosa	5.70	.....		Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.63	2.76	53.4	128
12.6	15.1	0.33	2.8	2.84	limo argilloso-argilla limosa	7.00	.....		Plastica	.	.	0.78	3.22	69.7	141
16.0	18.0	0.44	3.0	2.79	limo argilloso-argilla limosa	7.40	.....		Plastica	.	.	0.92	4.06	94.8	155
11.8	13.1	0.42	4.1	2.98	argilla-argilla limosa	7.70	.....		Plastica	.	.	0.74	2.78	68.3	148
15.1	16.3	0.62	4.4	2.93	limo argilloso-argilla limosa	8.10	.....		Plastica	.	.	0.89	2.97	87.1	163
16.9	17.8	0.84	5.4	2.96	argilla-argilla limosa	8.30	.....		Plastica	.	.	0.96	3.58	96.0	177
18.8	19.3	0.87	5.1	2.91	limo argilloso-argilla limosa	9.00	.....		Plastica	.	.	1.03	3.81	107.6	182
21.4	21.2	0.97	4.9	2.87	limo argilloso-argilla limosa	9.40	.....		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.12	3.97	122.7	189
15.6	15.0	0.55	3.9	2.92	limo argilloso-argilla limosa	9.80	.....		Plastica	.	.	0.91	3.17	90.4	163
18.8	17.9	0.80	4.7	2.91	limo argilloso-argilla limosa	10.00	.....		Plastica	.	.	1.03	3.34	108.2	180

H2O

CPTU

3

Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

29 ottobre 2018  
 A14dir X SP San Vitale  
 Borgo Stecchi  
 Bagnacavallo  
 2.70 chiuso a 0.10m



Società di  
**Geologia**  
**Territoriale**

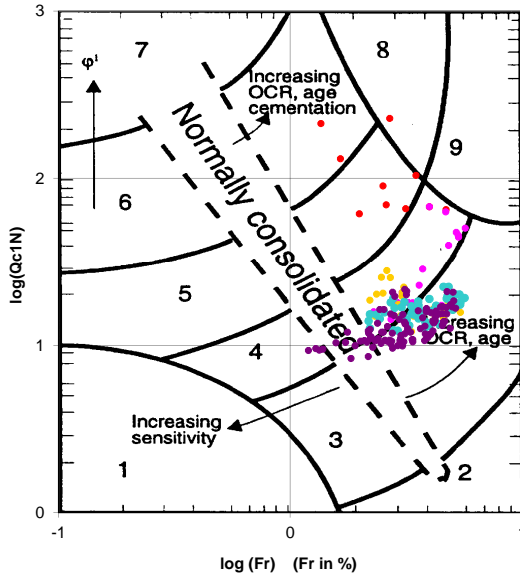
S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

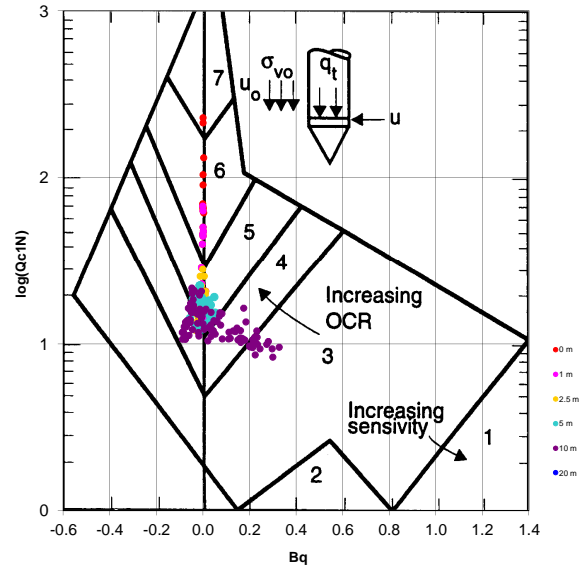
Vs20
161

qt	Qc1N Russ & Boulangier 2004 daN/cm <sup>2</sup>	ft daN/cm <sup>2</sup>	FT/Qnet %	lc Robertson	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm <sup>2</sup>	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm <sup>2</sup>	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
21.2	19.8	0.95	4.9	2.89	limo argilloso-argilla limosa	10.30			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.11	3.98	121.0	190
13.7	12.5	0.41	3.5	2.95	limo argilloso-argilla limosa	10.70			Plastica	.	.	0.83	2.42	79.6	153
18.2	16.3	0.73	4.5	2.93	limo argilloso-argilla limosa	11.30			Plastica	.	.	1.01	2.59	104.9	177
15.9	13.7	0.58	4.2	2.98	argilla-argilla limosa	12.00			Plastica	.	.	0.92	2.83	91.8	168
17.9	14.6	0.51	3.2	2.88	limo argilloso-argilla limosa	13.80			Plastica	.	.	1.00	2.35	104.6	167
17.5	13.4	0.62	4.2	2.98	argilla-argilla limosa	14.40			Plastica	.	.	0.98	2.34	100.9	176
20.3	15.4	0.78	4.4	2.95	limo argilloso-argilla limosa	14.70			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.08	2.65	117.1	188
16.1	11.6	0.40	3.0	2.93	limo argilloso-argilla limosa	16.00			Plastica	.	.	0.93	2.24	92.5	161
27.6	20.1	0.72	2.9	2.75	limo argilloso-argilla limosa	16.50			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.30	3.41	158.2	195
16.2	11.0	0.32	2.4	2.91	limo argilloso-argilla limosa	17.00			Plastica	.	.	0.93	1.84	77.6	158
19.1	13.0	0.40	2.6	2.86	limo argilloso-argilla limosa	17.10			Plastica	.	.	1.04	2.20	97.3	170
15.2	9.9	0.25	2.0	2.91	limo argilloso-argilla limosa	18.70			Plastica	.	.	0.89	1.73	64.1	150
17.2	10.8	0.44	3.2	2.98	argilla-argilla limosa	19.40			Plastica	.	.	0.97	1.75	100.4	169
19.1	11.9	0.43	2.8	2.91	limo argilloso-argilla limosa	19.70			Plastica	.	.	1.04	1.94	103.0	173
23.7	15.0	0.48	2.4	2.80	limo argilloso-argilla limosa				Solido-plastica (Duro)	.	.	1.19	2.20	112.4	182

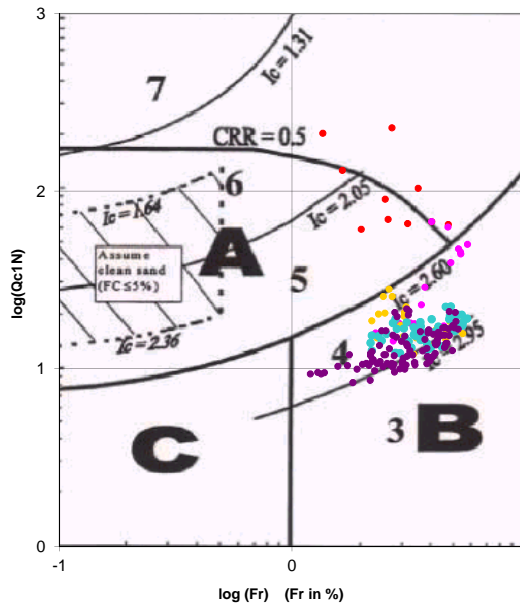
**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 (Robertson 1990)**



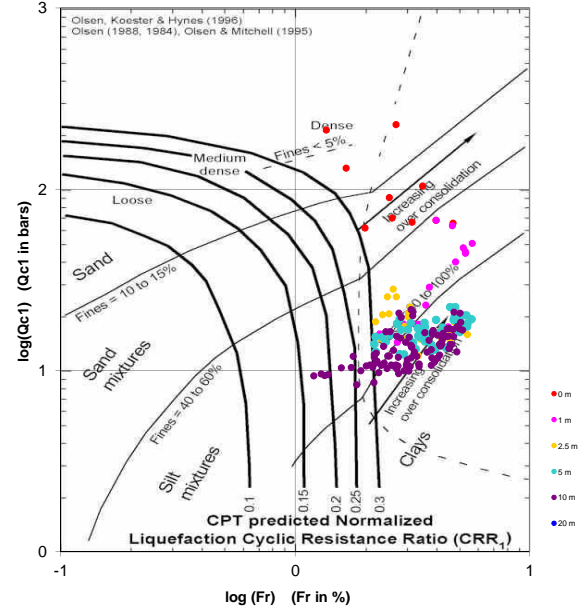
**Cross-plot Qc1N verso Bq  
 (Robertson 1990)**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Robertson 1996**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Olsen 1996**



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29-ott-18

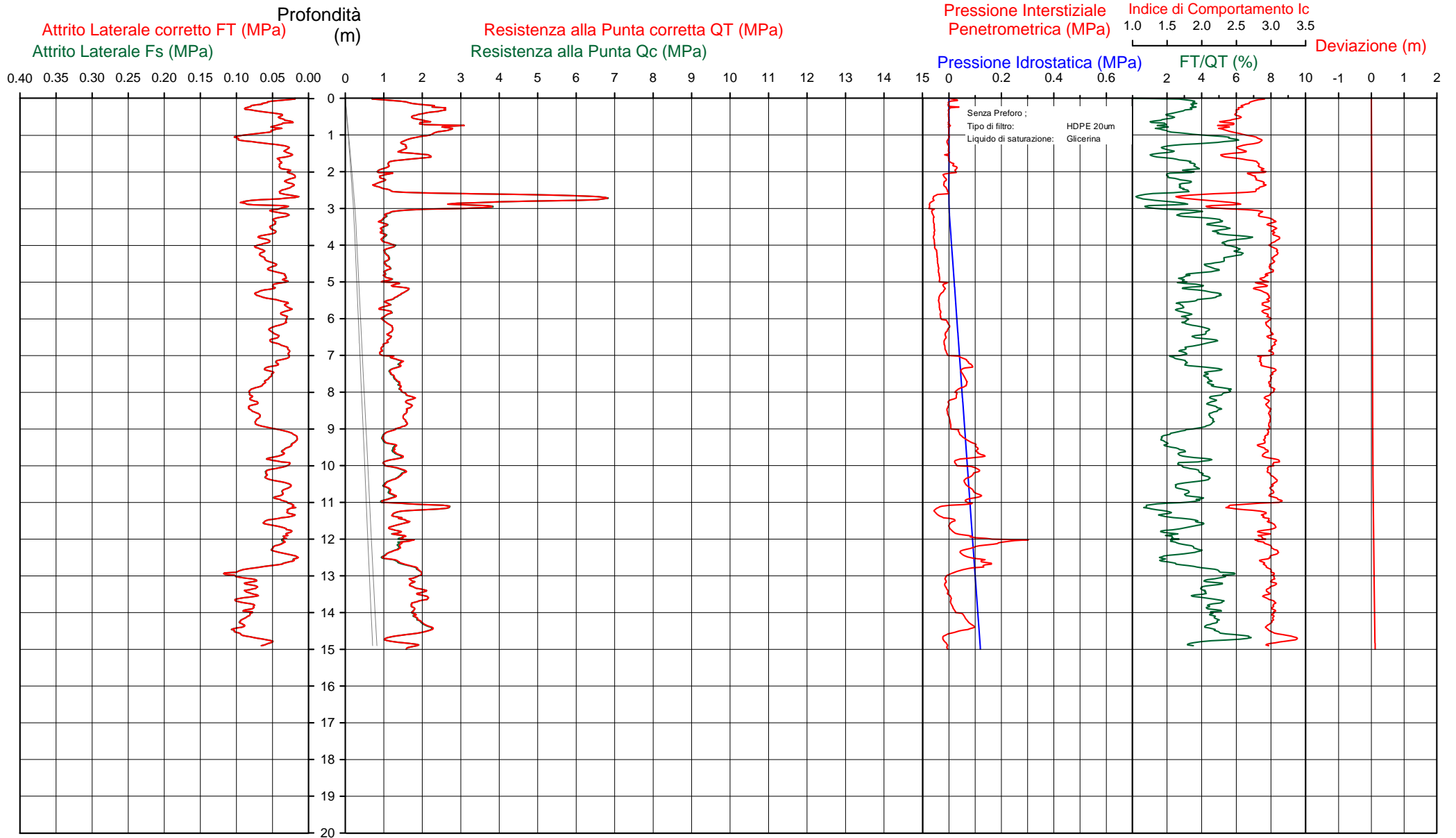
Falda 3.00 m  
 Sigla della Punta Tecnopenta 100707  
 Azzeramento Inizio prova  
 Ultimo taratura guadagno 15-ott-2018  
 Ultimo taratura per deriva termica 15-ott-2018



**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com

**CPTU 4**



Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

29 ottobre 2018  
 A14dir X SP San Vitale  
 Borgo Stecchi  
 Bagnacavallo  
 3.00



qt	Qc1N kN/m <sup>2</sup> Boulinger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Robertson	basato su Fr vs Qc1N	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm <sup>2</sup>	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm <sup>2</sup>	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
15.6	26.4	0.53	3.4	2.71	limo argilloso-argilla limosa		0.20	Plastica				0.91	138.53	90.7	149	
24.1	41.0	0.75	3.1	2.53	sabbia limosa-limo sabbioso		0.40	Mediamente Addensata		37.6	39.7			141.0	168	
19.1	32.4	0.35	1.9	2.45	sabbia limosa-limo sabbioso		0.70	Sciolta		29.8	37.1			76.0	143	
25.2	42.9	0.55	2.2	2.41	sabbia limosa-limo sabbioso		1.00	Mediamente Addensata		39.1	37.5			113.3	159	
16.4	27.9	0.78	4.8	2.77	limo argilloso-argilla limosa		1.30	Plastica				0.94	20.31	94.0	159	
17.2	29.3	0.32	1.9	2.50	sabbia limosa-limo sabbioso		1.70	Sciolta		26.5	34.3			70.3	138	
9.8	16.7	0.29	3.1	2.83	limo argilloso-argilla limosa		2.50	Molle-plastica (Soffice)				0.64	6.86	57.3	126	
18.8	29.9	0.39	2.5	2.57	sabbia limosa-limo sabbioso		2.60	Sciolta		27.2	33.5			92.1	151	
60.2	80.6	0.42	0.7	1.87	sabbia-sabbia limosa		2.80	Mediamente Addensata		59.9	38.9			188.0	174	
34.0	47.8	0.61	1.9	2.30	sabbia limosa-limo sabbioso		3.00	Mediamente Addensata		42.6	36.0			136.8	171	
12.9	19.6	0.40	3.3	2.79	limo argilloso-argilla limosa		3.20	Plastica	H2O			0.79	6.35	75.3	141	
10.4	14.9	0.55	5.7	3.03	argilla-argilla limosa		4.80	Plastica				0.67	3.59	58.7	146	
13.0	16.7	0.50	4.1	2.90	limo argilloso-argilla limosa		5.50	Plastica				0.80	3.17	75.3	150	
10.6	12.7	0.37	3.9	2.98	argilla-argilla limosa		7.00	Plastica				0.68	2.82	61.5	140	
13.7	15.4	0.39	3.1	2.85	limo argilloso-argilla limosa		7.30	Plastica				0.83	2.98	82.8	148	
13.1	14.2	0.58	5.0	3.01	argilla-argilla limosa		7.90	Plastica				0.80	2.89	74.8	159	
15.5	15.9	0.71	5.0	2.97	argilla-argilla limosa		9.10	Plastica				0.90	3.04	88.3	169	
10.2	9.9	0.18	2.1	2.92	limo argilloso-argilla limosa		9.40	Plastica				0.66	1.96	44.0	128	
13.4	12.9	0.35	3.0	2.90	limo argilloso-argilla limosa		9.80	Plastica				0.82	2.48	77.1	148	
10.7	10.1	0.38	4.1	3.07	argilla-argilla limosa		10.00	Plastica				0.69	2.10	62.1	144	

CPTU

4

Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

29 ottobre 2018  
 A14dir X SP San Vitale  
 Borgo Stecchi  
 Bagnacavallo  
 3.00



Società di  
**Geologia**  
**Territoriale**

S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs15

153

qt	Qc1N Russ o Boulinger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Robertson 1990	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990	Angolo Attrito Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009
daN/cm²	daN/cm²	%		Robertson	basato su Fr vs Qc1N	m				%		daN/cm²		daN/cm²	m/sec
12.7	11.6	0.43	3.9	3.01	argilla-argilla limosa	10.90			Plastica	.	.	0.78	2.37	73.3	152
9.9	8.8	0.34	4.3	3.13	argilla-argilla limosa	11.00			Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.65	1.69	57.1	142
22.9	20.6	0.24	1.2	2.52	sabbia limosa-limo sabbioso	11.20			Molto Sciolta	14.8	32.2	.	.	77.7	156
13.8	12.1	0.41	3.4	2.95	argilla-argilla limosa	11.70			Plastica	.	.	0.83	2.31	80.6	153
14.5	12.4	0.31	2.5	2.88	limo argilloso-argilla limosa	12.10			Plastica	.	.	0.86	2.09	71.4	150
12.5	10.4	0.38	3.6	3.03	argilla-argilla limosa	12.50			Plastica	.	.	0.77	2.21	72.5	149
15.0	12.4	0.40	2.9	2.91	limo argilloso-argilla limosa	12.80			Plastica	.	.	0.88	1.86	85.8	154
18.7	14.9	0.86	5.3	3.01	argilla-argilla limosa	14.30			Plastica	.	.	1.03	2.76	106.3	187
20.8	16.0	0.97	5.4	2.99	argilla-argilla limosa	14.60			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.10	2.89	118.2	196
11.6	8.5	0.68	7.6	3.30	argilla-argilla limosa	14.80			Plastica	.	.	0.73	1.59	63.2	167
17.5	13.1	0.59	4.0	2.98	argilla-argilla limosa				Plastica	.	.	0.98	2.30	101.5	176

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29-ott-18

Numero prova 4  
 Quota falda 3.00

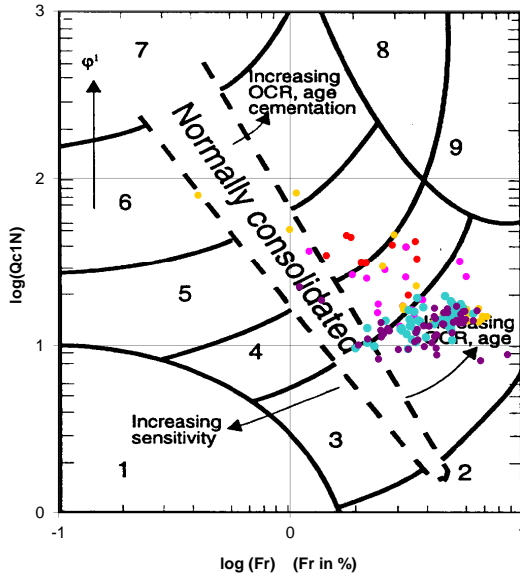


**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

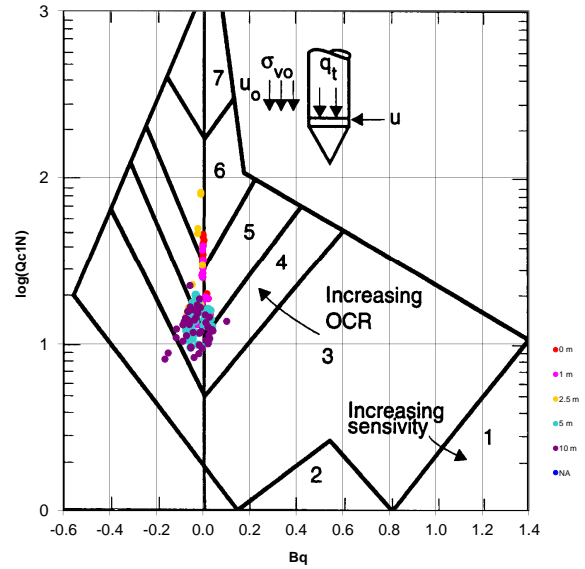
S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

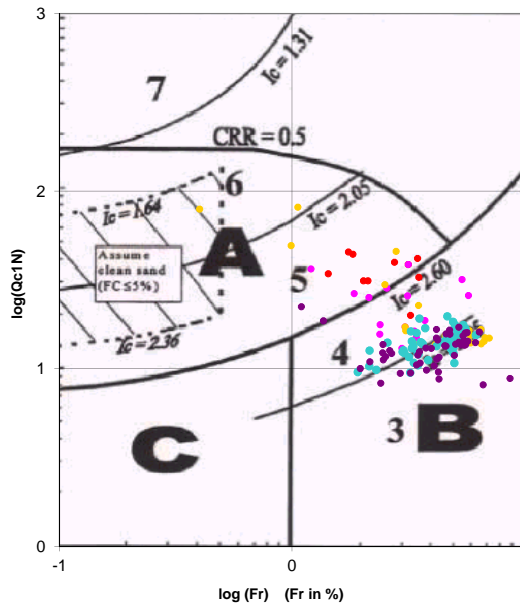
**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 (Robertson 1990)**



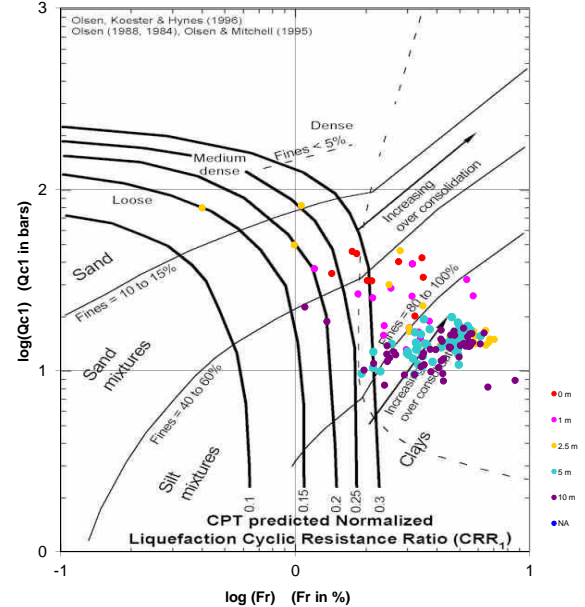
**Cross-plot Qc1N verso Bq  
 (Robertson 1990)**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Robertson 1996**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Olsen 1996**



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29-ott-18

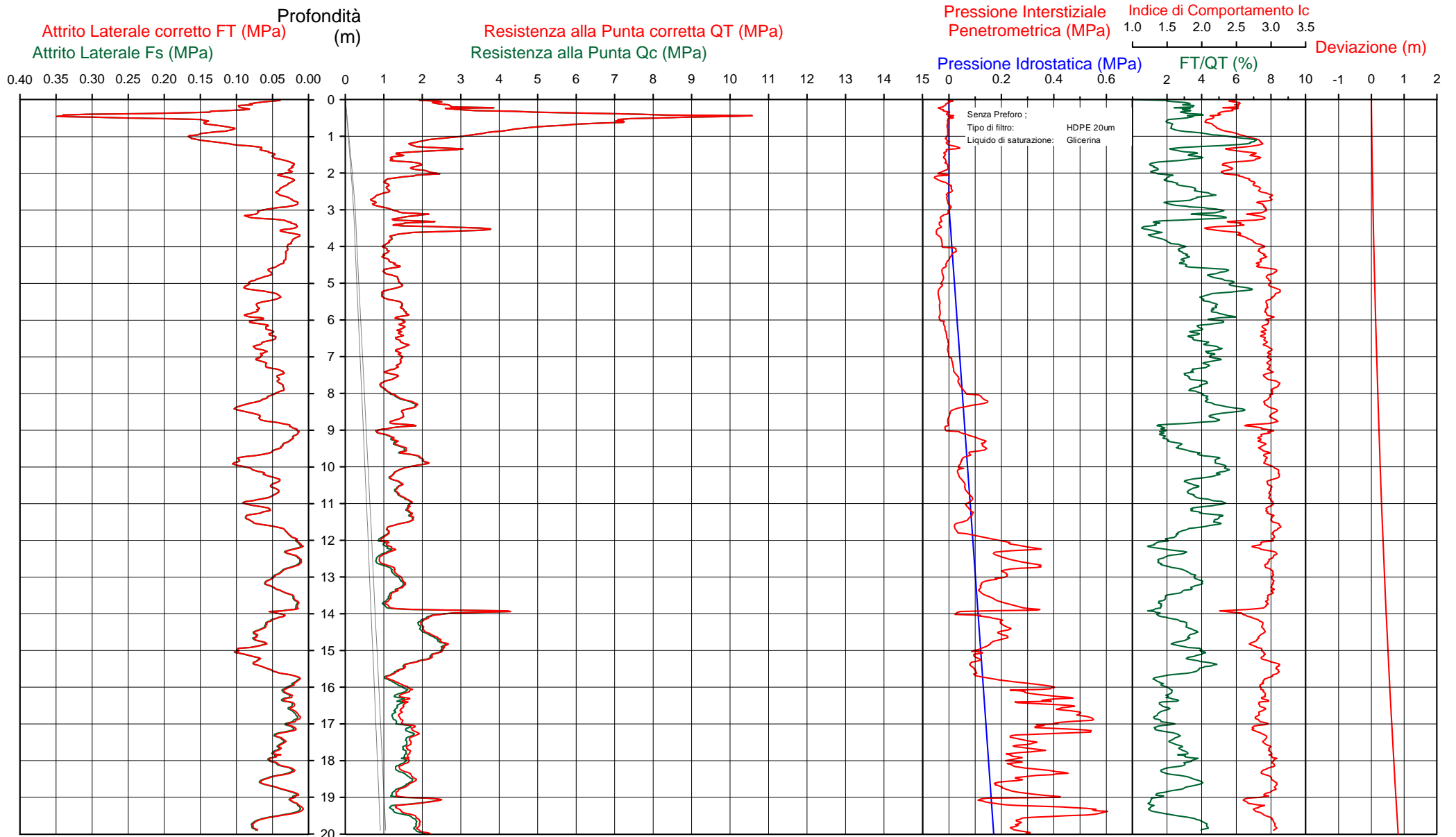
Falda 2.90 m  
 Sigla della Punta Tecnopenta 100707  
 Azzeramento Inizio prova  
 Ultimo taratura guadagno 15-ott-2018  
 Ultimo taratura per deriva termica 15-ott-2018



**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com

**CPTU 5**





CPTU

5

Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

29 ottobre 2018  
 A14dir X SP San Vitale  
 Borgo Stecchi  
 Bagnacavallo  
 2.90



**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs20
155

qt	Qc1N Russell o Boulinger 2004	ft	FT/Qnet	lc	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm <sup>2</sup>	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm <sup>2</sup>	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
						10.90									
17.0	14.9	0.75	5.0	2.99	argilla-argilla limosa				Plastica			0.96	2.83	96.9	178
						11.50									
10.8	9.0	0.24	2.7	2.99	argilla-argilla limosa				Plastica			0.69	2.15	56.6	134
						12.70									
13.5	10.8	0.40	3.5	3.00	argilla-argilla limosa				Plastica			0.82	1.84	78.9	154
						13.60									
12.7	9.8	0.16	1.7	2.88	limo argilloso-argilla limosa				Plastica			0.78	1.54	47.9	135
						13.90									
34.8	28.3	0.44	1.4	2.44	sabbia limosa-limo sabbioso				Sciolta	25.3	33.8			123.2	185
22.6	17.3	0.68	3.4	2.83	limo argilloso-argilla limosa				Solido-plastica (Duro)			1.16	3.02	131.7	185
						15.30									
14.4	10.3	0.53	4.4	3.08	argilla-argilla limosa				Plastica			0.86	2.10	82.9	164
						15.70									
13.3	9.3	0.18	1.7	2.89	limo argilloso-argilla limosa				Plastica			0.81	1.38	50.2	138
						16.00									
15.1	10.4	0.23	1.9	2.87	limo argilloso-argilla limosa				Plastica			0.89	2.02	60.4	148
						17.00									
17.4	11.8	0.32	2.3	2.86	limo argilloso-argilla limosa				Plastica			0.98	2.02	79.0	160
						17.60									
15.9	10.5	0.43	3.4	3.01	argilla-argilla limosa				Plastica			0.92	1.79	92.7	166
						18.20									
15.8	10.2	0.26	2.0	2.89	limo argilloso-argilla limosa				Plastica			0.91	1.62	66.0	152
						18.40									
15.6	10.0	0.42	3.3	3.01	argilla-argilla limosa				Plastica			0.91	1.91	91.3	161
						19.00									
23.7	15.5	0.24	1.2	2.62	limo argilloso-argilla limosa				Solido-plastica (Duro)			1.19	2.52	79.8	164
15.8	9.9	0.16	1.3	2.80	limo argilloso-argilla limosa				Plastica			0.92	1.99	54.1	142
						19.50									
19.0	11.9	0.70	4.5	3.04	argilla-argilla limosa				Plastica			1.04	1.92	109.4	187

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29-ott-18

Numero prova 5  
 Quota falda 2.90

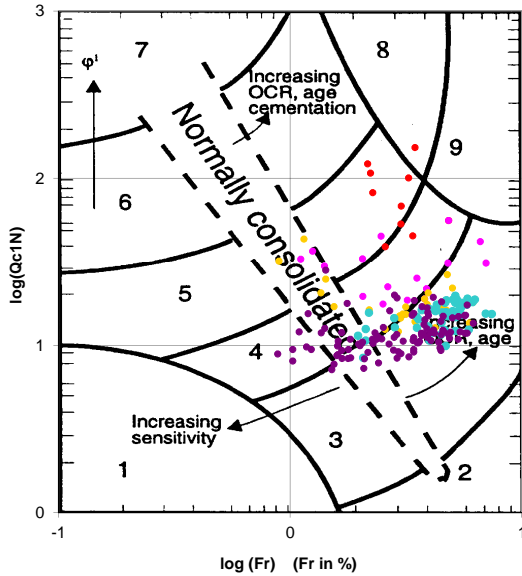


**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

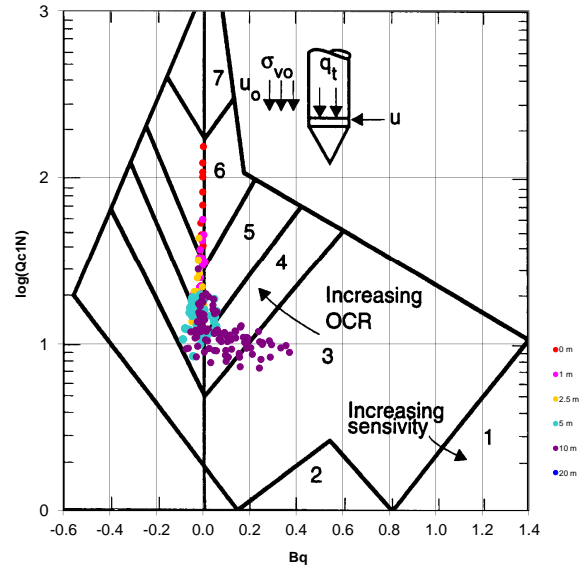
S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

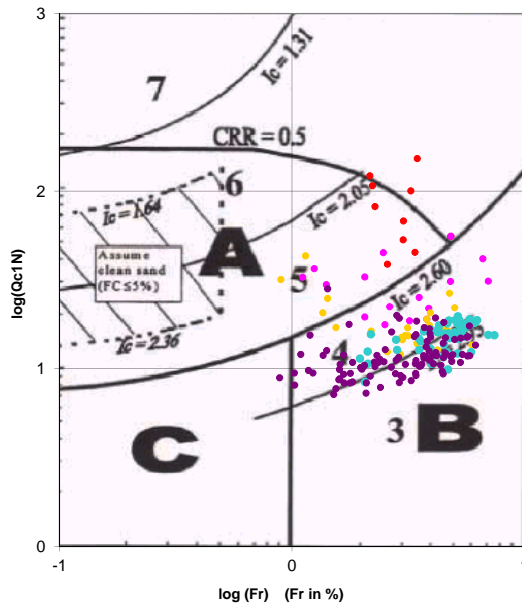
**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 (Robertson 1990)**



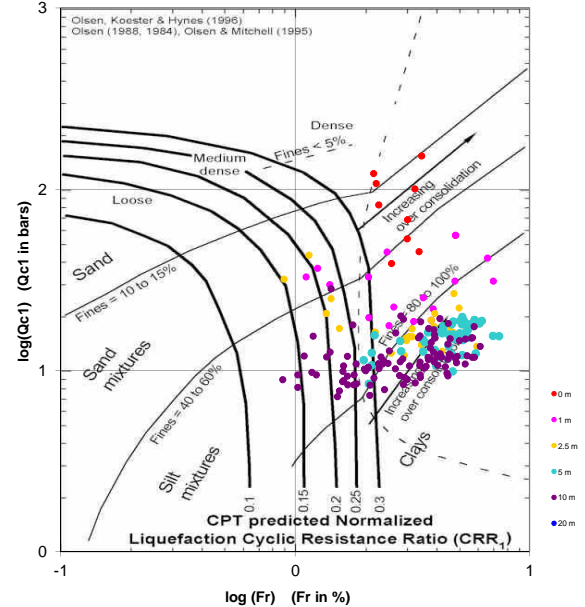
**Cross-plot Qc1N verso Bq  
 (Robertson 1990)**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Robertson 1996**



**Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Olsen 1996**



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

Comune Bagnacavallo  
 Via San Vitale / SP 553  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 15/03/2019

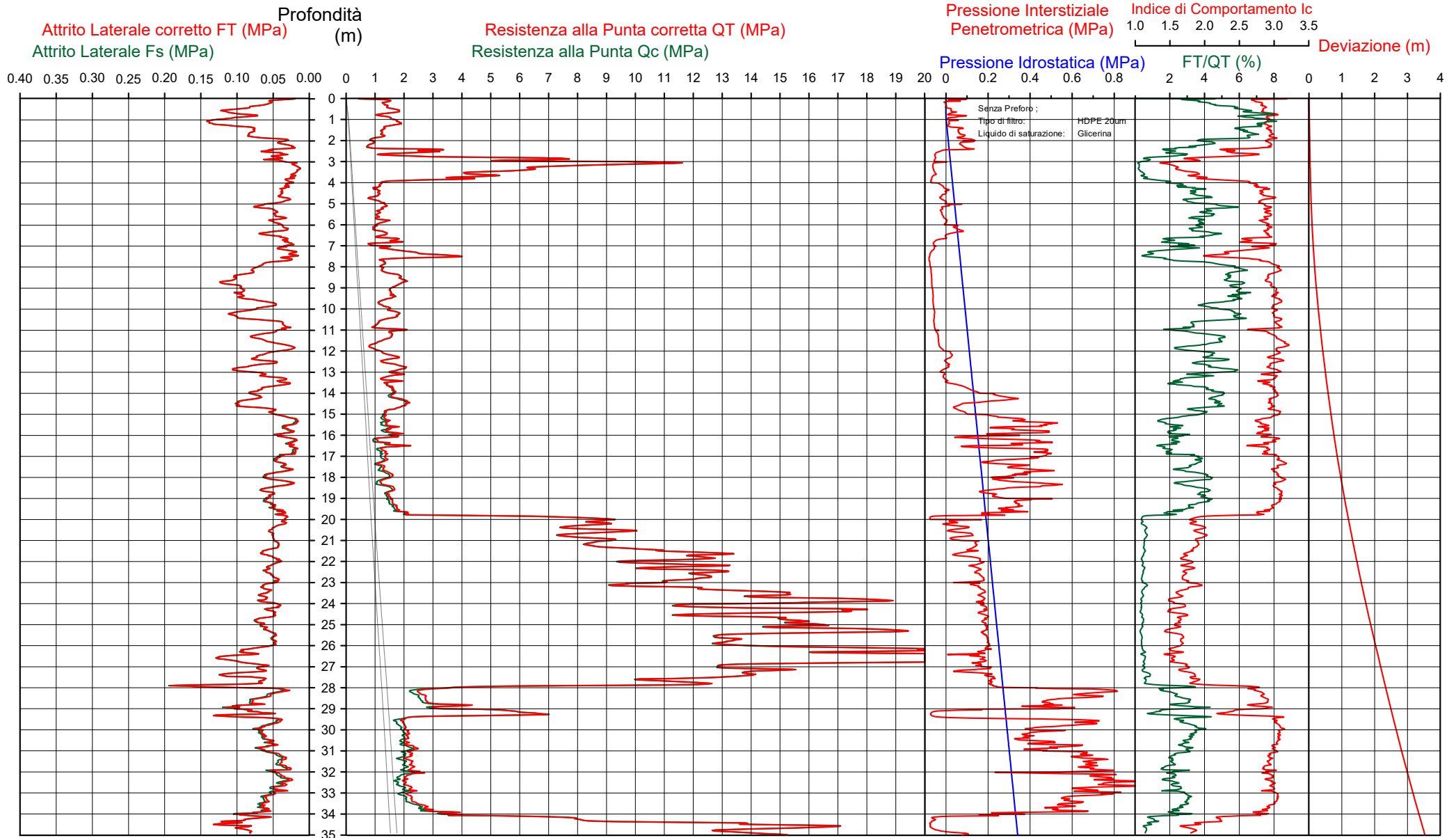
Falda 0.90 m  
 Sigla della Punta Tecnopenta 100707  
 Azzeramento Inizio prova  
 Ultimo taratura guadagno 14-mar-2019  
 Ultimo taratura per deriva temica 14-mar-2019



Società di  
 Geologia  
 Territoriale

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 www.geo55.com

# CPTU 6





Data  
Cantiere / Via  
Località  
Comune  
Profondità falda idrica m.

15/03/2019  
San Vitale / SP 553  
Borgo Stecchi  
Bagnacavallo  
0.90



qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm²	ft	FT/Qnet daN/cm² %	lc Robertson	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito ϕ' Kulhaway & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
16.9	18.1	0.99	6.5	3.01	argilla-argilla limosa	10.40			Plastica	.	.	0.96	3.03	94.5	180
11.3	11.8	0.48	5.0	3.07	argilla-argilla limosa	10.90			Plastica	.	.	0.72	2.77	64.6	146
16.6	16.8	0.48	3.4	2.84	limo argilloso-argilla limosa	11.20			Plastica	.	.	0.95	3.37	96.5	159
13.8	13.7	0.68	5.9	3.07	argilla-argilla limosa	11.60			Plastica	.	.	0.83	2.87	77.6	164
8.8	8.6	0.29	4.3	3.14	argilla-argilla limosa	11.90			Molle-plastica (Soffice)	.	.	0.59	1.68	50.9	130
12.7	12.1	0.50	4.7	3.05	argilla-argilla limosa	12.20			Plastica	.	.	0.78	1.90	72.6	153
17.5	16.7	0.72	4.7	2.94	limo argilloso-argilla limosa	12.30			Plastica	.	.	0.98	3.01	100.6	174
14.2	13.3	0.61	5.2	3.04	argilla-argilla limosa	12.60			Plastica	.	.	0.85	2.73	80.8	163
19.0	17.6	0.82	4.9	2.93	limo argilloso-argilla limosa	12.80			Plastica	.	.	1.04	2.94	108.8	181
16.4	14.9	0.74	5.2	3.00	argilla-argilla limosa	13.30			Plastica	.	.	0.94	3.07	93.5	172
14.7	13.1	0.34	2.8	2.89	limo argilloso-argilla limosa	13.60			Plastica	.	.	0.87	2.17	80.1	151
16.4	14.2	0.68	4.9	3.00	argilla-argilla limosa	14.30			Plastica	.	.	0.94	2.26	93.7	172
19.5	16.5	0.84	4.9	2.96	argilla-argilla limosa	14.80			Plastica	.	.	1.05	3.01	111.5	184
13.5	11.0	0.47	4.4	3.06	argilla-argilla limosa	15.10			Plastica	.	.	0.82	1.93	77.9	157
15.1	12.0	0.27	2.2	2.85	limo argilloso-argilla limosa	16.10			Plastica	.	.	0.89	1.79	67.2	147
10.9	8.3	0.20	2.5	3.02	argilla-argilla limosa	16.30			Plastica	.	.	0.70	1.44	53.9	132
14.5	11.0	0.22	1.9	2.86	limo argilloso-argilla limosa	16.90			Plastica	.	.	0.86	1.81	58.6	142
13.2	9.7	0.38	3.7	3.06	argilla-argilla limosa	17.80			Plastica	.	.	0.81	1.67	76.8	152
15.3	10.7	0.50	4.2	3.06	argilla-argilla limosa	19.50			Plastica	.	.	0.89	1.85	88.3	165
22.7	15.8	0.38	2.2	2.76	limo argilloso-argilla limosa	19.80			Solido-plastica (Duro)	.	.	1.16	1.99	100.4	171
86.8	68.0	0.45	0.5	1.90	sabbia-sabbia limosa				Mediamente Addensata	54.3	37.6	.	.	266.1	209

CPTU

6

Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

15/03/2019  
 San Vitale / SP 553  
 Borgo Stecchi  
 Bagnacavallo  
 0.90



**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

Vs30  
 172

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm <sup>2</sup>	ft	FT/Qnet daN/cm <sup>2</sup> %	lc	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N Robertson	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
						21.50									
116.0	92.0	0.53	0.5	1.75	sabbia-sabbia limosa				Mediamente Addensata	64.2	38.8			353.7	222
						23.20									
152.9	123.9	0.59	0.4	1.61	sabbia-sabbia limosa				Addensata	74.1	39.8			463.8	232
						26.40									
212.8	185.0	1.15	0.6	1.54	sabbia-sabbia limosa				Molto addensata	87.3	41.3			652.8	265
						26.70									
144.9	111.3	0.83	0.6	1.74	sabbia-sabbia limosa				Addensata	70.5	39.4			446.2	245
						27.50									
109.2	76.6	0.89	1.0	1.96	sabbia-sabbia limosa				Mediamente Addensata	58.2	38.0			352.1	242
						27.90									
39.6	22.0	1.09	3.1	2.72	limo argilloso-argilla limosa	28.00	■:■:■:■:■		Semi solida (Molto duro)			1.57	3.00	237.1	228
29.4	15.3	0.67	2.8	2.82	limo argilloso-argilla limosa		■:■:■:■:■		Solido-plastica (Duro)			1.35	2.06	157.2	201
						29.00	■:■:■:■:■								
60.3	35.3	0.82	1.5	2.37	sabbia limosa-limo sabbioso		■:■:■:■:■		Sciolta	32.6	35.0			220.1	230
						29.30	■:■:■:■:■								
21.1	9.9	0.59	3.7	3.05	argilla-argilla limosa		■:■:■:■:■		Solido-plastica (Duro)			1.11	1.79	122.6	188

CPTU

6

Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

15/03/2019  
 San Vitale / SP 553  
 Borgo Stecchi  
 Bagnacavallo  
 0.90



**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

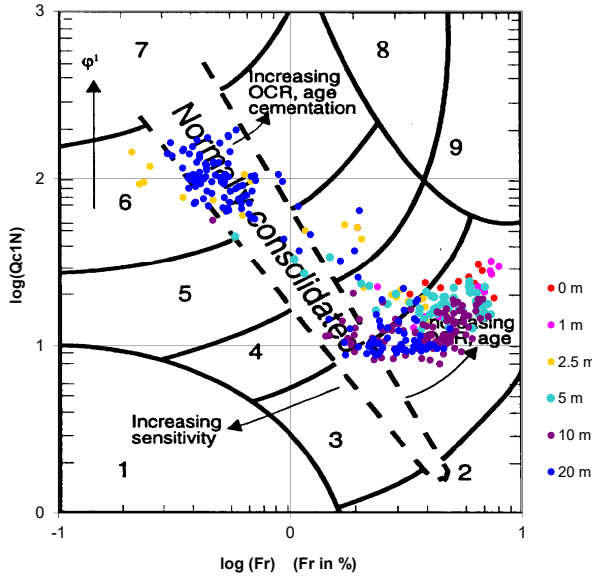
S.G.T. sas.  
 di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

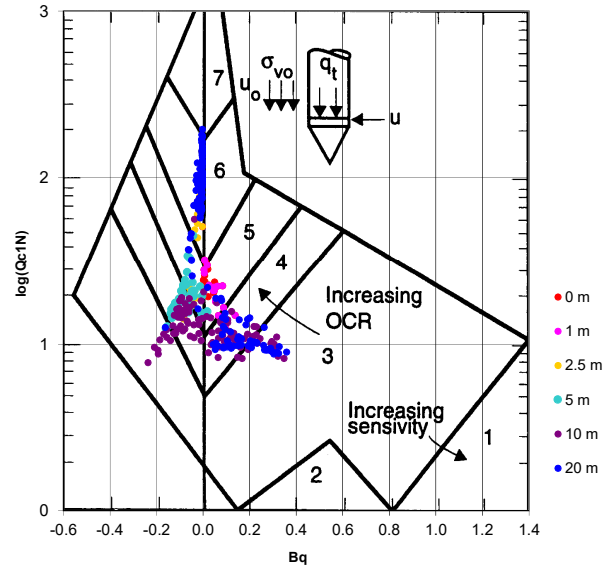
Vs30
172

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm <sup>2</sup>	ft	FT/Qnet daN/cm <sup>2</sup> %	lc	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N Robertson	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhawy & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm <sup>2</sup>	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm <sup>2</sup>	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
						30.80	=====								
22.3	9.9	0.44	2.7	2.96	argilla-argilla limosa		=====	Solido-plastica (Duro)			1.15	1.61	114.8	183	
						33.50	=====								
30.3	13.7	0.67	2.8	2.87	limo argilloso-argilla limosa		=====	Semi solida (Molto duro)			1.37	1.68	165.7	208	
						34.00	=====								
79.7	45.9	0.86	1.3	2.26	sabbia limosa-limo sabbioso		=====	Mediamente Addensata	41.3	36.0			274.6	242	
						34.40	=====								
145.1	99.6	0.95	0.7	1.81	sabbia-sabbia limosa		=====	Addensata	66.9	38.8			451.1	256	

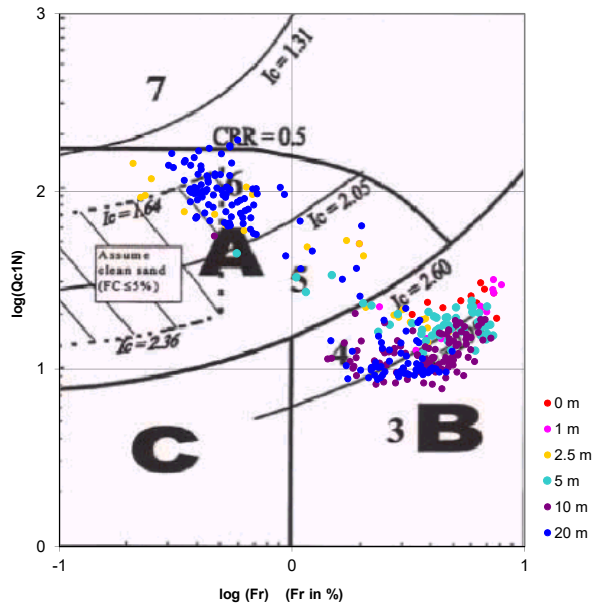
Cross-plot Qc1N verso Fr  
 (Robertson 1990)



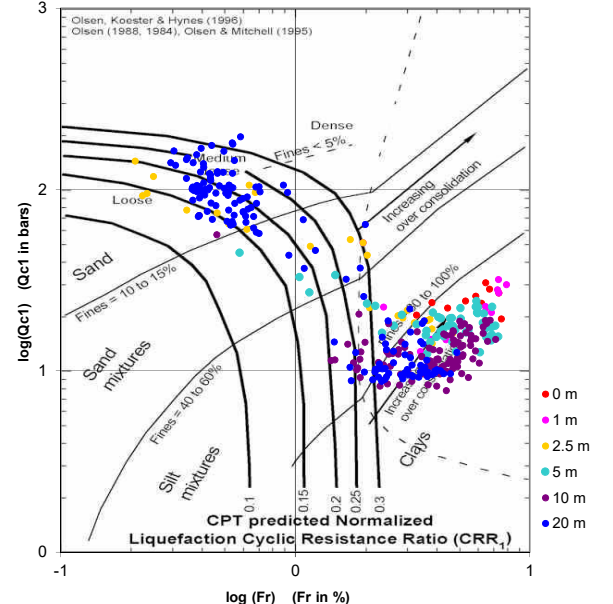
Cross-plot Qc1N verso Bq  
 (Robertson 1990)



Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Robertson 1996



Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Olsen 1996



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa – sabbia densa
6	Sabbia – sabbia limosa
5	Sabbia limosa – limo sabbioso
4	Limo argilloso – argilla limosa
3	Argilla limoso – argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

**CPTU**

**6**

Profondità (m)

21.00

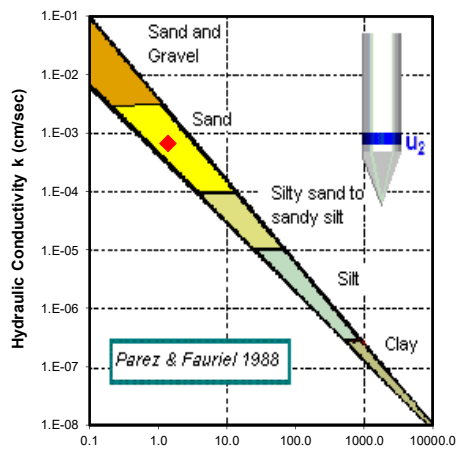
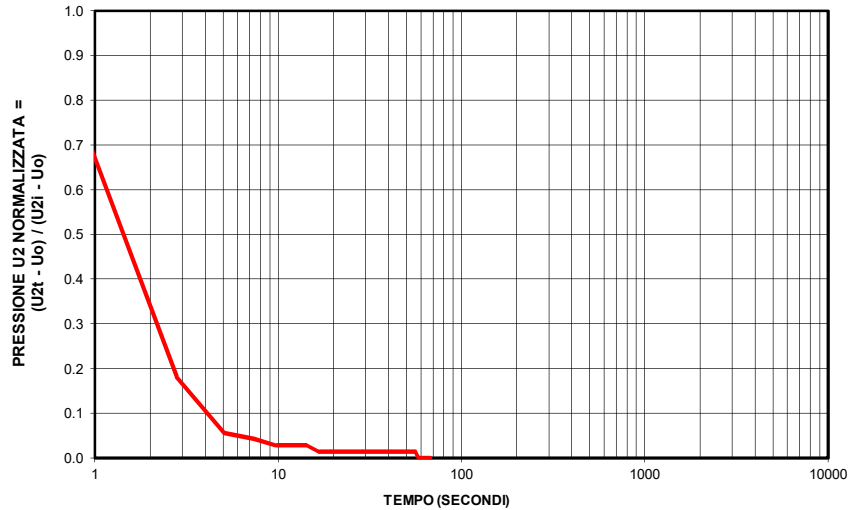
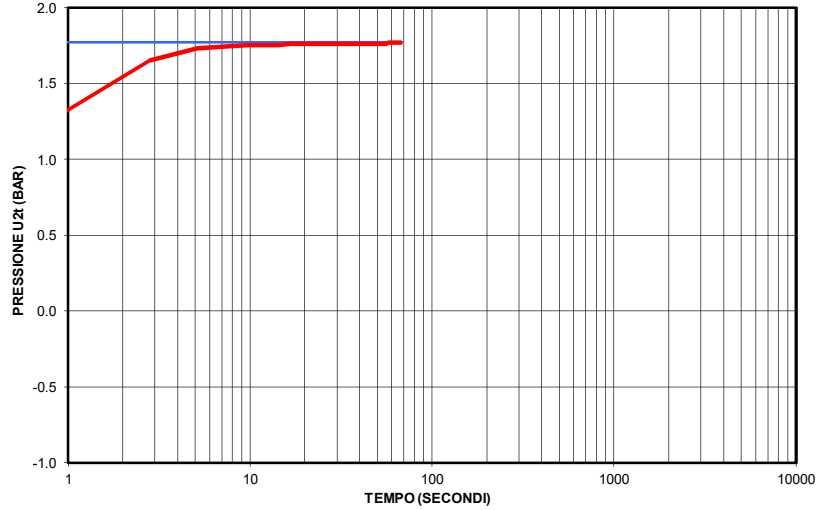
Tmax (sec)	58.1
Tmin (sec)	0.5

Profondità	
Falda	3.30
m	

Ultima lettura	
Uo oppure	1.770
Ufalda (bar)	

<b>(Perez &amp; Fauriel 1988)</b>		
T50 (sec)	Permeabilità	Litologia
1	Kh (cm/sec)	sabbia
	6.55E-04	

T(sec.)	U2(bar)	T(sec)Umin=0	Uidro(bar)	Norm.U2
0.5	1.11	0.0	1.770	1.000
2.8	1.65	2.3	1.770	0.181
5.1	1.73	4.6	1.770	0.056
7.4	1.74	6.9	1.770	0.042
9.7	1.75	9.2	1.770	0.028
12.0	1.75	11.5	1.770	0.028
14.3	1.75	13.8	1.770	0.028
16.6	1.76	16.1	1.770	0.014
18.9	1.76	18.4	1.770	0.014
21.2	1.76	20.7	1.770	0.014
23.5	1.76	23.0	1.770	0.014
25.8	1.76	25.3	1.770	0.014
28.1	1.76	27.6	1.770	0.014
30.4	1.76	29.9	1.770	0.014
32.7	1.76	32.2	1.770	0.014
35.0	1.76	34.5	1.770	0.014
37.3	1.76	36.8	1.770	0.014
39.6	1.76	39.1	1.770	0.014
41.9	1.76	41.4	1.770	0.014
44.2	1.76	43.7	1.770	0.014
46.5	1.76	46.0	1.770	0.014
48.9	1.76	48.4	1.770	0.014
51.2	1.76	50.7	1.770	0.014
53.5	1.76	53.0	1.770	0.014
55.8	1.76	55.3	1.770	0.014
58.1	1.77	57.6	1.770	0.001
60.4	1.77	59.9	1.770	0.001
62.7	1.77	62.2	1.770	0.001
65.0	1.77	64.5	1.770	0.001
67.3	1.77	66.8	1.770	0.001



**Tipologia di dissipazione**  
 Burns & Maine 1998  
 (Penetrometers for Soil Permeability and  
 Chemical Detection;  
 Georgia Institute of Tecnology;  
 Report no. GIT-CEEGEO-98-1)

NA

$T_{Umax} / T_{50}$   
 NA

**CPTU**

**6**

Profondità (m)

35.00

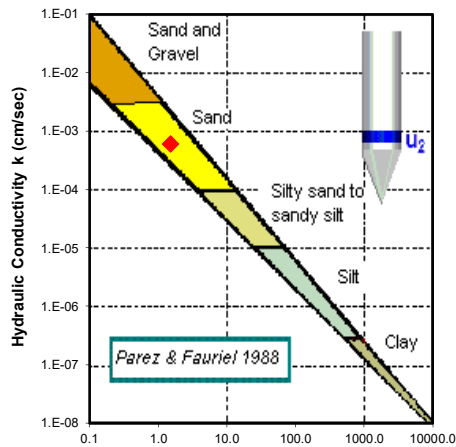
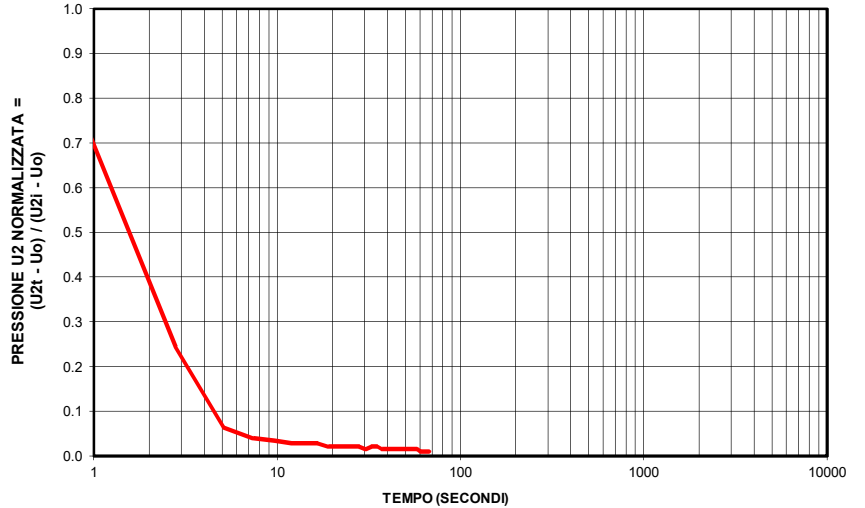
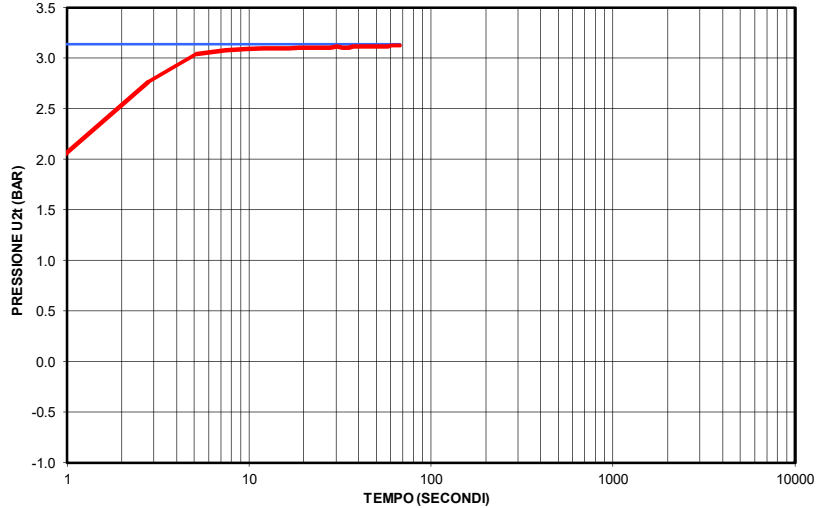
Tmax (sec)	<b>60.3</b>
Tmin (sec)	<b>0.5</b>

Profondità Falda	<b>3.60</b>
m	

Ultima lettura Uo oppure Ufalda (bar)	<b>3.140</b>
---	--------------

<b>(Perez &amp; Fauriel 1988)</b>		
T50 (sec)	Permeabilità Kh (cm/sec)	Litologia
2	5.94E-04	sabbia

T(sec.)	U2(bar)	T(sec)Umin=0	Uidro(bar)	Norm.U2
0.5	1.59	0.0	3.140	1.000
2.8	2.77	2.3	3.140	0.243
5.1	3.04	4.6	3.140	0.064
7.4	3.08	6.9	3.140	0.040
9.7	3.09	9.2	3.140	0.034
12.0	3.10	11.5	3.140	0.028
14.3	3.10	13.8	3.140	0.028
16.6	3.10	16.1	3.140	0.028
18.9	3.11	18.4	3.140	0.022
21.2	3.11	20.7	3.140	0.022
23.5	3.11	23.0	3.140	0.022
25.8	3.11	25.3	3.140	0.022
28.1	3.11	27.6	3.140	0.022
30.4	3.12	29.9	3.140	0.016
32.7	3.11	32.2	3.140	0.022
35.0	3.11	34.5	3.140	0.022
37.3	3.12	36.8	3.140	0.016
39.6	3.12	39.1	3.140	0.016
41.9	3.12	41.4	3.140	0.016
44.2	3.12	43.7	3.140	0.016
46.5	3.12	46.0	3.140	0.016
48.8	3.12	48.3	3.140	0.016
51.1	3.12	50.6	3.140	0.016
53.4	3.12	52.9	3.140	0.016
55.7	3.12	55.2	3.140	0.016
58.0	3.12	57.5	3.140	0.016
60.3	3.12	59.8	3.140	0.010
62.7	3.12	62.2	3.140	0.010
65.0	3.12	64.5	3.140	0.010
67.3	3.12	66.8	3.140	0.010



<b>Tipologia di dissipazione</b>
Burns & Maine 1998 (Penetrometers for Soil Permeability and Chemical Detection; Georgia Institute of Tecnology; Report no. GIT-CEEGEO-98-1)
<b>NA</b>
$T_{Umax} / T_{50}$
<b>NA</b>

Comune Bagnacavallo  
 Via San Vitale / SP 553  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 15/03/2019

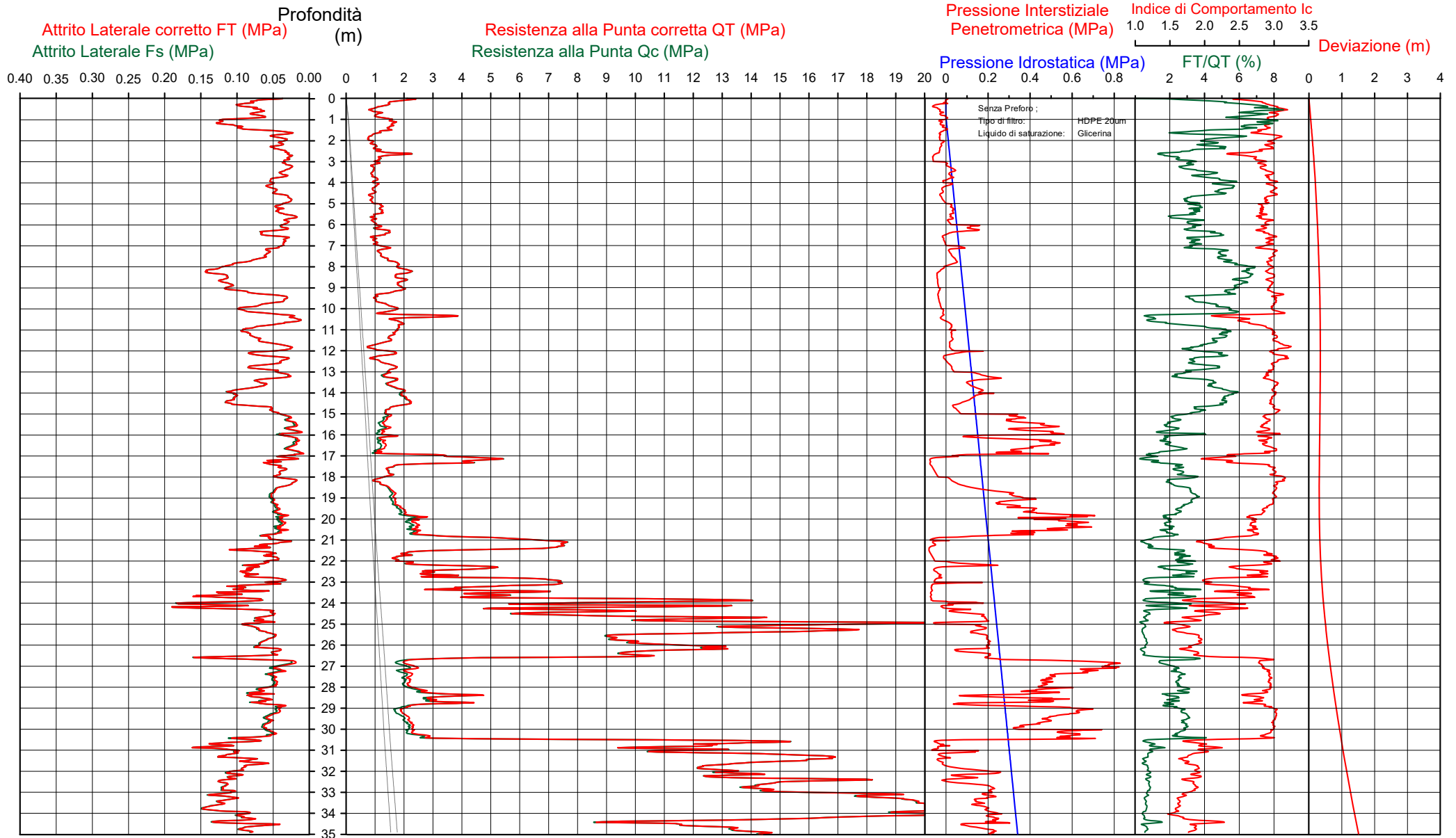
Falda 0.90 m  
 Sigla della Punta Tecnopenta 100707  
 Azzeramento Inizio prova  
 Ultimo taratura guadagno 14-mar-2019  
 Ultimo taratura per deriva termica 14-mar-2019



**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 www.geo55.com

# CPTU 7







Data  
 Cantiere / Via  
 Località  
 Comune  
 Profondità falda idrica m.

15/03/2019  
 San Vitale / SP 553  
 Borgo Stecchi  
 Bagnacavallo  
 0.90



Vs30
165

qt	Qc1N Iddris & Boulanger 2004 daN/cm²	ft daN/cm²	FT/Qnet %	lc Robertson	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito Kulhaway & Mayne 1990 φ'	Coesione non drenato Cu daN/cm²	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M daN/cm²	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
						20.80	=====								
52.7	38.6	0.53	1.2	2.28	sabbia limosa-limo sabbioso	21.00	=====	Mediamente Addensata	35.5	35.2	.	.	.	176.3	203
67.7	50.8	0.61	1.1	2.14	sabbia limosa-limo sabbioso	21.50	=====	Mediamente Addensata	44.6	36.4	.	.	.	224.5	212
19.3	12.3	0.53	3.5	2.96	argilla-argilla limosa	22.00	=====	Plastica	.	.	1.05	2.30	.	112.6	176
24.0	15.4	0.67	3.4	2.88	limo argilloso-argilla limosa	22.20	=====	Solido-plastica (Duro)	.	.	1.20	2.21	.	140.0	191
47.6	32.8	0.78	1.8	2.45	sabbia limosa-limo sabbioso	22.40	=====	Sciolta	30.2	34.6	.	.	.	186.6	215
31.7	20.6	0.82	3.2	2.76	limo argilloso-argilla limosa	22.80	=====	Semi solida (Molto duro)	.	.	1.40	2.88	.	185.0	208
68.7	49.1	0.55	0.9	2.11	sabbia limosa-limo sabbioso	23.20	=====	Mediamente Addensata	43.5	36.2	.	.	.	219.9	211
37.8	24.5	0.95	3.0	2.68	limo argilloso-argilla limosa	23.40	=====	Semi solida (Molto duro)	.	.	1.54	3.80	.	218.7	219
55.1	37.5	1.03	2.2	2.45	sabbia limosa-limo sabbioso	23.60	=====	Sciolta	34.6	35.1	.	.	.	240.5	230
49.8	33.2	1.47	3.3	2.61	limo argilloso-argilla limosa	23.70	=====	Semi solida (Molto duro)	.	.	1.74	4.55	.	290.8	244
70.3	50.4	0.95	1.9	2.30	sabbia limosa-limo sabbioso	23.80	=====	Mediamente Addensata	44.4	36.3	.	.	.	284.4	242
132.4	105.1	0.70	0.6	1.74	sabbia-sabbia limosa	23.90	=====	Addensata	68.7	39.3	.	.	.	406.1	235
84.6	61.3	1.43	1.9	2.24	sabbia limosa-limo sabbioso	24.10	=====	Mediamente Addensata	50.9	37.1	.	.	.	346.0	256
114.7	88.0	1.46	1.4	2.03	sabbia-sabbia limosa	24.20	=====	Mediamente Addensata	62.8	38.6	.	.	.	406.9	263
56.5	37.6	1.26	2.5	2.48	sabbia limosa-limo sabbioso	24.30	=====	Sciolta	34.8	35.2	.	.	.	276.4	241
91.9	66.7	0.55	0.6	1.94	sabbia-sabbia limosa	24.40	=====	Mediamente Addensata	53.6	37.5	.	.	.	284.1	221
69.9	48.0	0.51	0.8	2.11	sabbia limosa-limo sabbioso	24.60	=====	Mediamente Addensata	42.8	36.2	.	.	.	219.9	213
147.3	118.5	0.71	0.5	1.68	sabbia-sabbia limosa	25.40	=====	Addensata	72.6	39.7	.	.	.	450.3	238
99.6	71.4	0.57	0.6	1.90	sabbia-sabbia limosa	26.00	=====	Mediamente Addensata	55.9	37.7	.	.	.	306.9	224
106.7	77.1	0.67	0.8	1.89	sabbia-sabbia limosa	26.60	=====	Mediamente Addensata	58.4	38.0	.	.	.	334.3	229
22.4	11.8	0.45	2.5	2.89	limo argilloso-argilla limosa	27.80	=====	Solido-plastica (Duro)	.	.	1.15	2.23	.	109.7	179
21.7	11.1	0.48	2.9	2.95	argilla-argilla limosa	28.00	=====	Solido-plastica (Duro)	.	.	1.13	1.63	.	121.6	183
26.8	14.0	0.68	3.1	2.89	limo argilloso-argilla limosa	28.30	=====	Solido-plastica (Duro)	.	.	1.28	1.87	.	156.5	200
42.0	23.6	0.71	1.9	2.58	sabbia limosa-limo sabbioso	28.40	=====	Sciolta	19.4	33.4	.	.	.	170.0	215
32.7	17.5	0.66	2.4	2.75	limo argilloso-argilla limosa	28.80	=====	Semi solida (Molto duro)	.	.	1.43	2.43	.	155.6	206
20.3	9.9	0.42	2.8	2.98	argilla-argilla limosa	29.30	=====	Solido-plastica (Duro)	.	.	1.08	1.69	.	110.6	177
22.3	10.8	0.57	3.4	3.00	argilla-argilla limosa		=====	Solido-plastica (Duro)	.	.	1.15	1.52	.	130.3	190

CPTU

7

Data  
Cantiere / Via  
Località  
Comune  
Profondità falda idrica m.

15/03/2019  
San Vitale / SP 553  
Borgo Stecchi  
Bagnacavallo  
0.90



**Società di  
Geologia  
Territoriale**

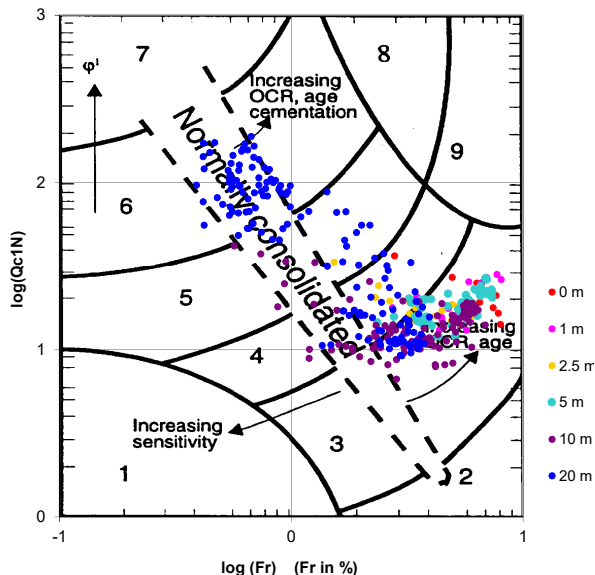
S.G.T. sas.  
di Van Zutphen Albert & C.

www.geo55.com

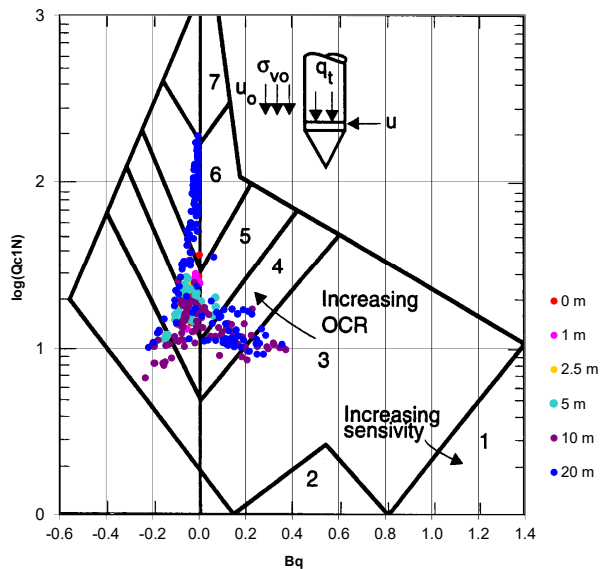
Vs30  
165

qt	Qc1N Idriss & Boulanger 2004 daN/cm <sup>2</sup>	ft	FT/Qnet daN/cm <sup>2</sup> %	lc	Litologia Robertson 1990 basato su Fr vs Qc1N Robertson	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tatsuoka 1990 %	Angolo Attrito φ' Kulhaway & Mayne 1990	Coesione non drenato Cu Benassi daN/cm <sup>2</sup>	OCR Marchi / SGT	Modulo Edometrico M Benassi daN/cm <sup>2</sup>	Velocità Vs Robertson & Cabal 2009 m/sec
						30.10	=====								
25.8	12.6	0.57	2.8	2.90	limo argilloso-argilla limosa	30.40	=====		Solido-plastica (Duro)	.	.	1.25	1.62	140.8	194
59.6	35.3	0.92	2.3	2.49	sabbia limosa-limo sabbioso	30.50	=====		Sciolta	32.6	34.9	.	.	271.5	246
123.0	85.2	1.13	1.0	1.96	sabbia-sabbia limosa		=====		Mediamente Addensata	61.7	38.3	.	.	399.7	258
						31.10	=====								
154.8	114.4	0.97	0.7	1.75	sabbia-sabbia limosa		=====		Addensata	71.5	39.4	.	.	479.3	255
						31.60	=====								
140.0	98.5	1.05	0.8	1.85	sabbia-sabbia limosa		=====		Addensata	66.5	38.8	.	.	440.6	258
						33.00	=====								
197.2	156.2	1.16	0.6	1.62	sabbia-sabbia limosa		=====		Addensata	81.7	40.3	.	.	608.2	267
						34.20	=====								
151.9	106.6	0.79	0.5	1.73	sabbia-sabbia limosa	34.30	=====		Addensata	69.1	39.0	.	.	465.8	250
105.5	64.8	1.09	1.1	2.08	sabbia limosa-limo sabbioso	34.50	=====		Mediamente Addensata	52.7	37.3	.	.	352.1	258
						34.80	=====								
127.5	83.0	0.79	0.6	1.86	sabbia-sabbia limosa		=====		Mediamente Addensata	60.9	38.2	.	.	394.7	247
						34.80	=====								
140.7	94.8	0.80	0.6	1.80	sabbia-sabbia limosa		=====		Addensata	65.2	38.6	.	.	433.5	250

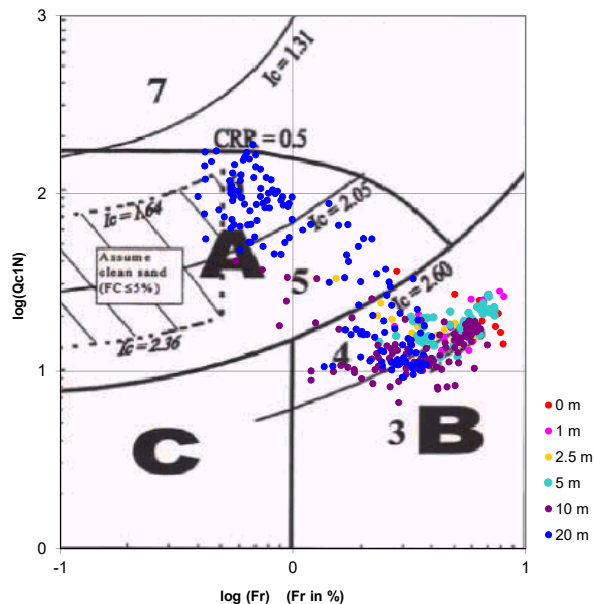
Cross-plot Qc1N verso Fr  
 (Robertson 1990)



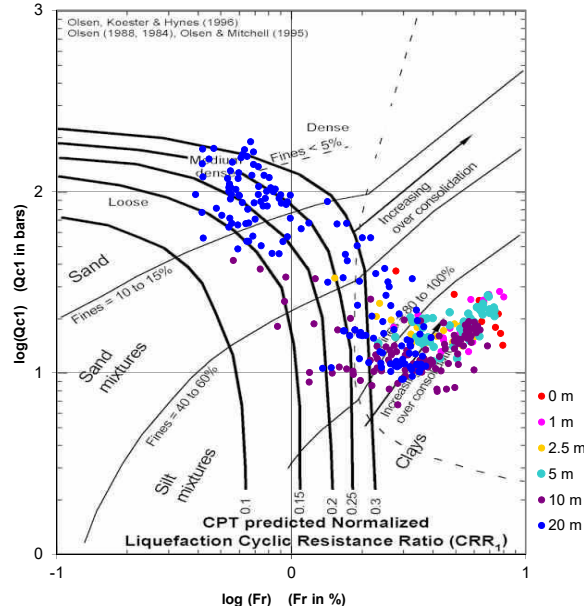
Cross-plot Qc1N verso Bq  
 (Robertson 1990)



Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Robertson 1996



Cross-plot Qc1N verso Fr  
 per la verifica della liquefazione  
 secondo Olsen 1996



Litotipo secondo Robertson 1990

Zone	Tipo di comportamento
9	Terreni molto duri a grana fine
8	Sabbia molto densa e sabbia argillosa
7	Sabbia ghiaiosa - sabbia densa
6	Sabbia - sabbia limosa
5	Sabbia limosa - limo sabbioso
4	Limo argilloso - argilla limosa
3	Argilla limoso - argilla
2	Torba
1	Terreni fini sensitivi

Potenziale di liquefacibilita

Zone A	Liquefazione ciclica possibile - dipendente da ampiezza e tempo del carico ciclico.
Zone B	Liquefazione improbabile.
Zone C	Liquefazione fluida e liquefazione ciclica possibile - dipendente da plasticità e sensitività, da ampiezza e tempo del carico ciclico.

**CPTU**

**7**

Profondità (m)

24.00

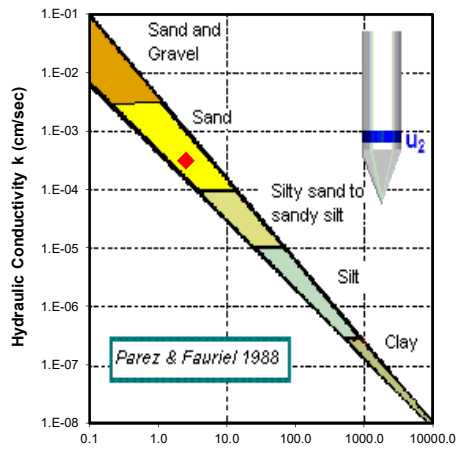
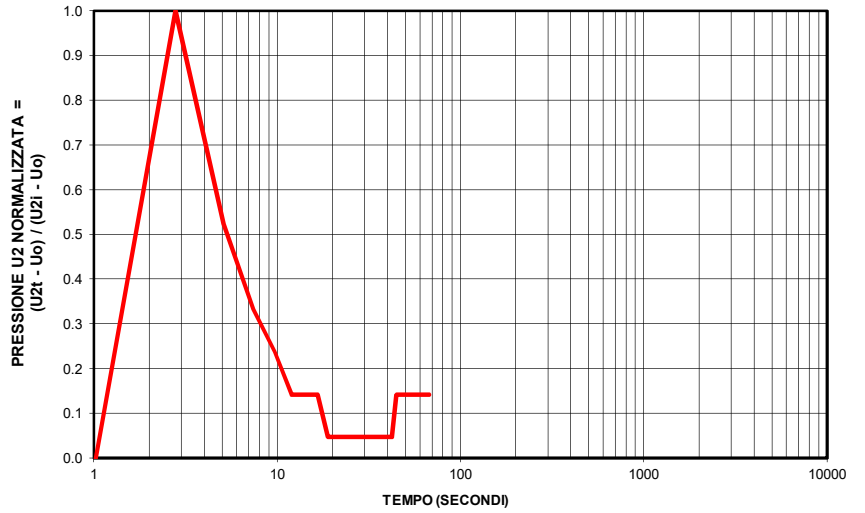
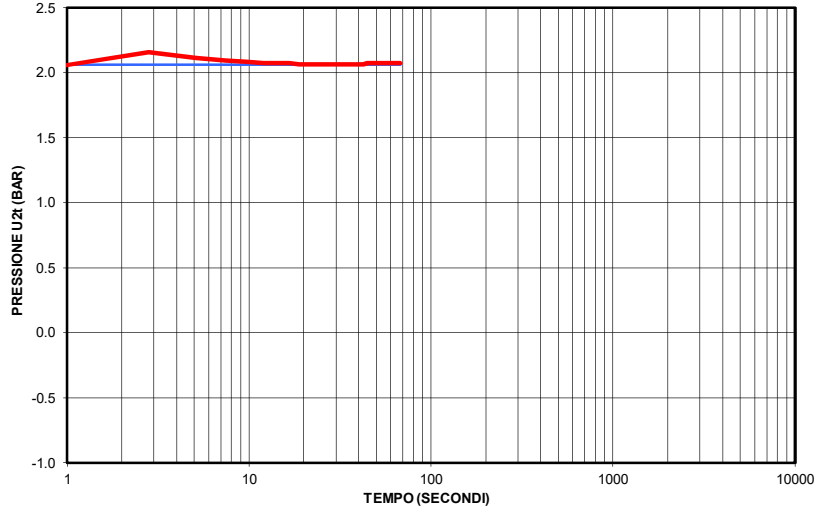
Tmax (sec)	2.8
Tmin (sec)	0.5

Profondità	3.40
Falda	m

Ultima lettura	2.060
Uo oppure	
Ufalda (bar)	

<b>(Perez &amp; Fauriel 1988)</b>		
T50 (sec)	Permeabilità	Litologia
3	Kh (cm/sec)	3.06E-04 sabbia

T(sec.)	U2(bar)	T(sec)Umin=0	Uidro(bar)	Norm.U2
0.5	1.99	-2.3	2.060	-0.716
2.8	2.16	0.0	2.060	1.000
5.1	2.11	2.3	2.060	0.523
7.4	2.09	4.6	2.060	0.333
9.7	2.08	6.9	2.060	0.237
12.0	2.07	9.2	2.060	0.142
14.3	2.07	11.5	2.060	0.142
16.6	2.07	13.8	2.060	0.142
18.9	2.06	16.1	2.060	0.047
21.2	2.06	18.4	2.060	0.047
23.5	2.06	20.7	2.060	0.047
25.8	2.06	23.0	2.060	0.047
28.1	2.06	25.3	2.060	0.047
30.4	2.06	27.6	2.060	0.047
32.7	2.06	29.9	2.060	0.047
35.0	2.06	32.2	2.060	0.047
37.6	2.06	34.8	2.060	0.047
40.0	2.06	37.2	2.060	0.047
42.3	2.06	39.5	2.060	0.047
44.6	2.07	41.8	2.060	0.142
46.9	2.07	44.1	2.060	0.142
49.2	2.07	46.4	2.060	0.142
51.5	2.07	48.7	2.060	0.142
53.8	2.07	51.0	2.060	0.142
56.1	2.07	53.3	2.060	0.142
58.4	2.07	55.6	2.060	0.142
60.7	2.07	57.9	2.060	0.142
63.0	2.07	60.2	2.060	0.142
65.3	2.07	62.5	2.060	0.142
67.6	2.07	64.8	2.060	0.142



**Tipologia di dissipazione**  
 Burns & Maine 1998  
 (Penetrometers for Soil Permeability and  
 Chemical Detection;  
 Georgia Institute of Tecnology;  
 Report no. GIT-CEEGEO-98-1)

NA

$T_{Umax} / T_{50}$   
 NA

Comune Bagnacavallo  
Via A14dir X SP San V  
Localita' Borgo Stecchi  
Committente Provincia di Raven



**Società di  
Geologia  
Territoriale**

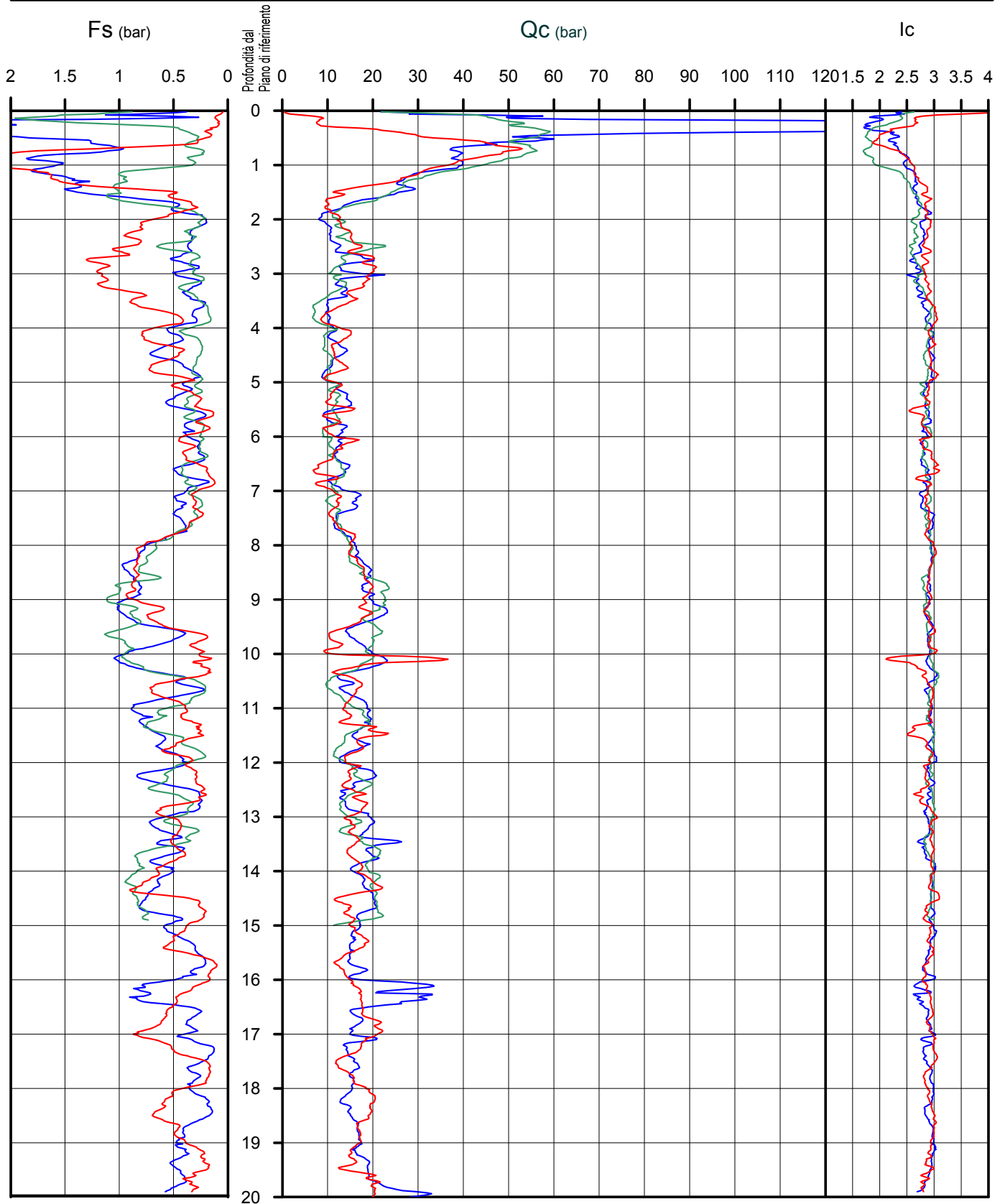
S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)

[www.geo55.com](http://www.geo55.com)

## LEGENDA

CPT 1  
CPT 2  
CPT 3



Comune Bagnacavallo  
Via A14dir X SP San V  
Localita' Borgo Stecchi  
Committente Provincia di Raven



**Società di  
Geologia  
Territoriale**

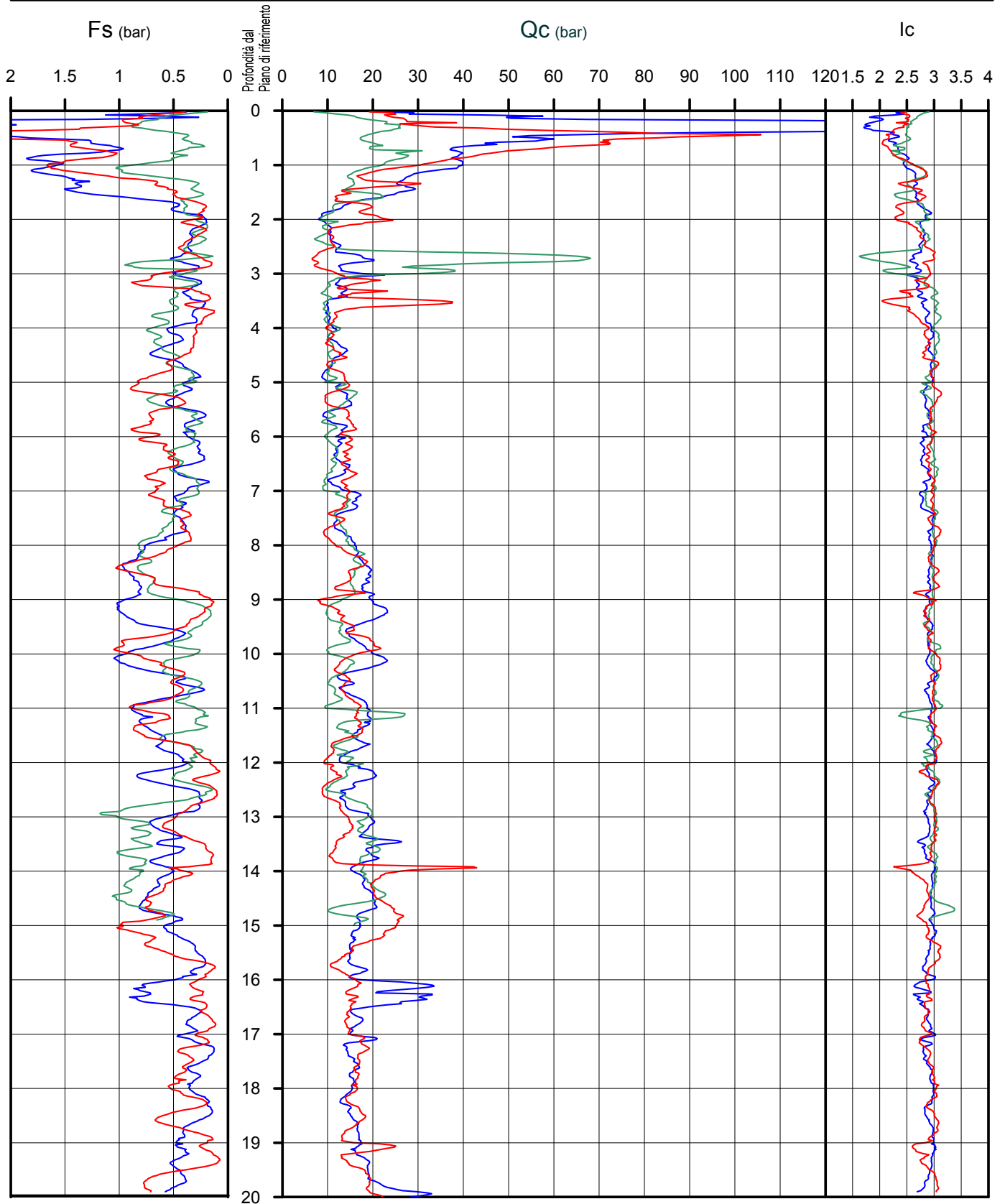
S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)

[www.geo55.com](http://www.geo55.com)

## LEGENDA

CPT 5  
CPT 4  
CPT 3



Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San V  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Raveni

# PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1  
 CPT 2  
 CPT 3

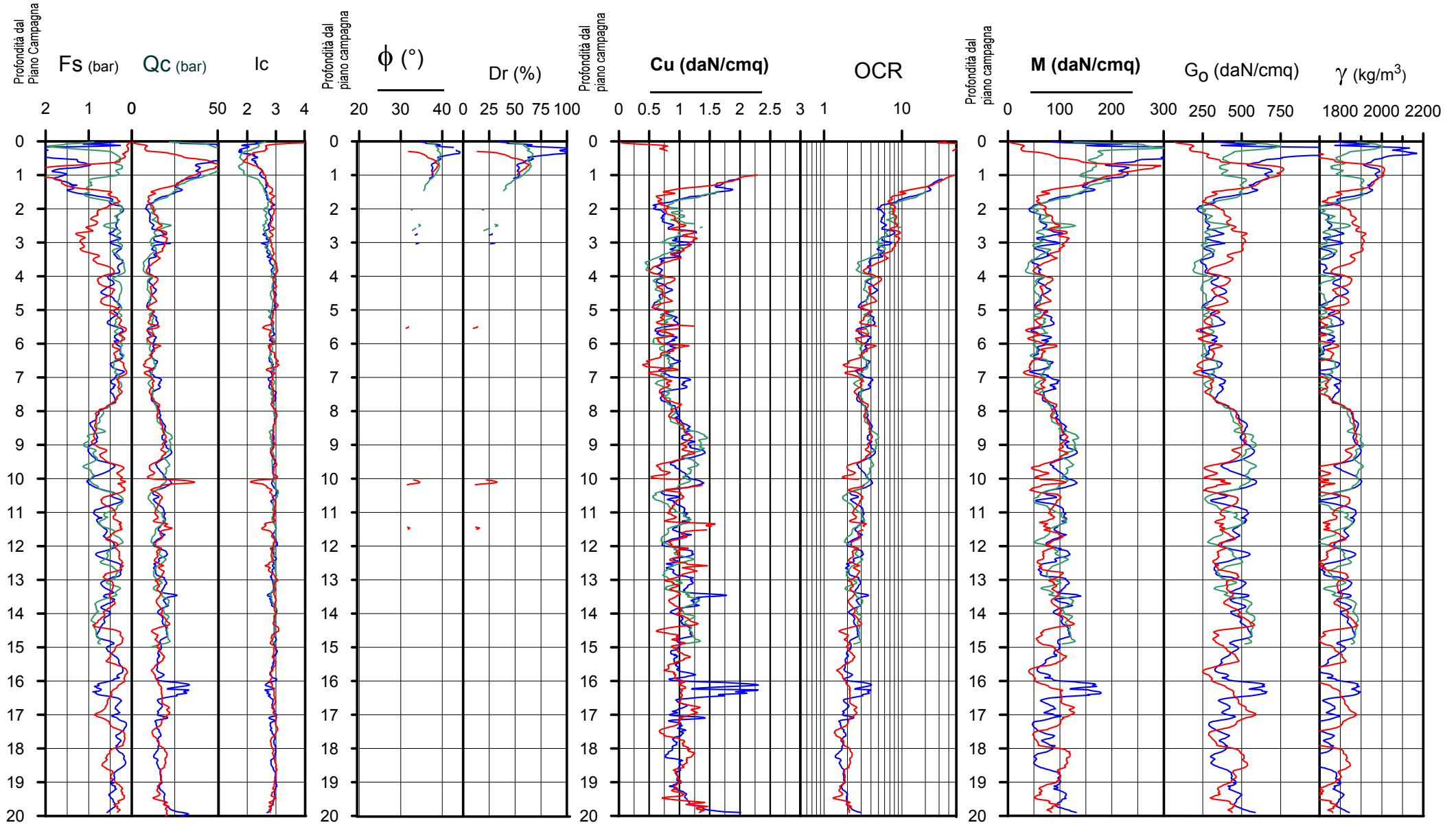


**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com



Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San V  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Raveni

# PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 5  
 CPT 4  
 CPT 3

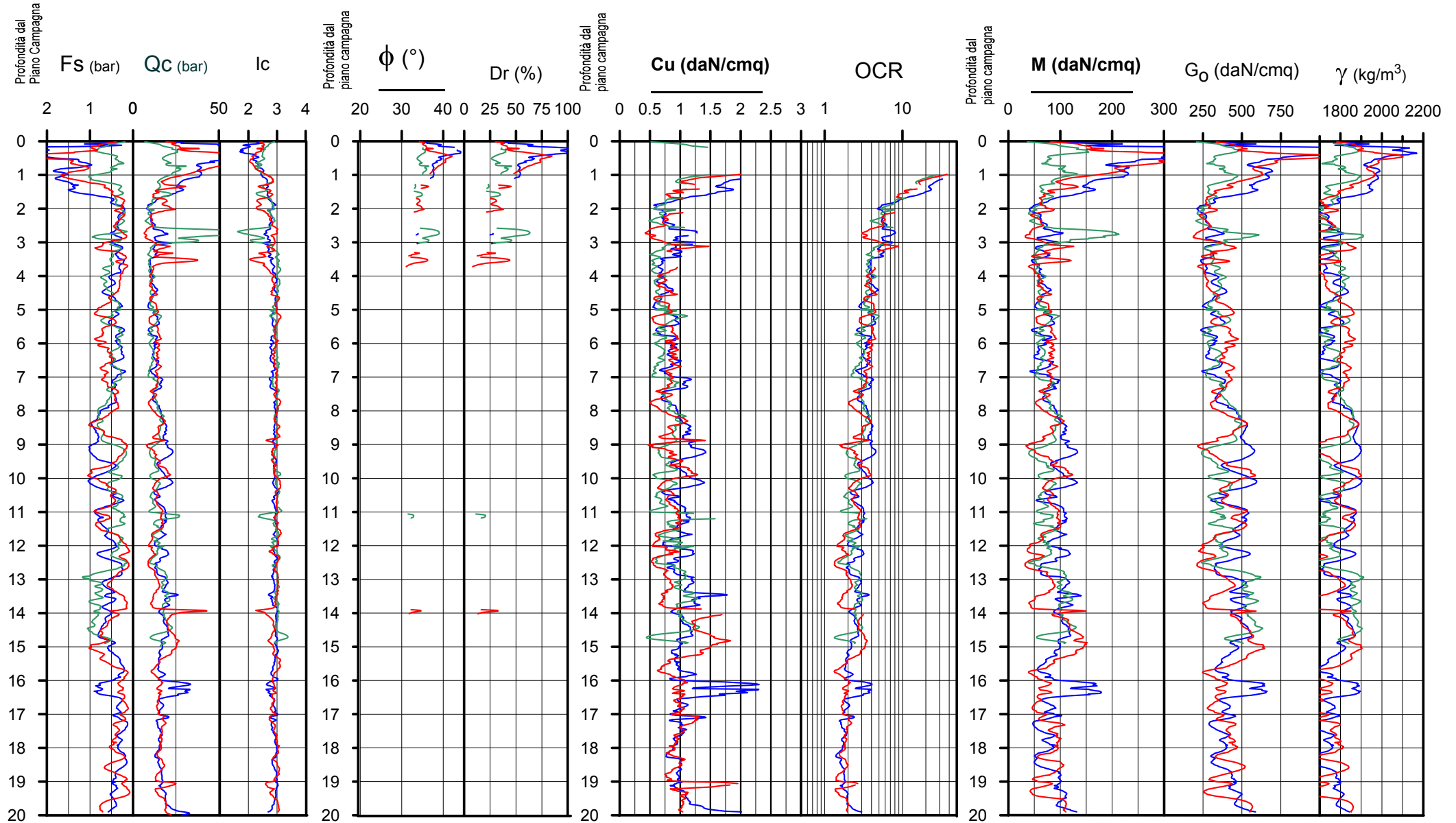


**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com



Comune Bagnacavallo  
 Via San Vitale / SP 55  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Raveni

# PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 6

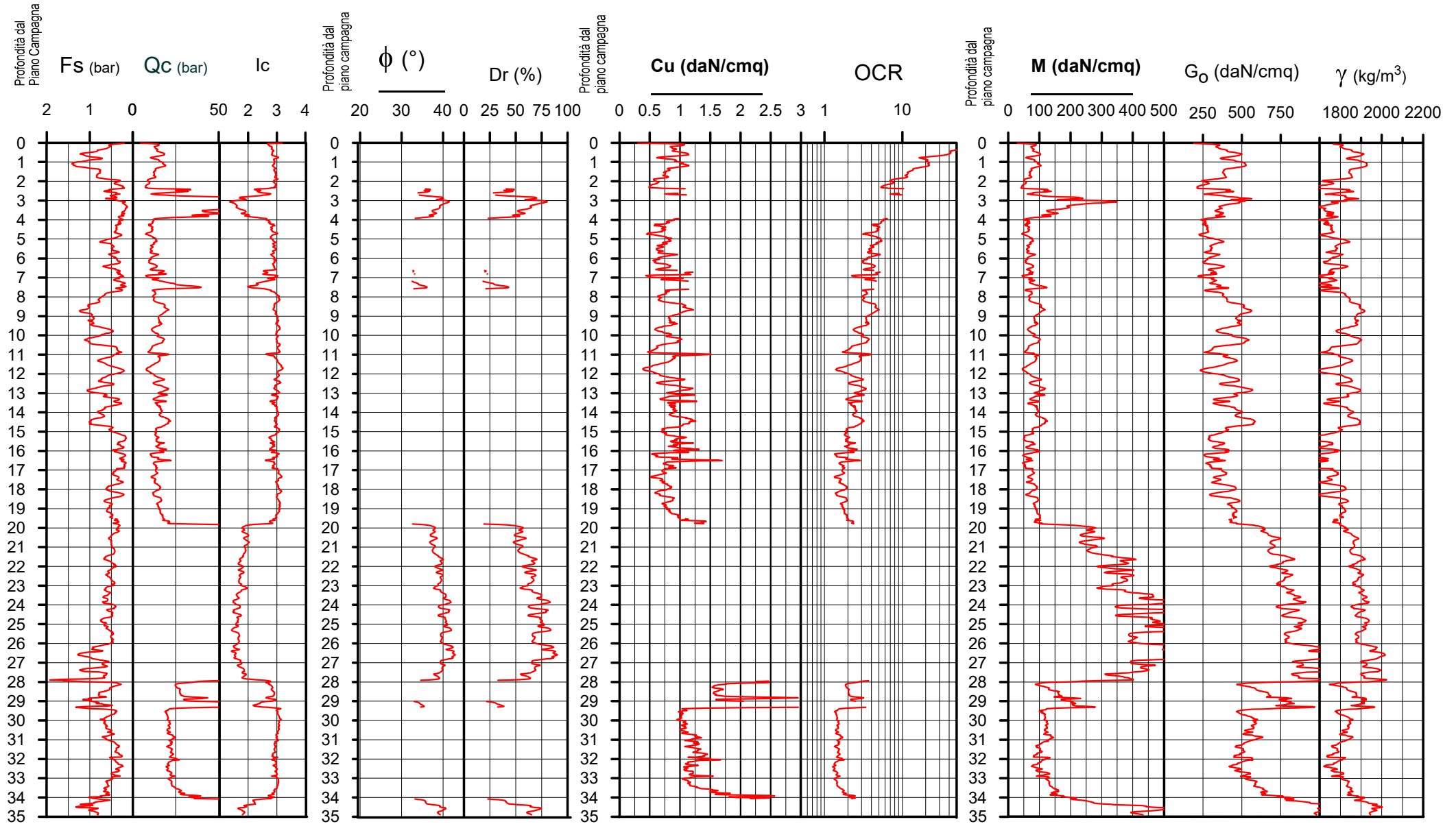


**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com



Comune Bagnacavallo  
 Via San Vitale / SP 55  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Raveni

# PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 7

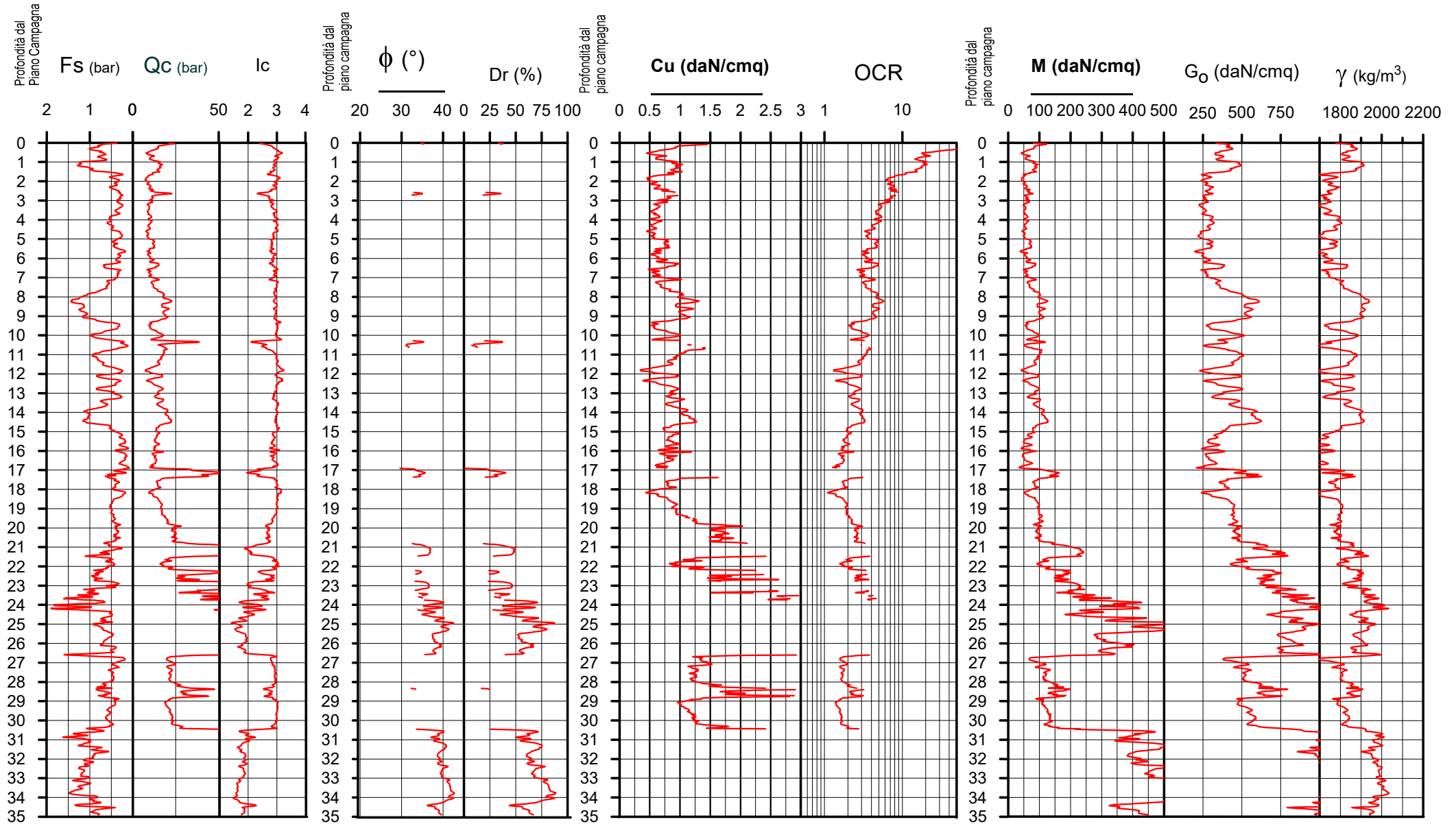


**Società di  
 Geologia  
 Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com



Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Data 29/10/2018

# CPT 1



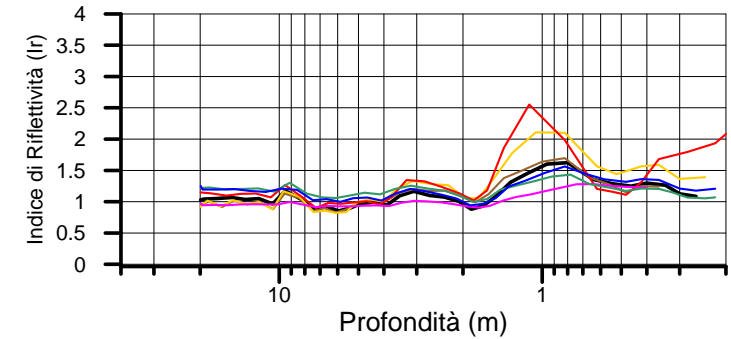
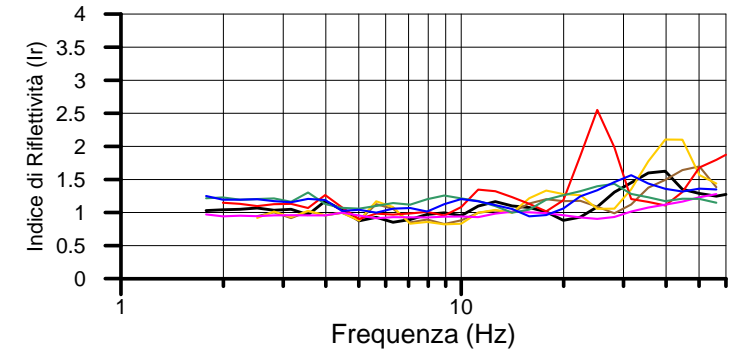
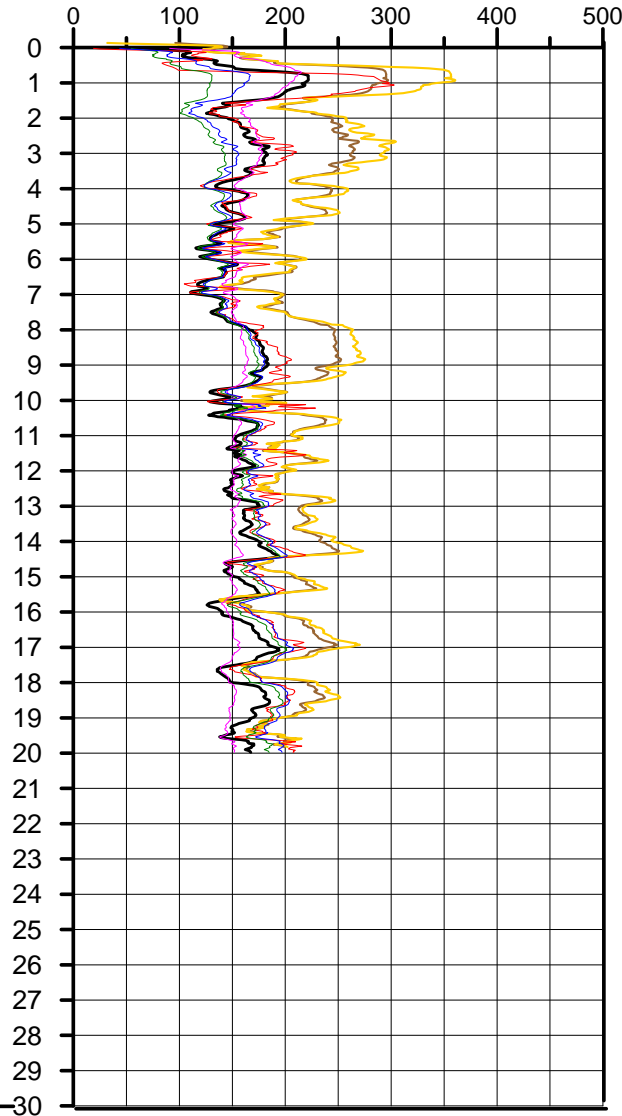
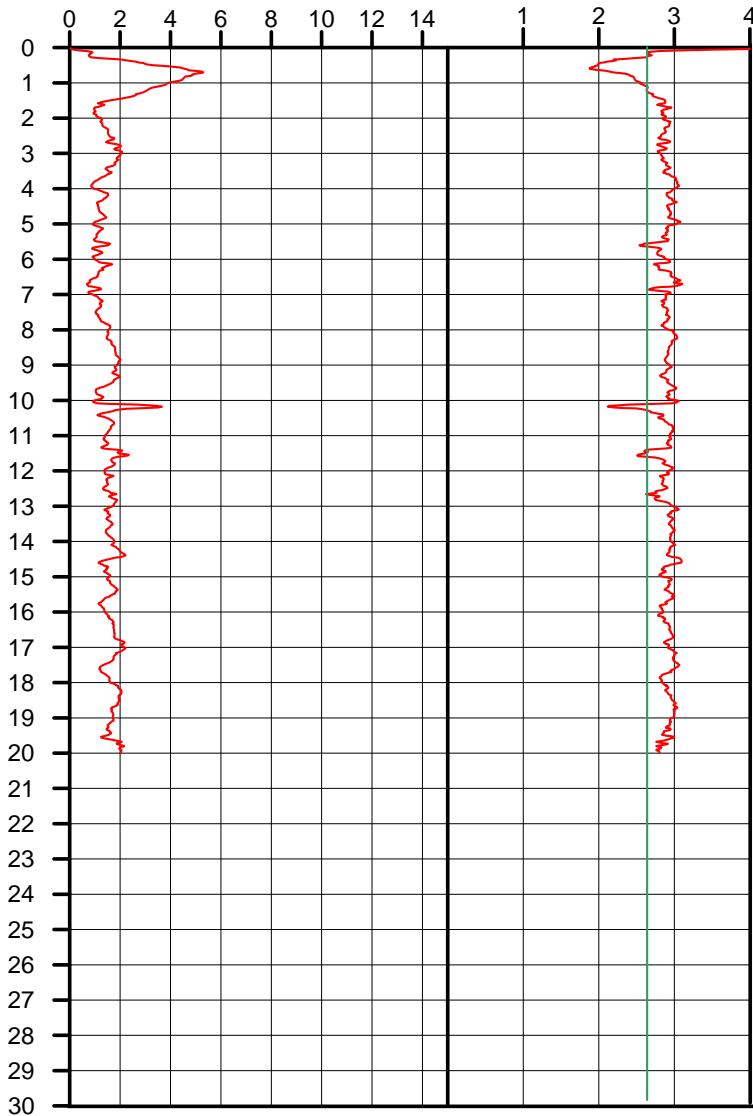
Società di S.G.T. sas  
 Geologia  
 Territoriale www.geo55.com

## Velocità Onde di Taglio (m/sec)

Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie);  
 Madiai 2002; Piratheepan 2002; Andrus 2001;  
 Hegazy & Mayne 1995; Mayne 2006;  
 Robertson & Cabal 2010

Qc (MPa)

Ic



Autore	Vs19.9
Andrus et.al. 2001SF = 1	158
Piratheepan 2002	150
Madiai 2002	157
Mayne & Rix 1995 (clays) / Baldi 1989 (sands)	165
Hegazy & Mayne 1995	209
Mayne 2006	211
Robertson Cabal 2010	156

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Data 29/10/2018

# CPT 2



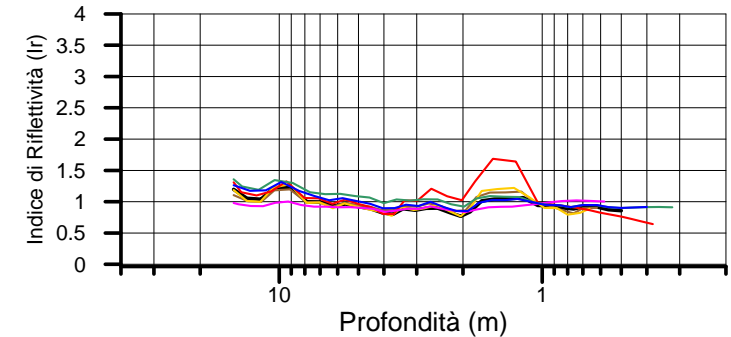
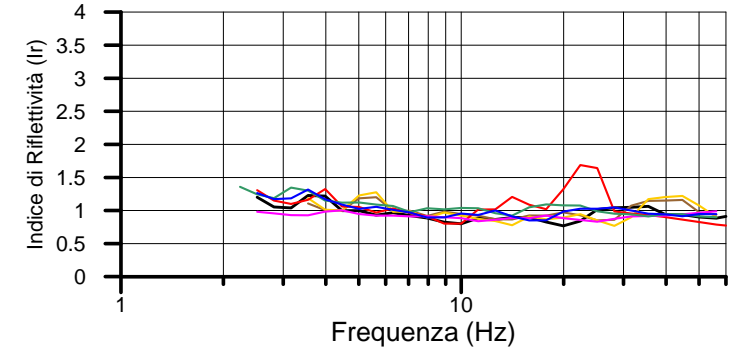
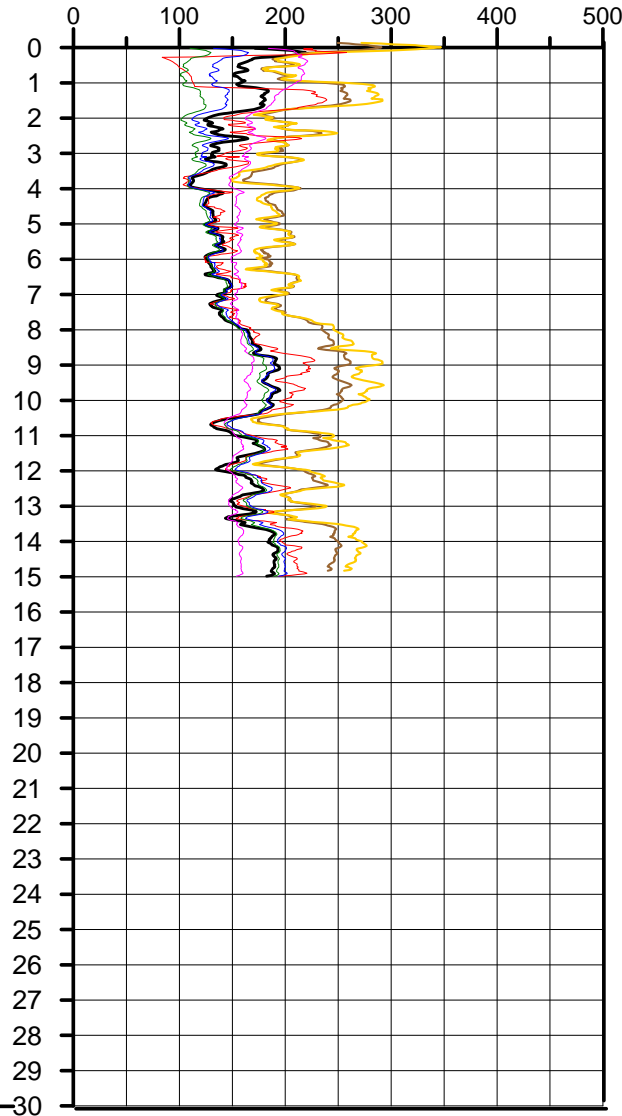
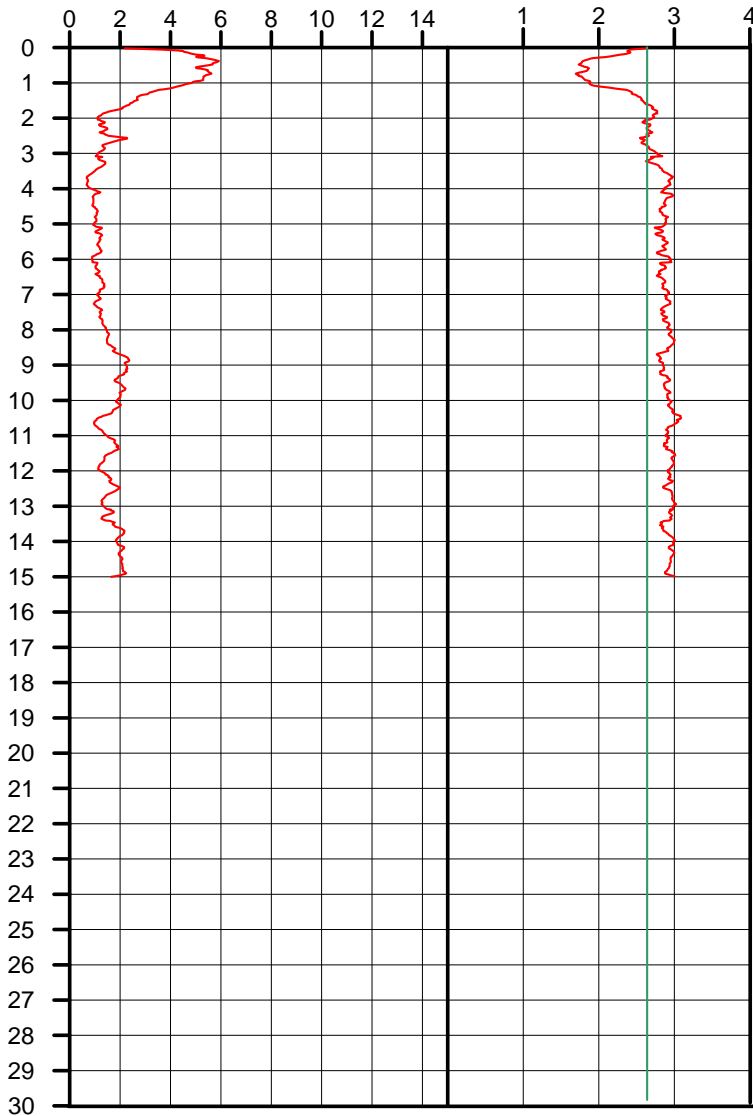
Società di S.G.T. sas  
 Geologia  
 Territoriale www.geo55.com

## Velocità Onde di Taglio (m/sec)

Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie);  
 Madiai 2002; Piratheepan 2002; Andrus 2001;  
 Hegazy & Mayne 1995; Mayne 2006;  
 Robertson & Cabal 2010

Qc (MPa)

Ic



Autore	Vs14.9
Andrus et.al. 2001SF = 1	151
Piratheepan 2002	143
Madiai 2002	162
Mayne & Rix 1995 (clays) / Baldi 1989 (sands)	161
Hegazy & Mayne 1995	213
Mayne 2006	217
Robertson Cabal 2010	154

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Data 29-ott-18

# CPT 3



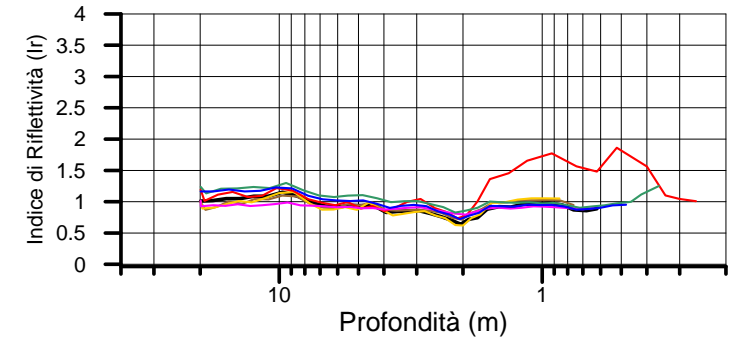
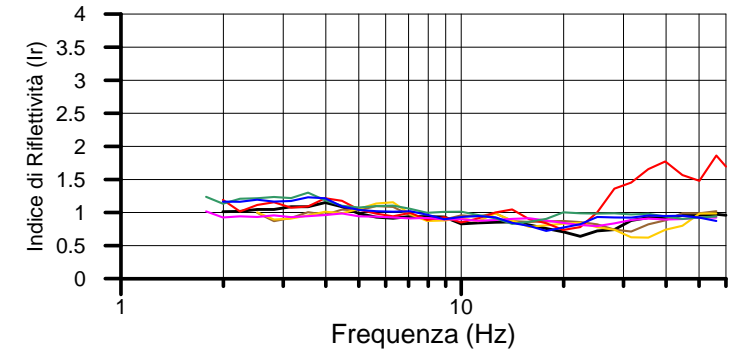
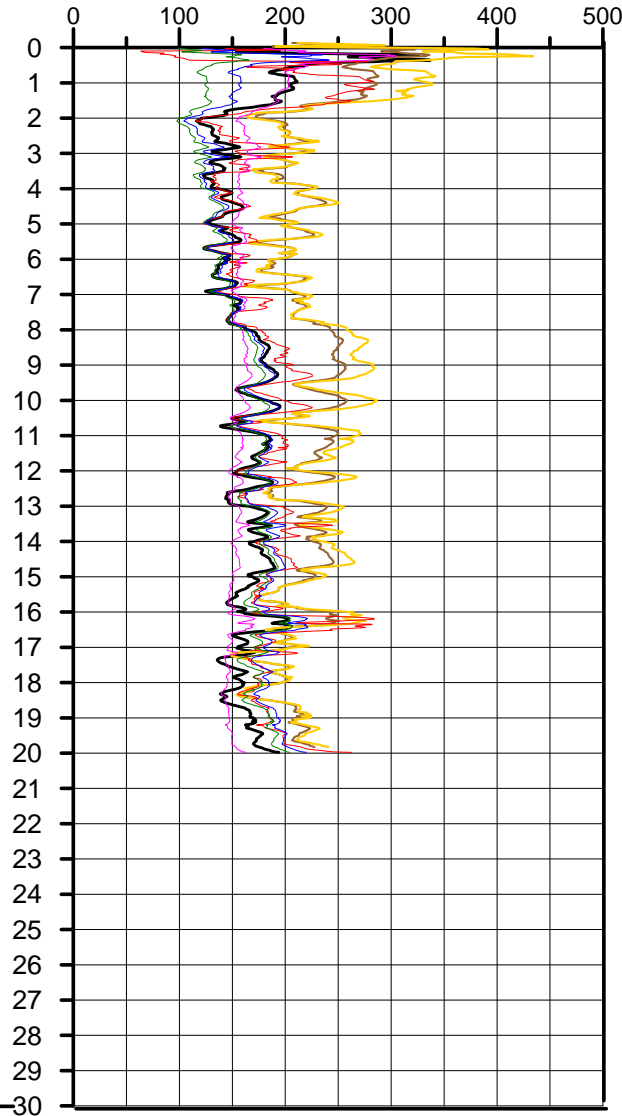
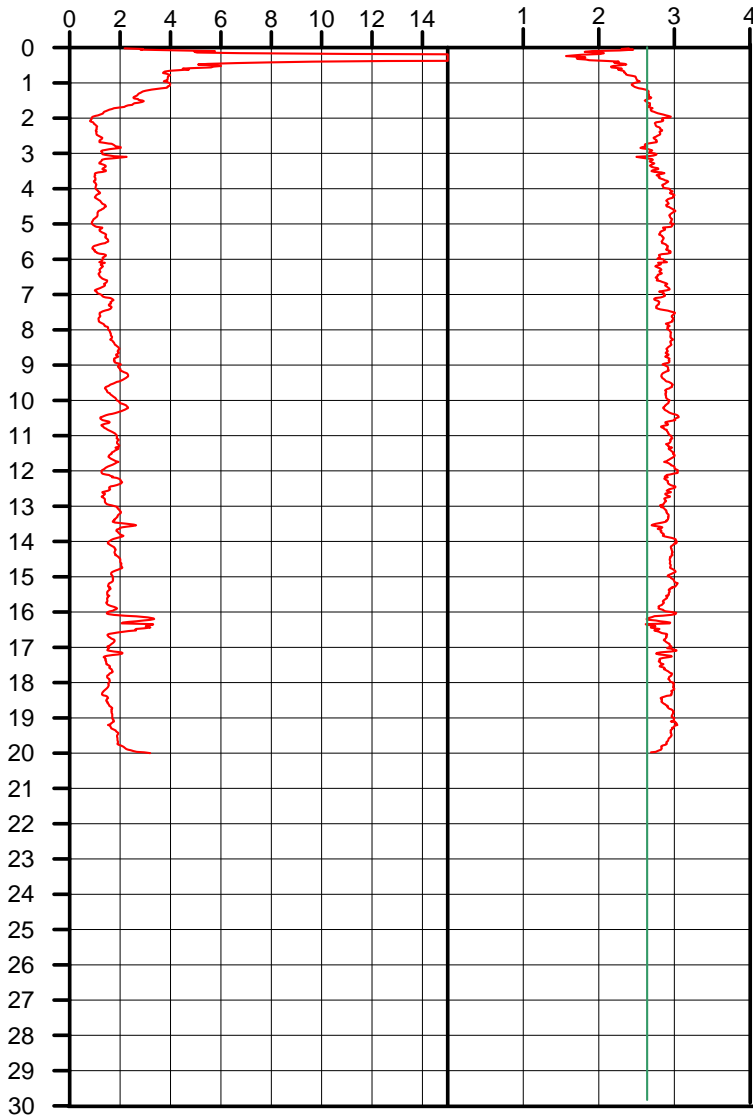
Società di S.G.T. sas  
 Geologia  
 Territoriale www.geo55.com

## Velocità Onde di Taglio (m/sec)

Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie);  
 Madiai 2002; Piratheepan 2002; Andrus 2001;  
 Hegazy & Mayne 1995; Mayne 2006;  
 Robertson & Cabal 2010

Qc (MPa)

Ic



Autore	Vs19.9
Andrus et.al. 2001SF = 1	163
Piratheepan 2002	154
Madiai 2002	159
Mayne & Rix 1995 (clays) / Baldi 1989 (sands)	174
Hegazy & Mayne 1995	217
Mayne 2006	222
Robertson Cabal 2010	161

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Data 29-ott-18

# CPT 4



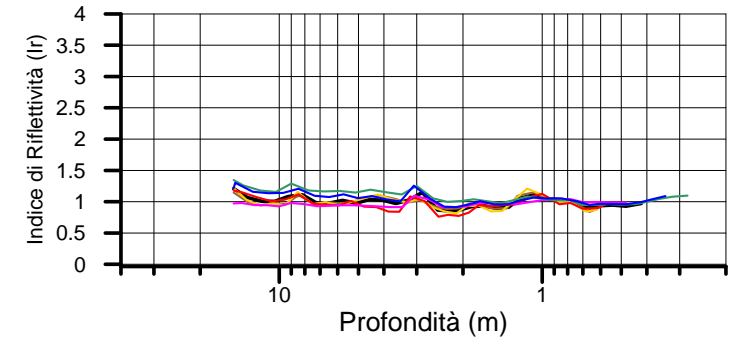
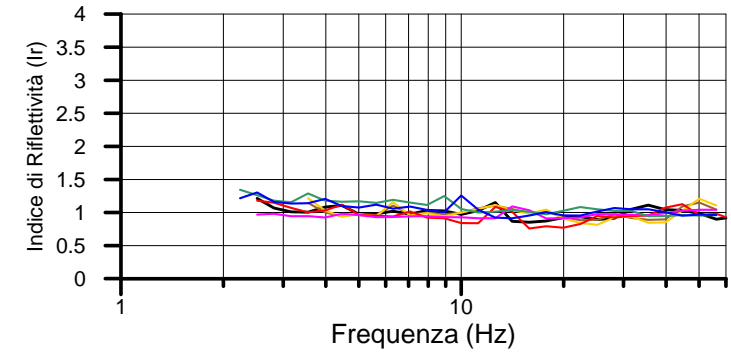
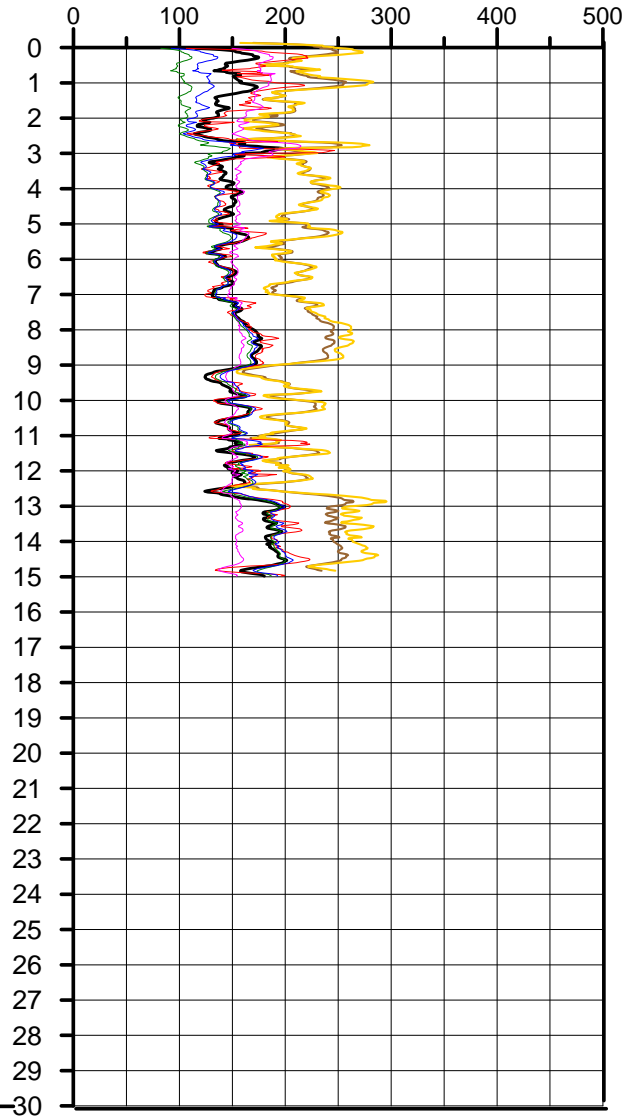
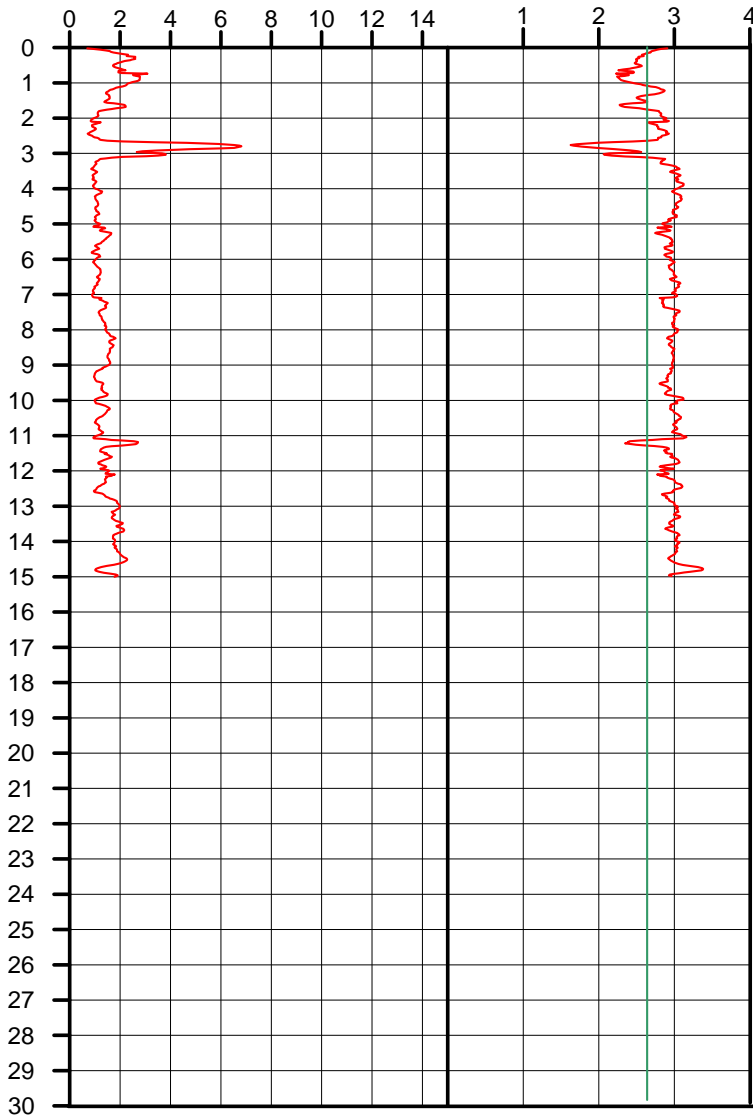
Società di S.G.T. sas  
 Geologia  
 Territoriale www.geo55.com

## Velocità Onde di Taglio (m/sec)

Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie);  
 Madiai 2002; Piratheepan 2002; Andrus 2001;  
 Hegazy & Mayne 1995; Mayne 2006;  
 Robertson & Cabal 2010

Qc (MPa)

Ic



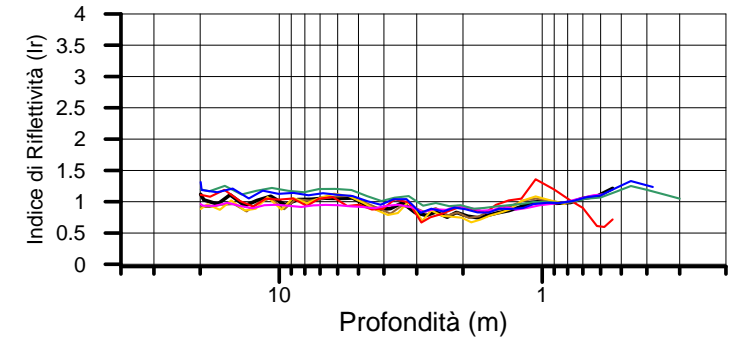
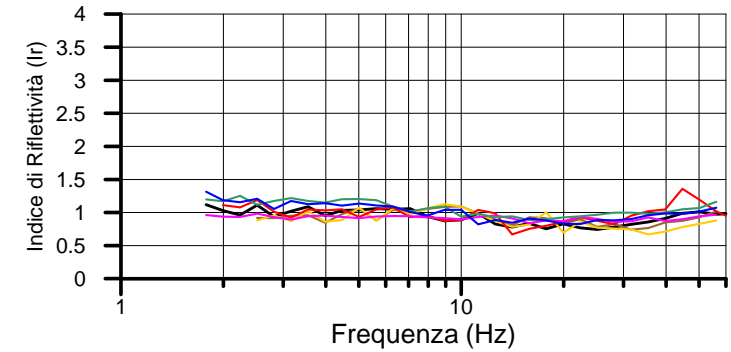
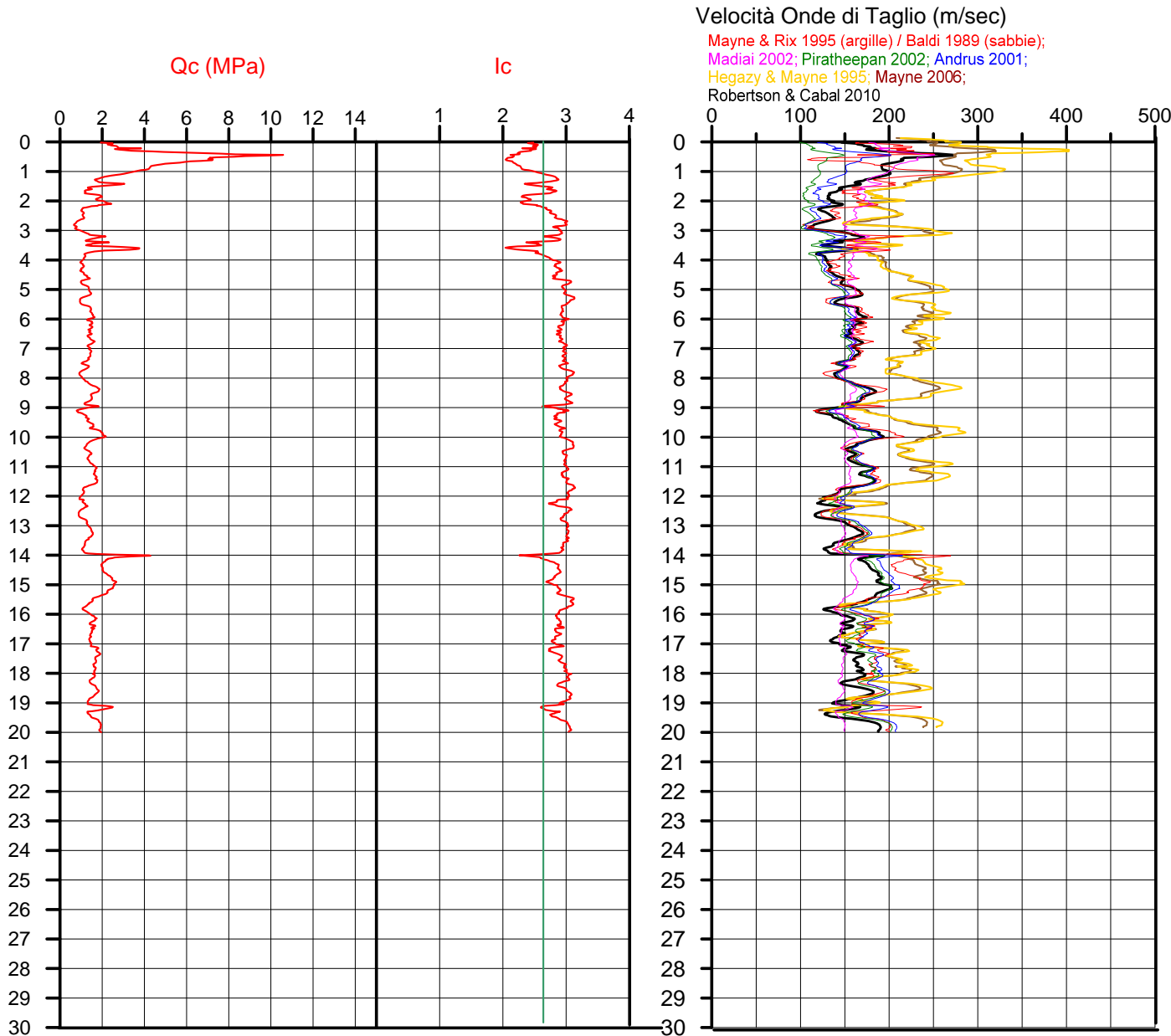
Autore	Vs14.9
Andrus et.al. 2001SF = 1	149
Piratheepan 2002	141
Madiai 2002	158
Mayne & Rix 1995 (clays) / Baldi 1989 (sands)	159
Hegazy & Mayne 1995	215
Mayne 2006	218
Robertson Cabal 2010	153

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Data 29-ott-18

# CPT 5



Società di S.G.T. sas  
 Geologia  
 Territoriale www.geo55.com



Autore	Vs19.9
Andrus et.al. 2001SF = 1	159
Piratheepan 2002	150
Madiai 2002	156
Mayne & Rix 1995 (clays) / Baldi 1989 (sands)	166
Hegazy & Mayne 1995	208
Mayne 2006	211
Robertson Cabal 2010	156

Comune Bagnacavallo  
 Via San Vitale / SP 553  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Data 15/03/2019

# CPT 6



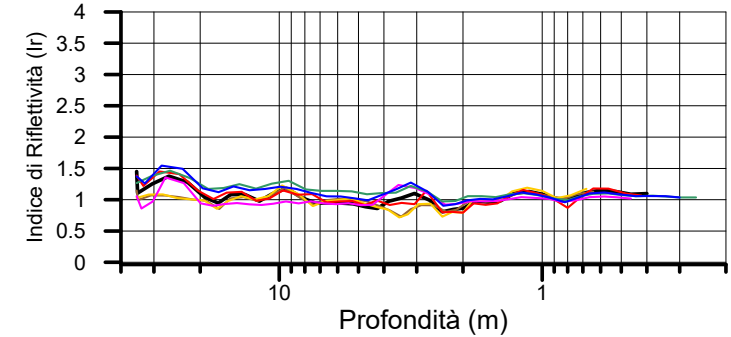
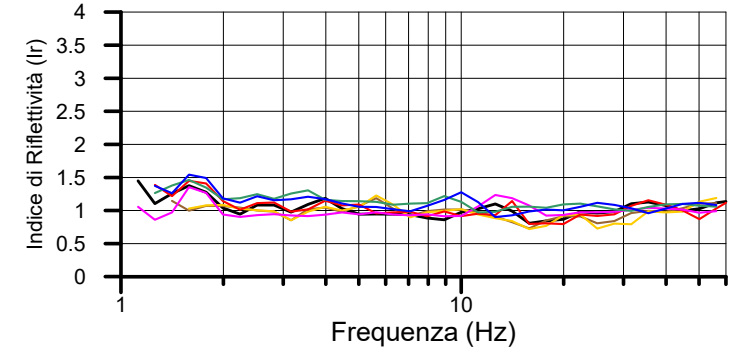
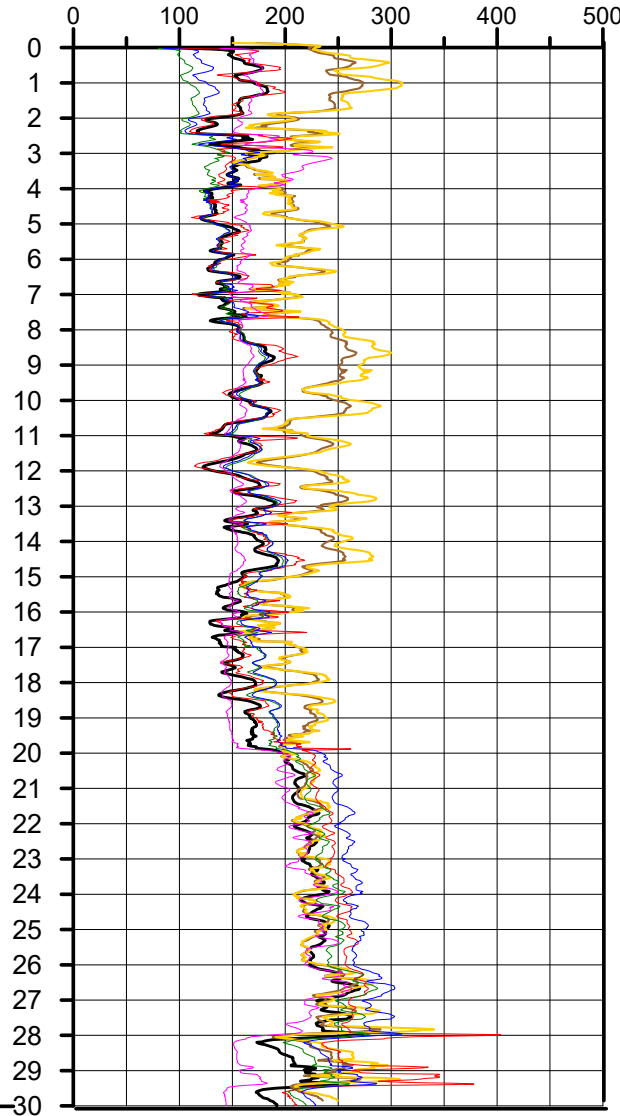
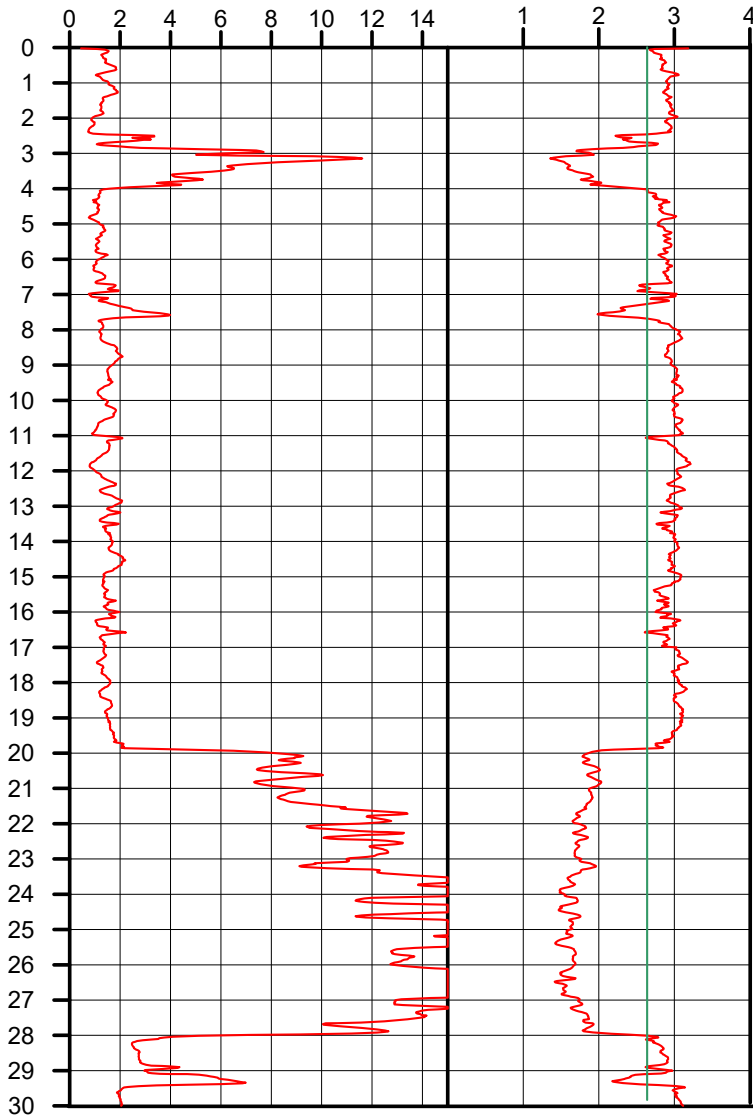
Società di S.G.T. sas  
 Geologia  
 Territoriale www.geo55.com

## Velocità Onde di Taglio (m/sec)

Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie);  
 Madii 2002; Piratheepan 2002; Andrus 2001;  
 Hegazy & Mayne 1995; Mayne 2006;  
 Robertson & Cabal 2010

Qc (MPa)

Ic



Autore	Vs30
Andrus et.al. 2001SF = 1	181
Piratheepan 2002	172
Madii 2002	171
Mayne & Rix 1995 (clays) / Baldi 1989 (sands)	183
Hegazy & Mayne 1995	219
Mayne 2006	223
Robertson Cabal 2010	172

Comune Bagnacavallo  
 Via San Vitale / SP 553  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Data 15/03/2019

# CPT 7



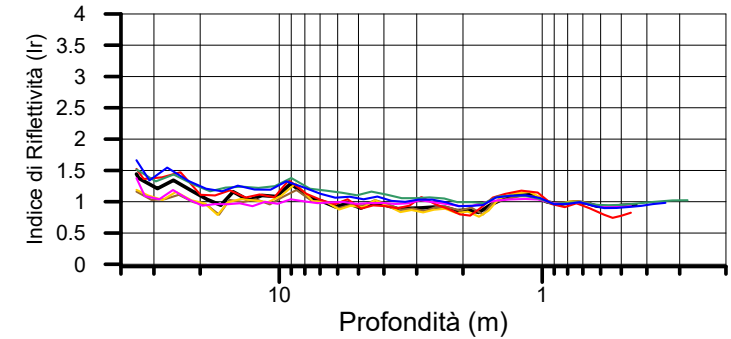
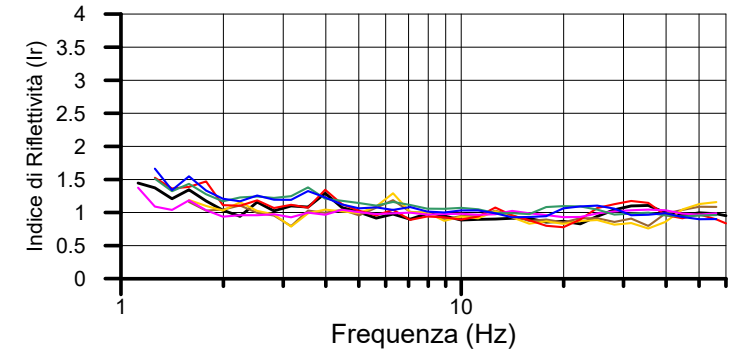
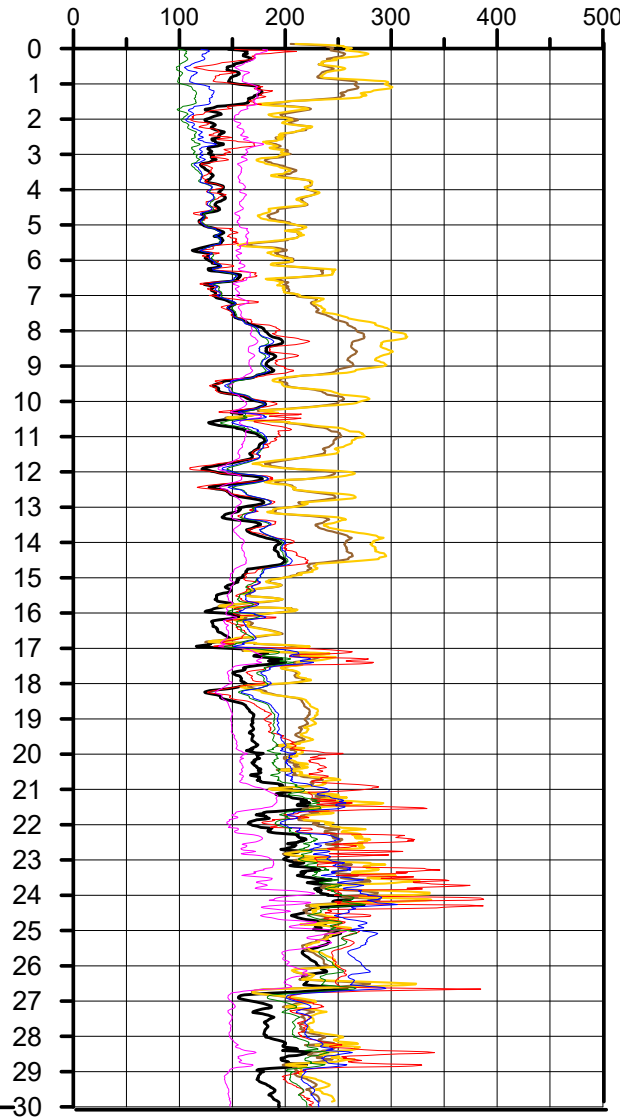
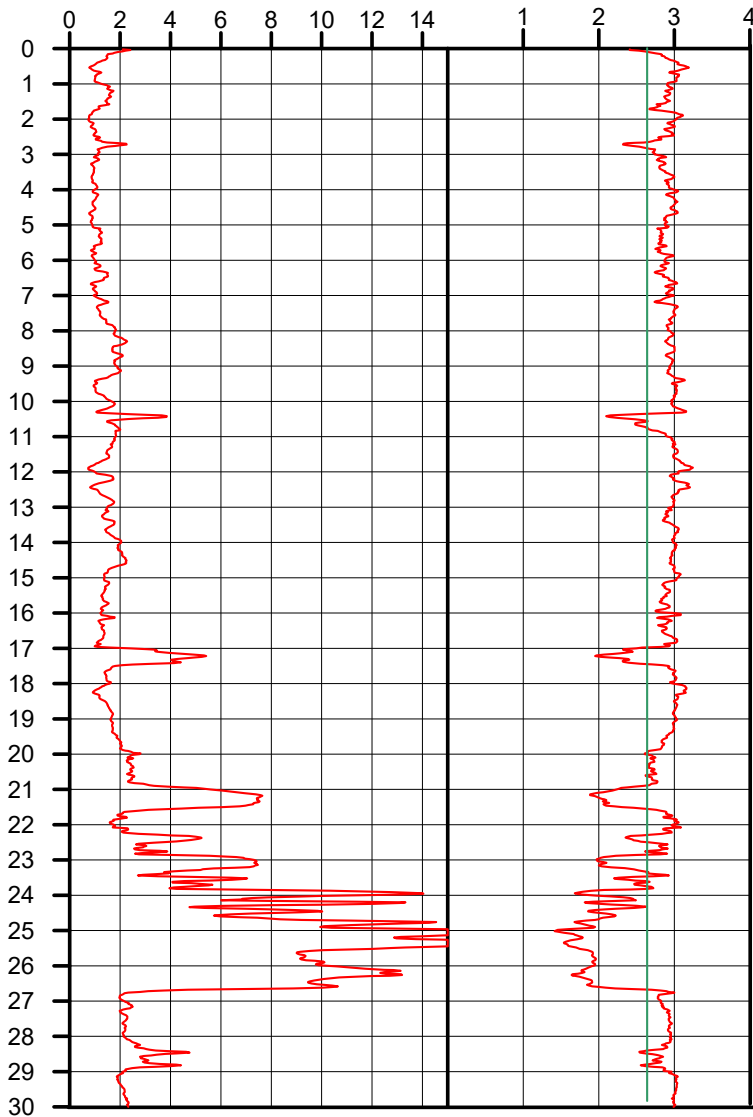
Società di S.G.T. sas  
 Geologia  
 Territoriale www.geo55.com

## Velocità Onde di Taglio (m/sec)

Mayne & Rix 1995 (argille) / Baldi 1989 (sabbie);  
 Madii 2002; Piratheepan 2002; Andrus 2001;  
 Hegazy & Mayne 1995; Mayne 2006;  
 Robertson & Cabal 2010

Qc (MPa)

Ic

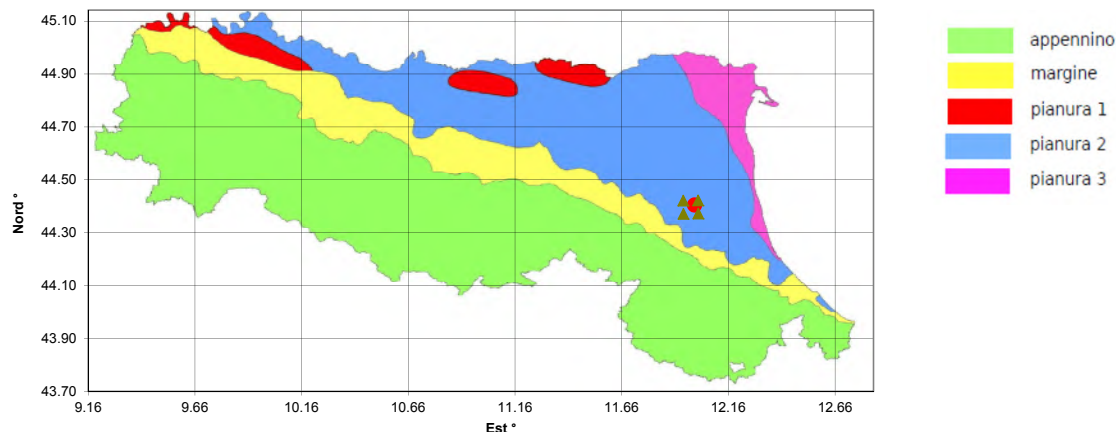
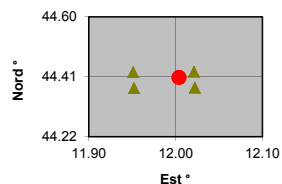


Autore	Vs30
Andrus et.al. 2001SF = 1	174
Piratheepan 2002	167
Madii 2002	161
Mayne & Rix 1995 (clays) / Baldi 1989 (sands)	180
Hegazy & Mayne 1995	217
Mayne 2006	223
Robertson Cabal 2010	165

**Ubicazione del sito**

Comune Bagnacavallo  
 Località Borgo Stecchi

Google Earth (WSG84) NTC2018 (ED50)  
 Longitudine (° decimali) **12.002619** **12.003761**  
 Latitudine (° decimali) **44.406744** **44.408494**



**I 4 nodi del reticolo di riferimento per l'azione sismica intorno il punto di interesse**

ID	Distanza al punta di interesse di (m)	Longitudine	Latitudine
17184	2.379	12.021	44.426
17406	3.893	12.022	44.376
17183	4.573	11.951	44.425
17405	5.548	11.952	44.375

Tipi di Costruzione			
1	Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	< = 10	<b>50</b>
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	> = 50	
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali ed dighe di grande dimensioni o di importanza strategica	> = 100	

Classe d'uso	Coefficiente Cu	Progetto Coefficiente Cu
1 Occasionali presenza di persone	0.7	<b>1.5</b>
2 Normali affollamenti	1	
3 Affollamenti significativi	1.5	
4 Edifici confunzioni pubbliche o strategiche importanti	2	

**Periodo di riferimento per l'azione sismica  $V_r = V_n * C_u = 75$  anni**

Stati Limiti		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_r = 75$ anni $P_{vr}$	Periodo di ritorno dell'azione sismica $T_r$ (anni)
SLO	Stato Limite di Operatività	81%	45
SLD	Stato Limite di Danno	63%	75
SLV	Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%	712
SLC	Stato Limite di prevenzione del Colasso	5%	1462

**Valori sismici** Decreto Ministeriale 14-01-2018

	$a_g$ (in g/10)	$a_g/g$	$F_0$	$T_c^*$
1. STATO LIMITE DI OPERATIVITA'	0.658	0.066	2.447	0.271
2. STATO LIMITE DEL DANNO	0.819	0.082	2.448	0.281
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	<b>2.087</b>	<b>0.213</b>	<b>2.426</b>	<b>0.302</b>
4. STATO LIMITE DI PREVENZIONE DEL COLASSO	2.694	0.269	2.420	0.311

Valori applicati	$a_g$ (in g/10)	$a_g/g$	$F_0$	$TC^*$
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	<b>2.087</b>	<b>0.213</b>	<b>2.426</b>	<b>0.302</b>

Comune  
Via  
Località  
Committente

Bagnacavallo  
A14dir X SP San Vitale  
Borgo Stecchi  
Provincia di Ravenna

**VALUTAZIONE DEL TIPO DI SUOLO BASATO SU CPT 1**

Rapporto terreno coesivo / terreno granulare (m/m)	18.8 / 0.99
Massimo profondità indagato (m)	19.90

TIPO DI SUOLO SUGGERITO		
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Andrus 2001)	158 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Piratheepan 2002)	150 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Madial 2002)	157 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Riz 1995 (argille) / Baki 1989 (sabbie))	165 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Hegazy & Mayne 1995)	211 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertston Cabal 2009)	209 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertston Cabal 2009) (m/sec)	156 m/sec	D o S1

Resistenza penetrometrica equivalente Nsp (Norme AGI per terreni granulari)	9.9	D o S1
Resistenza al taglio non drenata equivalente Cu (Norme AGI per terreni coesivi)	82 kPa	C

TIPO DI SUOLO STIMATO
C

**ACCELERAZIONE ED AMPLIFICAZIONE SECONDO NTC 2018**

**3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA Tr = 712**

Accelerazione massima al substrato sismico		amax al substrato sismico	2.087 m/sec <sup>2</sup>	0.213 g
Amplificazione per tipo di suolo	C	Ss		1.39
Amplificazione topografica		ST		1.00
<b>S totale</b>		<b>Ss * ST</b>		<b>1.39</b>
Accelerazione massima in superficie		amax in superficie	2.902 m/sec <sup>2</sup>	0.296 g

ξ (%) coefficiente di smorzamento viscoso equivalente	5	fattore η	1.00
---	---	-----------	------

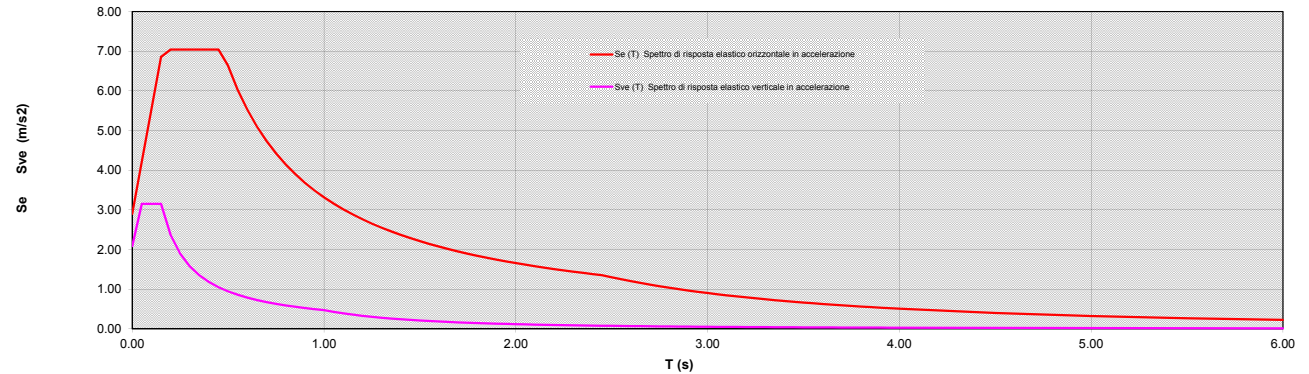
**PERIODI DI SEPARAZIONI DEI RAMI DELLO SPETTRO**

Tipo di suolo	C	ORIZZONTALE	VERTICALE
Tb		0.16	0.05
Tc		0.47	0.15
Td		2.45	1.00
Te		6.00	
Tf		10.00	

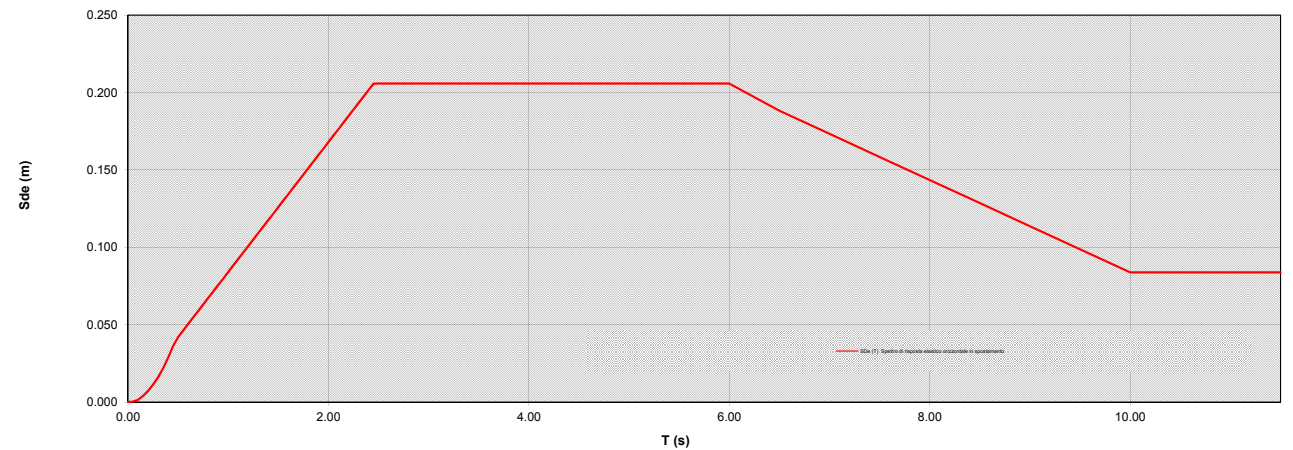
**PARAMETRI DI PICCO**

Accelerazione orizzontale massima	ag	2.902 m/sec <sup>2</sup>
Velocità orizzontale massima	vg	0.22 m/sec
Spostamento orizzontale massimo	dq	0.08 m

**Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in accelerazione (m/sec<sup>2</sup>)**



**Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in spostamento (m)**



**PARAMETRI SISMICI PER CATEGORIA DEL SUOLO C**

STATO LIMITE	ag / g	Fo	Tc*	SS Amplificazione Stratigrafica	ST Amplificazione Topografica	ag / g * SS * ST Accelerazione totale	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)	Te (sec)	Tf (sec)	Fondazioni e Pendii			Opere di Sostegno		
												βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Kh terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale	βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Kh terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale
di Operatività	0.066	2.447	0.271	1.50	1.00	0.099	0.14	0.41	1.86	6.00	10.00	0.20	0.020	0.010	0.18	0.018	0.009
del Danno	0.082	2.448	0.281	1.50	1.00	0.123	0.15	0.45	1.93	6.00	10.00	0.20	0.025	0.012	0.24	0.029	0.015
Salvaguardia della Vita	0.213	2.426	0.302	1.39	1.00	0.296	0.16	0.47	2.45	6.00	10.00	0.28	0.083	0.041	0.31	0.092	0.046
Prevenzione del Colasso	0.269	2.420	0.311	1.31	1.00	0.353	0.16	0.48	2.68	6.00	10.00	0.28	0.099	0.049	0.31	0.109	0.055

**VALUTAZIONE DEL TIPO DI SUOLO BASATO SU CPT 2**

Rapporto terreno coesivo / terreno granulare (m/m)	13.19 / 1.63
Massimo profondità indagato (m)	14.90

TIPO DI SUOLO SUGGERITO		
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Andrus 2001)	151 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Piratheepan 2002)	143 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Madial 2002)	162 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Riz 1995 (argille) / Baki 1989 (sabbie))	161 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Hegazy & Mayne 1995)	217 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertson Cabal 2009)	213 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertson Cabal 2009) (m/sec)	154 m/sec	D o S1

Resistenza penetrometrica equivalente Nsp (Norme AGI per terreni granulari)	11.4	D o S1
Resistenza al taglio non drenata equivalente Cu (Norme AGI per terreni coesivi)	82 kPa	C

TIPO DI SUOLO STIMATO
C

**ACCELERAZIONE ED AMPLIFICAZIONE SECONDO NTC 2018**

**3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA Tr = 712**

Accelerazione massima al substrato sismico		amax al substrato sismico	2.087 m/sec <sup>2</sup>	0.213 g
Amplificazione per tipo di suolo C		Ss		1.39
Amplificazione topografica		ST		1.00
<b>S totale</b>		<b>Ss * ST</b>		<b>1.39</b>
Accelerazione massima in superficie		amax in superficie	2.902 m/sec <sup>2</sup>	0.296 g

ξ (%) coefficiente di smorzamento viscoso equivalente	5	fattore η	1.00
---	---	-----------	------

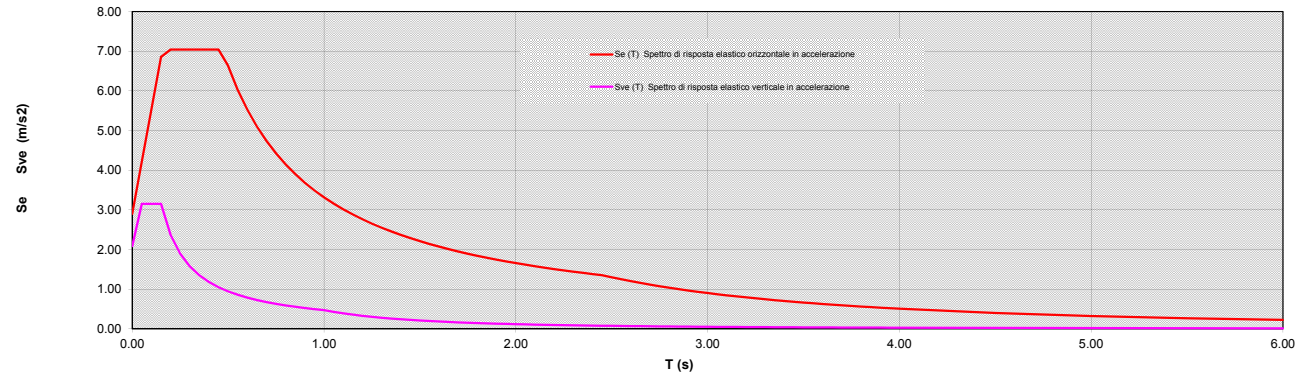
**PERIODI DI SEPARAZIONI DEI RAMI DELLO SPETTRO**

Tipo di suolo	C	ORIZZONTALE	VERTICALE
Tb		0.16	0.05
Tc		0.47	0.15
Td		2.45	1.00
Te		6.00	
Tf		10.00	

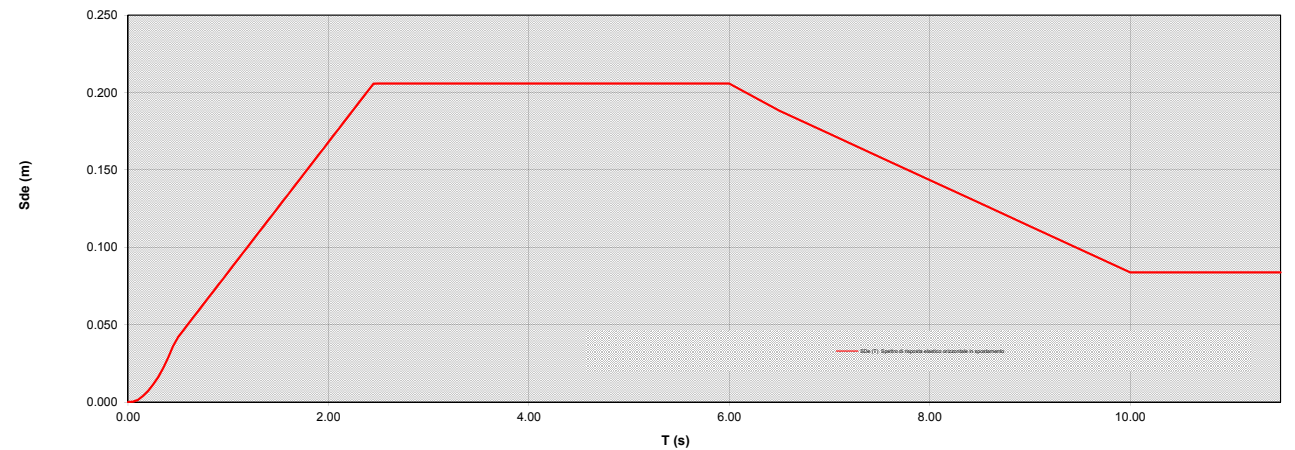
**PARAMETRI DI PICCO**

Accelerazione orizzontale massima	ag	2.902 m/sec <sup>2</sup>
Velocità orizzontale massima	vg	0.22 m/sec
Spostamento orizzontale massimo	dq	0.08 m

**Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in accelerazione (m/sec<sup>2</sup>)**



**Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in spostamento (m)**



**PARAMETRI SISMICI PER CATEGORIA DEL SUOLO C**

STATO LIMITE	ag / g	Fo	Tc*	SS Amplificazione Stratigrafica	ST Amplificazione Topografica	ag / g * SS * ST Accelerazione totale	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)	Te (sec)	Tf (sec)	Fondazioni e Pendii			Opere di Sostegno		
												βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Ks terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale	βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Ks terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale
di Operatività	0.066	2.447	0.271	1.50	1.00	0.099	0.14	0.41	1.86	6.00	10.00	0.20	0.020	0.010	0.18	0.018	0.009
del Danno	0.082	2.448	0.281	1.50	1.00	0.123	0.15	0.45	1.93	6.00	10.00	0.20	0.025	0.012	0.24	0.029	0.015
Salvaguardia della Vita	0.213	2.426	0.302	1.39	1.00	0.296	0.16	0.47	2.45	6.00	10.00	0.28	0.083	0.041	0.31	0.092	0.046
Prevenzione del Colasso	0.269	2.420	0.311	1.31	1.00	0.353	0.16	0.48	2.68	6.00	10.00	0.28	0.099	0.049	0.31	0.109	0.055

**VALUTAZIONE DEL TIPO DI SUOLO BASATO SU CPT 3**

Rapporto terreno coesivo / terreno granulare (m/m)	18.6 / 1.19
Massimo profondità indagata (m)	19.90

TIPO DI SUOLO SUGGERITO		
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Andrus 2001)	163 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Piratheepan 2002)	154 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Madial 2002)	159 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Riz 1995 (argille) / Baki 1989 (sabbie))	174 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Hegazy & Mayne 1995)	222 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertson Cabal 2009)	217 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertson Cabal 2009) (m/sec)	161 m/sec	D o S1

Resistenza penetrometrica equivalente Nsp (Norme AGI per terreni granulari)	15.3	C
Resistenza al taglio non drenata equivalente Cu (Norme AGI per terreni coesivi)	89 kPa	C

TIPO DI SUOLO STIMATO
C

**ACCELERAZIONE ED AMPLIFICAZIONE SECONDO NTC 2018**

**3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA Tr = 712**

Accelerazione massima al substrato sismico		amax al substrato sismico	2.087 m/sec <sup>2</sup>	0.213 g
Amplificazione per tipo di suolo	C	Ss	1.39	
Amplificazione topografica		ST	1.00	
<b>S totale</b>		<b>Ss * ST</b>	<b>1.39</b>	
Accelerazione massima in superficie		amax in superficie	2.902 m/sec <sup>2</sup>	0.296 g

ξ (%) coefficiente di smorzamento viscoso equivalente	5	fattore η	1.00
---	---	-----------	------

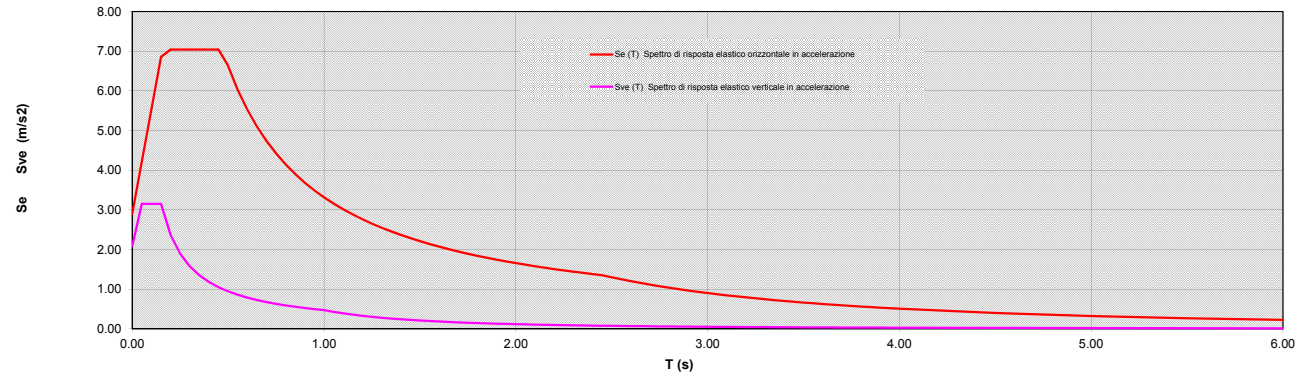
**PERIODI DI SEPARAZIONI DEI RAMI DELLO SPETTRO**

Tipo di suolo	C	ORIZZONTALE	VERTICALE
Tb		0.16	0.05
Tc		0.47	0.15
Td		2.45	1.00
Te		6.00	
Tf		10.00	

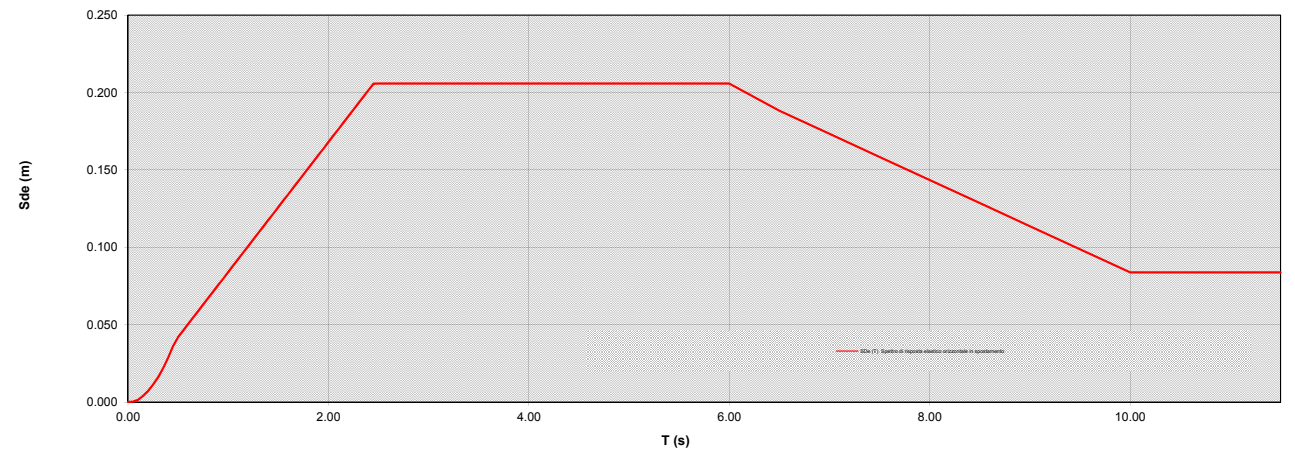
**PARAMETRI DI PICCO**

Accelerazione orizzontale massima	ag	2.902 m/sec <sup>2</sup>
Velocità orizzontale massima	vg	0.22 m/sec
Spostamento orizzontale massimo	dq	0.08 m

**Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in accelerazione (m/sec<sup>2</sup>)**



**Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in spostamento (m)**



**PARAMETRI SISMICI PER CATEGORIA DEL SUOLO C**

STATO LIMITE	ag / g	Fo	Tc*	SS Amplificazione Stratigrafica	ST Amplificazione Topografica	ag / g * SS * ST Accelerazione totale	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)	Te (sec)	Tf (sec)	Fondazioni e Pendii			Opere di Sostegno		
												βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Kh terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale	βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Kh terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale
di Operatività	0.066	2.447	0.271	1.50	1.00	0.099	0.14	0.41	1.86	6.00	10.00	0.20	0.020	0.010	0.18	0.018	0.009
del Danno	0.082	2.448	0.281	1.50	1.00	0.123	0.15	0.45	1.93	6.00	10.00	0.20	0.025	0.012	0.24	0.029	0.015
Salvaguardia della Vita	0.213	2.426	0.302	1.39	1.00	0.296	0.16	0.47	2.45	6.00	10.00	0.28	0.083	0.041	0.31	0.092	0.046
Prevenzione del Colasso	0.269	2.420	0.311	1.31	1.00	0.353	0.16	0.48	2.68	6.00	10.00	0.28	0.099	0.049	0.31	0.109	0.055

Comune  
Via  
Località  
Committente

Bagnacavallo  
A14dir X SP San Vitale  
Borgo Stecchi  
Provincia di Ravenna

**VALUTAZIONE DEL TIPO DI SUOLO BASATO SU CPT 4**

Rapporto terreno coesivo / terreno granulare (m/m)	13.09 / 1.73
Massimo profondità indagato (m)	14.90

TIPO DI SUOLO SUGGERITO		
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Andrus 2001)	149 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Piratheepan 2002)	141 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Madral 2002)	158 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Riz 1995 (argille) / Baki 1989 (sabbie))	159 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Hegazy & Mayne 1995)	218 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertston Cabal 2009)	215 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertston Cabal 2009)	153 m/sec	D o S1

Resistenza penetrometrica equivalente Nsp (Norme AGI per terreni granulari)	8.5	D o S1
Resistenza al taglio non drenata equivalente Cu (Norme AGI per terreni coesivi)	78 kPa	C

TIPO DI SUOLO STIMATO
C

**ACCELERAZIONE ED AMPLIFICAZIONE SECONDO NTC 2018**

**3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA Tr = 712**

Accelerazione massima al substrato sismico		amax al substrato sismico	2.087 m/sec <sup>2</sup>	0.213 g
Amplificazione per tipo di suolo C		Ss		1.39
Amplificazione topografica		ST		1.00
<b>S totale</b>		<b>Ss * ST</b>		<b>1.39</b>
Accelerazione massima in superficie		amax in superficie	2.902 m/sec <sup>2</sup>	0.296 g

ξ (%) coefficiente di smorzamento viscoso equivalente	5	fattore η	1.00
---	---	-----------	------

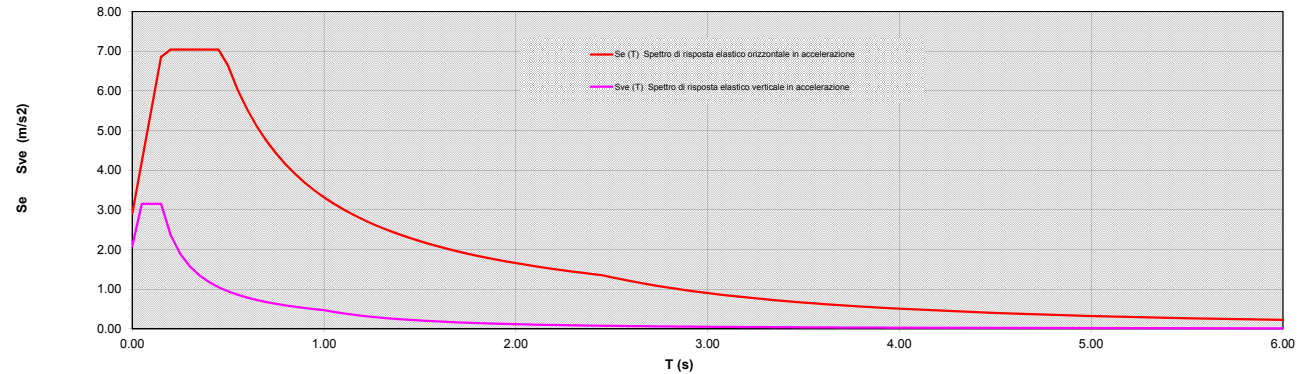
**PERIODI DI SEPARAZIONI DEI RAMI DELLO SPETTRO**

Tipo di suolo	C	ORIZZONTALE	VERTICALE
Tb		0.16	0.05
Tc		0.47	0.15
Td		2.45	1.00
Te		6.00	
Tf		10.00	

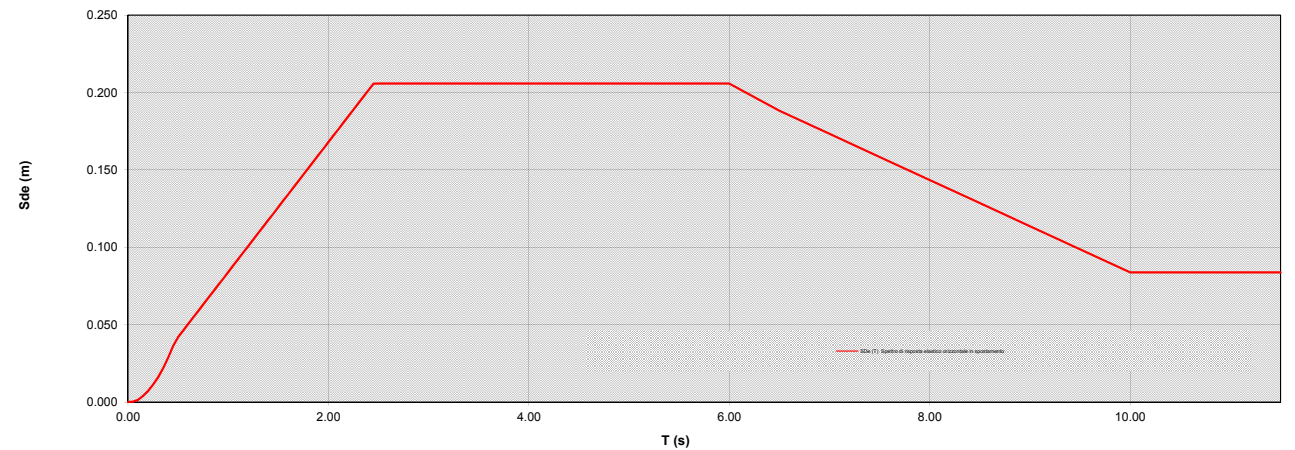
**PARAMETRI DI PICCO**

Accelerazione orizzontale massima	ag	2.902 m/sec <sup>2</sup>
Velocità orizzontale massima	vg	0.22 m/sec
Spostamento orizzontale massimo	dq	0.08 m

**Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in accelerazione (m/sec<sup>2</sup>)**



**Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in spostamento (m)**



**PARAMETRI SISMICI PER CATEGORIA DEL SUOLO C**

STATO LIMITE	ag / g	Fo	Tc*	SS Amplificazione Stratigrafica	ST Amplificazione Topografica	ag / g * SS * ST Accelerazione totale	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)	Te (sec)	Tf (sec)	Fondazioni e Pendii			Opere di Sostegno		
												βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Kh terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale	βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Kh terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale
di Operatività	0.066	2.447	0.271	1.50	1.00	0.099	0.14	0.41	1.86	6.00	10.00	0.20	0.020	0.010	0.18	0.018	0.009
del Danno	0.082	2.448	0.281	1.50	1.00	0.123	0.15	0.45	1.93	6.00	10.00	0.20	0.025	0.012	0.24	0.029	0.015
Salvaguardia della Vita	0.213	2.426	0.302	1.39	1.00	0.296	0.16	0.47	2.45	6.00	10.00	0.28	0.083	0.041	0.31	0.092	0.046
Prevenzione del Colasso	0.269	2.420	0.311	1.31	1.00	0.353	0.16	0.48	2.68	6.00	10.00	0.28	0.099	0.049	0.31	0.109	0.055

Comune  
Via  
Località  
Committente

Bagnacavallo  
A14dir X SP San Vitale  
Borgo Stecchi  
Provincia di Ravenna

**VALUTAZIONE DEL TIPO DI SUOLO BASATO SU CPT 5**

Rapporto terreno coesivo / terreno granulare (m/m)	17.73 / 2.06
Massimo profondità indagato (m)	19.90

TIPO DI SUOLO SUGGERITO		
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Andrus 2001)	159 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Piratheepan 2002)	150 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Madial 2002)	156 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Riz 1995 (argille) / Baki 1989 (sabbie))	166 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Hegazy & Mayne 1995)	211 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertston Cabal 2009)	208 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertston Cabal 2009) (m/sec)	156 m/sec	D o S1

Resistenza penetrometrica equivalente Nsp (Norme AGI per terreni granulari)	9.4	D o S1
Resistenza al taglio non drenata equivalente Cu (Norme AGI per terreni coesivi)	83 kPa	C

TIPO DI SUOLO STIMATO
C

**ACCELERAZIONE ED AMPLIFICAZIONE SECONDO NTC 2018**

**3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA Tr = 712**

Accelerazione massima al substrato sismico		amax al substrato sismico	2.087 m/sec <sup>2</sup>	0.213 g
Amplificazione per tipo di suolo	C	Ss		1.39
Amplificazione topografica		ST		1.00
<b>S totale</b>		<b>Ss * ST</b>		<b>1.39</b>
Accelerazione massima in superficie		amax in superficie	2.902 m/sec <sup>2</sup>	0.296 g

ξ (%) coefficiente di smorzamento viscoso equivalente	5	fattore η	1.00
---	---	-----------	------

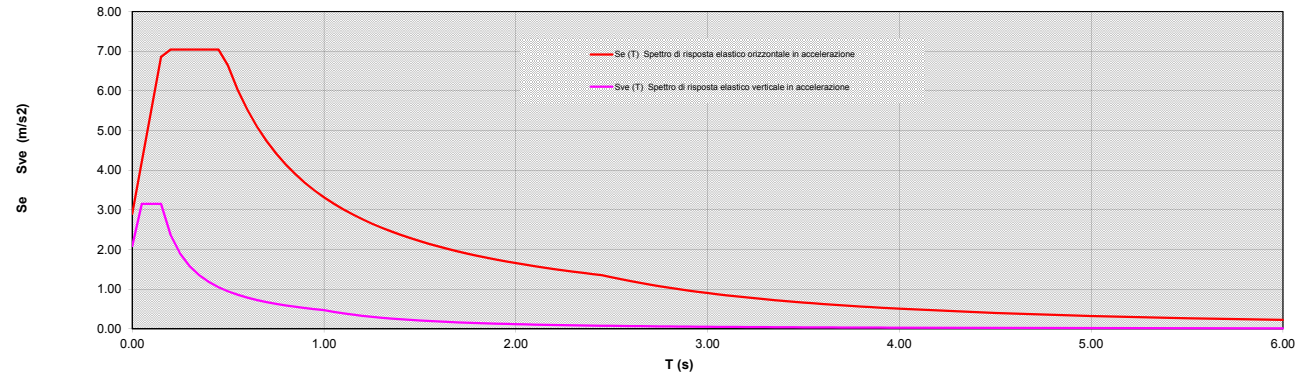
**PERIODI DI SEPARAZIONI DEI RAMI DELLO SPETTRO**

Tipo di suolo	C	ORIZZONTALE	VERTICALE
Tb		0.16	0.05
Tc		0.47	0.15
Td		2.45	1.00
Te		6.00	
Tf		10.00	

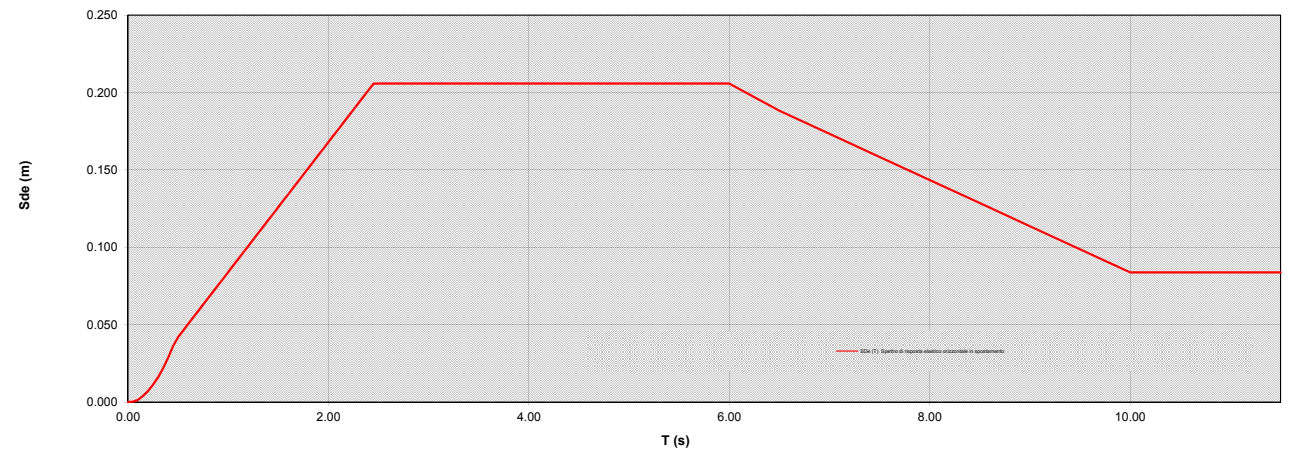
**PARAMETRI DI PICCO**

Accelerazione orizzontale massima	ag	2.902 m/sec <sup>2</sup>
Velocità orizzontale massima	vg	0.22 m/sec
Spostamento orizzontale massimo	dq	0.08 m

**Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in accelerazione (m/sec<sup>2</sup>)**



**Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in spostamento (m)**



**PARAMETRI SISMICI PER CATEGORIA DEL SUOLO C**

STATO LIMITE	ag / g	Fo	Tc*	SS Amplificazione Stratigrafica	ST Amplificazione Topografica	ag / g * SS * ST Accelerazione totale	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)	Te (sec)	Tf (sec)	Fondazioni e Pendii			Opere di Sostegno		
												βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Kh terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale	βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Kh terreno Coefficiente sismico orizzontale	Kv terreno Coefficiente sismico verticale
di Operatività	0.066	2.447	0.271	1.50	1.00	0.099	0.14	0.41	1.86	6.00	10.00	0.20	0.020	0.010	0.18	0.018	0.009
del Danno	0.082	2.448	0.281	1.50	1.00	0.123	0.15	0.45	1.93	6.00	10.00	0.20	0.025	0.012	0.24	0.029	0.015
Salvaguardia della Vita	0.213	2.426	0.302	1.39	1.00	0.296	0.16	0.47	2.45	6.00	10.00	0.28	0.083	0.041	0.31	0.092	0.046
Prevenzione del Colasso	0.269	2.420	0.311	1.31	1.00	0.353	0.16	0.48	2.68	6.00	10.00	0.28	0.099	0.049	0.31	0.109	0.055

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29/10/2018

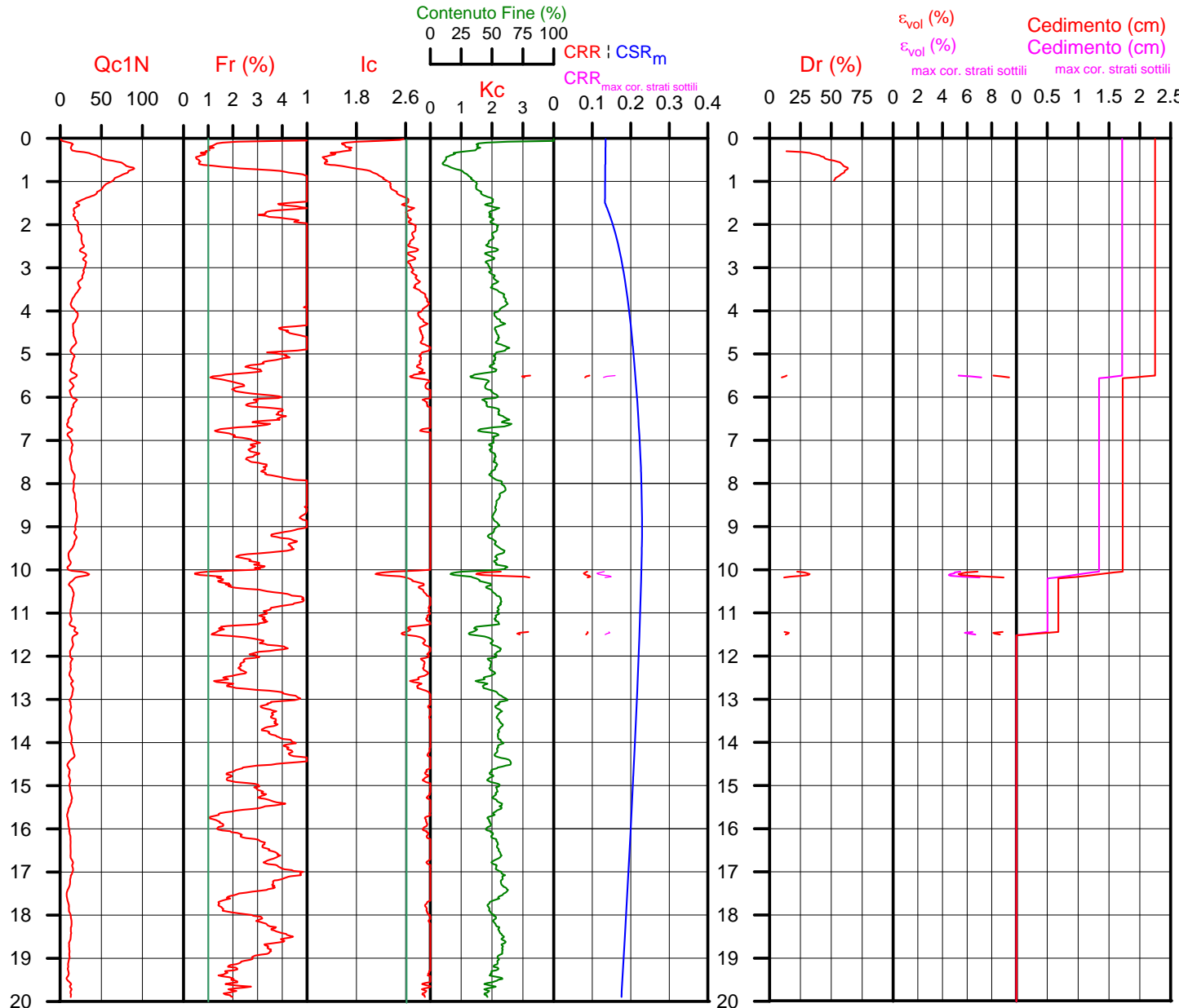
**CPT 1**  
 Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		D.G.R. Emilia-Romagna 2193 / 2015	
latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087	latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003761°		longitudine 12.003761°	
tipo di suolo	fattore amplificazione 1.390	Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 2.902	amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.548
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudo 6.140		magnitudo 6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO LE LINEE GUIDA AGI 2005

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 secondo Idriss & Boulanger 2004 (Cyclic Stress Ratio corretto per magnitudo)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Idriss 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic e Qc1N secondo Idriss 2004
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
  - lc > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR 7.5 / CSR 6.14$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento	Indice di spostamento laterale LDI
	(cm)	(cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Cedimento totale considerando strati sottili</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE AGI 2005			POTENZIALE DI ROTTURA
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL	
1.0	0.6	IL <= 5	BASSO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

### VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE E LA PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL	
1.0	0.6	IL <= 2	BASSA
		2 < IL <= 5	MODERATA
		5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
1	1	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

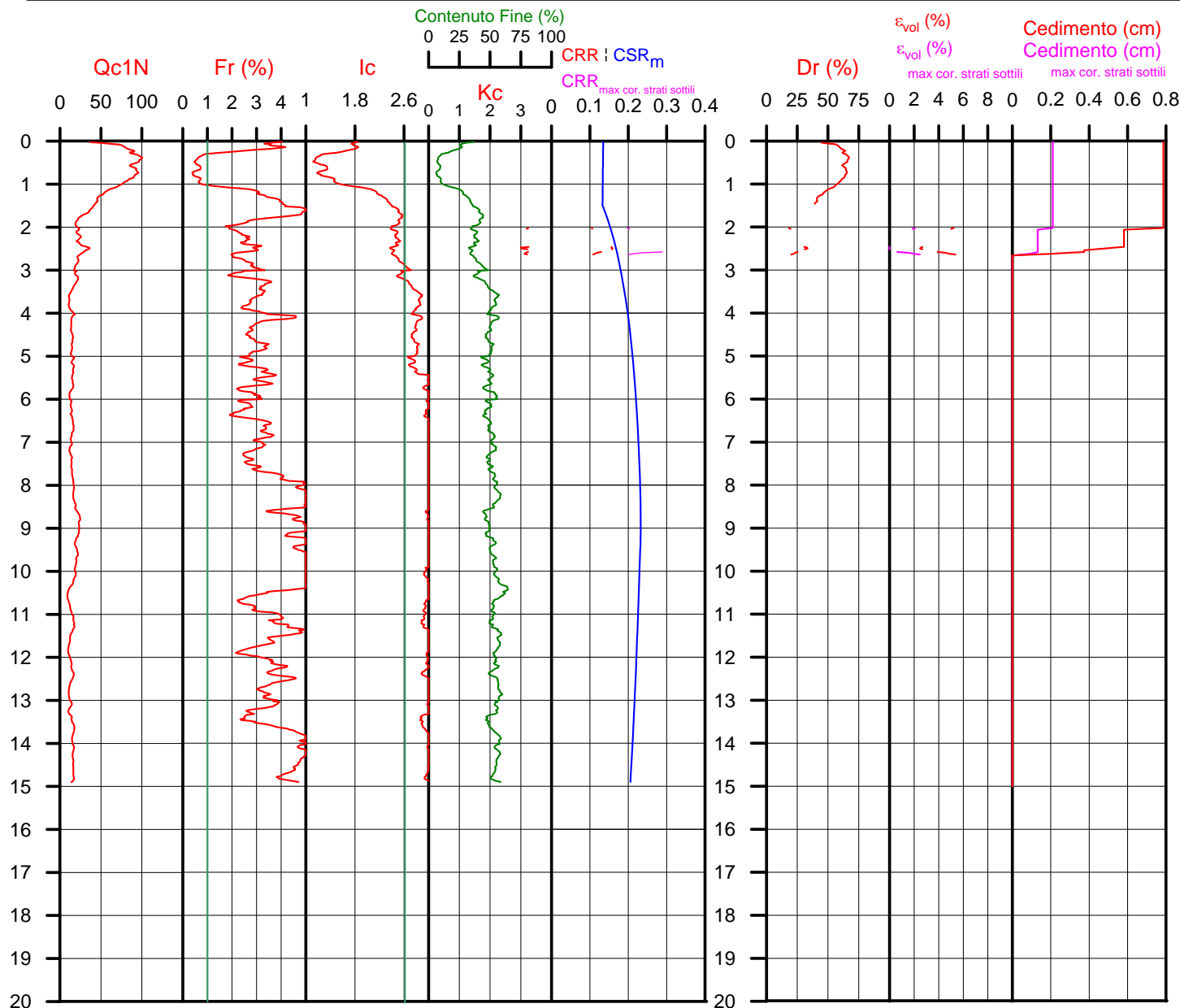
Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29/10/2018

**CPT 2**  
 Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		D.G.R. Emilia-Romagna 2193 / 2015	
latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087	latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003761°		longitudine 12.003761°	
tipo di suolo C	fattore amplificazione 1.390	Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 2.902	amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.548
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudo 6.140		magnitudo 6.140



**Società di Geologia Territoriale**  
 S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO LE LINEE GUIDA AGI 2005

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 secondo Idriss & Boulanger 2004 (Cyclic Stress Ratio corretto per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Idriss 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic e Qc1N secondo Idriss 2004
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
  - lc > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR 7.5 / CSR 6.14$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

- Parametri utilizzati:
- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
  - \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento	Indice di spostamento laterale LDI
	(cm)	(cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Cedimento totale considerando strati sottili</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE AGI 2005			POTENZIALE DI ROTTURA
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL	
0.4	0.0	IL <= 5	BASSO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

### VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE E LA PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	IL	
0.4	0.0	IL <= 2	BASSA
		2 < IL <= 5	MODERATA
		5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
1	0	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

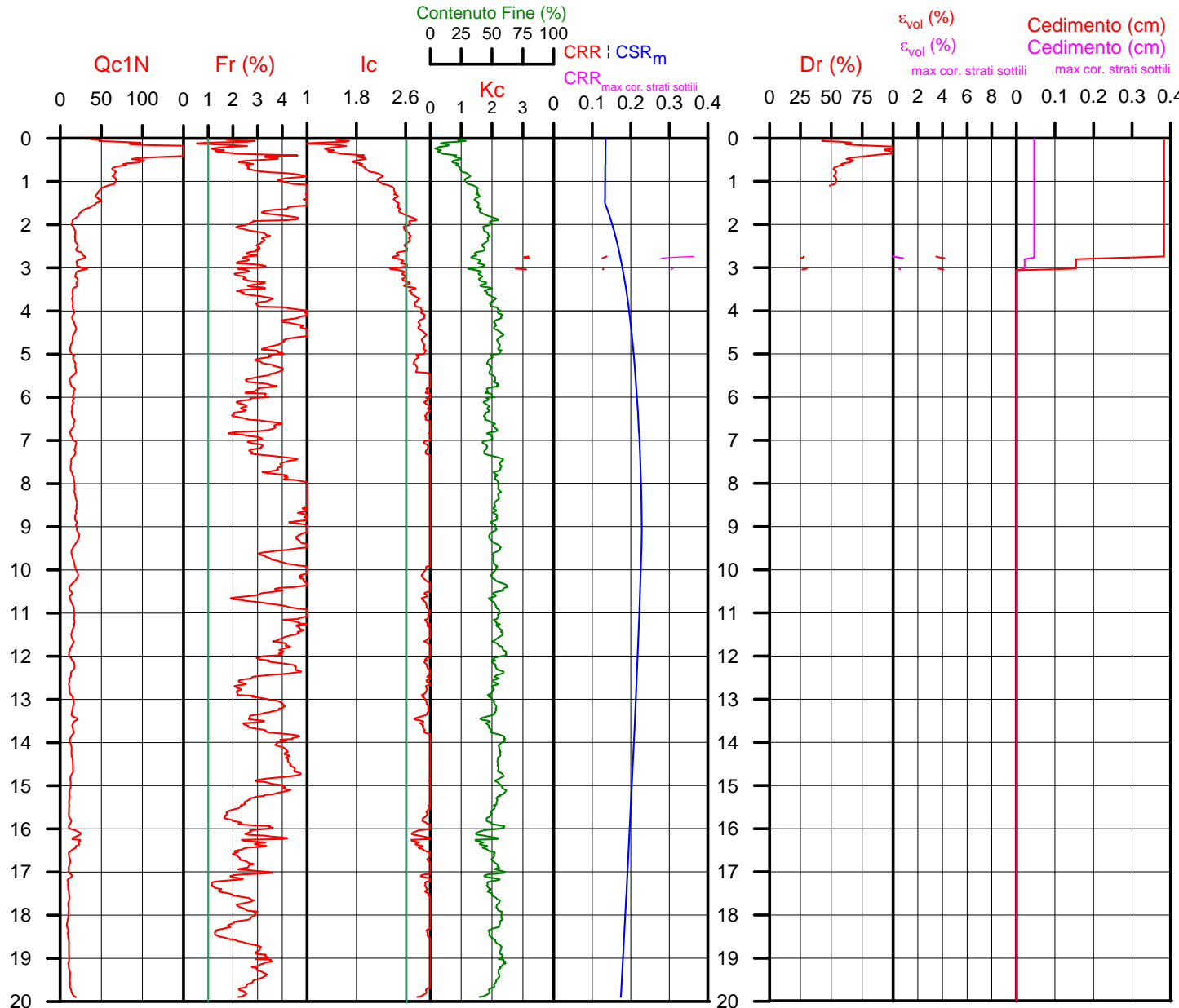
Comune Bagnacavallo  
Via A14dir X SP San Vitale  
Localita' Borgo Stecchi  
Committente Provincia di Ravenna  
Data 29-ott-18

**CPT 3**  
Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		D.G.R. Emilia-Romagna 2193 / 2015	
latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087	latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003761°		longitudine 12.003761°	
tipo di suolo C	fattore amplificazione 1.390	Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 2.902	amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.548
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudo 6.140		magnitudo 6.140



**Società di Geologia Territoriale**  
S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.  
Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)  
www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO LE LINEE GUIDA AGI 2005

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 secondo Idriss & Boulanger 2004 (Cyclic Stress Ratio corretto per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Idriss 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic e Qc1N secondo Idriss 2004
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
  - lc > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR 7.5 / CSR 6.14$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento	Indice di spostamento laterale LDI
	(cm)	(cm)
Cedimento totale	0	1
Cedimento totale considerando strati sottili	0	0

### VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE AGI 2005			POTENZIALE DI ROTTURA
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
0.2	0.0	IL <= 5	BASSO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

### VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE E LA PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
0.2	0.0	IL <= 2	BASSA
		2 < IL <= 5	MODERATA
		5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
1	0	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnacavallo  
Via A14dir X SP San Vitale  
Localita' Borgo Stecchi  
Committente Provincia di Ravenna  
Data 29-ott-18

**CPT 4**  
Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		D.G.R. Emilia-Romagna 2193 / 2015	
latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087	latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003761°		longitudine 12.003761°	
tipo di suolo C	fattore amplificazione 1.390	Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 2.902	amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.548
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudo 6.140		magnitudo 6.140



**Società di Geologia Territoriale**  
S.G.T. sas  
di Van Zutphen Albert & C.  
Via Matteotti 50  
48012 Bagnacavallo (RA)  
www.geo55.com

## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO LE LINEE GUIDA AGI 2005

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 secondo Idriss & Boulanger 2004 (Cyclic Stress Ratio corretto per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Idriss 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da lc e Qc1N secondo Idriss 2004
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
  - lc > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR 7.5 / CSR 6.14$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>3</b>	<b>21</b>
<b>Cedimento totale considerando strati sottili</b>	<b>2</b>	<b>14</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

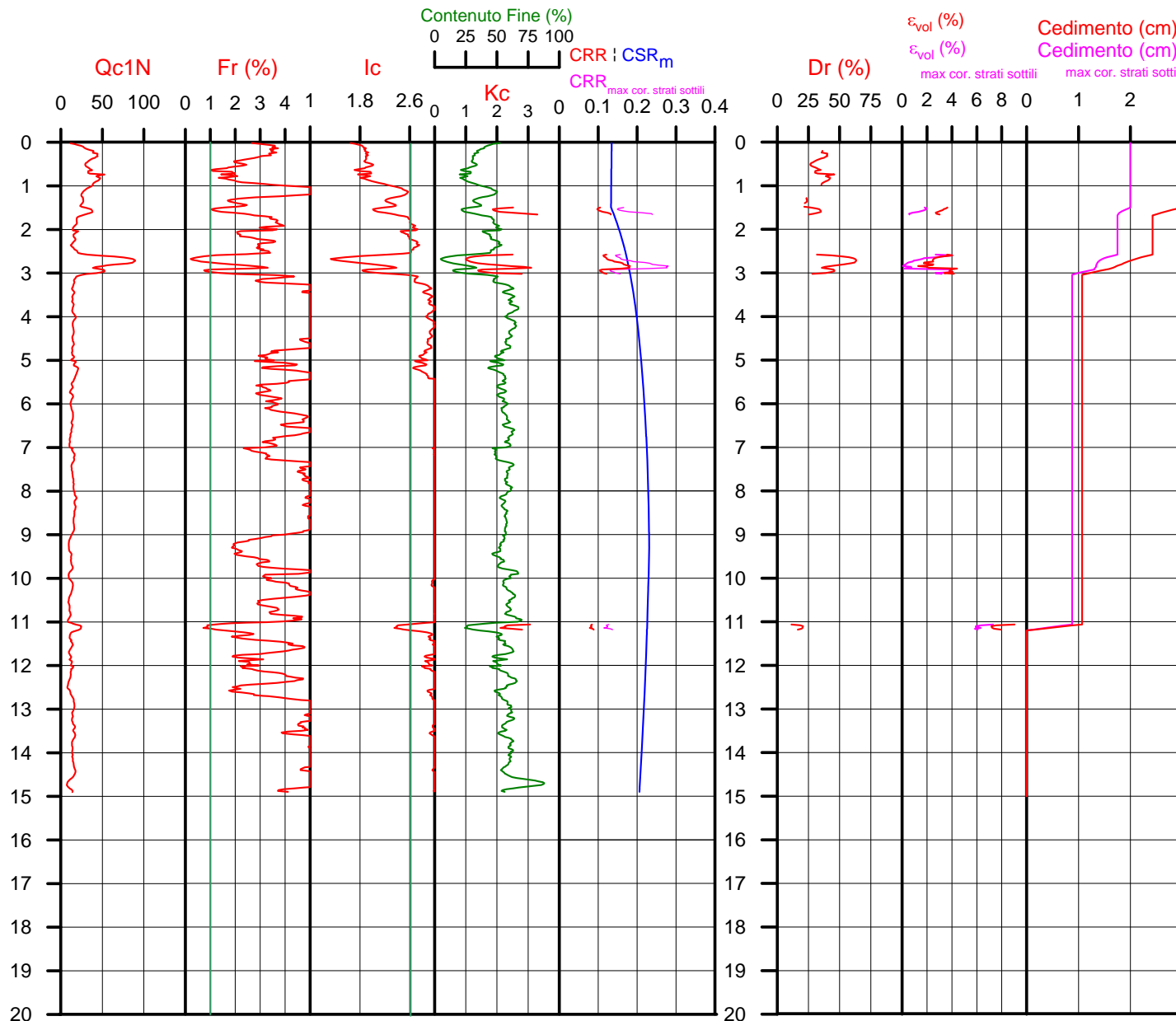
INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE AGI 2005			POTENZIALE DI ROTTURA
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
1.6	0.6	IL <= 5	BASSO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

### VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE E LA PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
1.6	0.6	IL <= 2	BASSA
		2 < IL <= 5	MODERATA
		5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
4	3	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA



Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29-ott-18

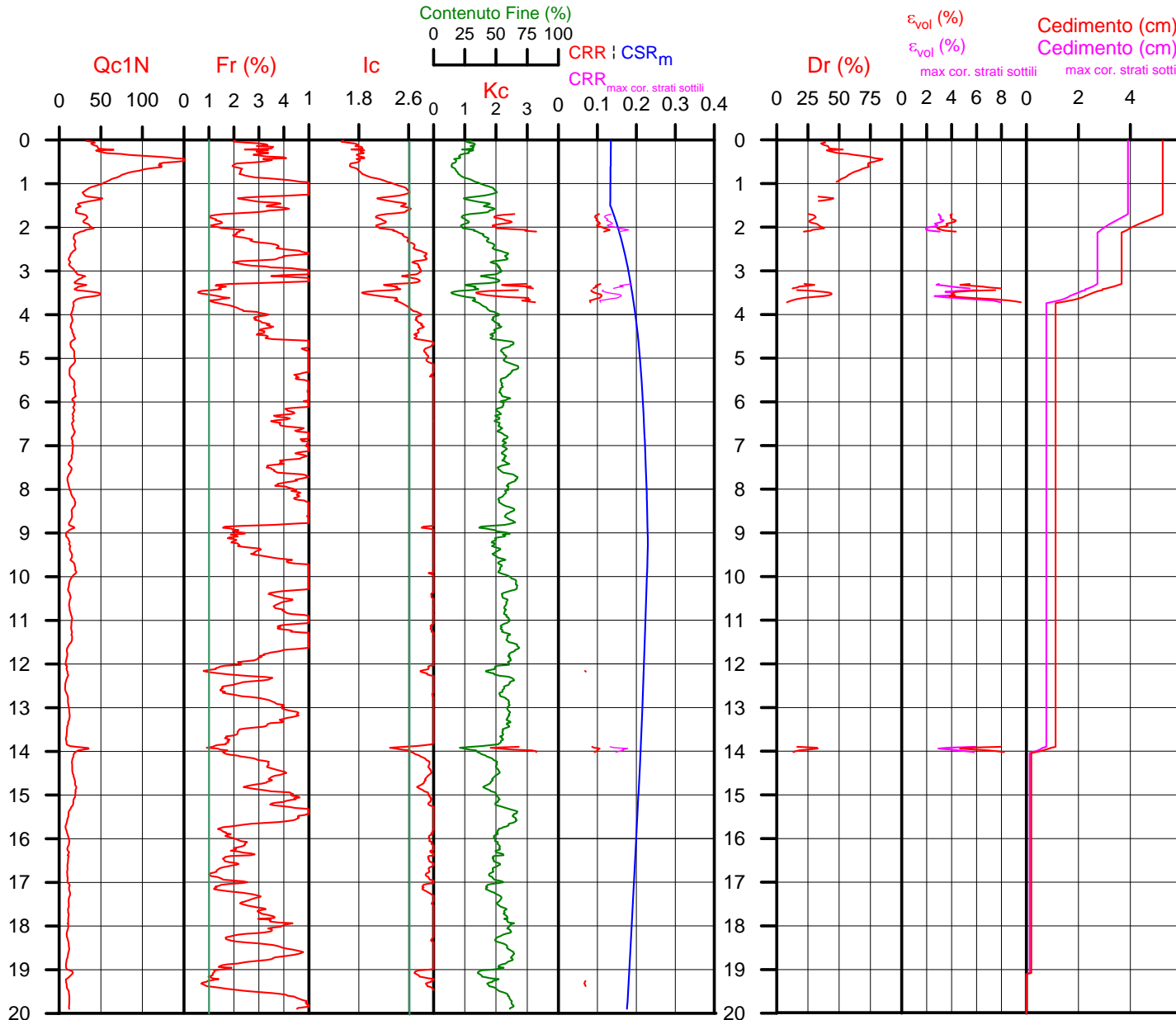
**CPT 5**  
 Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		D.G.R. Emilia-Romagna 2193 / 2015	
latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087	latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003761°		longitudine 12.003761°	
tipo di suolo C	fattore amplificazione 1.390	Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 2.902	amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.548
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudo 6.140		magnitudo 6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO LE LINEE GUIDA AGI 2005

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 secondo Idriss & Boulanger 2004 (Cyclic Stress Ratio corretto per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Idriss 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic e Qc1N secondo Idriss 2004
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
  - Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR 7.5 / CSR 6.14$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento	Indice di spostamento laterale LDI
	(cm)	(cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>5</b>	<b>14</b>
<b>Cedimento totale considerando strati sottili</b>	<b>4</b>	<b>12</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE AGI 2005			POTENZIALE DI ROTTURA
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
3.2	1.4	IL <= 5	BASSO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

### VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE E LA PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
3.2	1.4	IL <= 2	BASSA
		2 < IL <= 5	MODERATA
		5 < IL <= 15	ELEVATA
		IL > 15	MOLTO ALTA

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
7	5	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29/10/2018

**CPT 1**

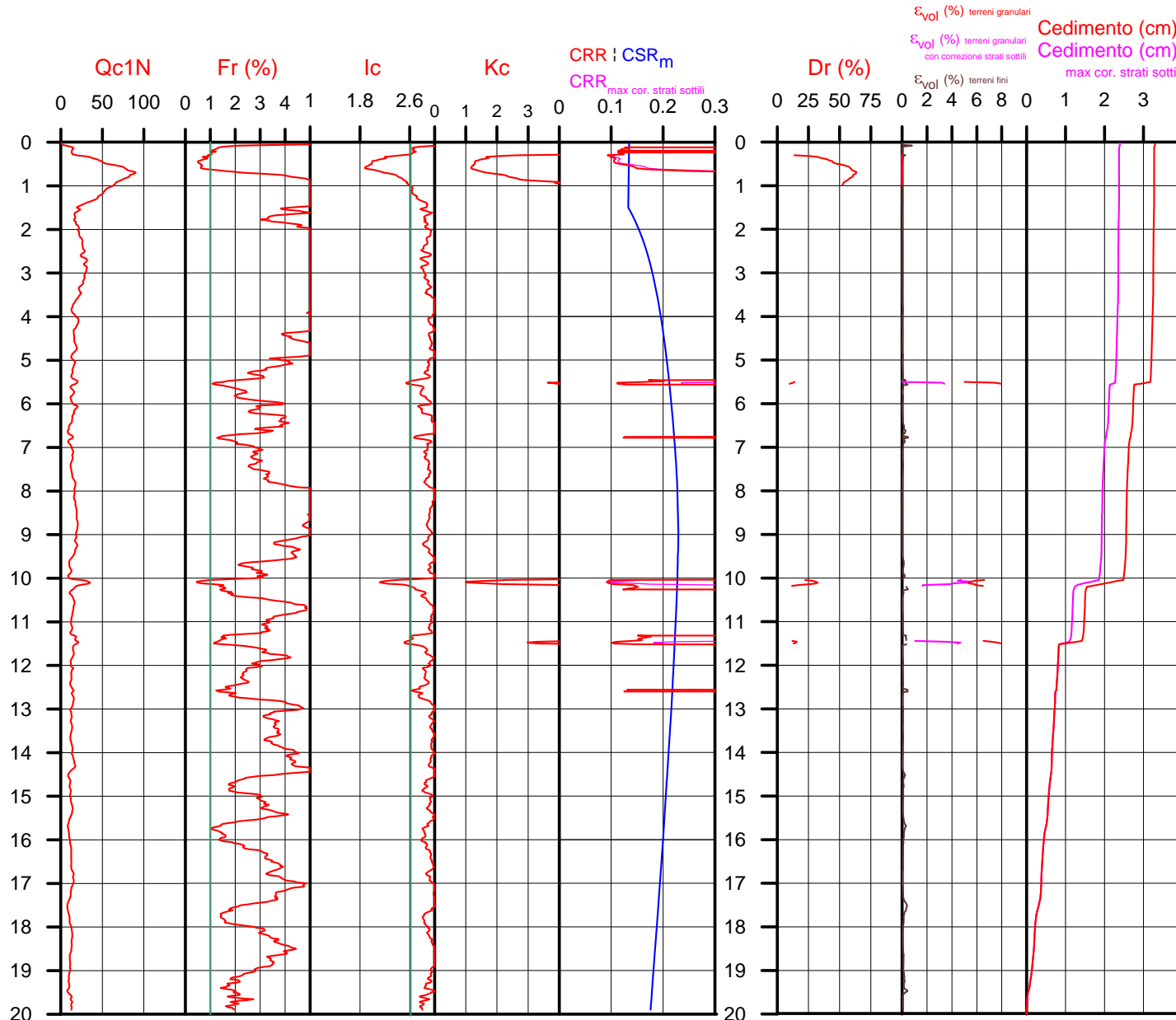
Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		D.G.R. Emilia-Romagna 2193 / 2015	
latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087	latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003761°		longitudine 12.003761°	
tipo di suolo C	fattore amplificazione 1.390	Suolo di Riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica amax al p.c. (m/sec2) 1.000	2.902	amplificazione topografica amax al p.c. (m/sec2) 1.000	3.548
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine 6.140	magnitudine	6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 secondo Idriss & Boulanger 2004 (Cyclic Stress Ratio corretto per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic secondo Robertson & Cabal 2009
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $Fslq = CRR 7.5 / CSR 6.14$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento	2	2
Cedimento considerando strati sottili	1	1

### CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- \* Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni fini	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
Cedimento	1	3
Cedimento considerando strati sottili	1	2

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- \* Profondità

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
1.4	0.3	IL <= 2	BASSO
		2 < IL <= 5	MODERATO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29/10/2018

**CPT 2**

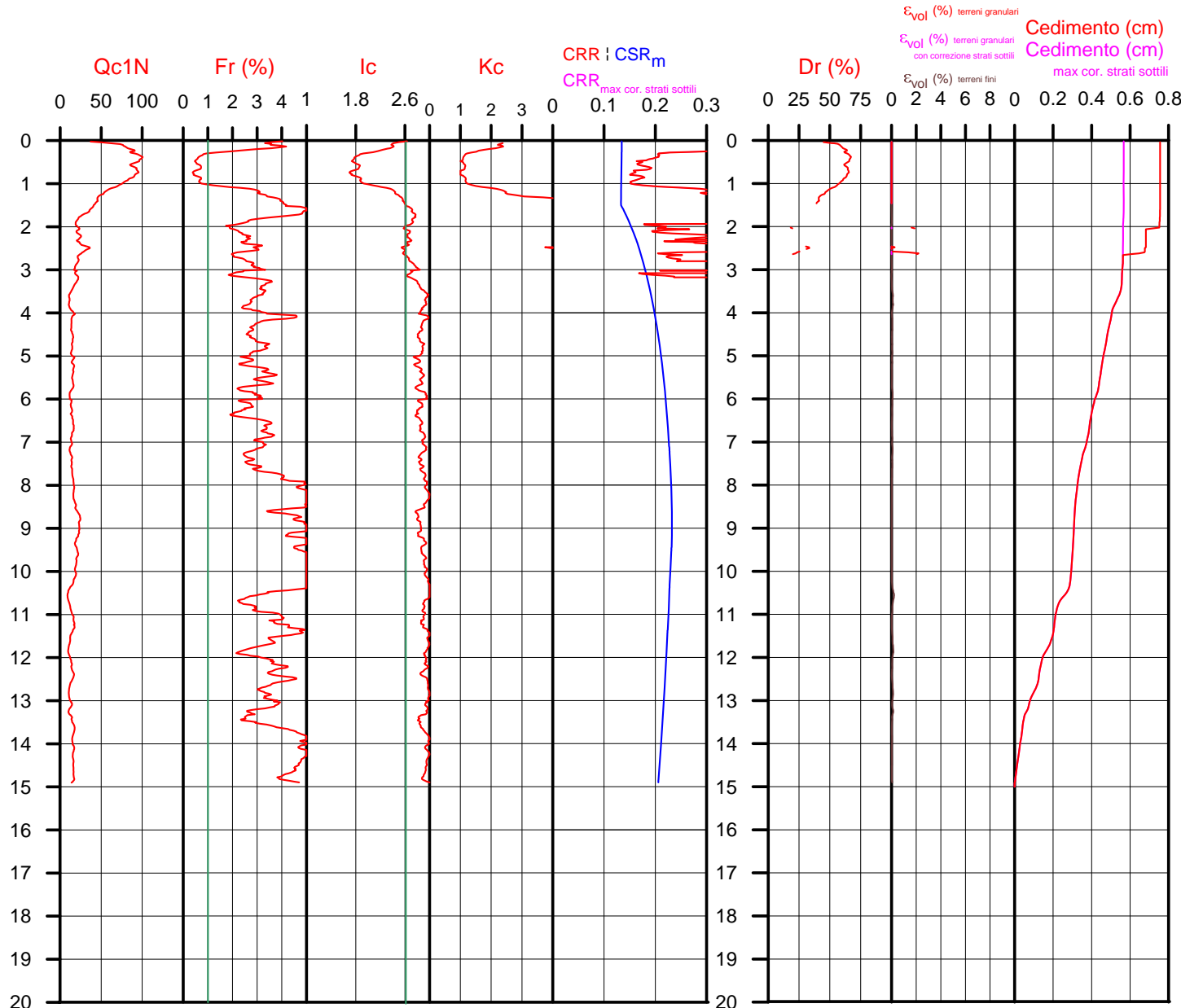
Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		D.G.R. Emilia-Romagna 2193 / 2015	
latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087	latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003761°		longitudine 12.003761°	
tipo di suolo C	fattore amplificazione 1.390	Suolo di Riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 2.902	amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.548
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine 6.140		magnitudine 6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 secondo Idriss & Boulanger 2004 (Cyclic Stress Ratio corretto per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic secondo Robertson & Cabal 2009
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $Fsliq = CRR 7.5 / CSR 6.14$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento</b>	0	0
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	0	0

### CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- \* Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni fini	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
<b>Cedimento</b>	1	1
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	1	1

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl<sub>iq</sub> e la profondità,

- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- \* Profondità

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
0.0	0.0	IL <= 2	BASSO
		2 < IL <= 5	MODERATO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir XSP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29-ott-18

**CPT 3**

Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003761°	
tipo di suolo C	fattore amplificazione 1.390
amplificazione topografica amax al p.c. (m/sec2) 1.000	2.902
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine 6.140

D.G.R. Emilia-Romagna 2193 / 2015

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003761°	
Suolo di Riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica amax al p.c. (m/sec2) 1.000	3.548
	magnitudine 6.140

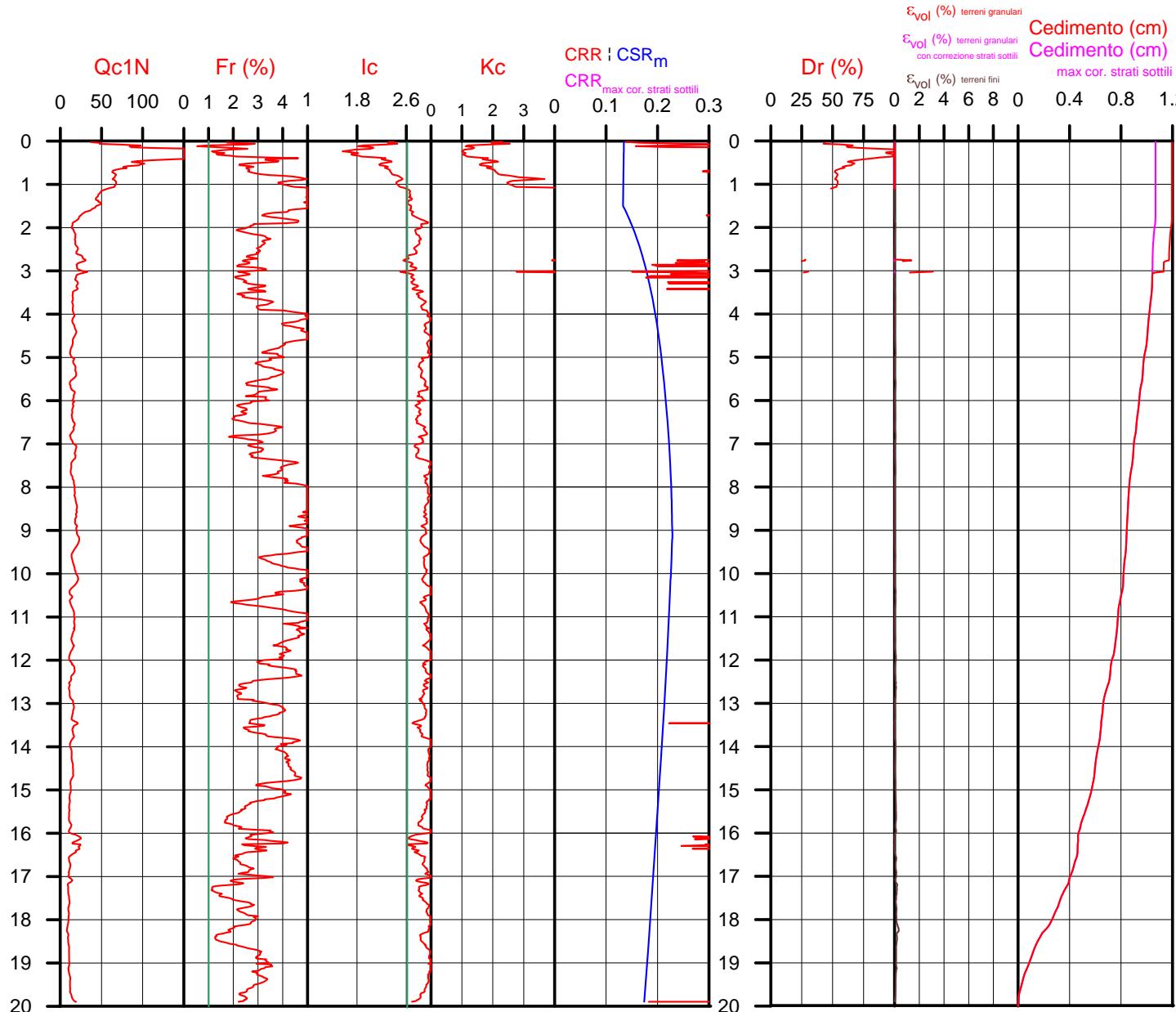


**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 secondo Idriss & Boulanger 2004 (Cyclic Stress Ratio corretto per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic secondo Robertson & Cabal 2009
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $Fsl_{liq} = CRR / CSR$  6.14

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento	0	0
Cedimento considerando strati sottili	0	0

### CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- \* Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni fini	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
Cedimento	1	1
Cedimento considerando strati sottili	1	1

### VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl<sub>liq</sub> e la profondità.

- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- \* Profondità

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
0.0	0.0	IL <= 2	BASSO
		2 < IL <= 5	MODERATO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir XSP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29-ott-18

**CPT 4**

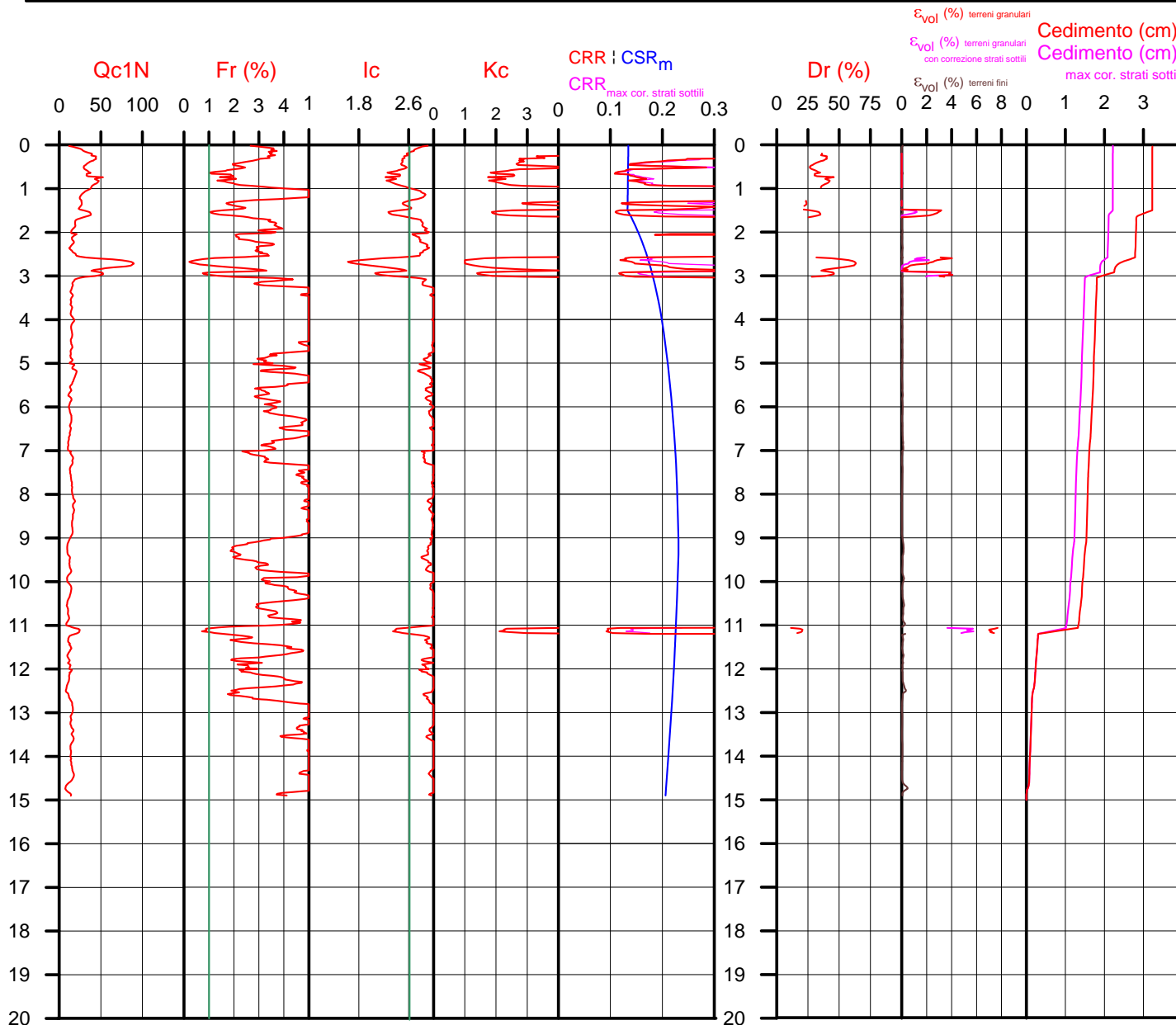
Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		D.G.R. Emilia-Romagna 2193 / 2015	
latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087	latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003761°		longitudine 12.003761°	
tipo di suolo C	fattore amplificazione 1.390	Suolo di Riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica amax al p.c. (m/sec2) 1.000	2.902	amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.548
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine 6.140		magnitudine 6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 secondo Idriss & Boulanger 2004 (Cyclic Stress Ratio corretto per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic secondo Robertson & Cabal 2009
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $Fslq = CRR 7.5 / CSR 6.14$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento</b>	<b>2</b>	<b>17</b>
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	<b>1</b>	<b>8</b>

### CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- \* Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni fini	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
<b>Cedimento</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- \* Profondità

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
<b>1.1</b>	<b>0.3</b>	IL <= 2	BASSO
		2 < IL <= 5	MODERATO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir XSP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29-ott-18

**CPT 5**

Falda presunta 1.5 metri

NTC 2018		D.G.R. Emilia-Romagna 2193 / 2015	
latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087	latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003761°		longitudine 12.003761°	
tipo di suolo C	fattore amplificazione 1.390	Suolo di Riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica amax al p.c. (m/sec2) 1.000	2.902	amplificazione topografica amax al p.c. (m/sec2) 1.000	3.548
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine 6.140		magnitudine 6.140

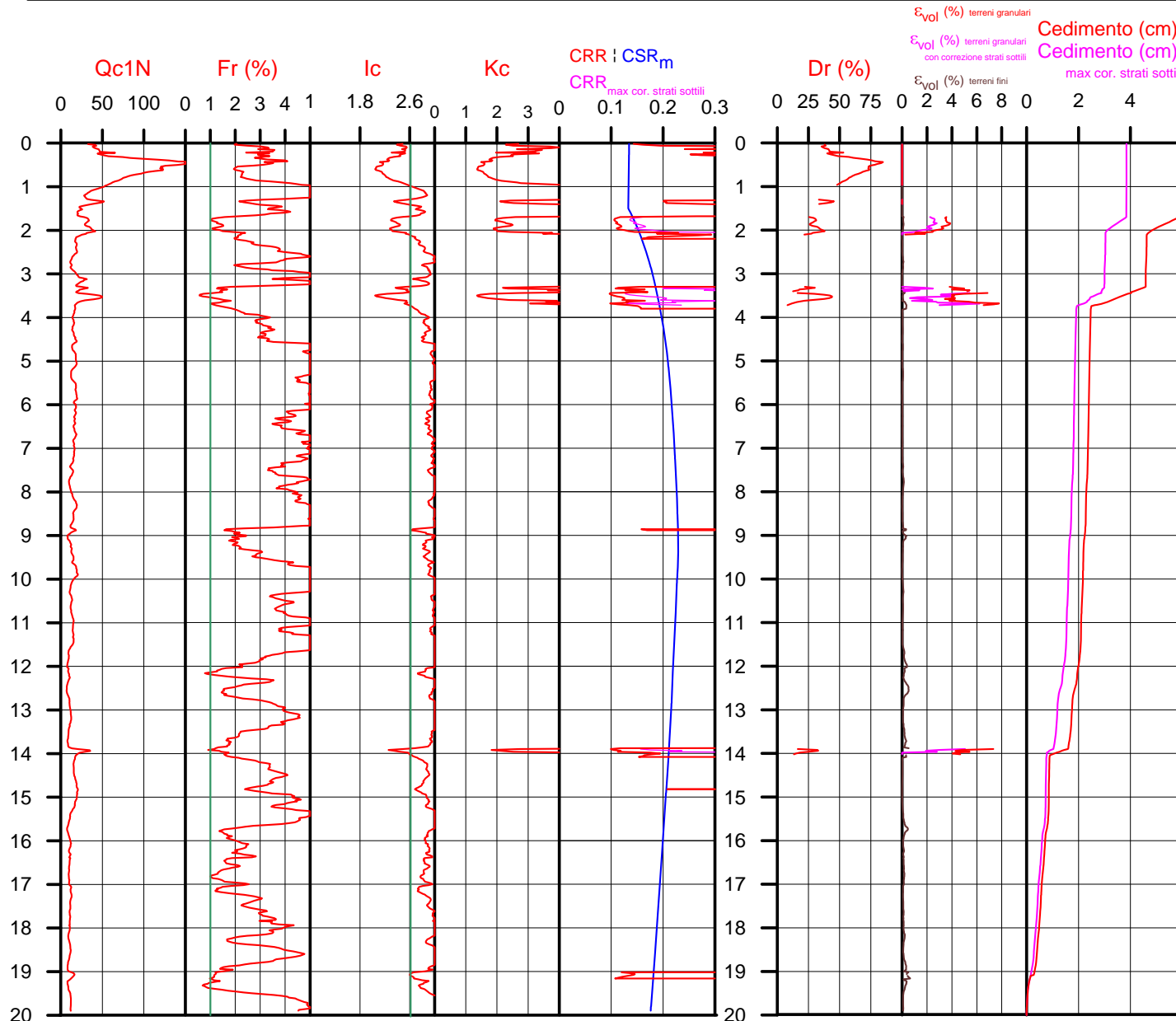


**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 secondo Idriss & Boulanger 2004 (Cyclic Stress Ratio corretto per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic secondo Robertson & Cabal 2009
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $Fsl_{liq} = CRR / CSR$  6.14

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento</b>	4	13
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	2	7

### CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- \* Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni fini	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
<b>Cedimento</b>	2	6
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	2	4

### VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

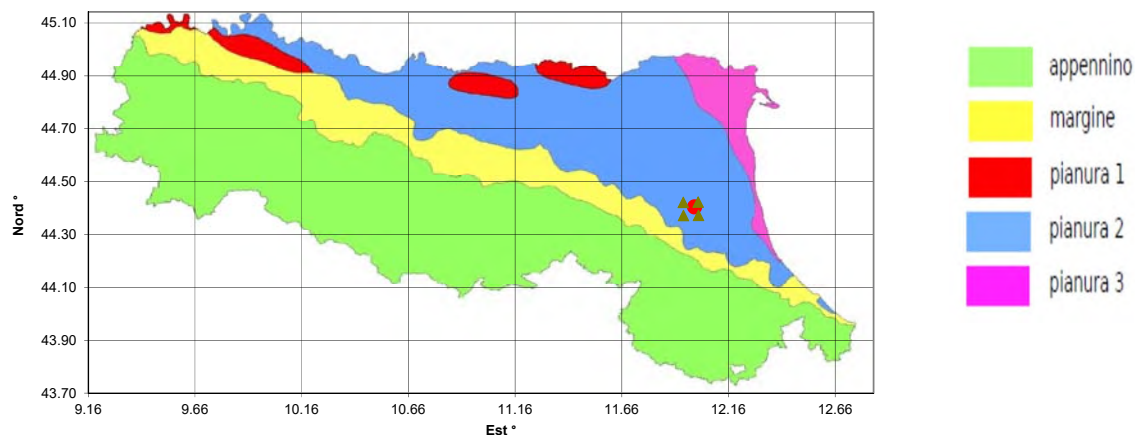
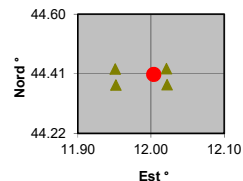
Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl<sub>liq</sub> e la profondità.

- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- \* Profondità

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
	0.3	IL <= 2	BASSO
2.3		2 < IL <= 5	MODERATO
		5 < IL <= 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

**Ubicazione del sito**

Comune Bagnacavallo  
 Località Borgo Stecchi  
 Google Earth (WSG84) NTC2018 (ED50)  
 Longitudine (° decimali) **12.002470** **12.003612**  
 Latitudine (° decimali) **44.406700** **44.408450**



**I 4 nodi del reticolo di riferimento per l'azione sismica intorno il punto di interesse**

ID	Distanza al punta di interesse di (m)	Longitudine	Latitudine
17184	2.390	12.021	44.426
17406	3.892	12.022	44.376
17183	4.565	11.951	44.425
17405	5.536	11.952	44.375

Tipi di Costruzione			
1	Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	< = 10	<b>100</b>
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	> = 50	
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali ed dighe di grande dimensioni o di importanza strategica	> = 100	

Classe d'uso		Coefficiente Cu	Progetto Coefficiente Cu
1	Occasionali presenza di persone	0.7	<b>2</b>
2	Normali affollamenti	1	
3	Affollamenti significativi	1.5	
4	Edifici confunzioni pubbliche o strategiche importanti	2	

**Periodo di riferimento per l'azione sismica  $V_r = V_n * C_u = 200$  anni**

Stati Limiti		Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_r = 200$ anni $P_{vr}$	Periodo di ritorno dell'azione sismica $T_r$ (anni)
SLO	Stato Limite di Operatività	81%	120
SLD	Stato Limite di Danno	63%	201
SLV	Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%	1898
SLC	Stato Limite di prevenzione del Colosso	5%	2475

**Valori sismici** Decreto Ministeriale 14-01-2018

	$a_g$ (in g/10)	$a_g/g$	$F_0$	$T_c^*$
1. STATO LIMITE DI OPERATIVITA'	1.005	0.100	2.446	0.290
2. STATO LIMITE DEL DANNO	1.270	0.127	2.421	0.290
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	<b>2.945</b>	<b>0.300</b>	<b>2.418</b>	<b>0.317</b>
4. STATO LIMITE DI PREVENZIONE DEL COLASSO	3.225	0.323	2.417	0.322

Valori applicati	$a_g$ (in g/10)	$a_g/g$	$F_0$	$T_C^*$
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	<b>2.945</b>	<b>0.300</b>	<b>2.418</b>	<b>0.317</b>

**VALUTAZIONE DEL TIPO DI SUOLO BASATO SU CPT 6**

Rapporto terreno coesivo / terreno granulare (m/m)	19.57 / 10.39
Massimo profondità indagato (m)	30.00

TIPO DI SUOLO SUGGERITO		
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Andrus 2001)	181 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Piratheepan 2002)	172 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Madial 2002)	171 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Riz 1995 (argille) / Baki 1989 (sabbie))	183 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Hegazy & Mayne 1995)	223 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne 2006)	219 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertston Cabal 2009) (m/sec)	172 m/sec	D o S1

Resistenza penetrometrica equivalente Nsp (Norme AGI per terreni granulari)	21.3	C
Resistenza al taglio non drenata equivalente Cu (Norme AGI per terreni coesivi)	84 kPa	C

TIPO DI SUOLO STIMATO
C

**ACCELERAZIONE ED AMPLIFICAZIONE SECONDO NTC 2018**

**3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA Tr = 1898**

Accelerazione massima al substrato sismico		amax al substrato sismico	2.945 m/sec <sup>2</sup>	0.3 g
Amplificazione per tipo di suolo	C	Ss		1.26
Amplificazione topografica		ST		1.00
<b>S totale</b>		<b>Ss * ST</b>		<b>1.26</b>
<b>Accelerazione massima in superficie</b>		<b>amax in superficie</b>	<b>3.724 m/sec<sup>2</sup></b>	<b>0.380 g</b>

ξ (%) coefficiente di smorzamento viscoso equivalente	5	fattore η	1.00
---	---	-----------	------

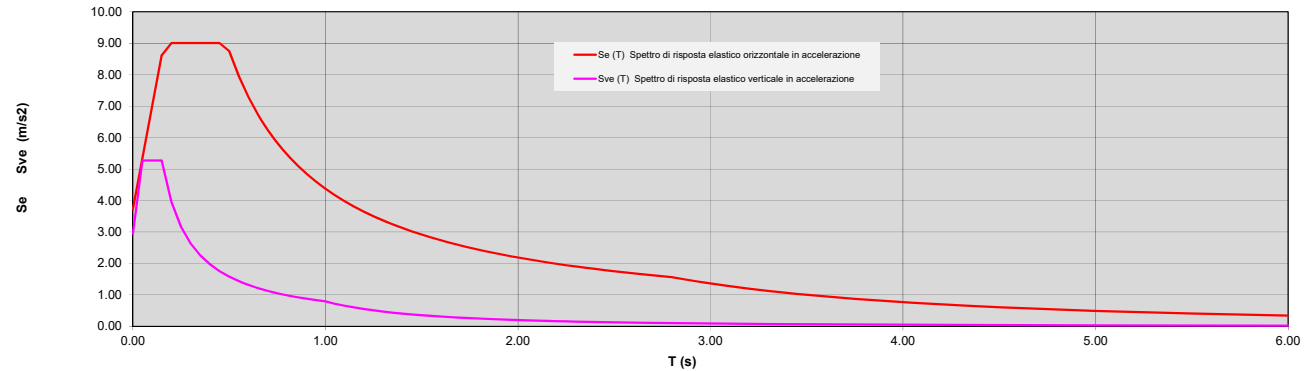
**PERIODI DI SEPARAZIONI DEI RAMI DELLO SPETTRO**

TIPO DI SUOLO	ORIZZONTALE	VERTICALE
C		
Tb	0.16	0.05
Tc	0.49	0.15
Td	2.80	1.00
Te	6.00	
Tf	10.00	

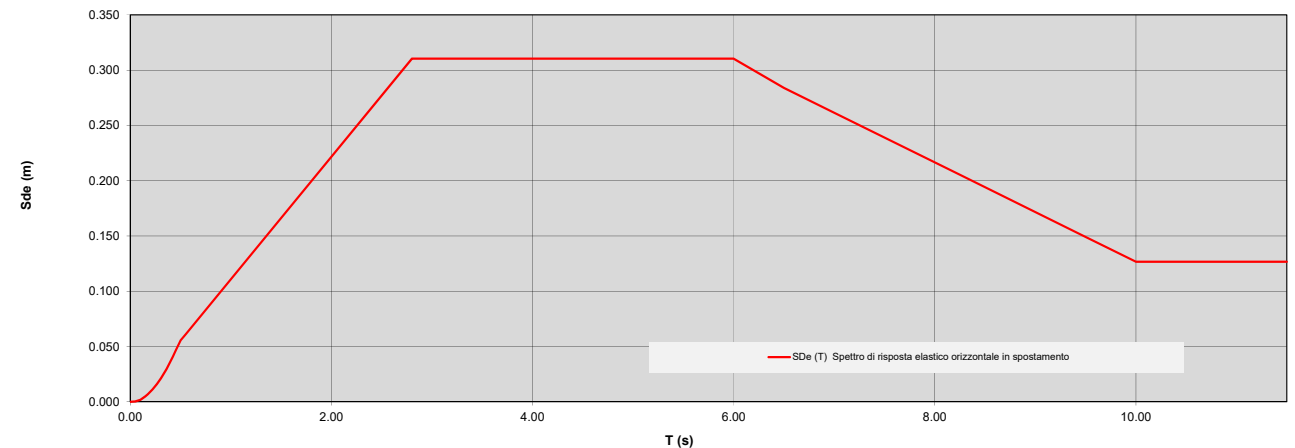
**PARAMETRI DI PICCO**

Accelerazione orizzontale massima	ag	3.724 m/sec <sup>2</sup>
Velocità orizzontale massima	vg	0.29 m/sec
Spostamento orizzontale massimo	dq	0.13 m

**Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in accelerazione (m/sec<sup>2</sup>)**



**Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in spostamento (m)**



**PARAMETRI SISMICI PER CATEGORIA DEL SUOLO C**

STATO LIMITE	ag / g	Fo	Tc*	SS Amplificazione Stratigrafica	ST Amplificazione Topografica	ag / g * SS * ST Accelerazione totale	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)	Te (sec)	Tf (sec)	Fondazioni e Pendii			Opere di Sostegno		
												βs Coefficiente di riduzione per a <sub>v</sub> /g	K <sub>h</sub> terreno Coefficiente sismico orizzontale	K <sub>v</sub> terreno Coefficiente sismico verticale	βs Coefficiente di riduzione per a <sub>v</sub> /g	K <sub>h</sub> terreno Coefficiente sismico orizzontale	K <sub>v</sub> terreno Coefficiente sismico verticale
di Operatività	0.100	2.446	0.290	1.50	1.00	0.151	0.15	0.44	2.00	6.00	10.00	0.24	0.036	0.018	0.24	0.036	0.018
del Danno	0.127	2.421	0.290	1.50	1.00	0.190	0.15	0.46	2.11	6.00	10.00	0.24	0.046	0.023	0.24	0.046	0.023
Salvaguardia della Vita	0.300	2.418	0.317	1.26	1.00	0.380	0.16	0.49	2.80	6.00	10.00	0.28	0.106	0.053	0.31	0.118	0.059
Prevenzione del Colasso	0.323	2.417	0.322	1.23	1.00	0.397	0.16	0.49	2.89	6.00	10.00	0.28	0.111	0.056	0.31	0.123	0.062

**VALUTAZIONE DEL TIPO DI SUOLO BASATO SU CPT 7**

Rapporto terreno coesivo / terreno granulare (m/m)	24.53 / 5.45
Massimo profondità indagato (m)	30.00

TIPO DI SUOLO SUGGERITO		
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Andrus 2001)	174 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Piratheepan 2002)	167 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Madial 2002)	161 m/sec	D o S1
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne & Riz 1995 (argille) / Baki 1989 (sabbie))	190 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Hegazy & Mayne 1995)	223 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Mayne 2006)	217 m/sec	C
Velocità di propagazione onde di taglio Vs (Robertston Cabal 2009) (m/sec)	165 m/sec	D o S1

Resistenza penetrometrica equivalente Nsp (Norme AGI per terreni granulari)	18.2	C
Resistenza al taglio non drenata equivalente Cu (Norme AGI per terreni coesivi)	86 kPa	C

TIPO DI SUOLO STIMATO
C

**ACCELERAZIONE ED AMPLIFICAZIONE SECONDO NTC 2018**

**3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA Tr = 1898**

Accelerazione massima al substrato sismico		amax al substrato sismico	2.945 m/sec <sup>2</sup>	0.3 g
Amplificazione per tipo di suolo	C	Ss		1.26
Amplificazione topografica		ST		1.00
<b>S totale</b>		<b>Ss * ST</b>		<b>1.26</b>
Accelerazione massima in superficie		amax in superficie	3.724 m/sec <sup>2</sup>	0.380 g

ξ (%) coefficiente di smorzamento viscoso equivalente	5	fattore η	1.00
---	---	-----------	------

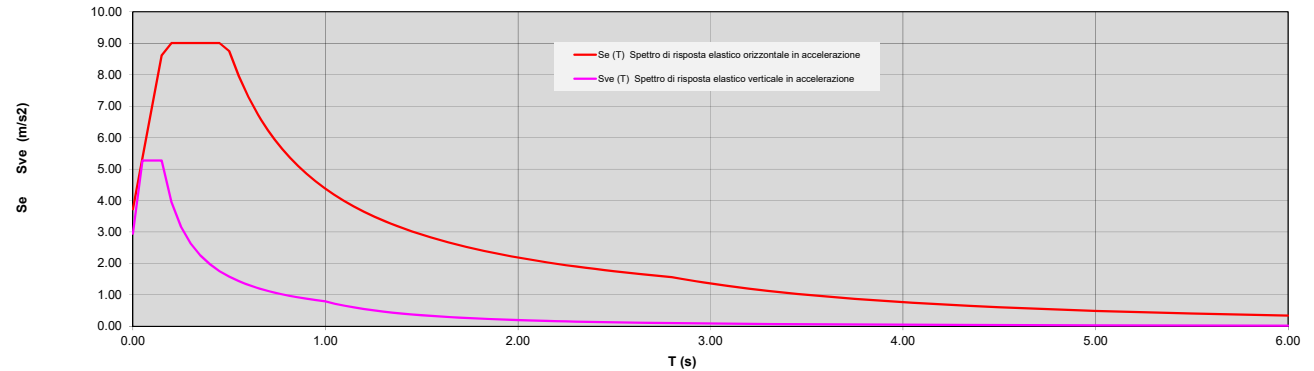
**PERIODI DI SEPARAZIONI DEI RAMI DELLO SPETTRO**

Tipo di suolo	C	ORIZZONTALE	VERTICALE
Tb		0.16	0.05
Tc		0.49	0.15
Td		2.80	1.00
Te		6.00	
Tf		10.00	

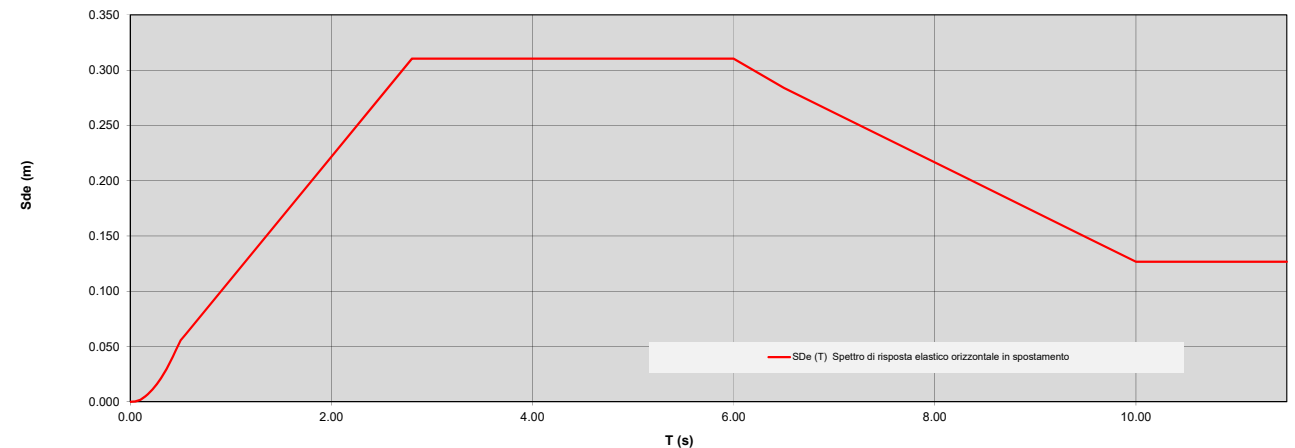
**PARAMETRI DI PICCO**

Accelerazione orizzontale massima	ag	3.724 m/sec <sup>2</sup>
Velocità orizzontale massima	vg	0.29 m/sec
Spostamento orizzontale massimo	dq	0.13 m

**Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in accelerazione (m/sec<sup>2</sup>)**



**Spettro di risposta elastico allo 3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA in spostamento (m)**



**PARAMETRI SISMICI PER CATEGORIA DEL SUOLO C**

STATO LIMITE	ag / g	Fo	Tc*	SS Amplificazione Stratigrafica	ST Amplificazione Topografica	ag / g * SS * ST Accelerazione totale	Tb (sec)	Tc (sec)	Td (sec)	Te (sec)	Tf (sec)	Fondazioni e Pendii			Opere di Sostegno		
												βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Khs Coefficiente sismico orizzontale	Kvs Coefficiente sismico verticale	βs Coefficiente di riduzione per ag/g	Khs Coefficiente sismico orizzontale	Kvs Coefficiente sismico verticale
di Operatività	0.100	2.446	0.290	1.50	1.00	0.151	0.15	0.44	2.00	6.00	10.00	0.24	0.036	0.018	0.24	0.036	0.018
del Danno	0.127	2.421	0.290	1.50	1.00	0.190	0.15	0.46	2.11	6.00	10.00	0.24	0.046	0.023	0.24	0.046	0.023
Salvaguardia della Vita	0.300	2.418	0.317	1.26	1.00	0.380	0.16	0.49	2.80	6.00	10.00	0.28	0.106	0.053	0.31	0.118	0.059
Prevenzione del Colasso	0.323	2.417	0.322	1.23	1.00	0.397	0.16	0.49	2.89	6.00	10.00	0.28	0.111	0.056	0.31	0.123	0.062

Comune Bagnacavallo  
 Via San Vitale / SP 553  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 15/03/2019

**CPT 6**  
 Falda presunta 0.5 metri

**NTC 2018**

latitudine 44.40845°	amax substrato (m/sec2)	2.945
longitudine 12.003612°		
tipo di suolo	fattore amplificazione	1.264
	C	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	3.724
1.000		
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine	6.140

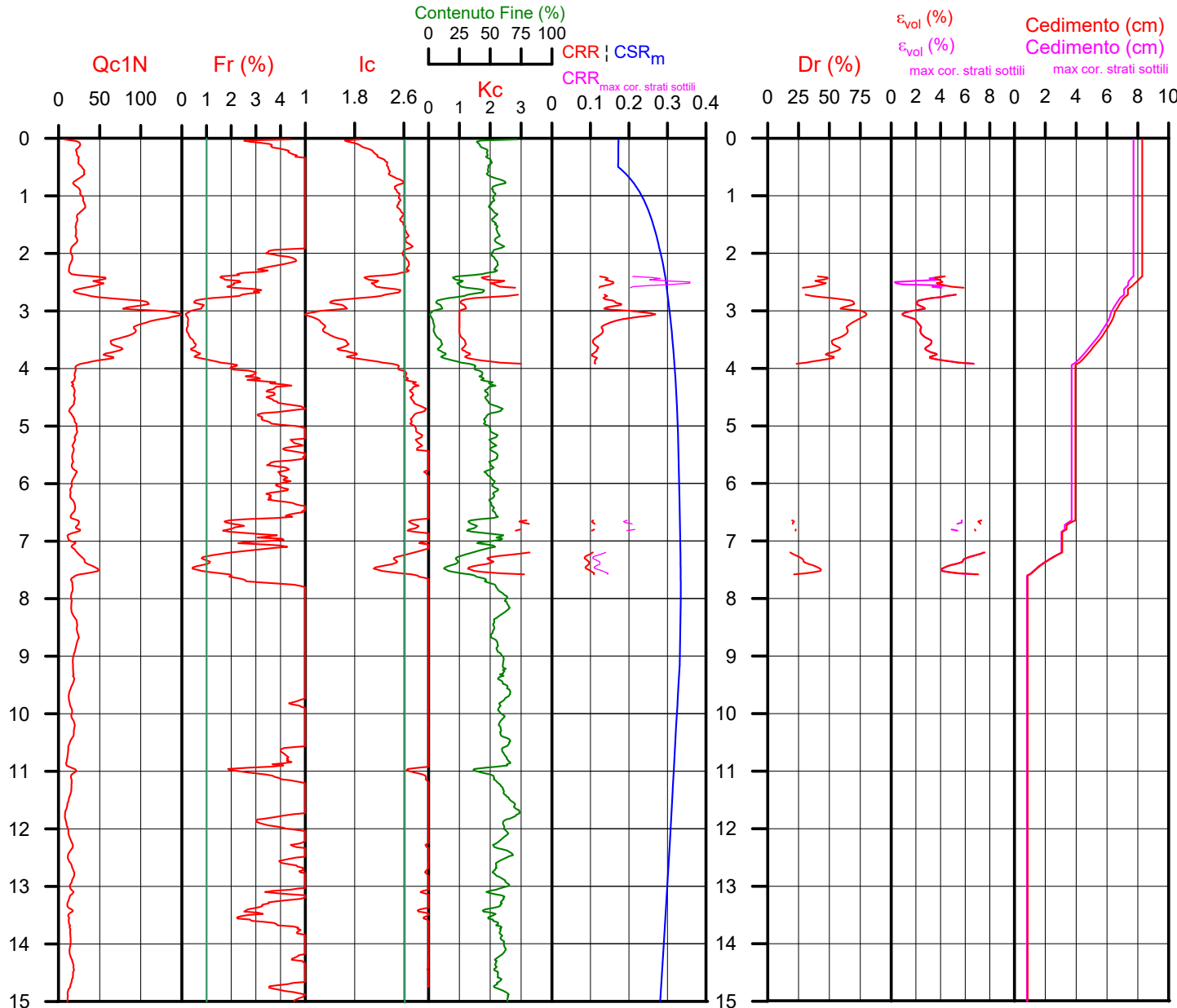
**D.G.R. Emilia-Romagna 2193 / 2015**

latitudine 44.40845°	amax substrato (m/sec2)	2.945
longitudine 12.003612°		
Suolo di riferimento	fattore amplificazione	1.700
Pianura 2		
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	5.007
1.000		
	magnitudine	6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



**PROCEDURA**

**VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO LE LINEE GUIDAAGI 2005**

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 secondo Idriss & Boulanger 2004 (Cyclic Stress Ratio corretto per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Idriss 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic e Qc1N secondo Idriss 2004
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
  - Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR 7.5 / CSR 6.14$

**CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)**

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
	8	142
Cedimento totale	8	133
Cedimento totale considerando strati sottili	8	133

**VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982)** (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE AGI 2005	POTENZIALE DI ROTTURA
senza correzione per strati sottili	
con correzione per strati sottili	
IL <= 5	BASSO
8.8	7.6
5 < IL <= 15	ELEVATO
IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

**VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE E LA PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbi (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)**

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)	POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	
con correzione per strati sottili	
IL <= 2	BASSA
2 < IL <= 5	MODERATA
8.8	7.6
5 < IL <= 15	ELEVATA
IL > 15	MOLTO ALTA

INDICE PPbi DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)	GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	
con correzione per strati sottili	
%	
14	13
PPbi <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
15 < PPbi <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
35 < PPbi <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABLE
65 < PPbi <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABLE
PPbi > 85	

Comune Bagnacavallo  
 Via San Vitale / SP 553  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 15/03/2019

CPT7

Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.40845°	amax substrato (m/sec2)	2.945
longitudine 12.003612°		
tipo di suolo	fattore amplificazione	1.264
	C	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	3.724
1.000		
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudo	6.140

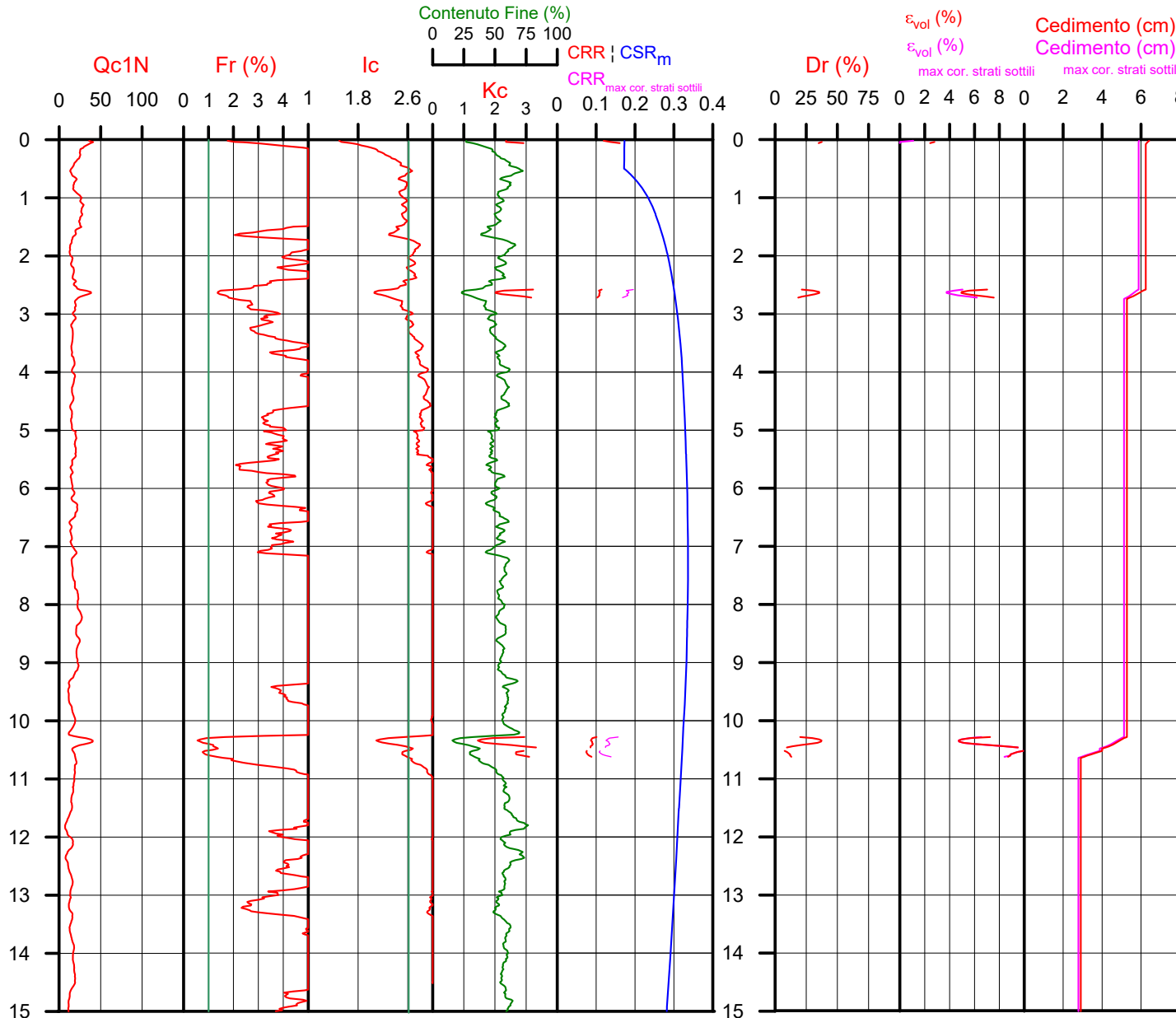
D.G.R. Emilia-Romagna 2193 / 2015

latitudine 44.40845°	amax substrato (m/sec2)	2.945
longitudine 12.003612°		
Suolo di riferimento	fattore amplificazione	1.700
Pianura 2		
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	5.007
1.000		
	magnitudo	6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO LE LINEE GUIDA AGI 2005

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 secondo Idriss & Boulanger 2004 (Cyclic Stress Ratio corretto per magnitudo)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Idriss 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Ic e Qc1N secondo Idriss 2004
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
  - Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR 7.5 / CSR 6.14$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
Cedimento totale	6	13
Cedimento totale considerando strati sottili	6	11

### VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982)

(Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)  
 Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE AGI 2005	POTENZIALE DI ROTTURA
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili
2.6	1.9
IL <= 5	BASSO
5 < IL <= 15	ELEVATO
IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

### VALUTAZIONE DELL' INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE E LA PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbi (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

INDICE IL DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)	POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili
2.6	1.9
IL <= 2	BASSA
2 < IL <= 5	MODERATA
5 < IL <= 15	ELEVATA
IL > 15	MOLTO ALTA

INDICE PPbi DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)	GUIDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili
4	3
PPbi <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
15 < PPbi <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
35 < PPbi <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABLE
65 < PPbi <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABLE
PPbi > 85	

Comune Bagnacavallo  
 Via San Vitale / SP 553  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 15/03/2019

# CPT 6

Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.40845°	amax substrato (m/sec2)	2.945
longitudine 12.003612°		
tipo di suolo C	fattore amplificazione	1.264
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2)	3.724
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine	6.140

D.G.R. Emilia-Romagna 2193 / 2015

latitudine 44.40845°	amax substrato (m/sec2)	2.945
longitudine 12.003612°		
Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione	1.700
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2)	5.007
	magnitudine	6.140

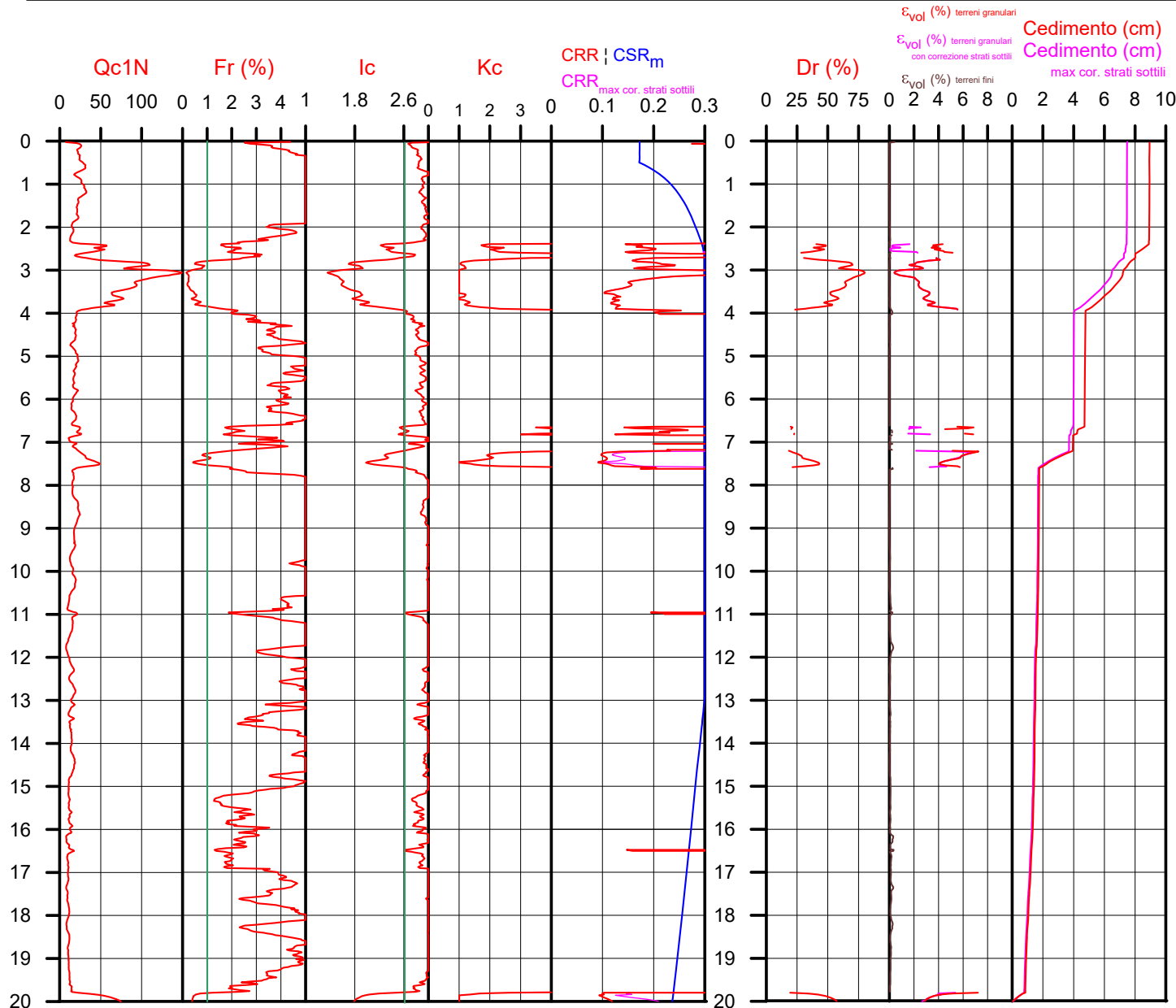


**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 secondo Idriss & Boulanger 2004 (Cyclic Stress Ratio corretto per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR / CSR$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

- Parametri utilizzati:
- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento</b>	<b>8</b>	<b>124</b>
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	<b>6</b>	<b>102</b>

### CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

- Parametri utilizzati:
- \* Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni fini	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
<b>Cedimento</b>	<b>1</b>	<b>9</b>
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	<b>1</b>	<b>7</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

- Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su  $F_{slq}$  e la profondità.
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- \* Profondità

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
		IL ≤ 2	BASSO
		2 < IL ≤ 5	MODERATO
<b>8.1</b>	<b>5.8</b>	5 < IL ≤ 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

Comune Bagnacavallo  
 Via San Vitale / SP 553  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 15/03/2019

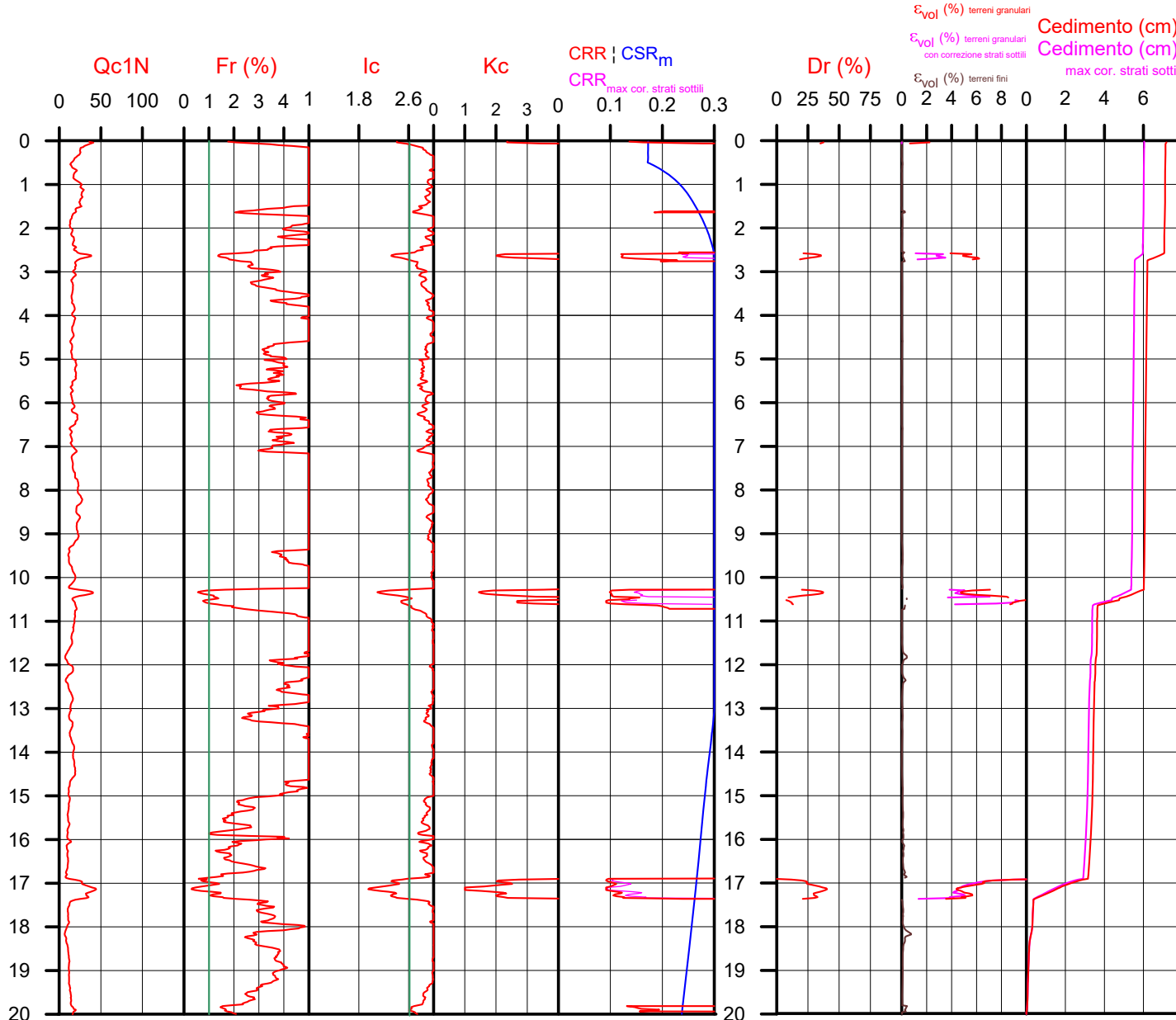
# CPT 7

Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018		D.G.R. Emilia-Romagna 2193 / 2015	
latitudine 44.40845°	amax substrato (m/sec <sup>2</sup> ) 2.945	latitudine 44.40845°	amax substrato (m/sec <sup>2</sup> ) 2.945
longitudine 12.003612°		longitudine 12.003612°	
tipo di suolo C	fattore amplificazione 1.264	Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec <sup>2</sup> ) 3.724	amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec <sup>2</sup> ) 5.007
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudo 6.140		magnitudo 6.140



**Società di Geologia Territoriale**  
 S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICA DI LIQUEFAZIONE SECONDO ROBERTSON & CABAL 2009

- \* amax e fattore di amplificazione secondo NTC 2018
- \* CSR 6.14 secondo Idriss & Boulanger 2004 (Cyclic Stress Ratio corretto per magnitudine)
- \* CRR (Cyclic Resistance Ratio) calcolato con
  - Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kc per la correzione di Qc1N to Qc1Ncs per granulometria calcolato da Idriss & Boulanger 2004
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR / CSR$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE PER TERRENI GRANULARI (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni granulari	Cedimento terreni granulari (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento</b>	<b>6</b>	<b>12</b>
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	<b>5</b>	<b>10</b>

### CALCOLO DEL CEDIMENTO PER TERRENI FINI (ROBERTSON 2009)

Parametri utilizzati:

- \* Qc1N secondo Idriss & Boulanger 2004
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova per terreni fini	Cedimento terreni fini (cm)	Cedimento totale fini + granulari (cm)
<b>Cedimento</b>	<b>1</b>	<b>7</b>
<b>Cedimento considerando strati sottili</b>	<b>1</b>	<b>6</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (IWASAKI 1982) (Riferimento Linee Guida AGI 2005; pagina 105)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su  $F_{slq}$  e la profondità.

- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra
- \* Profondità

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE		POTENZIALE DI ROTTURA	
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili		
	<b>1.2</b>	IL ≤ 2	BASSO
<b>2.7</b>		2 < IL ≤ 5	MODERATO
		5 < IL ≤ 15	ELEVATO
		IL > 15	ESTREMAMENTE ELEVATO

Verifica liquefazione con  $a_{\max}g=0.311g$ , come da DGR 630/2019  
metodo di Boulanger & Idriss (2014)

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29/10/2018

**CPT** 1  
 Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003612°	
tipo di suolo C	fattore amplificazione 1.390
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 2.902
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine 6.140

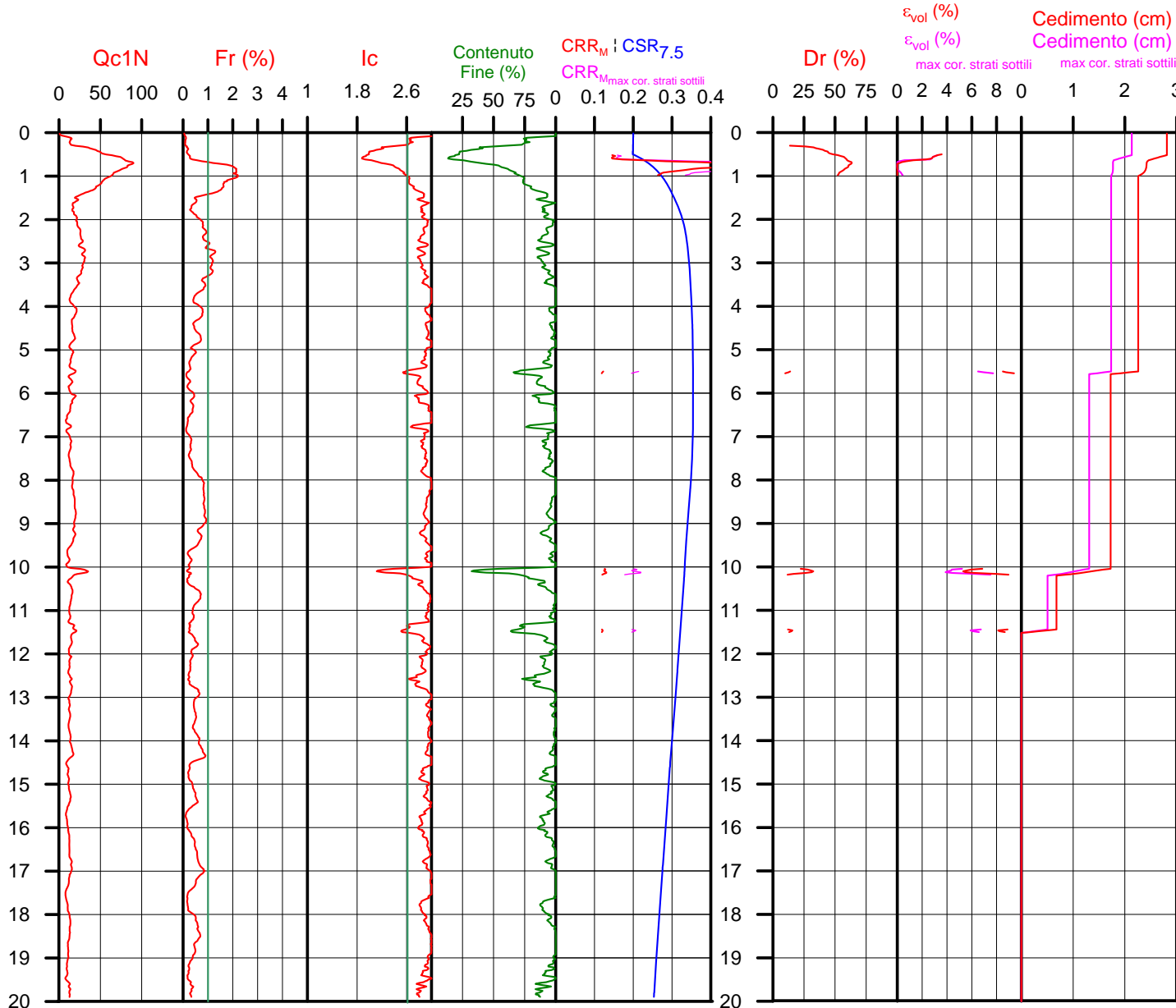
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 1.796
longitudine 12.003612°	
Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.054
	magnitudine 6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- \* amax e fattore di amplificazione secondo DGR Emilia-Romagna 630 / 2019
- \* CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- \* CRR<sub>m</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014\*)
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione: F<sub>slq</sub> = CRR<sub>6.14</sub> \* K<sub>σ</sub> / CSR<sub>7.5</sub>

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>2.8</b>	<b>14</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>2.1</b>	<b>20</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>l</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F<sub>slq</sub> e la profondità.

INDICE I <sub>l</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
1.4	0.9	IL <= 2 BASSA
		2 < IL <= 5 MODERATA
		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GIUDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
3	3	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABLE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABLE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29/10/2018

**CPT 2**  
 Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003612°	
tipo di suolo	fattore amplificazione 1.390
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 2.902
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine 6.140

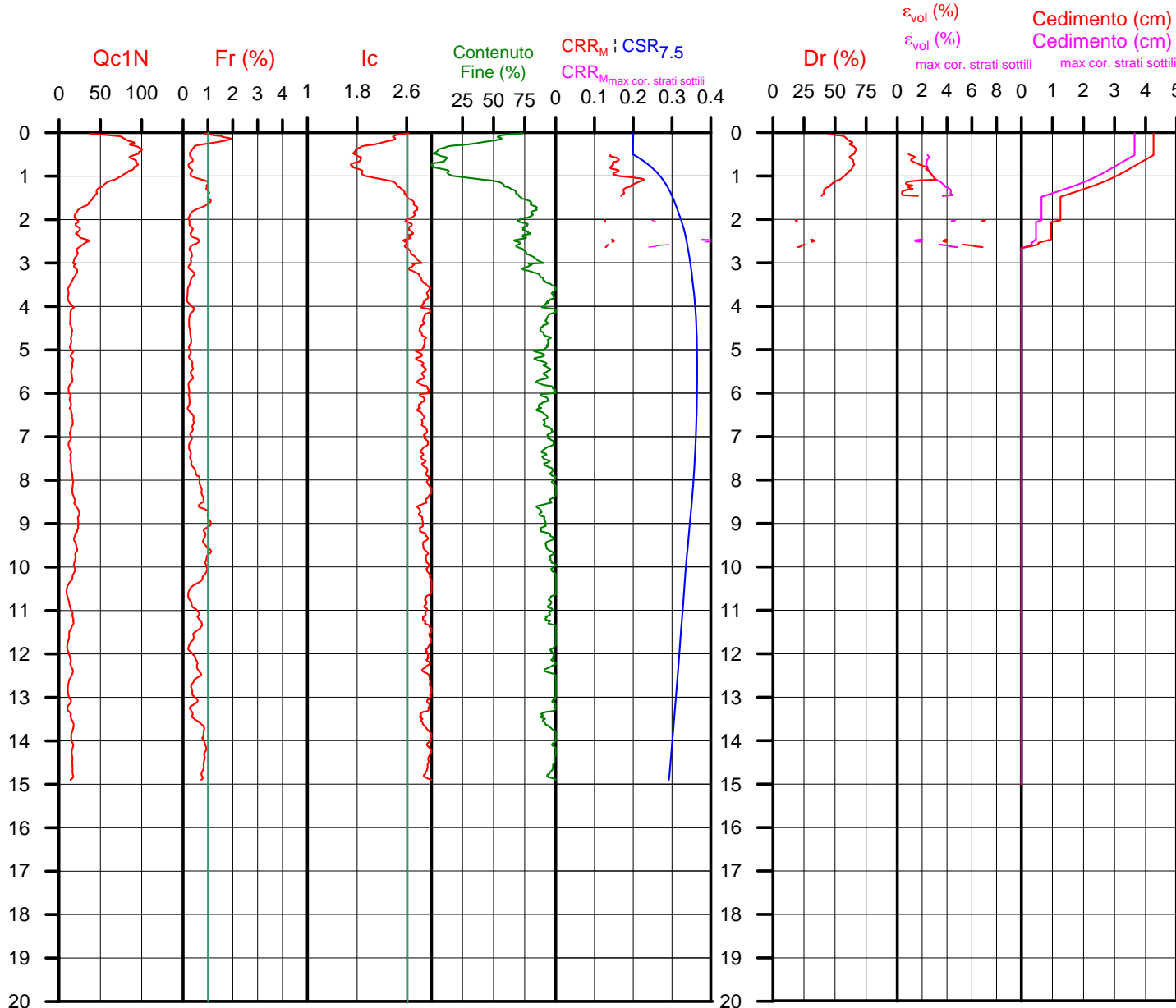
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 1.796
longitudine 12.003612°	
Suolo di riferimento Pianura 2	fattore amplificazione 1.700
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.054
	magnitudine 6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- \* amax e fattore di amplificazione secondo DGR Emilia-Romagna 630 / 2019
- \* CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- \* CRR<sub>m</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudo 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014"
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR_{6.14} * K_{\sigma} / CSR_{7.5}$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>4.3</b>	<b>86</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>3.6</b>	<b>85</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
		IL <= 2 BASSA
4.2	3.4	2 < IL <= 5 MODERATA
		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GIUDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
9	8	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29-ott-18

**CPT 3**  
 Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003612°	
tipo di suolo	fattore amplificazione 1.390
	C
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 2.902
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine 6.140

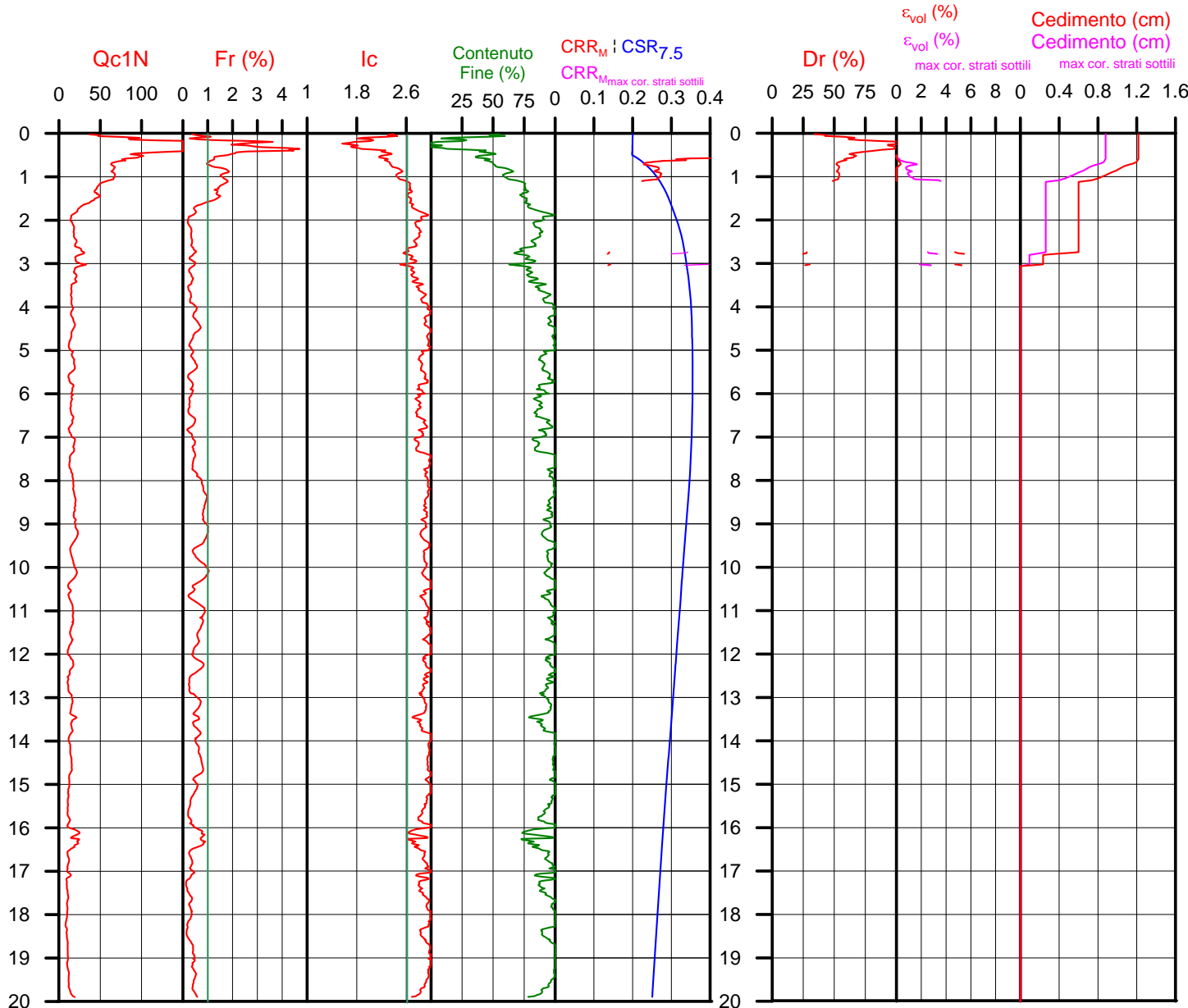
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 1.796
longitudine 12.003612°	
Suolo di riferimento	fattore amplificazione 1.700
	Planura 2
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.054
	magnitudine 6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- \* amax e fattore di amplificazione secondo DGR Emilia-Romagna 630 / 2019
- \* CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- \* CRR<sub>m</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014\*)
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:
  - lc > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR_{6.14} * K_{\sigma} / CSR_{7.5}$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>1.2</b>	<b>5</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>0.9</b>	<b>4</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>l</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2005)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F<sub>slq</sub> e la profondità.

INDICE I <sub>l</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
0.6	0.1	IL <= 2 BASSA
		2 < IL <= 5 MODERATA
		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GIUDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
3	3	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29-ott-18

**CPT 4**  
 Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003612°	
tipo di suolo	fattore amplificazione 1.390
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2) 2.902
1.000	
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine 6.140

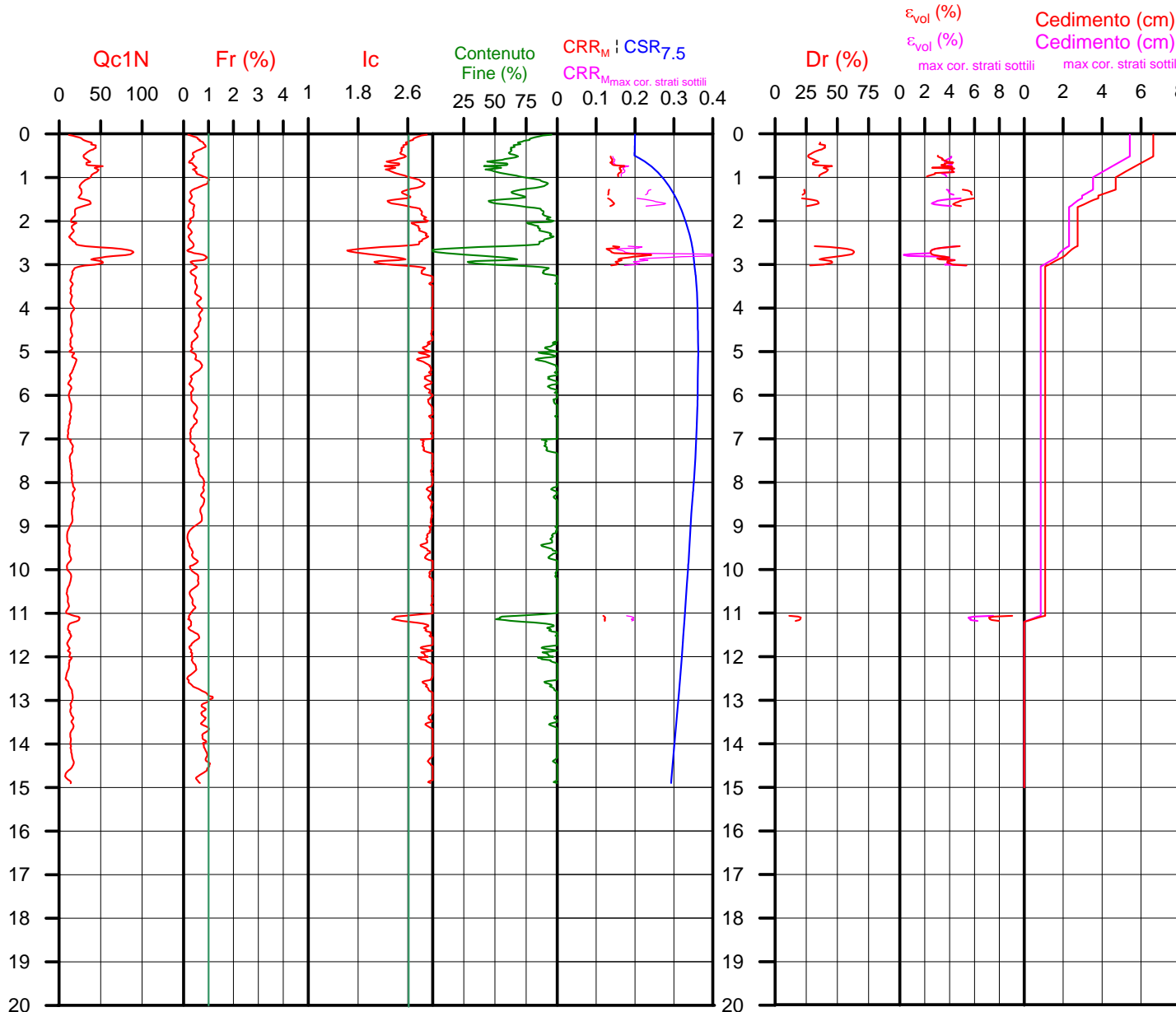
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 1.796
longitudine 12.003612°	
Suolo di riferimento	fattore amplificazione 1.700
Planura 2	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2) 3.054
1.000	
	magnitudine 6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- \* amax e fattore di amplificazione secondo DGR Emilia-Romagna 630 / 2019
- \* CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- \* CRR<sub>m</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudo 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014)
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR_{6.14} * K_s / CSR_{7.5}$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>6.6</b>	<b>57</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>5.4</b>	<b>50</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2005)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslq e la profondità.

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
		IL <= 2 BASSA
	3.9	2 < IL <= 5 MODERATA
5.9		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GIUDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
11	9	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABLE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABLE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir XSP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29-ott-18

**CPT** **5**  
 Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)	2.087
longitudine 12.003612°		
tipo di suolo	fattore amplificazione	1.390
	C	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	2.902
1.000		
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine	6.140

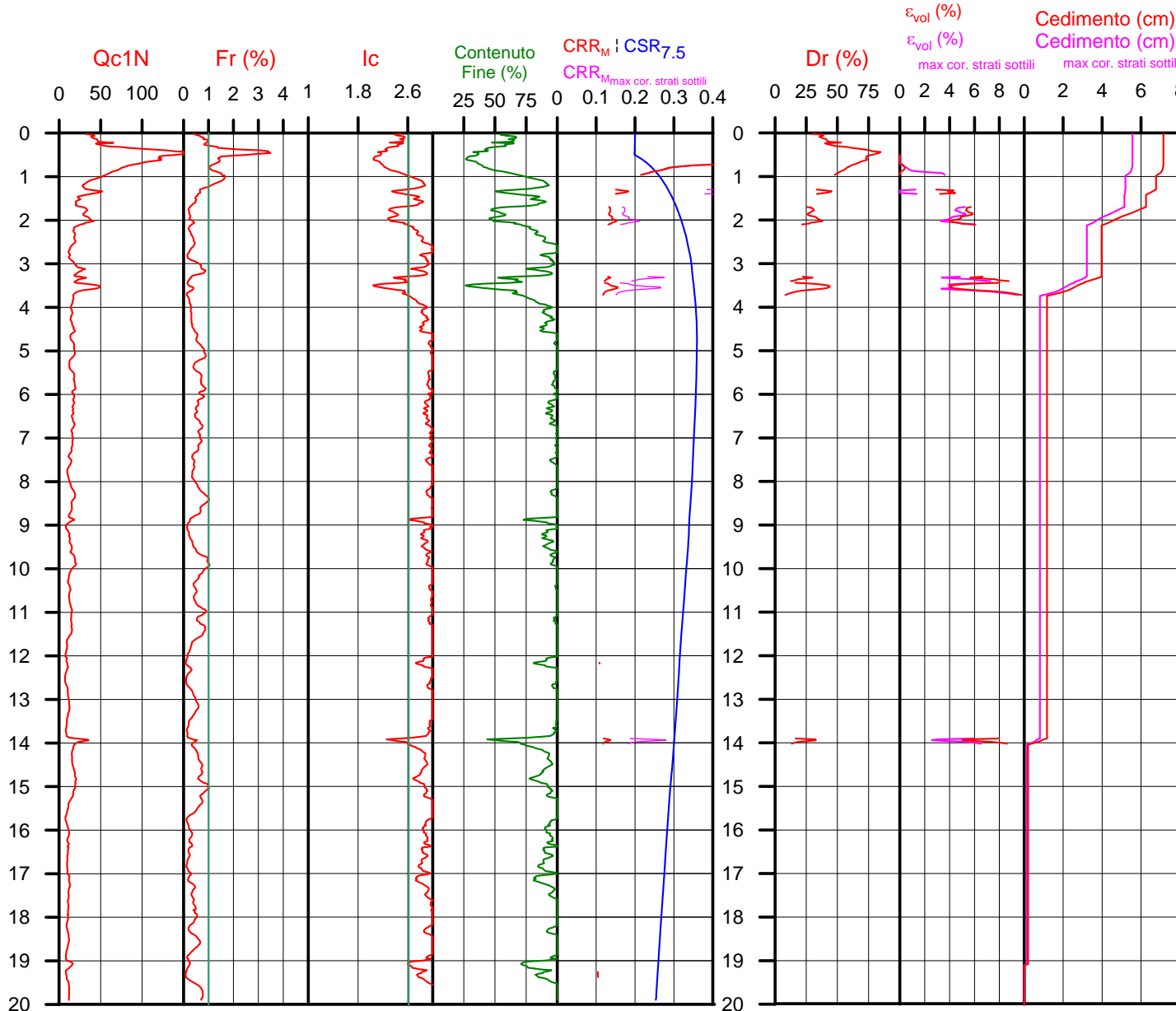
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)	1.796
longitudine 12.003612°		
Suolo di riferimento	fattore amplificazione	1.700
Planura 2		
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)	3.054
1.000		
	magnitudine	6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- \* amax e fattore di amplificazione secondo DGR Emilia-Romagna 630 / 2019
- \* CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- \* CRR<sub>m</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014\*)
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* **Fattore di sicurezza per liquefazione: Fslig = CRR6.14 \* Ks / CSR7.5**

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>7.2</b>	<b>28</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>5.6</b>	<b>18</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2005)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslig e la profondità.

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
		IL <= 2 BASSA
	3.3	2 < IL <= 5 MODERATA
5.2		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GIUDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
10	8	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnacavallo  
 Via San Vitale / SP 553  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 15/03/2019

**CPT 6**  
 Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003612°	
tipo di suolo	fattore amplificazione 1.390
	C
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 2.902
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine 6.140

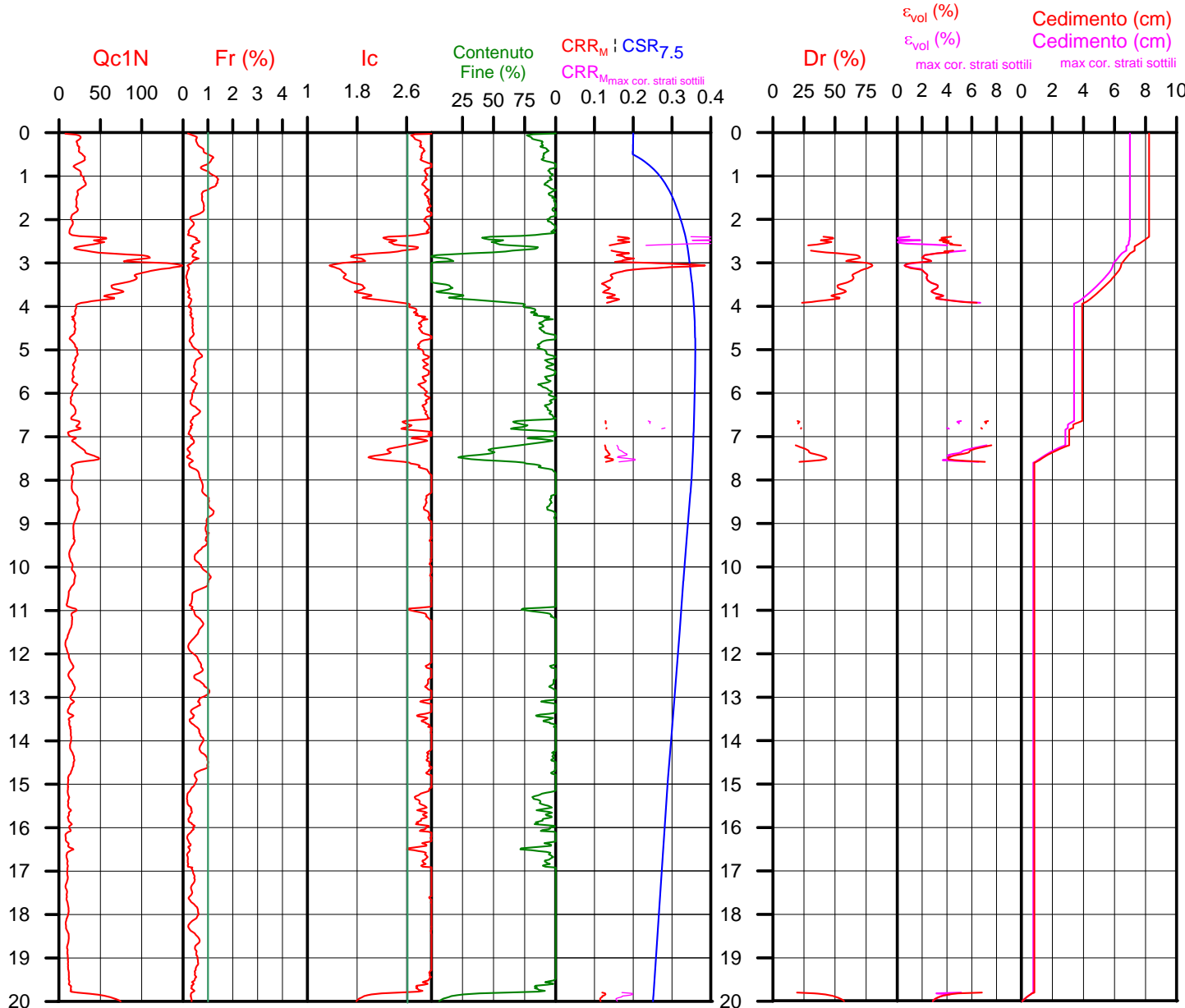
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 1.796
longitudine 12.003612°	
Suolo di riferimento	fattore amplificazione 1.700
	Planura 2
amplificazione topografica 1.000	amax al p.c. (m/sec2) 3.054
	magnitudine 6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- \* amax e fattore di amplificazione secondo DGR Emilia-Romagna 630 / 2019
- \* CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- \* CRR<sub>m</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014\*)
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione: F<sub>slq</sub> = CRR<sub>6.14</sub> \* K<sub>s</sub> / CSR<sub>7.5</sub>

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>8.2</b>	<b>134</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>7.0</b>	<b>117</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>l</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2005)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F<sub>slq</sub> e la profondità.

INDICE I <sub>l</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
		IL <= 2 BASSA
		2 < IL <= 5 MODERATA
<b>8.3</b>	<b>6.8</b>	5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIOUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GIUDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
<b>14</b>	<b>13</b>	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnacavallo  
 Via San Vitale / SP 553  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 15/03/2019

**CPT** 7  
 Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 2.087
longitudine 12.003612°	
tipo di suolo	fattore amplificazione 1.390
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2) 2.902
1.000	
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine 6.140

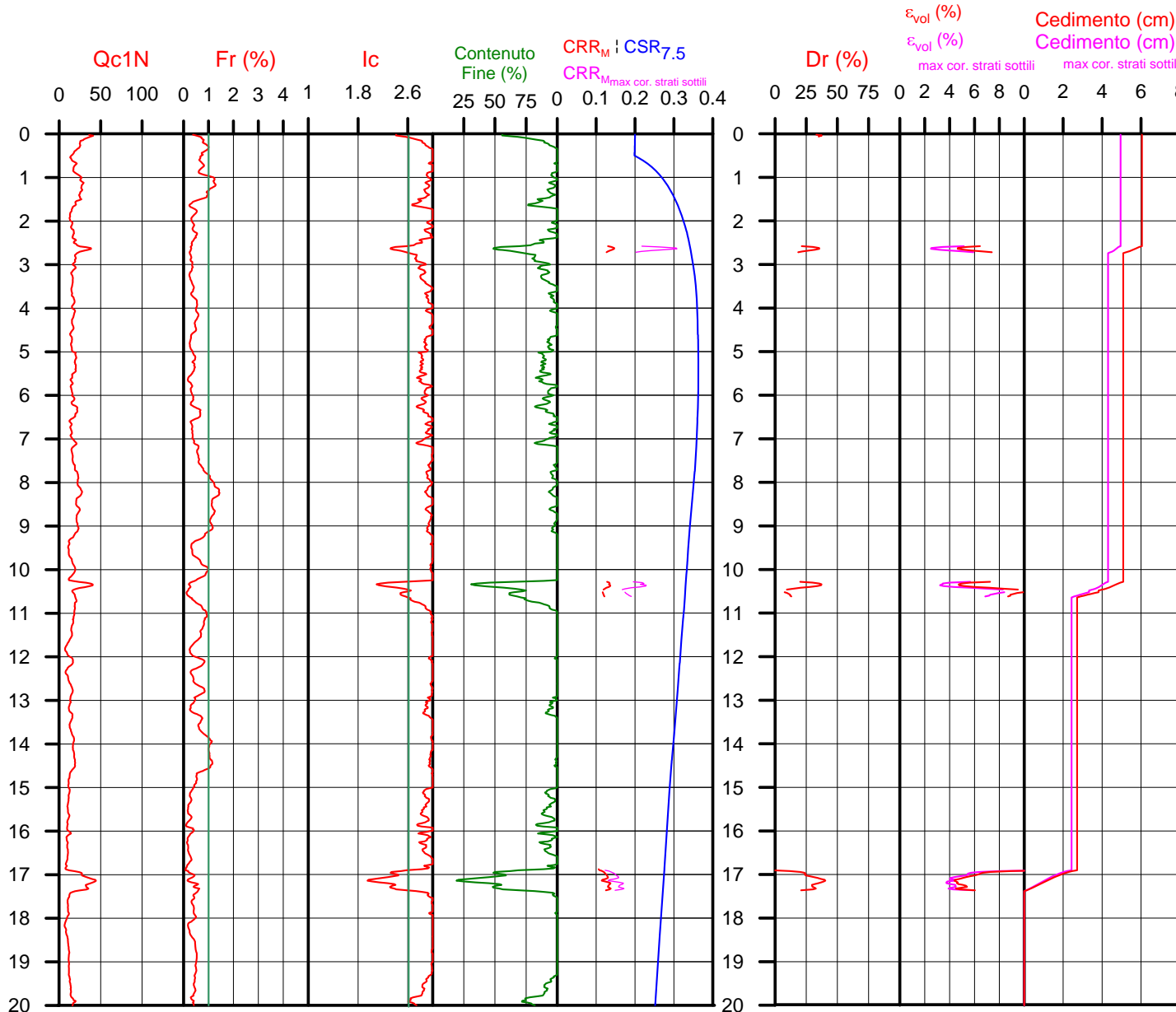
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2) 1.796
longitudine 12.003612°	
Suolo di riferimento	fattore amplificazione 1.700
Planura 2	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2) 3.054
1.000	
	magnitudine 6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

### VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- \* amax e fattore di amplificazione secondo DGR Emilia-Romagna 630 / 2019
- \* CSR secondo Boulanger & Idriss 2014 (Cyclic Stress Ratio per magnitudine 7.5)
- \* CRR<sub>m</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014)
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR_{6.14} * K_s / CSR_{7.5}$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>6.1</b>	<b>11</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>4.9</b>	<b>10</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F<sub>slq</sub> e la profondità.

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
	1.3	IL <= 2 BASSA
2.2		2 < IL <= 5 MODERATA
		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GIUDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
3	3	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABLE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABLE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Verifica liquefazione con accelerazione da analisi di RSL  
 $a_g = 0.269g$

Metodo Boulanger & Idriss (2014)

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29/10/2018

**CPT** **1**  
 Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 12.003612°	
tipo di suolo	fattore amplificazione
RSL amax piano campagna	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.690
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine
	6.140

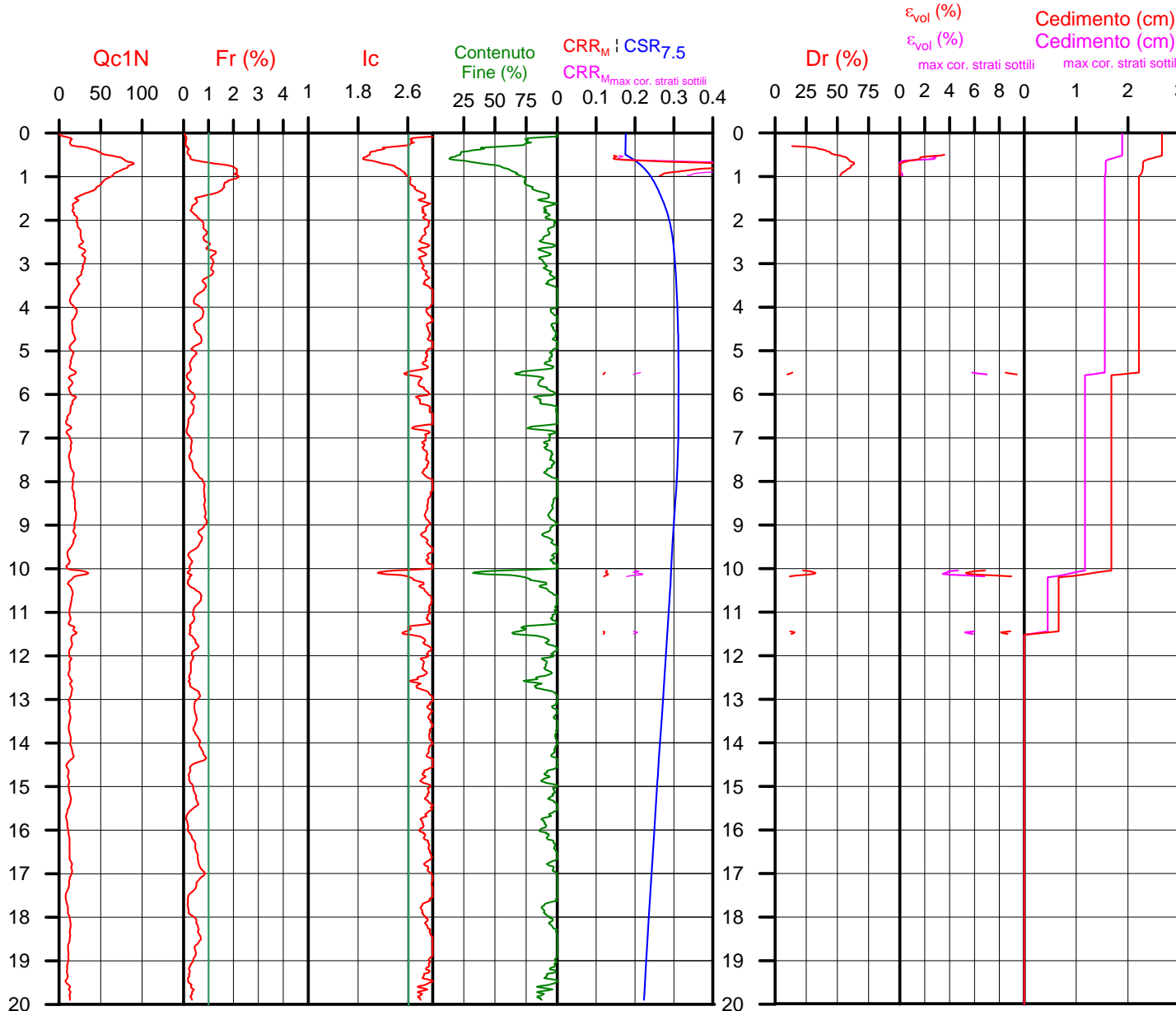
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 12.003612°	
Suolo di riferimento	fattore amplificazione
RSL amax piano campagna	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.690
	magnitudine
	6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- \* CSR (Cyclic Stress Ratio) modellato con studio della Risposta Sismica Locale
- \* CRR<sub>m</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014"
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione: F<sub>slq</sub> = CRR<sub>6.14</sub> \* K<sub>σ</sub> / CSR<sub>7.5</sub>

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>2.7</b>	<b>8</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>1.9</b>	<b>3</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F<sub>slq</sub> e la profondità.

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
1.1	0.6	IL <= 2 BASSA
		2 < IL <= 5 MODERATA
		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GIUDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
3	2	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABLE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABLE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29/10/2018

**CPT** **2**  
 Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 12.003612°	
tipo di suolo	fattore amplificazione
RSL amax piano campagna	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.690
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine
	6.140

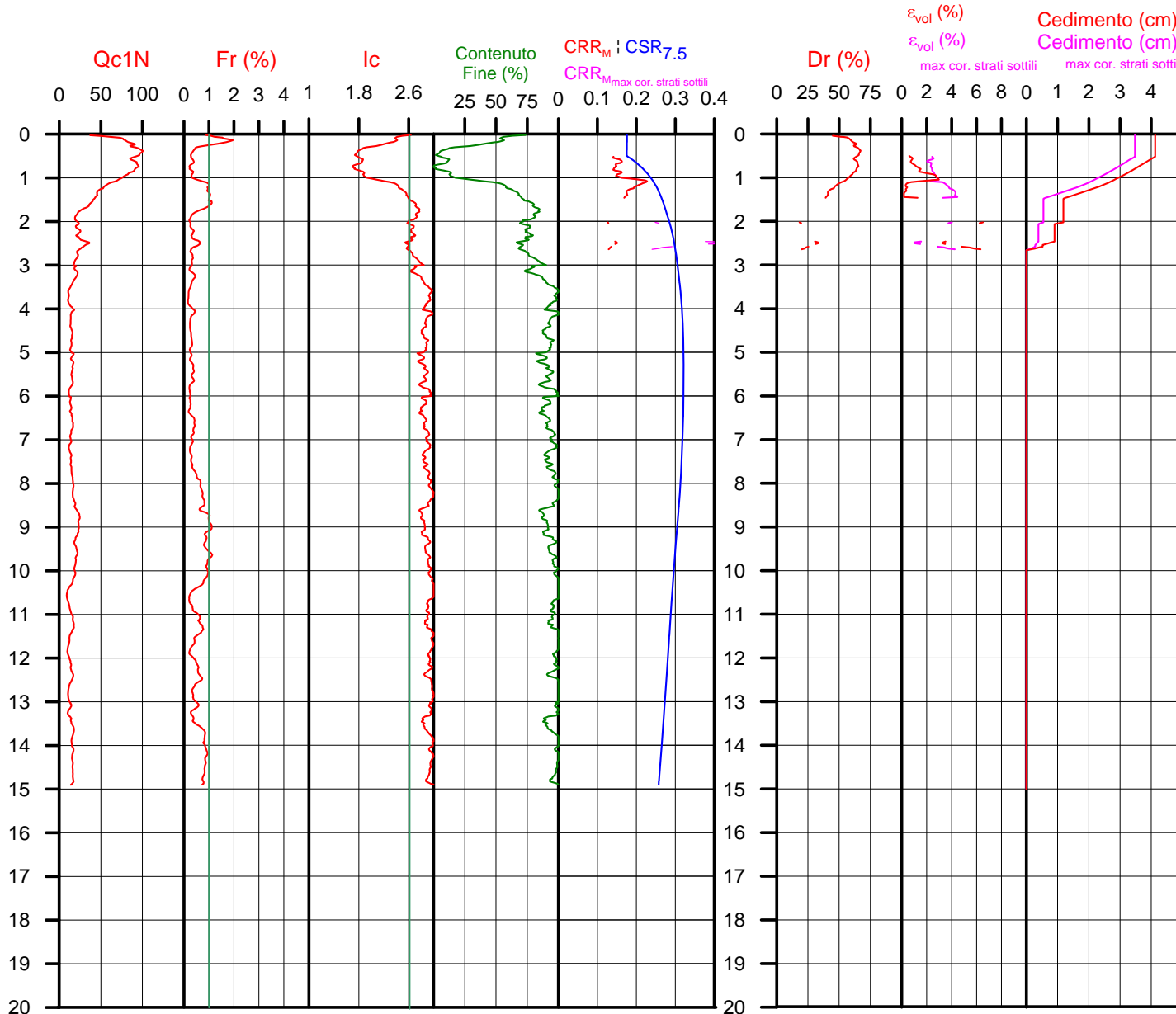
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 12.003612°	
Suolo di riferimento	fattore amplificazione
RSL amax piano campagna	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.690
	magnitudine
	6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- \* CSR (Cyclic Stress Ratio) modellato con studio della Risposta Sismica Locale
- \* CRR<sub>m</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014"
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: I<sub>c</sub> > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione: F<sub>slq</sub> = CRR<sub>6.14</sub> \* K<sub>s</sub> / CSR<sub>7.5</sub>

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>4.1</b>	<b>54</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>3.5</b>	<b>53</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2005)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F<sub>slq</sub> e la profondità.

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
		IL <= 2 BASSA
3.3	2.5	2 < IL <= 5 MODERATA
		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GIUDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
8	7	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29-ott-18

**CPT 3**  
 Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 12.003612°	
tipo di suolo	fattore amplificazione
RSL amax piano campagna	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.690
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine
	6.140

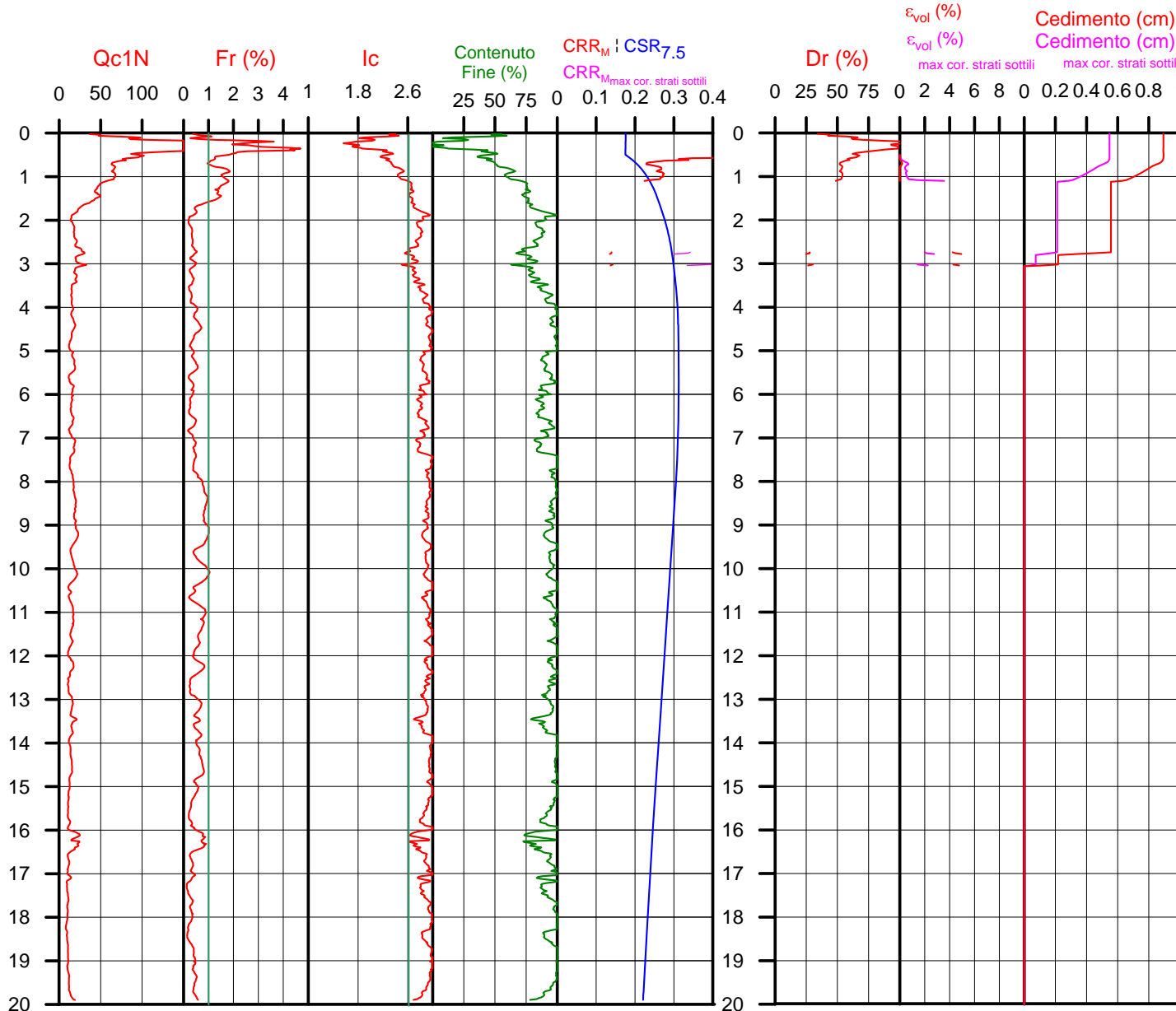
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 12.003612°	
Suolo di riferimento	fattore amplificazione
RSL amax piano campagna	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.690
	magnitudine
	6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- \* CSR (Cyclic Stress Ratio) modellato con studio della Risposta Sismica Locale
- \* CRR<sub>m</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014)
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione: Fsl<sub>iq</sub> = CRR<sub>6.14</sub> \* K<sub>s</sub> / CSR<sub>7.5</sub>

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>0.9</b>	<b>2</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>0.5</b>	<b>1</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>l</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2005)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl<sub>iq</sub> e la profondità.

INDICE I <sub>l</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
0.5	0.0	IL <= 2 BASSA
		2 < IL <= 5 MODERATA
		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GIUDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
3	2	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABLE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABLE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir X SP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29-ott-18

**CPT** **4**  
 Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 12.003612°	
tipo di suolo	fattore amplificazione
RSL amax piano campagna	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.690
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine
	6.140

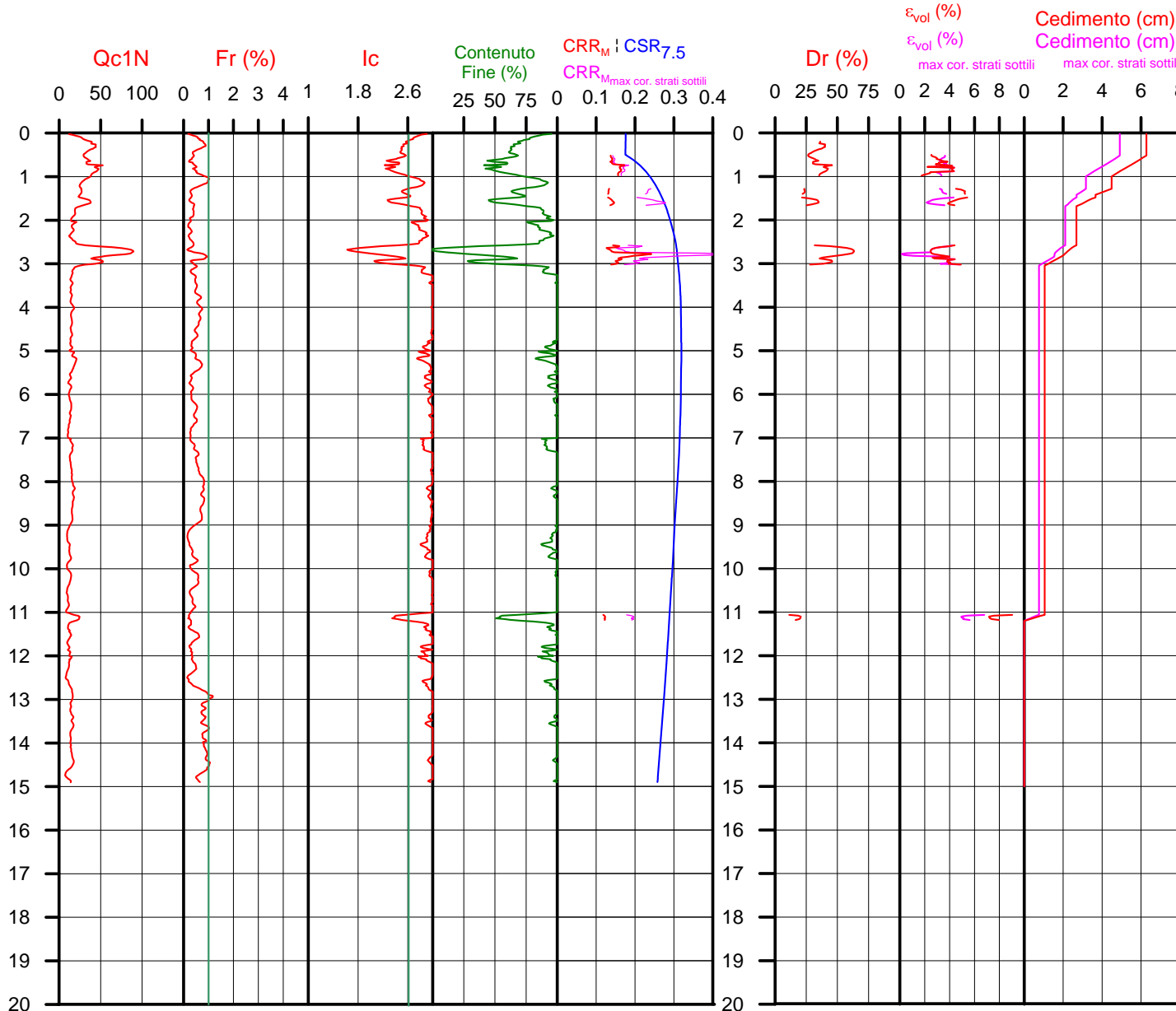
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 12.003612°	
Suolo di riferimento	fattore amplificazione
RSL amax piano campagna	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.690
	magnitudine
	6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- \* CSR (Cyclic Stress Ratio) modellato con studio della Risposta Sismica Locale
- \* CRRm (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1Ncs basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014"
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1Ncs per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace  $K_\sigma$  secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998:  $I_c > 2.60$  e  $Fr > 1\%$  e spessori sopra falda presunta.
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione:  $F_{slq} = CRR_{6.14} * K_s / CSR_{7.5}$

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa  $D_r$  secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>6.3</b>	<b>53</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>4.9</b>	<b>47</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE $I_L$ DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su  $F_{slq}$  e la profondità.

INDICE $I_L$ DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
		$I_L \leq 2$ BASSA
	2.8	$2 < I_L \leq 5$ MODERATA
5.1		$5 < I_L \leq 15$ ELEVATA
		$I_L > 15$ MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GIUDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
10	9	PPbl $\leq 15$	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		$15 < PPbl \leq 35$	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		$35 < PPbl \leq 65$	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABLE
		$65 < PPbl \leq 85$	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABLE
		PPbl $> 85$	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnacavallo  
 Via A14dir XSP San Vitale  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 29-ott-18

**CPT** **5**  
 Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 12.003612°	
tipo di suolo	fattore amplificazione
RSL amax piano campagna	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.690
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine
	6.140

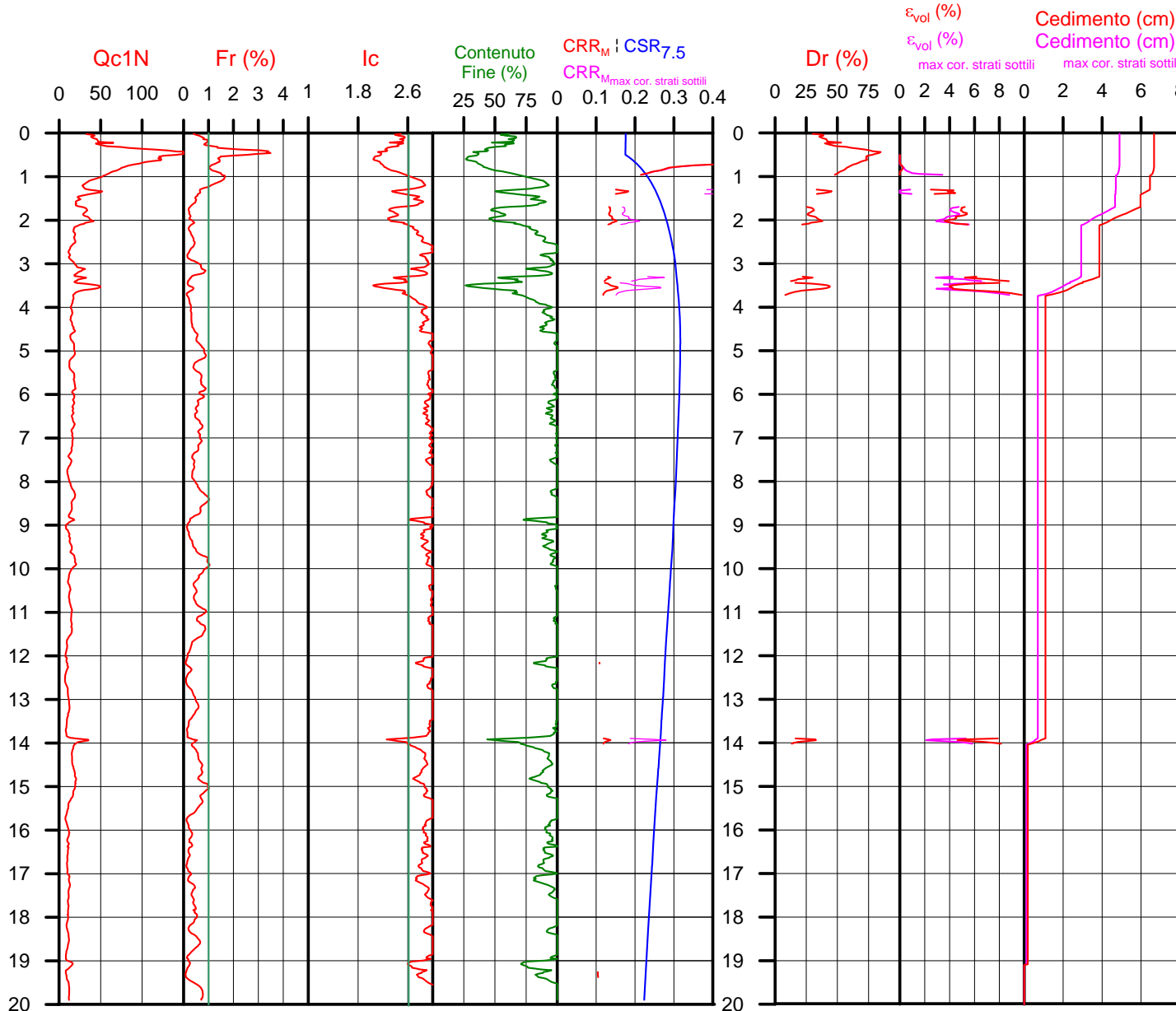
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 12.003612°	
Suolo di riferimento	fattore amplificazione
RSL amax piano campagna	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.690
	magnitudine
	6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- \* CSR (Cyclic Stress Ratio) modellato con studio della Risposta Sismica Locale
- \* CRR<sub>m</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014)
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione: Fslig = CRR6.14 \* K<sub>σ</sub> / CSR7.5

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>6.7</b>	<b>24</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>4.9</b>	<b>14</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2005)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fslig e la profondità.

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
		IL <= 2 BASSA
4.6	2.6	2 < IL <= 5 MODERATA
		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GIUDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
9	7	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABLE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABLE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnacavallo  
 Via San Vitale / SP 553  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 15/03/2019

**CPT 6**  
 Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 12.003612°	
tipo di suolo	fattore amplificazione
RSL amax piano campagna	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.690
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine
	6.140

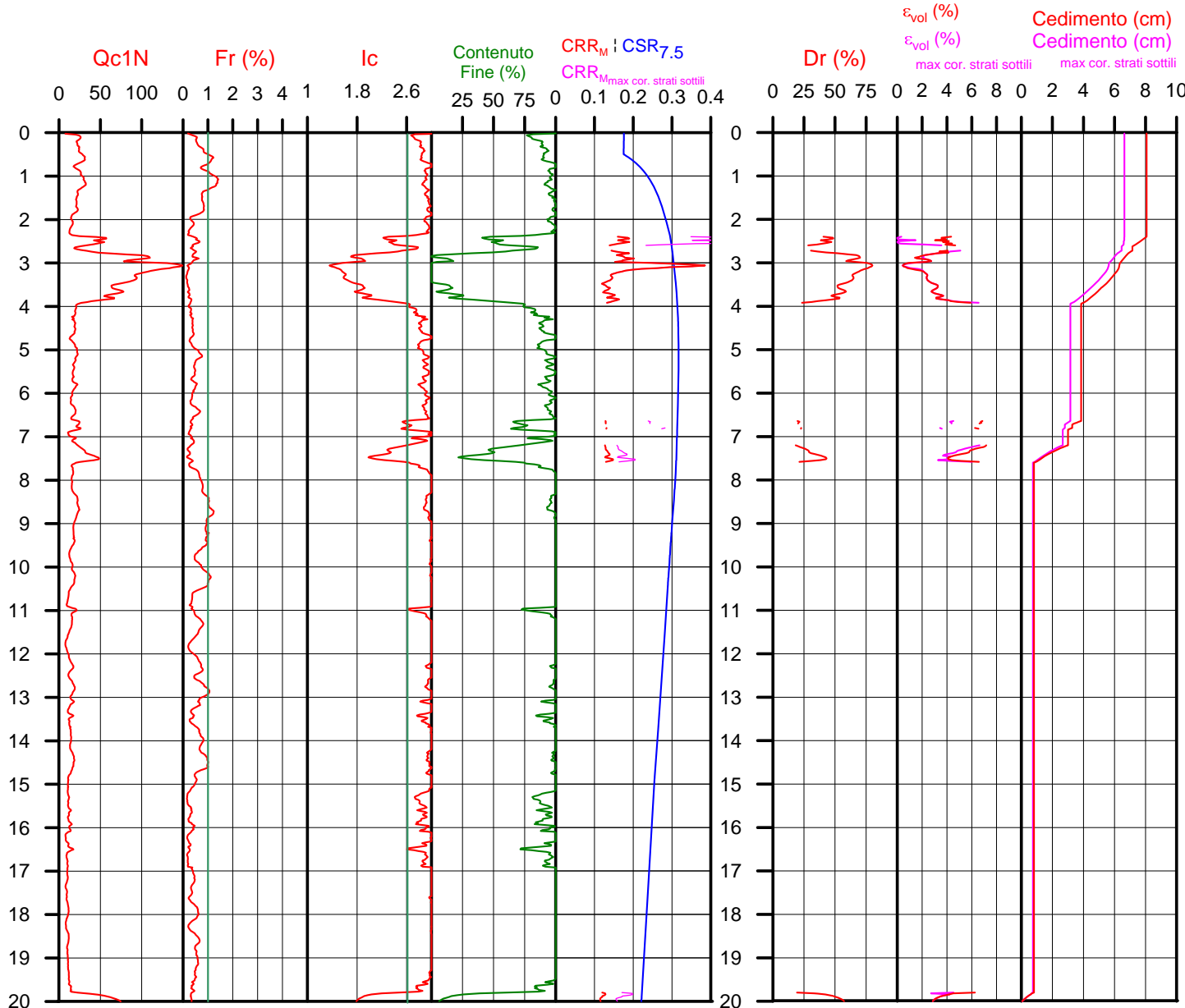
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 12.003612°	
Suolo di riferimento	fattore amplificazione
RSL amax piano campagna	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.690
	magnitudine
	6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- \* CSR (Cyclic Stress Ratio) modellato con studio della Risposta Sismica Locale
- \* CRR<sub>m</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014"
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione: F<sub>slq</sub> = CRR<sub>6.14</sub> \* K<sub>σ</sub> / CSR<sub>7.5</sub>

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>8.1</b>	<b>129</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>6.6</b>	<b>112</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>l</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2005)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su F<sub>slq</sub> e la profondità.

INDICE I <sub>l</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
		IL <= 2 BASSA
		2 < IL <= 5 MODERATA
7.3	5.9	5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIOUSSO & VANNUCCHI 2009)

INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GIUDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
14	12	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABLE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABLE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

Comune Bagnacavallo  
 Via San Vitale / SP 553  
 Localita' Borgo Stecchi  
 Committente Provincia di Ravenna  
 Data 15/03/2019

**CPT** 7  
 Falda presunta 0.5 metri

NTC 2018

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 12.003612°	
tipo di suolo	fattore amplificazione
RSL amax piano campagna	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.690
3. STATO LIMITE SALVAGUARDIA DELLA VITA	magnitudine
	6.140

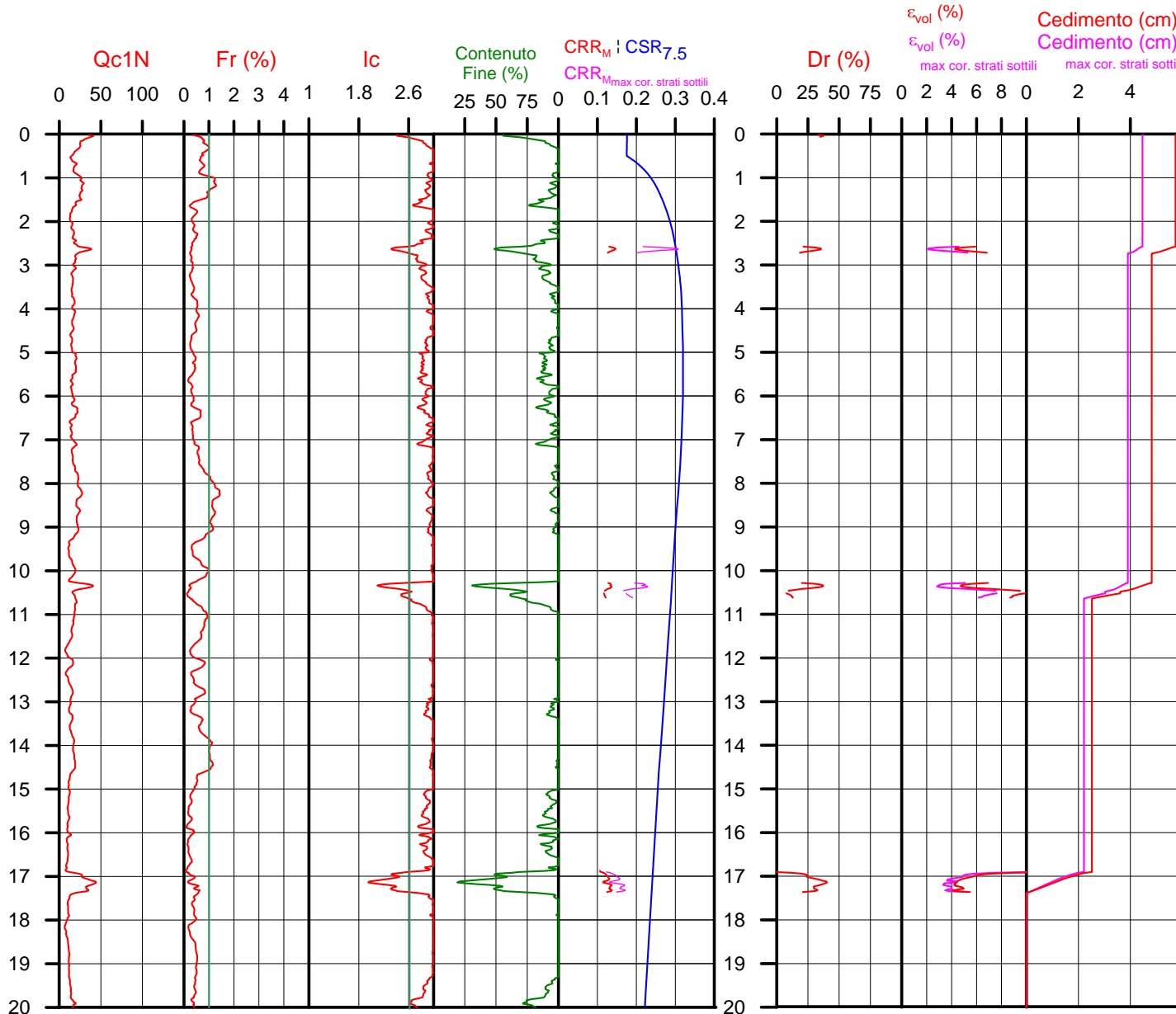
DGR Emilia-Romagna 630 / 2019

latitudine 44.408494°	amax substrato (m/sec2)
longitudine 12.003612°	
Suolo di riferimento	fattore amplificazione
RSL amax piano campagna	
amplificazione topografica	amax al p.c. (m/sec2)
1.000	2.690
	magnitudine
	6.140



**Società di Geologia Territoriale**

S.G.T. sas  
 di Van Zutphen Albert & C.  
 Via Matteotti 50  
 48012 Bagnacavallo (RA)  
 www.geo55.com



## PROCEDURA

VERIFICADI LIQUEFAZIONE SECONDO BOULANGER & IDRISSE 2014

- \* CSR (Cyclic Stress Ratio) modellato con studio della Risposta Sismica Locale
- \* CRR<sub>m</sub> (Cyclic Resistance Ratio corretto per magnitudine 6.14) calcolato con
  - Qc1N secondo Qc1N secondo Robertson & Wride 1998
  - Contenuto di fine secondo Boulanger & Idriss 2014
  - Correzione di Qc1N a Qc1N<sub>cs</sub> basato su contenuto di fine e Qc1N
  - MSF (Magnitude Scaling Factor secondo Boulanger & Idriss 2014"
  - Fattore Kh per la correzione di Qc1N<sub>cs</sub> per strati sottili di sabbia in mezzo argilla
- \* Applicazione di correzione per tensione efficace K<sub>σ</sub> secondo Boulanger & Idriss 2014.
- \* Applicazione di criteri di esclusione di liquefazione secondo Robertson & Wride 1998: Ic > 2.60 e Fr > 1% e spessori sopra falda presunta.
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione: Fsl<sub>iq</sub> = CRR<sub>6.14</sub> \* K<sub>s</sub> / CSR<sub>7.5</sub>

### CALCOLO DEL CEDIMENTO E DELL' INDICE DI SPOSTAMENTO LATERALE (ISHIHARA & YOSEMINE 1993)

Parametri utilizzati:

- \* Densità Relativa Dr secondo Tutsaoki 1990
- \* Fattore di sicurezza per liquefazione come sopra

Cedimento ed indice di spostamento laterale calcolato tra piano campagna e massima profondità della prova	Cedimento (cm)	Indice di spostamento laterale LDI (cm)
<b>Cedimento totale</b>	<b>5.7</b>	<b>11</b>
<b>Cedimento totale correzione strati sottili</b>	<b>4.5</b>	<b>9</b>

### VALUTAZIONE DELL' INDICE I<sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (SONMEZ 2003)

Metodo di valutazione degli effetti di liquefazione basato su Fsl<sub>iq</sub> e la profondità.

INDICE I <sub>L</sub> DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE (Sonmez 2005)		POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	
2.0	1.0	IL <= 2 BASSA
		2 < IL <= 5 MODERATA
		5 < IL <= 15 ELEVATA
		IL > 15 MOLTO ALTA

### PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE PPbl (FACCIORUSSO & VANNUCCHI 2009)

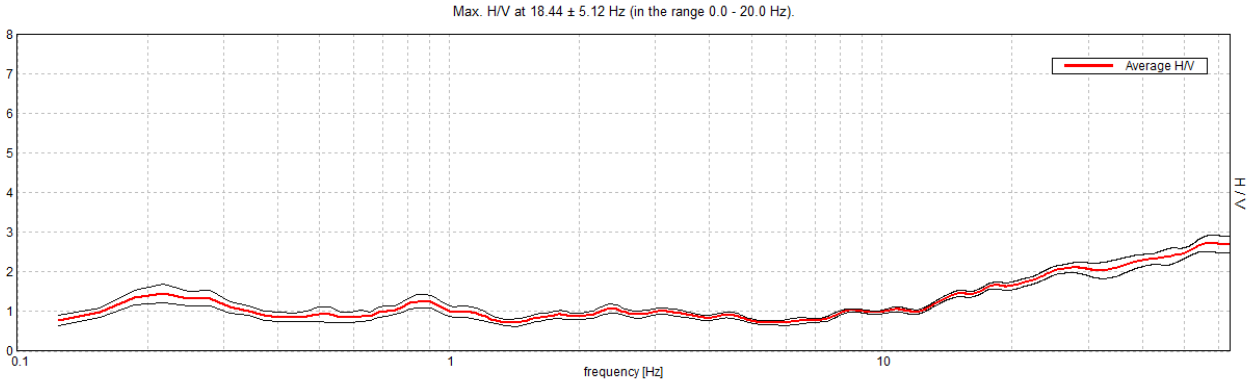
INDICE PPbl DI PROBABILITA' DI LIQUEFAZIONE (Facciorusso 2009)			GIUDIZIO DI PERICOLISITA'
senza correzione per strati sottili	con correzione per strati sottili	%	
3	3	PPbl <= 15	NON LIQUEFAZIONE QUASI CERTA
		15 < PPbl <= 35	LIQUEFAZIONE IMPROBABILE
		35 < PPbl <= 65	LIQUEFAZIONE E NON LIQUEFAZIONE UGUALMENTE PROBABILE
		65 < PPbl <= 85	LIQUEFAZIONE MOLTO PROBABILE
		PPbl > 85	LIQUEFAZIONE QUASI CERTA

### BAGNACAVALLO BORGO STECCHI - SVINCOLO A14, PROV DI RA T1

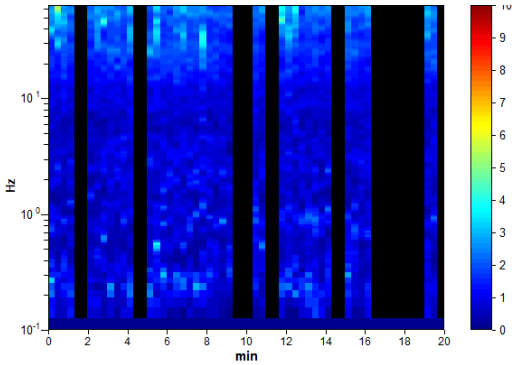
Instrument: TEN-0017/01-07  
Data format: 16 byte  
Full scale [mV]: n.a.  
Start recording: 29/10/18 12:23:01      End recording: 29/10/18 12:43:02  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

Trace length: 0h20'00".      Analyzed 67% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

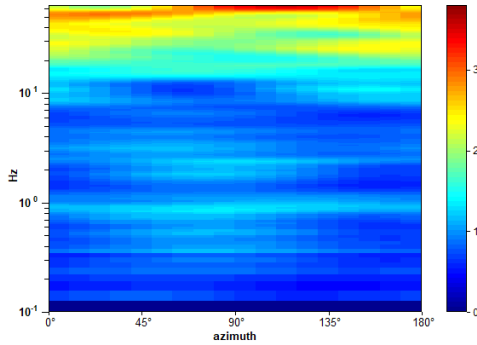
#### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



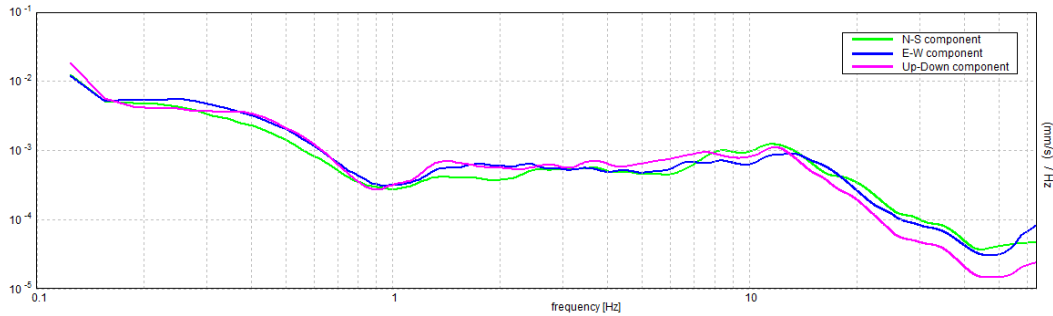
#### H/V TIME HISTORY



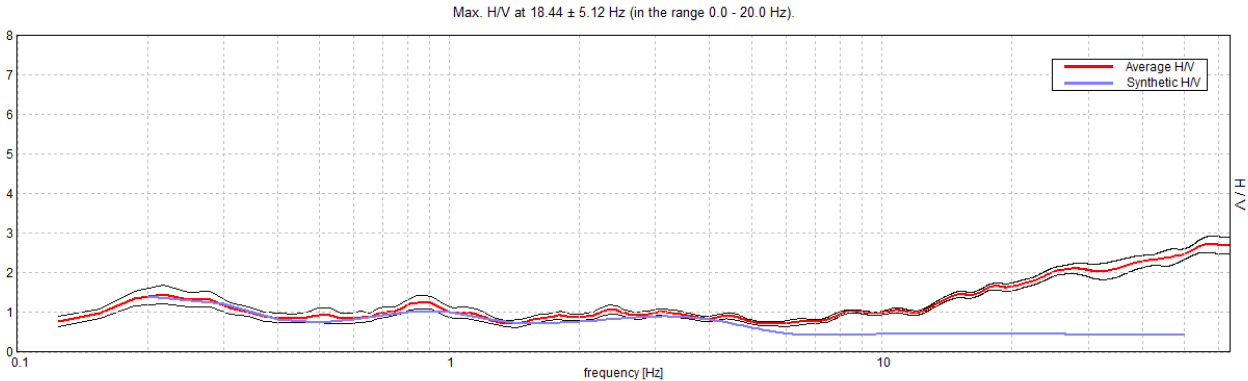
#### DIRECTIONAL H/V



#### SINGLE COMPONENT SPECTRA

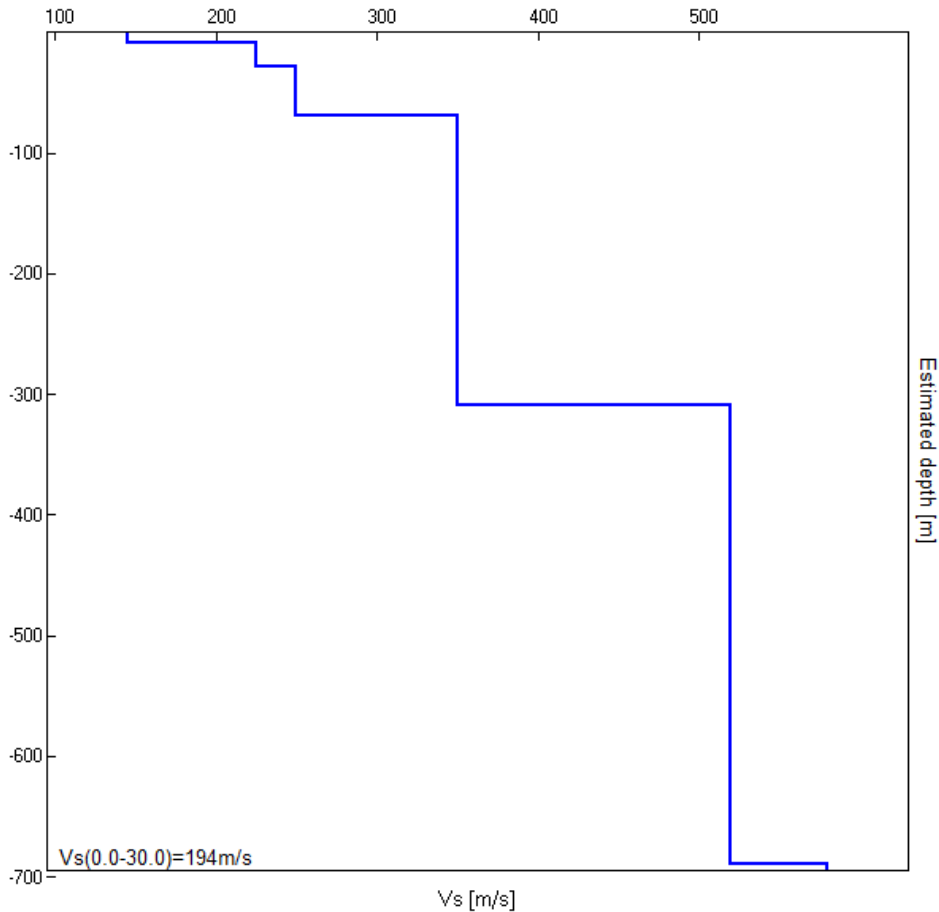


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
9.00	9.00	145	0.40
29.00	20.00	225	0.40
69.00	40.00	250	0.40
309.00	240.00	350	0.40
689.00	380.00	520	0.35
inf.	inf.	580	0.35

Vs(0.0-30.0)=194m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 18.44 ± 5.12 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

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

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	18.44 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	14750.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 886 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	7.531 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.66 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.27771  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	5.12032 < 0.92188		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.0895 < 1.58	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

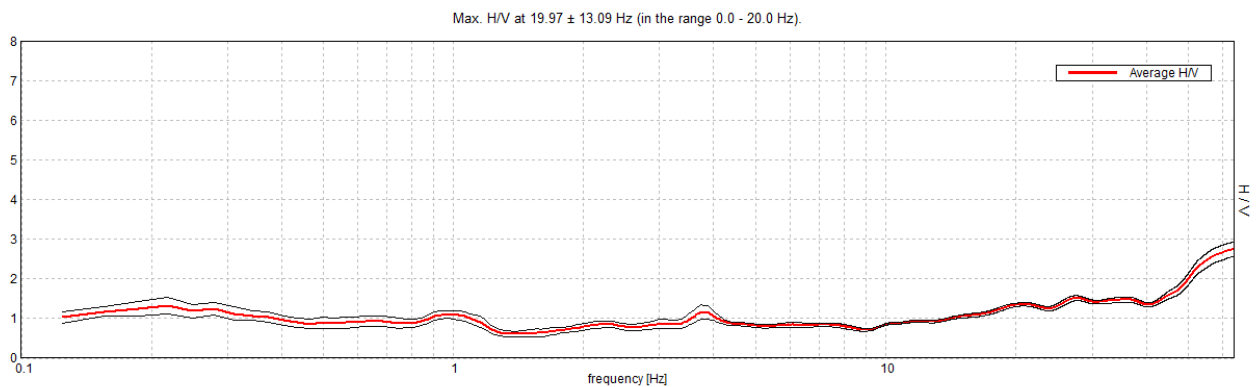
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## BAGNACAVALLO BORGO STECCHI - SVINCOLO A14, PROV DI RA T2

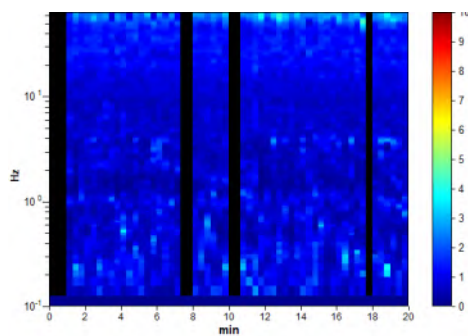
Instrument: TEN-0017/01-07  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 29/10/18 17:58:17 End recording: 29/10/18 18:18:18  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

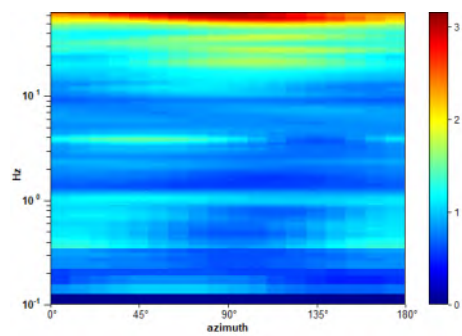
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



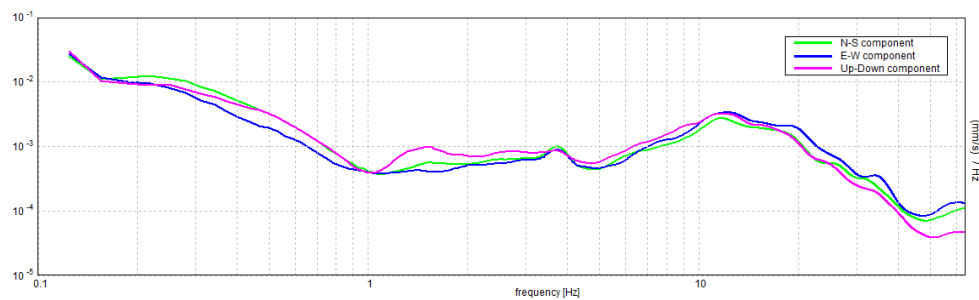
### H/V TIME HISTORY



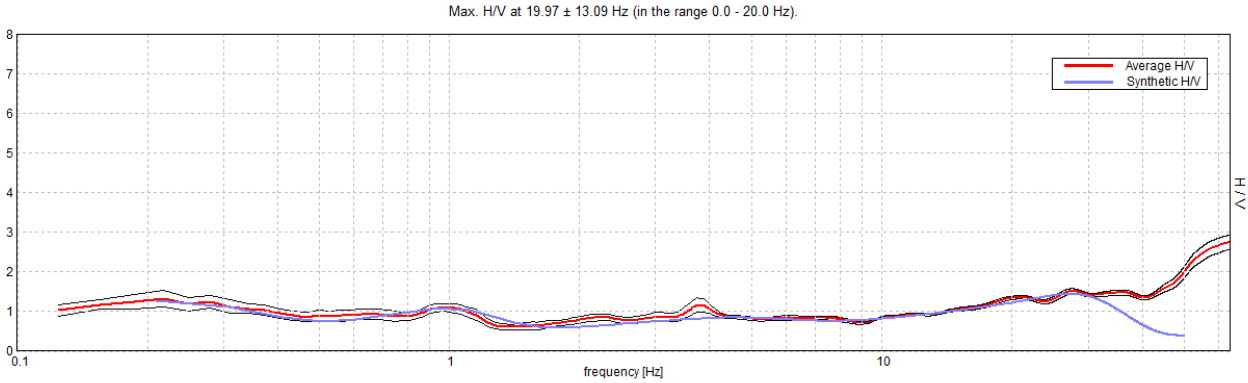
### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA

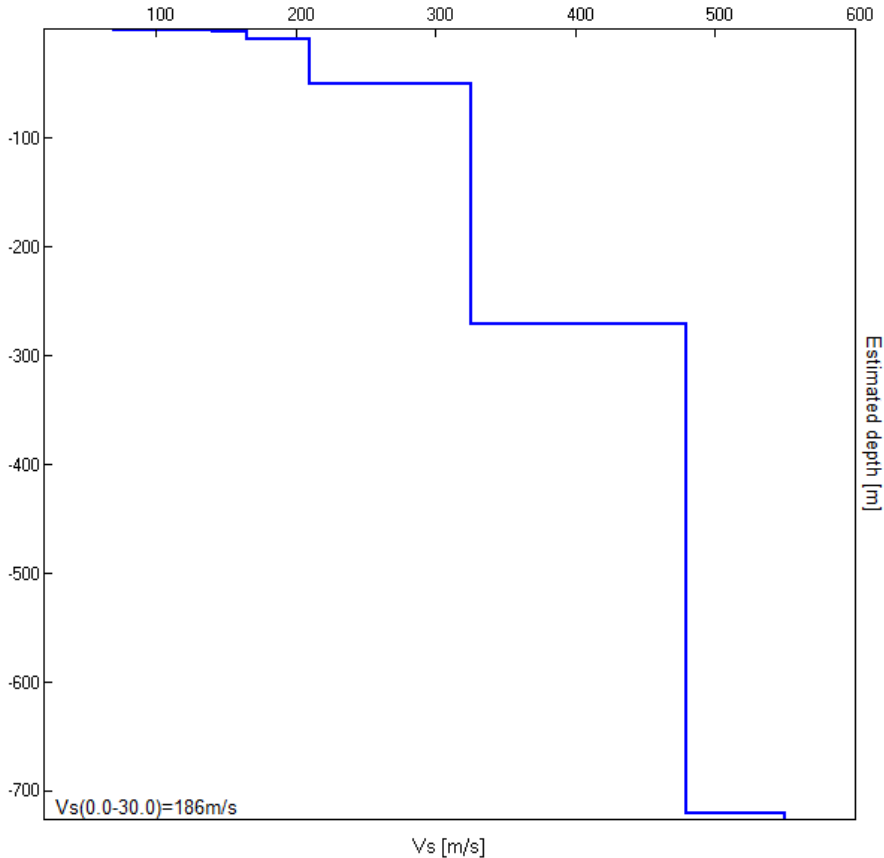


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.60	0.60	70	0.35
2.60	2.00	140	0.35
8.60	6.00	165	0.40
50.60	42.00	210	0.40
270.60	220.00	325	0.40
720.60	450.00	480	0.35
inf.	inf.	550	0.30

Vs(0.0-30.0)=186m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 19.97 ± 13.09 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**  
[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	19.97 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	20767.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 960 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**  
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.34 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.65552  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	13.08994 < 0.99844		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.043 < 1.58	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

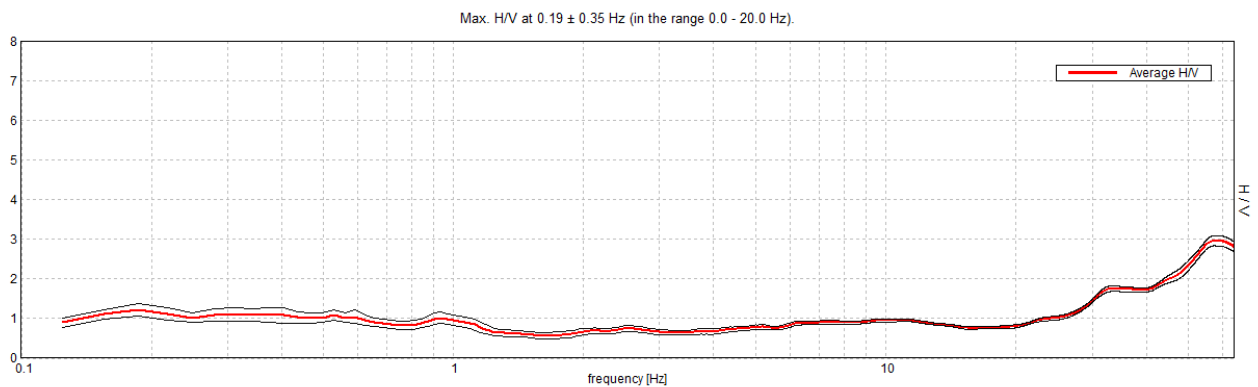
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## BAGNACAVALLO BORGO STECCHI - SVINCOLO A14, PROV DI RA T3

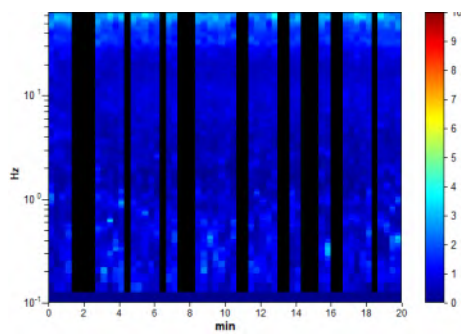
Instrument: TEN-0017/01-07  
 Data format: 16 byte  
 Full scale [mV]: n.a.  
 Start recording: 29/10/18 17:17:41      End recording: 29/10/18 17:37:42  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available

Trace length: 0h20'00".      Analyzed 68% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

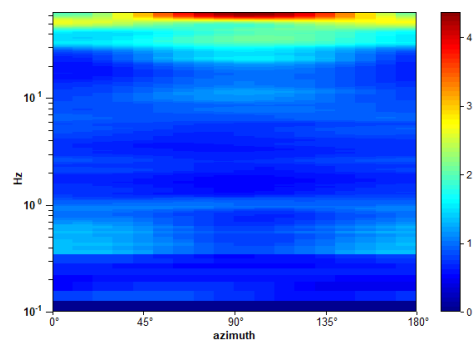
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



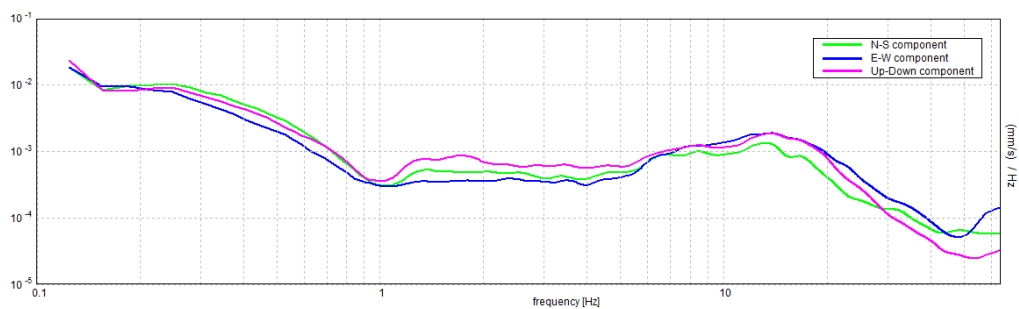
### H/V TIME HISTORY



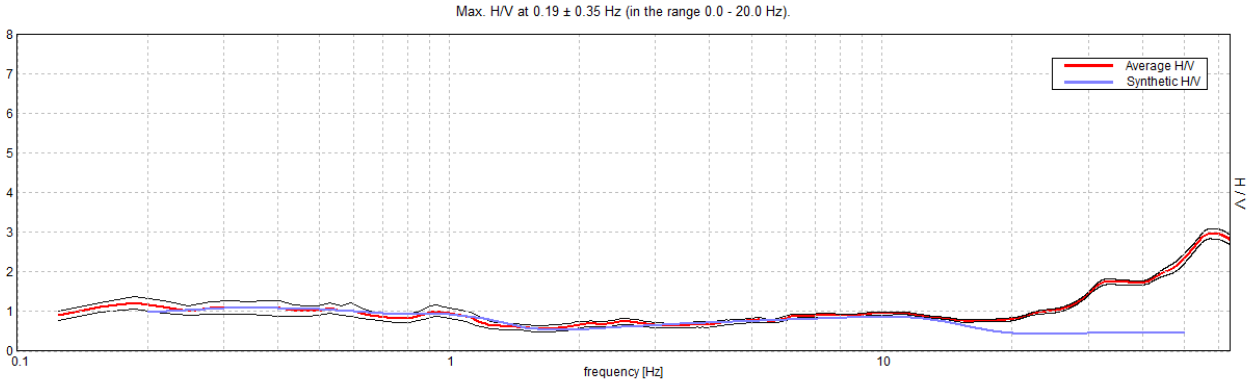
### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA

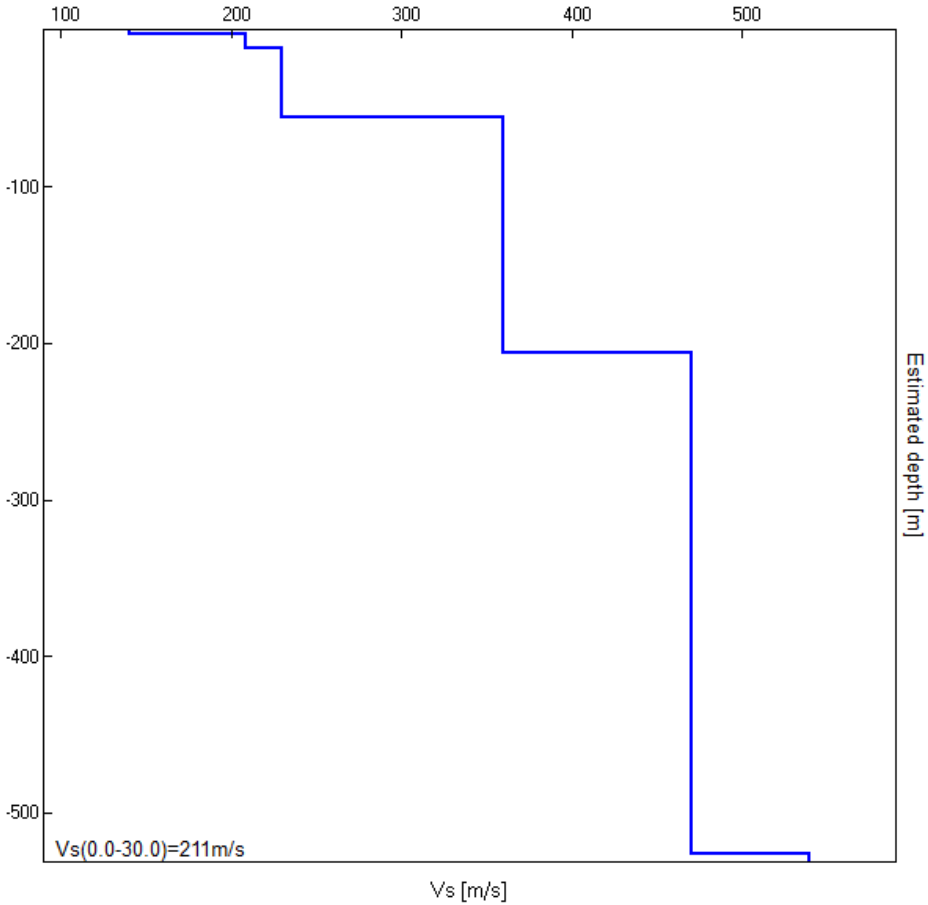


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.80	2.80	140	0.40
11.80	9.00	209	0.40
55.80	44.00	230	0.40
205.80	150.00	360	0.40
525.80	320.00	470	0.40
inf.	inf.	540	0.40

Vs(0.0-30.0)=211m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 0.19 ± 0.35 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**  
[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	0.19 > 0.50		<b>NO</b>
$n_c(f_0) > 200$	153.8 > 200		<b>NO</b>
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 10 times	<b>OK</b>	

**Criteria for a clear H/V peak**  
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	<b>OK</b>	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	1.22 > 2		<b>NO</b>
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.88921  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.35423 < 0.04688		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1661 < 3.0	<b>OK</b>	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

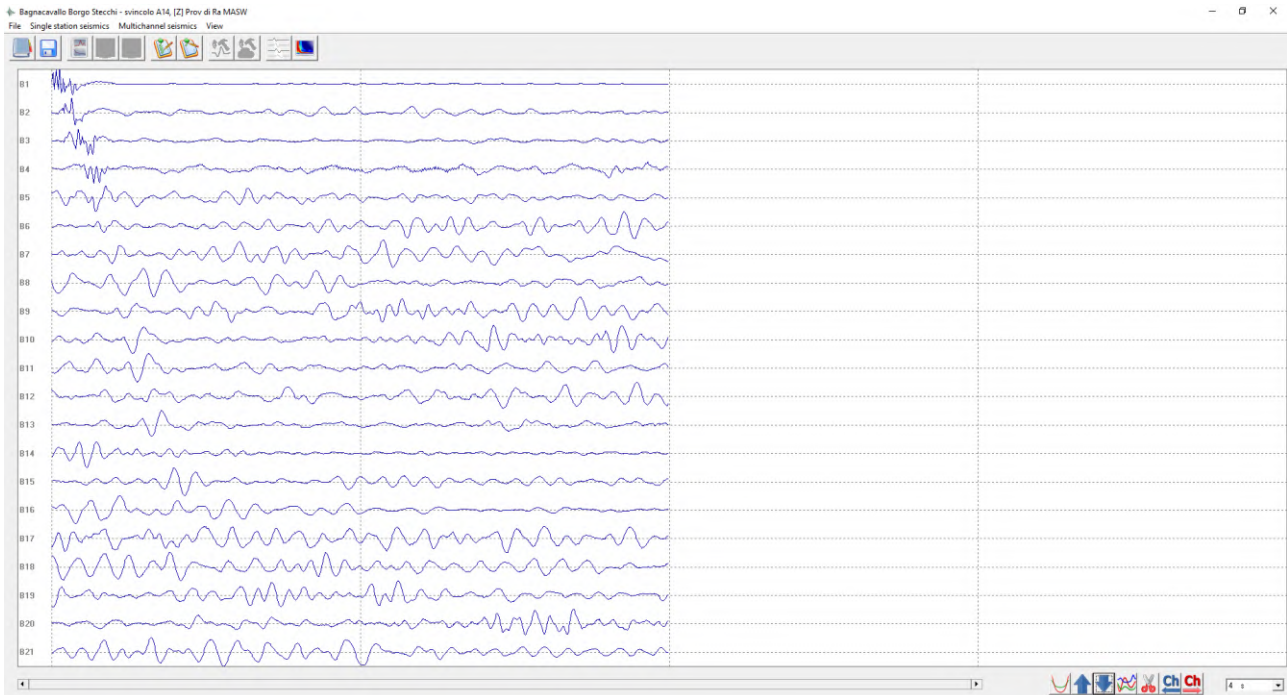
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## BAGNACAVALLO BORGO STECCHI - SVINCOLO A14, PROV DI RA T2

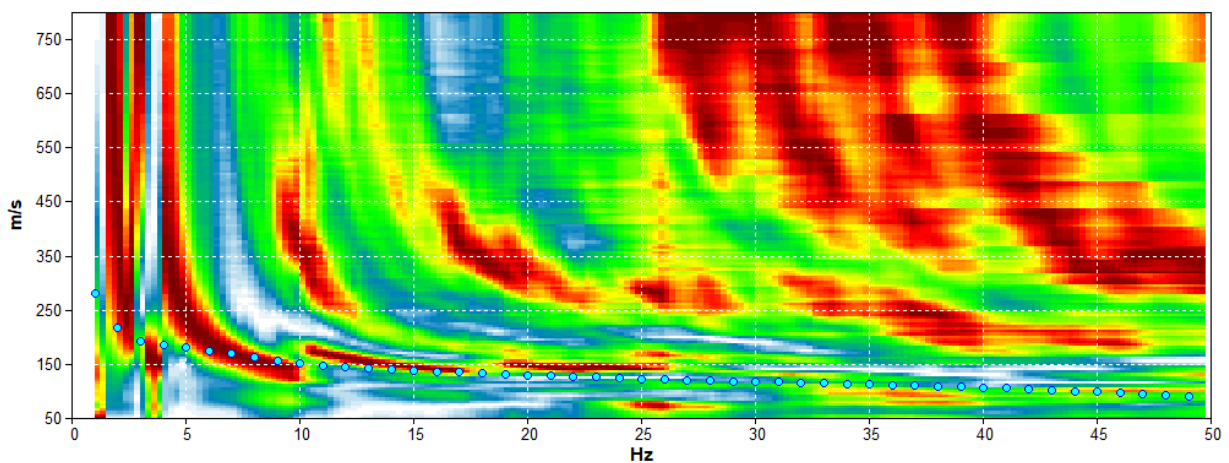
Start recording: 29/10/18 17:58:17      End recording: 29/10/18 18:18:18  
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 87% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 24.0 27.0 30.0 33.0 36.0 39.0 42.0 45.0 48.0 51.0  
54.0 57.0 60.0 m.



MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.60	0.60	70	0.35
2.60	2.00	140	0.35
8.60	6.00	165	0.40
50.60	42.00	210	0.40
270.60	220.00	325	0.40
720.60	450.00	480	0.35
inf.	inf.	550	0.30

Vs(0.0-30.0)=186m/s

