

Dott. Bucci Aride Geologo, Via Montepetra Trabocchi, 83/F – 47030 Sogliano al Rubicone (FC)  
tel. 349/5430080 Cod. Fisc. BCC RDA 79 I 21 C 573 O - P. IVA 03829020407



**NUOVA COSTRUZIONE IN SOSTITUZIONE DI EDIFICIO ESISTENTE DELLA  
SCUOLA PASCOLI DI GATTEO – 1° STRALCIO FUNZIONALE UNITA'  
STRUTTURALE LATO EST". CUP: I13C23000030001 - CIG:Z063B866C8.**

LOCALITÀ:	Via Don Ghinelli
COMUNE	Gatteo (FC)
COMMITTENTE:	Comune di Gatteo (FC)

## RELAZIONE GEOLOGICA

Giugno 2023

IL COMMITTENTE:	IL TECNICO:
Comune di Gatteo	Geol. Bucci Aride

## INDICE

<b>CAP. I. PREMESSA</b>	pag. 2
<b>CAP. II. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	pag. 3
<b>CAP. III. INQUAD.TO GEOGRAFICO CARTOGRAFICO</b>	pag. 4
<b>CAP. IV. MODELLO GEOLOGICO</b>	pag. 6
<b>CAP. V. MODELLO GEOTECNICO</b>	pag. 11
<b>CAP. VI. CONDIZIONE SISMICA LOCALE</b>	pag. 21
<b>CAP. VII. LIQUEFAZIONE</b>	pag. 27
<b>CAP. VIII. CONCLUSIONI</b>	pag. 32

## **PREMESSA**

L'amministrazione comunale di Gatteo mi ha incaricato di redigere il presente elaborato geologico tecnico inerente LAVORI DI NUOVA COSTRUZIONE IN SOSTITUZIONE DI EDIFICIO ESISTENTE DELLA SCUOLA PASCOLI DI GATTEO – 1° STRALCIO FUNZIONALE UNITA' STRUTTURALE LATO EST". CUP: I13C23000030001. CIG:Z063B866C8.

L' intervento sarà realizzato ai sensi delle normative tecniche vigenti.

E' stato eseguito un rilevamento preliminare atto a delineare le condizioni geomorfologiche e idrogeologiche dell'area.

Le indagini geotecniche sono state programmate in funzione del tipo di intervento, hanno riguardato il volume significativo, ed hanno permesso la definizione del modello geologico di sottosuolo necessario alla progettazione.

Attraverso la modellazione geologica è stato possibile evidenziare eventuali criticità di tipo idrogeologico e geomorfologico derivante dalla realizzazione delle strutture in progetto.

## NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata compiuta in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento di seguito elencate:

- AGI: raccomandazione sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, Giugno 1977;
- "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". D.M. 11 Marzo 1988;
- Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ. Min. LL.PP. n° 30483 24 Settembre 1988;
- Eurocodice 7.1 (1997) Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . – UNI;
- Eurocodice 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003);
- Decreto del presidente della Repubblica 5 giugno 2001, n. 328 pubblicata nella G.U. n. 190 del 17-8-2001- Suppl. Ordinario n.212);
- Eurocodice 7.2 (2002) Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI;
- Eurocodice 7.3 (2002).Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI;



- Ordinanza del Dipartimento della Protezione Civile e del Servizio Sismico Nazionale del 20 marzo 2003: “Nuove disposizioni per le costruzioni in zona sismica” pubblicata nella G.U. del 8 maggio 2003;
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti: “Norme tecniche per le costruzioni” del 14 settembre 2005 geotecniche;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007;
- "Nuove Norme tecniche per le costruzioni ". D.M. 14 Gennaio 2008;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009;
- "Nuove Norme tecniche per le costruzioni ". 17/01/2018.
- Circolare esplicativa NTC18 del 11/02/2019.

## **INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO**

L'area in oggetto si sviluppa in ambito di pianura all'interno del nucleo storico di Gatteo, in Via Don Ghinelli, ad una quota altimetrica misurata pari a 19 m s l m m .

In termini cartografici, il sito è inquadrato nel Foglio 100 in scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia e nella porzione nord occidentale della sezione n. 256050 della C.T.R. in scala 1:10.000.

In ambito catastale il sito si inquadra nel Foglio 13 Particella 20 del Comune Censuario di Gatteo (FC).

Le coordinate geografiche WGS 84 rilevate tramite strumento GPS rendono:

LATITUDINE: 44.11131448

LONGITUDINE: 12.38476066



Fig. 1 – Inquadramento territoriale

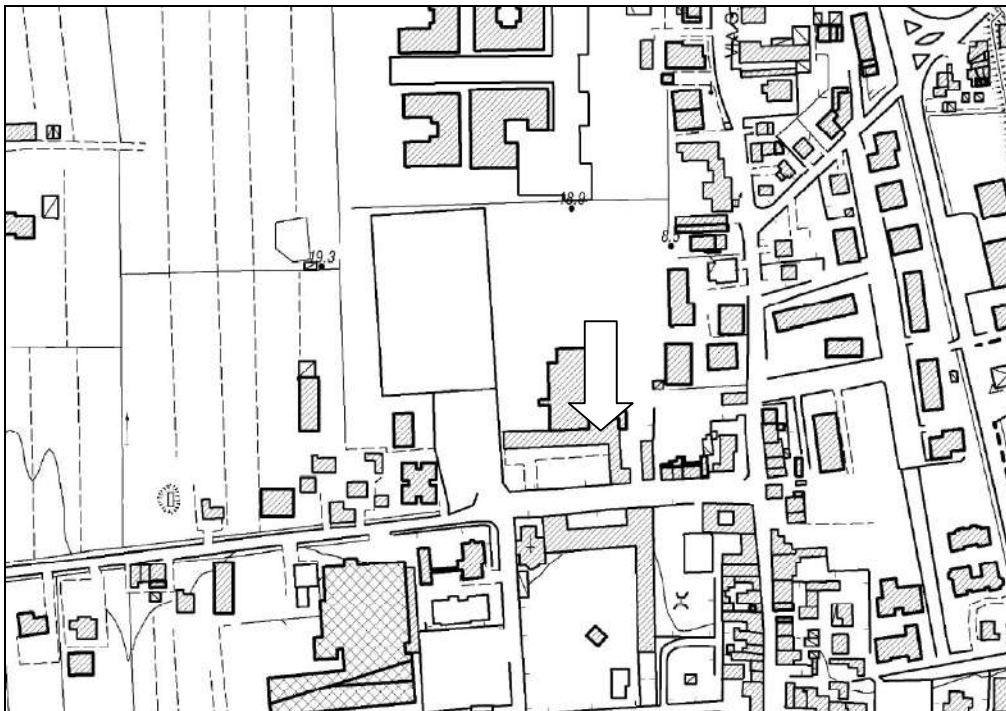


Fig. 2 – Inquadramento cartografico

## **MODELLO GEOLOGICO**

### INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE ED ELEMENTI DI GEOLOGIA STRUTTURALE REGIONALE

Il territorio della pianura in questi luoghi, rappresenta il comparto iniziale, il raccordo, del consistente cuneo sedimentario costituito dagli apporti detritici alluvionali dei numerosi corsi d'acqua che dal territorio alpino e da quello appenninico hanno, durante il quaternario, dato origine alla Pianura Padana.

Gli apporti detritici descritti sono attribuibili in larga parte alle colmate dei collettori idrici dello spartiacque Tosco Romagnolo.

La potenza di questo consistente accumulo detritico eterogeneo è dell'ordine chilometrico nelle aree ferraresi e si riduce sensibilmente in queste zone. I depositi quaternari appoggiano al di sopra dei depositi di età pliocenica.

La struttura tettonica dei terreni pliocenici alla base dei sedimenti alluvionali è assimilabile alla struttura tettonica appenninica affiorante a sud e che in questi luoghi appare sepolta dal bacino sedimentologico quaternario.

In periodo pliocenico tale zona costituiva un enorme bacino sedimentario che in fasi successive è stato colmato dai detriti trasportati dalle aree montuose dai principali canali idrici verso il Mare Adriatico.

La litologia più superficiale dell'area è caratterizzata dalla presenza di sedimenti fini di tipo argilloso, finanche sabbioso fine. Presenti ad intervalli disomogenei in profondità lenti sabbiose con ghiaie sede di falde freatiche e livelli ghiaiosi appartenenti al prisma di divagazione degli antichi alvei fluviali, che nel tempo hanno modificato percorso e tracciato, e localmente a depositi di rotta degli argini naturali durante le fasi di massimo stress idrologico dei paleoalvei.

### CONDIZIONE GEOMORFOLOGICA, IDROLOGICA E IDROGEOLOGICA

L'area di progetto è inserita in un'ampia zona pianeggiante, dove l'assetto morfologico assume omogenea conformazione. Gli unici percettibili elementi morfologici, di origine antropica, sono rappresentati dai rilevati stradali/ autostradali e dalle canalizzazioni artificiali.

Il territorio è occupato dalle alluvioni oloceniche, che coprono l'intervallo granulometrico compreso fra sabbie e argille.

Lo spessore della copertura alluvionale quaternaria, non consente di acquisire riscontri diretti sulle caratteristiche del substrato e degli elementi tettonici sepolti.

A grande scala l'idrologia è caratterizzata dal passaggio dell'asse fluviale del Fiume Rubicone ad est.

### GEOMORFOLOGIA LOCALE

L'area comunale di Gatteo presenta due sistemi morfologici, il Bacino idrografico del Fiume Rubicone e parte del Bacino del Torrente Rigossa che taglia il territorio a Nord all'altezza di Sant'Angelo di Gatteo.

In particolare sono presenti il sistema di conoide, sub sistema di bacino interfluviale e il sistema ad argini naturali.

Vengono in seguito descritti nel dettaglio i sistemi de posizionali elencati:

Sistema di conoide : costituito da distributori formati dai fiumi al passaggio colline pianura con caratteristico assetto morfologico a conoide poco evidente, la tessitura dei depositi è variabile, con prevalenza di tessiture grossolane nella porzione apicale. I diversi cicli climatici e tettonici, hanno prodotto intense variazioni nell'attività di erosione, determinando una complessa varietà di successioni sedimentarie, distribuendo le tessiture in corpi lenticolari e tabulari.

Sistema a bacini interfluviali : aree tipicamente più depresse a volte prive di scolo naturale con difficoltà di deflusso. Composizione tessiturale costituita da prevalenti argille e limi con possibilità di torbe.

Sistema ad argini naturali: aree topograficamente più elevate rispetto alla pianura alluvionale, hanno forma allungata nella direzione dell'asse del canale fluviale attuale o antico, sono costituiti da sedimenti a tessitura sabbiosa limosa derivate da rotte e tracimazioni dell'alveo

#### DESCRIZIONE TOPICA DEI LUOGHI

L'intervento previsto riguarda l'ampliamento della Scuola Secondaria di Primo Grado Ghinelli.

Il lotto di terreno è inserito nel nucleo urbano storico dell'abitato di Gatteo.

L'ambito geomorfologico è pianeggiante e stabile.

#### ASSETTO STRUTTURALE

L'ambito tettonico in cui il sito è inquadrato, è conforme all'assetto strutturale della catena appenninica, caratterizzato da pieghe e faglie con direttrice NW SE e NE SW (antiappenniniche).

Nell'ambito di interesse, la serie Umbro Marchigiano Romagnola, Formazioni del Pliocene, risulta sepolta dagli apporti detritici provenienti dai collettori idrici minori delle prime colline cesenati e soprattutto dai principali corsi d'acqua che attraversano più a Nord la Pianura Padana.

Strutturalmente i territori in oggetto ma più in generale il bacino padano sino al quaternario erano occupati da un ambiente di mare basso, solo successivamente le pulsazioni quaternarie e i considerevoli apporti detritici appenninici e alpini a nord, hanno portato all'attuale conformazione geomorfologica e topografica.



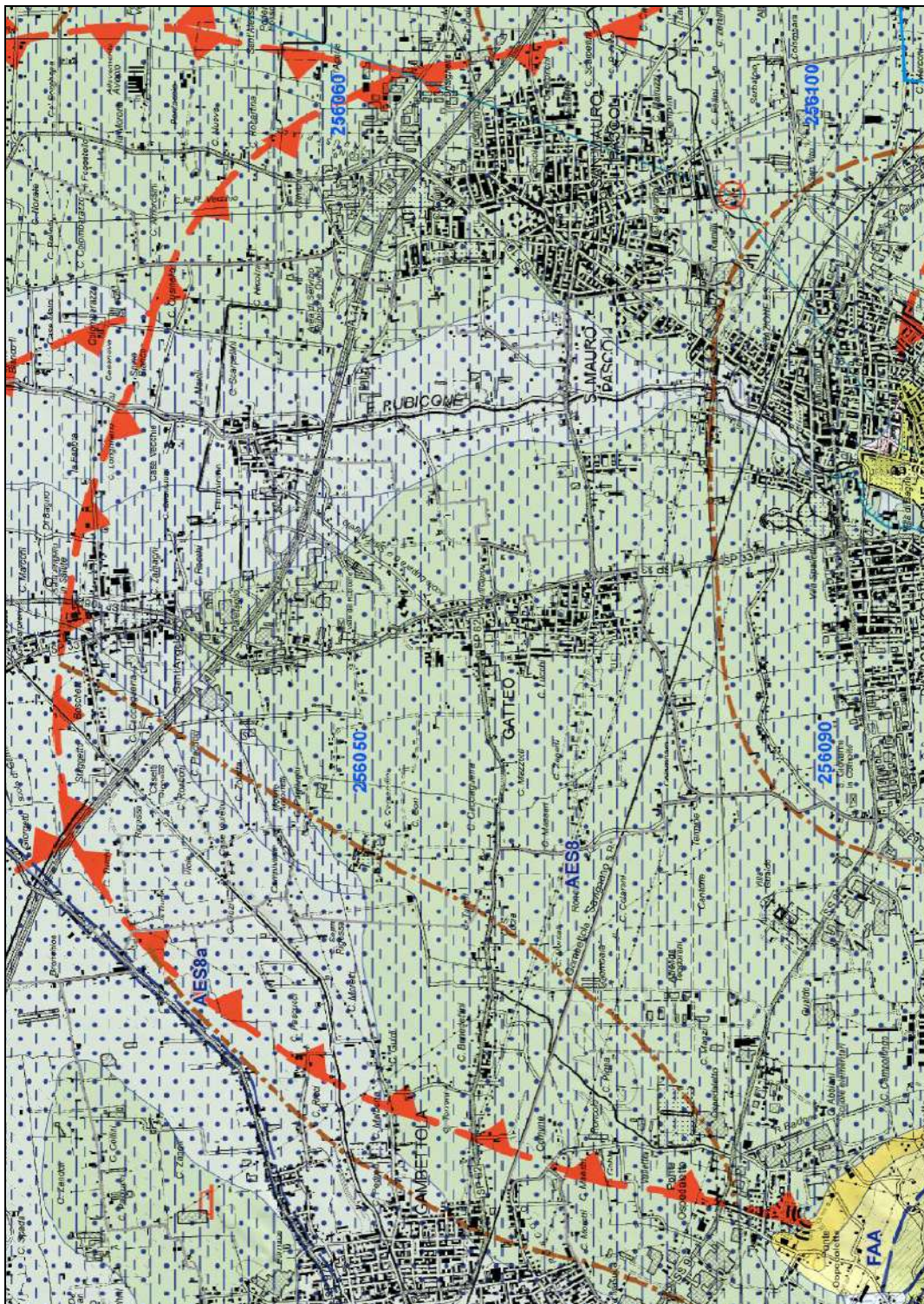


Fig. 3 – Stralcio Carta Geologica dell'Emilia Romagna





## MODELLO GEOTECNICO

### STRATIGRAFIA DEL SOTTOSUOLO

La caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei terreni indagati è stata determinata attraverso la realizzazione di n. 2 prove penetrometriche statiche elettriche CPTe eseguite con penetrometro PAGANI TG-630 200 E.M.L.C. , ubicate direttamente sul sedime della nuova struttura e spinte alla profondità di 15 e 20 ml dal piano campagna.

#### STRATIGRAFIA CPTe1

STRATO 1	p.c a – 1,30 m	suolo organico argilloso limoso
STRATO 2	1,30 m – 7,40 m	argille compatte
STRATO 2	7,40 m – 15,00 m	argille compatte e limi argillosi

Livello ipodermico superficiale – 2.40 m dal p.c.

#### STRATIGRAFIA CPTe2

STRATO 1	p.c a – 1,40 m	suolo organico argilloso limoso
STRATO 2	1,40 m – 7,00 m	argille compatte
STRATO 3	7,00 m – 15,90 m	argille compatte e limi argillosi
STRATO 4	15,90 m – 20,00 m	argille molto compatte

Livello ipodermico superficiale – 2.40 m dal p.c.

Livello **falda** ipodermica riscontrata a **-2,40 m** dal p.c.; si specifica, come evinto dal paragrafo precedente relativo all'attività idrogeologica, che tale lettura non fa riferimento ad una vera e propria falda freatica o artesianiana, ma rappresenta un livello ipodermico superficiale presente per adsordimento del minerale argilloso. Le argille infatti sono per loro natura fisica impermeabili pertanto è impossibile che esse siano contenitori di una falda organizzata.



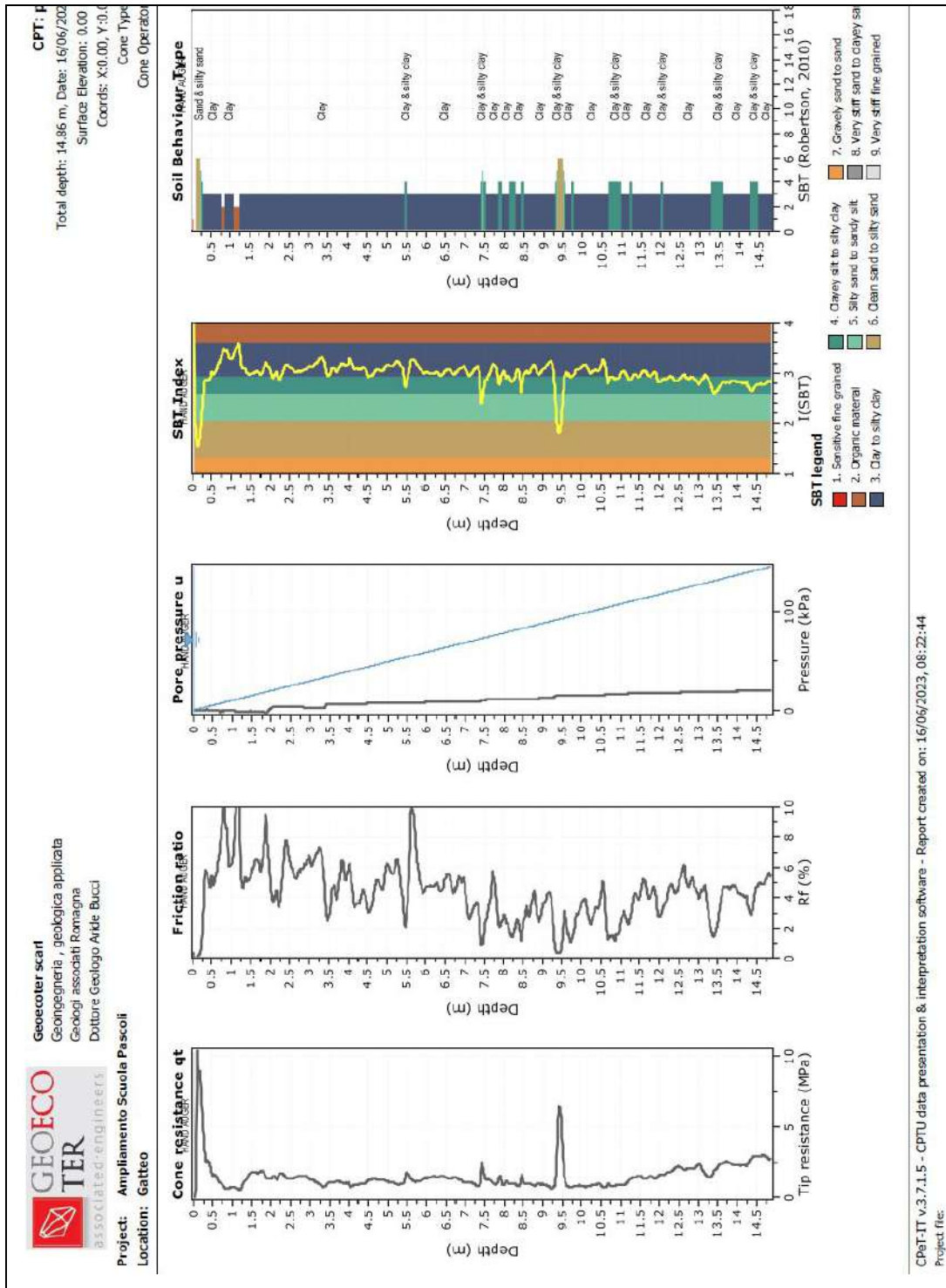


Fig.4 – Log Stratigrafico CPTe1



### PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Si indicano in seguito i valori dei parametri geotecnici caratteristici dei terreni ottenuti grazie alla realizzazione delle prove penetrometriche CPTe e grazie ai numerosi dati presenti in bibliografia tecnica inerente le litologie affioranti.

<b>Legenda</b>	
<b>Nr:</b>	<b>Numero progressivo strato</b>
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )
C':	Coesione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
K:	Costante di winkler
Puv:	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Dr	Densità relativa (%)

#### CPT2

<b>Nr.</b>	<b>Prof.</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cu</b>	<b>c'</b>	<b>Mo</b>	<b>K</b>	<b>Puv</b>	<b>PuvS</b>	<b>Fi</b>	<b>Dr</b>
1	1.30/1.40	C	0.40	0.03	40		1.70	1.80	14/16°	
2	7.00/7.40	C	0.70	0.05	45		1.80	1.90	18°	
3	15.90	C	0.80	0.05	50		1.80	1.90	18°	
4	20.00	C	1.10	0.10	70		1.90	2.00	18/20°	40/45

### INDICAZIONI PROGETTUALI

La scelta del tipo di fondazione, il suo dimensionamento e le verifiche geotecniche, secondo quanto definito nelle NTC18, sono prerogativa del progettista.

Il progetto prevede la demolizione di una porzione di edificio scolastico con ricostruzione in ampliamento rispetto all'esistente sedime come indicato nella tavola allegata.

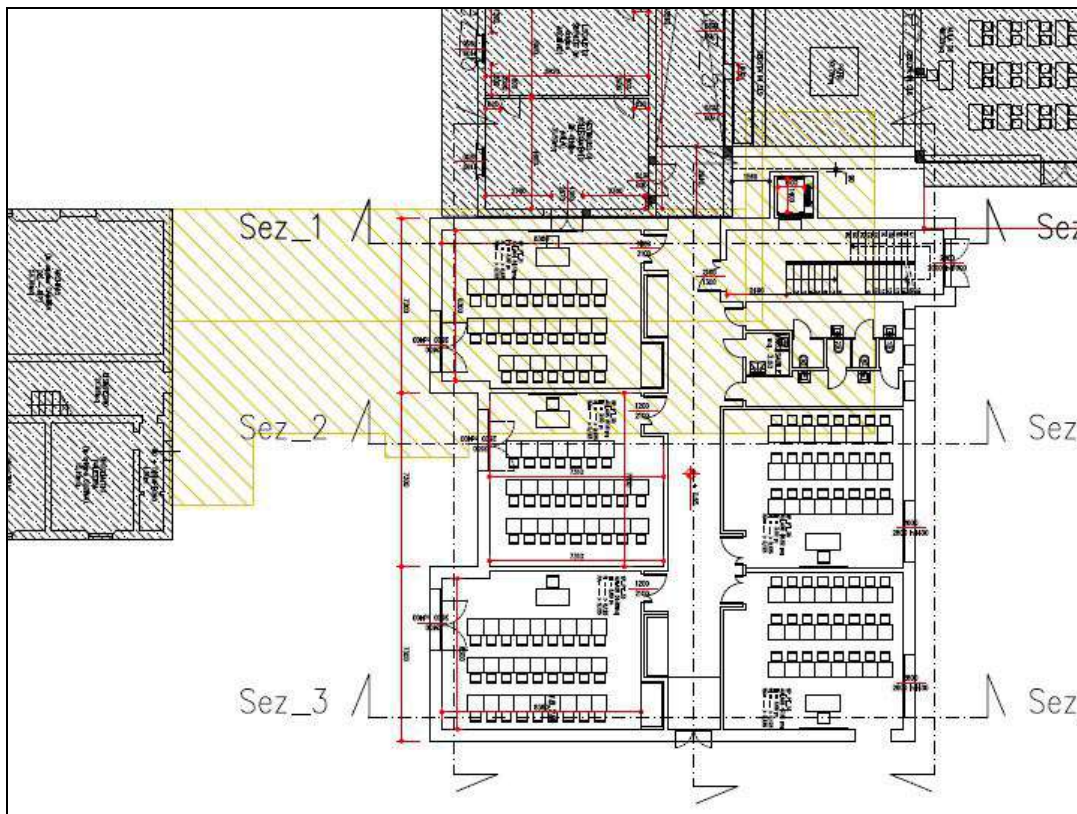


Fig.6 – Comparazione tra stato attuale e nuovo volume in costruzione

Per le condizioni stratigrafiche rilevate nonché per l'omogeneità del mezzo argilloso generalmente presente si ritiene idoneo l'utilizzo di una fondazione superficiale tipo platea, capace di uniformare e distribuire le azioni correttamente al suolo.

A seguito della demolizione dell'esistente si consiglia sia per la sicurezza in cantiere sia al fine di conservare l'integrità strutturale del corpo non oggetto di intervento di proteggere lo scavo attraverso una opera provvisoria di sostegno, si ritengono sufficienti dei micropali lunghi 6 metri dal piano campagna, con interasse, spessore e diametro da ponderare in sede di calcolo, collegati con cordolo in cemento armato.

Si consiglia infine di preparare il sistema terreno struttura secondo i punti sottoesposti:

- Scavo e asporto del terreno superficiale o di riporto per uno spessore idoneo al raggiungimento del terreno argilloso inorganico compatto (- 2.00 m circa dal p.c.),
- Posa in opera di uno spessore idoneo di materiale di cava lavata pezzatura 40/70 mm compattato alla massima densità Proctor, con rullo meccanico vibro compattatore di medie dimensioni;
- Posa in opera di una soletta di calcestruzzo magro "magrone" ovvero realizzato con quantitativi ridotti di cemento (meno di 150kg/m<sup>3</sup>), e una curva granulometrica degli inerti a dimensione abbastanza grossa,
- Posa in opera della fondazione,
- 

#### RESISTENZE DI PROGETTO E CARICHI DI ROTTURA

Per fondazioni superficiali la capacità portante limite può essere determinata dalla relazione di Brich Hansen che in generale è espressa dalla seguente pressione di contatto limite critica  $P_{crit}$ :

$$P_{crit} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma$$

Peso specifico del terreno sotto il piano di posa = kg/mc 1900.00

Il calcolo sarà eseguito secondo l'approccio n. 2.

Coefficiente parziale per angolo resistenza a taglio: 1

Coefficiente parziale per coesione: 1

Coefficiente parziale per resistenza non drenata: 1

Coefficiente parziale per capacità portante: 2.3

Nuovo angolo di attrito: 17

Nuova coesione: 500.00

Larghezza fondazione: 20.00

Lunghezza fondazione: 22.00

Profondità di posa: 2.00

Falda: -2.40

Fattori di capacità portante:

$$N_g = 4.07$$

$$N_c = 13.10$$

$$N_q = 5.26$$

Fattori di forma:

$$S_g = 0.64$$

$$S_c = 1.36$$

$$S_q = 1.30$$

Fattori di inclinazione carico:

$$I_g = 1.00$$

$$I_c = 1.00$$

$$I_q = 1.00$$

Fattori di inclinazione fondazione:

$$B_g = 1.00$$

$$B_c = 1.00$$

$$B_q = 1.00$$

Fattori di inclinazione piano di campagna:

$$G_g = 1.00$$

$$G_c = 1.00$$

$$G_q = 1.00$$

Fattori di profondità piano di posa:

$$D_c = 1.03$$

$$D_q = 1.03$$

Indice di rigidezza  $I_r = 29.570$

Indice di rigidezza critico  $I_{rc} = 26.732$

Essendo  $I_r > I_{rc}$  vale l'ipotesi di terreno incompressibile

I fattori correttivi di compressibilità sono unitari.

Capacità portante limite ultima = kg/mq 45169.826

Capacità portante limite ultima = kg/cmq 4.517

Resistenza di calcolo del terreno = kg/cmq 1.96

VERIFICA SECONDO LE NTC DM 17-01-2018 – CONDIZIONI CONSOLIDATE

DRENATE **CD**

Le verifiche Geotecniche agli stati limite ultimi SLU devono soddisfare la relazione

$R_d > E_d$
-------------

### **Fondazione diretta**

APPROCCIO 1 COMBINAZIONE 1 (STR) – A1 + M1 + R1

APPROCCIO 2 COMBINAZIONE 1 (STR) – A1 + M1 + R3

$$- \mathbf{Rd1-1} = P_{crit} / \gamma r1 = 4,517 / 1 = 4,517 \text{ kg/cmq}$$

$$R3 = R1 = \gamma r = 1$$

APPROCCIO 2 COMBINAZIONE 1 (GEO) – A1 + M1 + R3

$$\mathbf{Rd2-1} = P_{crit} / \gamma r3 = 4,517 / 2,3 = 1,96 \text{ kg/cmq}$$

Per il calcolo della resistenza di progetto in condizioni non drenate di seguito è ipotizzata la capacità portante dei terreni si è utilizzata sempre attraverso la formulazione di Brinch Hansen la coesione non drenata dello strato 1 con angolo di attrito efficace pari a zero.

so specifico del terreno sotto il piano di posa = kg/mc 1900.00

Il calcolo sarà eseguito secondo l'approccio n. 2.

Coefficiente parziale per angolo resistenza a taglio: 1

Coefficiente parziale per coesione: 1

Coefficiente parziale per resistenza non drenata: 1

Coefficiente parziale per capacità portante: 2.3

Nuovo angolo di attrito:

Nuova coesione: 7000.00

Fattori di forma:

$$S_g = 0.64$$

$$S_c = 1.18$$

Fattore di inclinazione carico  $I_c = 1.00$



Fattore di inclinazione fondazione  $B_c = 1.00$

Fattore di inclinazione piano di campagna  $G_c = 1.00$

Fattore di profondità piano di posa  $D_c = 1.04$

Capacità portante limite ultima = kg/mq 45881.698

Capacità portante limite ultima = kg/cmq 4.588

Resistenza di calcolo del terreno = kg/cmq 1.99

VERIFICA SECONDO LE NTC DM 17-01-2018 – CONDIZIONI CONSOLIDATE  
NON DRENATE CU

Le verifiche Geotecniche agli stati limite ultimi SLU devono soddisfare la relazione

$$R_d > E_d$$

**Fondazione diretta**

APPROCCIO 1 COMBINAZIONE 1 (STR) – A1 + M1 + R1

APPROCCIO 2 COMBINAZIONE 1 (STR) – A1 + M1 + R3

- **Rd1-1** =  $P_{crit} / \gamma_{r1} = 4,588 / 1 = 4,588 \text{ kg/cmq}$

$R3 = R1 = \gamma_r = 1$

APPROCCIO 2 COMBINAZIONE 1 (GEO) – A1 + M1 + R3

**Rd2-1** =  $P_{crit} / \gamma_{r3} = 4,588 / 2,3 = 1,99 \text{ kg/cmq}$

## CONDIZIONE SISMICA LOCALE

In base alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, nella fattispecie il recente D.M. del 17/01/2018, la definizione dell'azione sismica fa riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di Categorie di sottosuolo e Condizioni Topografiche.

### CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

**A** - *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.*

**B** - *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s*

**C** - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s*

**D** - *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  tra 100 e 180 m/s*

**E** - *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m.*

## **CONDIZIONI TOPOGRAFICHE**

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre di specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare invece la seguente classificazione:

<b>T1</b> - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ .
<b>T2</b> - Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ .
<b>T3</b> - Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ .
<b>T4</b> - Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ .

Nel caso in oggetto la categoria di sottosuolo è stata rilevata attraverso la realizzazione di una analisi sismica passiva a stazione singola HVSR e di una prova sismica del tipo MASW che hanno restituito rispettivamente una  $v_{s30} = 198$  m/s e una  $v_{s30} = 202$  m/s a cui viene fatta corrispondere un categoria di sottosuolo di tipo C.

Per quanto concerne la condizione topografica invece, l'area investigata si sviluppa in ambito di pianura rispecchiando il caso T1.

I coefficienti sismici necessari per le verifiche strutturali di progettazione sono invece ricavati dalle tabelle inserite nelle paragrafo 7.11.3.5.2 delle NTC del D.M. 14.01.2008 e confermate nelle NTC del 17/01/2018.

Innanzitutto occorre inquadrare l'area in esame sul Reticolo Geografico Nazionale in termini di Longitudine e Latitudine. Il sito oggetto del presente studio ricade nel Comune di Gatteo, avente nel dettaglio come Coordinate Geografiche WGS84:

LATITUDINE: 44.11131448

LONGITUDINE: 12.38476066

Ipotizzando un'Opera Ordinaria con “vita nominale maggiore uguale di 50 anni”, Classe d'uso III “e in condizioni di Stato Limite SLV “a Salvaguardia della Vita” e per un Tempo di Ritorno  $T_r = 712$  anni, i parametri di Pericolosità Sismica sono secondo, il Software EDILUS MS di ACCA softwares:

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a_g/g[-]$	$F_o[-]$	$T^*_c[s]$
Operatività	45	0.064	2.449	0.284
Danno	75	0.083	2.468	0.284
Salvaguardia Vita	712	0.216	2.506	0.307
Prevenzione Collasso	1462	0.282	2.510	0.315

**INDAGINE SISMICA HVSR  
SCUOLA PASCOLI GATTEO,**

Instrument: TRZ-0194/01-12

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 14/06/23 08:05:25      End recording: 14/06/23 08:17:25

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00".      Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

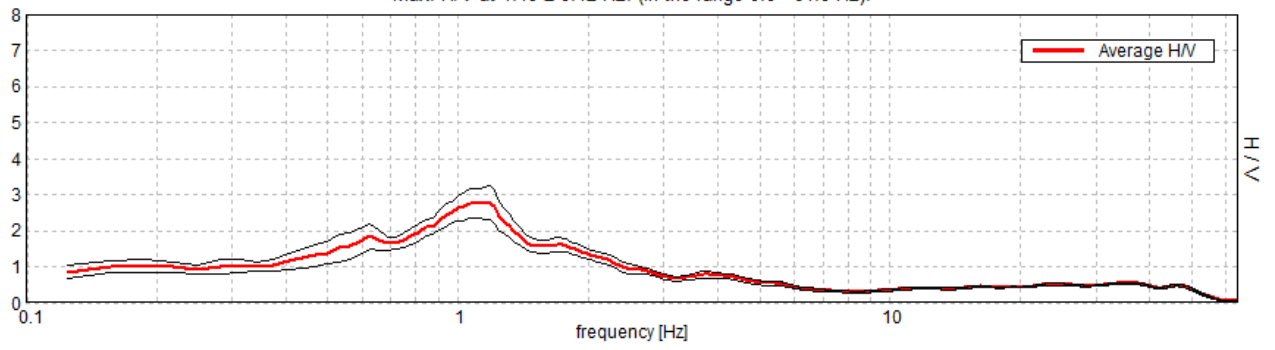
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

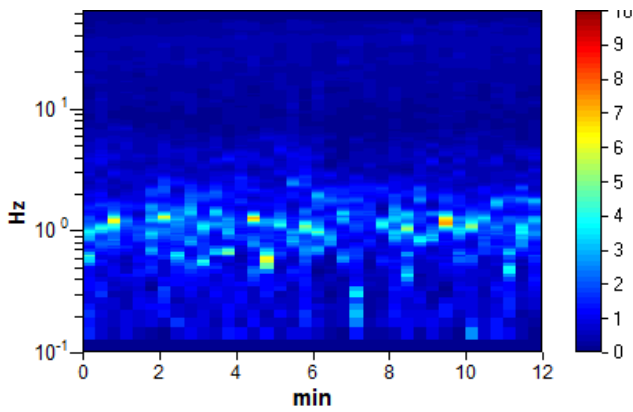
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

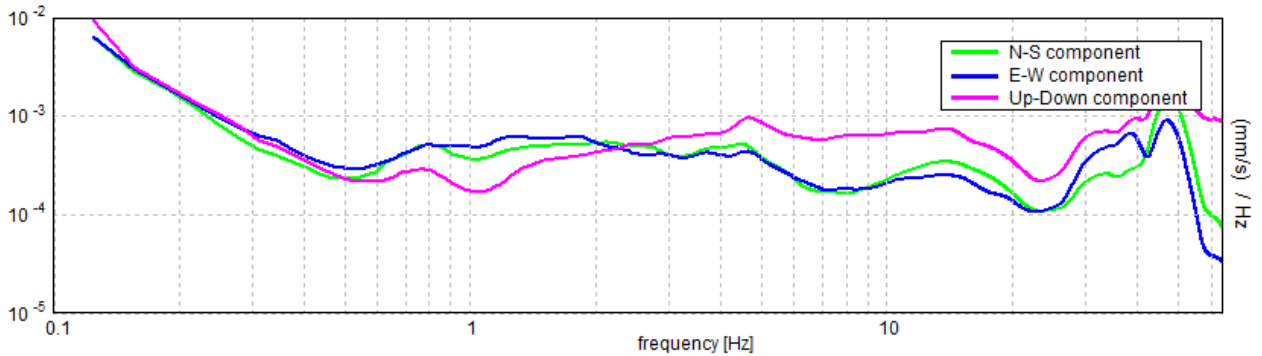
Max. H/V at  $1.19 \pm 0.12$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



### H/V TIME HISTORY

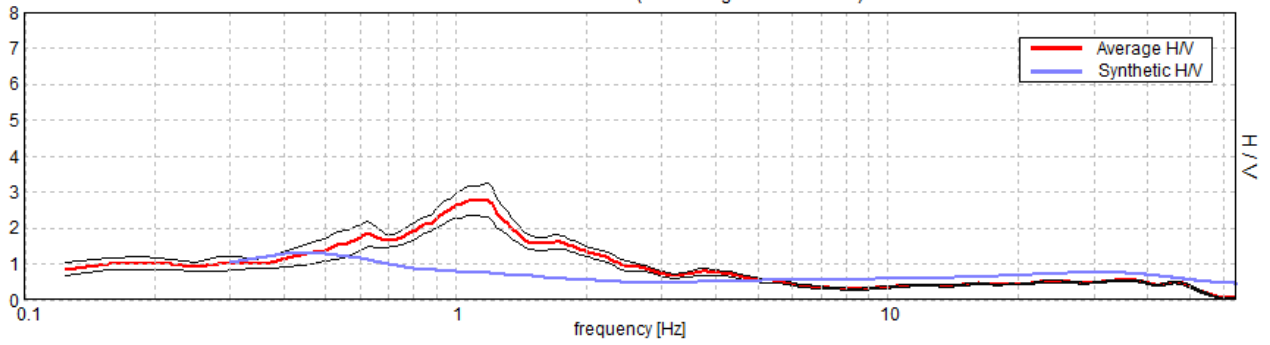


SINGLE COMPONENT SPECTRA



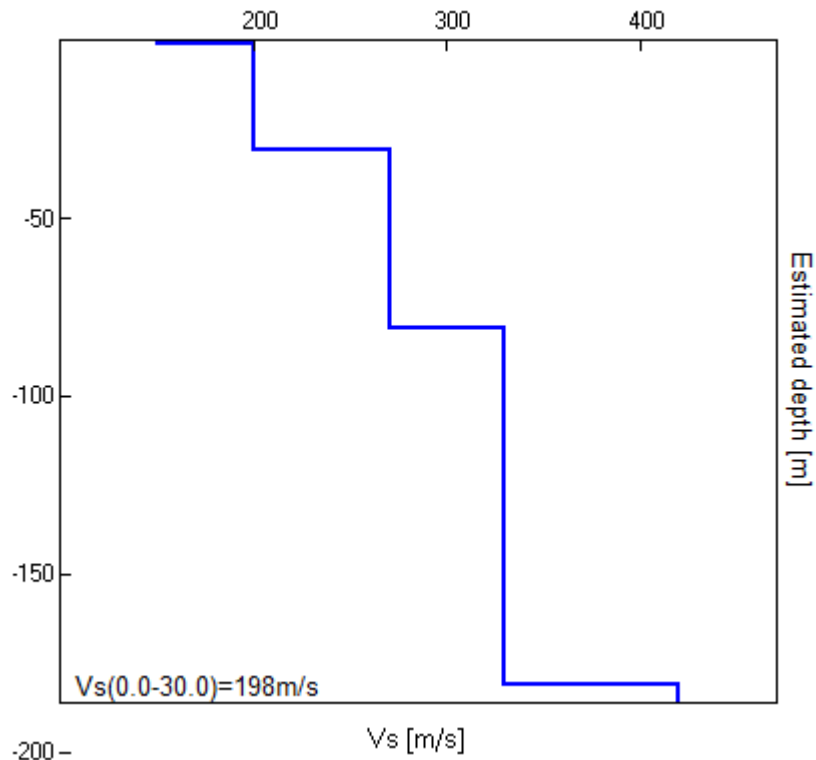
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 1.19 ± 0.12 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	150	0.42
31.00	30.00	200	0.42
81.00	50.00	270	0.42
181.00	100.00	330	0.42
inf.	inf.	420	0.40

Vs(0.0-30.0)=198m/s



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

**Max. H/V at 1.19 ± 0.12 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

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

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1.19 > 0.50	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	855.0 > 200	<b>OK</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 58 times	<b>OK</b>	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.5 Hz	<b>OK</b>	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.969 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	2.76 > 2	<b>OK</b>	

$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$		0.10135  < 0.05				NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$		0.12036 < 0.11875				NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$		0.4688 < 1.78		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	

## VERIFICA LIQUEFAZIONE

Con il termine liquefazione si intende la perdita di resistenza al taglio di un mezzo granulare sotto falda determinata da un aumento della pressione dell'acqua nei pori. Tale incremento può essere dovuto da varie cause, il D.M. del 17/01/2018, contiene al punto 7.11.3.4.2 le linee guida per valutare la suscettibilità alla liquefazione dei terreni.

Per valutare la resistenza di un terreno alla liquefazione, si utilizza l' ANALISI QUANTITATIVA, stimando la resistenza ciclica alla liquefazione CSR e la capacità di resistenza del terreno alla liquefazione CRR. Il rapporto è espresso sotto forma di coefficiente di sicurezza  $FS_L$ .



## ANALISI QUANTITATIVA IDRIS E BOULANGER 2014

In ottemperanza a quanto richiesto dal DGR 479/2021 è stata quindi eseguita una prova CPTU, con punta elettrica e misurazione di pressione dei pori, spinta alla profondità di 20 m dal piano campagna, al fine di stimare in modo cautelativo i valori di CSR e CRR che grazie a tale indagine viene misurato in continuo, centimetro dopo centimetro.

### **DATI DI IMPUT**

- qc, fs = ( da prova CPTU)
- stratigrafia (classificazione USCS)

STRATO 1	p.c a – 1,40 m	suolo organico argilloso limoso
STRATO 2	1,40 m – 7,00 m	argille compatte
STRATO 3	7,00 m – 15,90 m	argille compatte e limi argillosi
STRATO 4	15,90 m – 20,00 m	argille molto compatte

- Magnitudo 6.1
- Livello falda 2.40 m p.c.
- Accelerazione massima SLU 0.210 (classe edificio III )

### METODO DI CALCOLO

- Boulanger Idriss 2014

## DEFINIZIONE E CALCOLO DELL'INDICE DI POTENZIALE LIQUEFAZIONE

L'indice del potenziale di liquefazione,  $I_L$ , è definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz$$

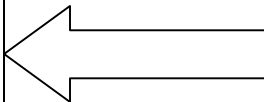
in cui

$$w(z) = \frac{200}{z_{crit}} \cdot \left( 1 - \frac{z}{z_{crit}} \right)$$

$Z_{crit}$  è la profondità critica, ovvero la profondità massima entro la quale può verificarsi la liquefazione, che di norma si assume pari a 20 m. La variabile  $F(z)$  vale (Sonmez, 2003):

Il calcolo dell'Indice di Potenziale Liquefazione ha restituito un valore

$$I_L = 0.49$$

$I_L = 0$	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	

Il sito quindi mostra un potenziale basso di liquefazione.

### CEDIMENTI POST SISMICI

La stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica è affetta da notevoli incertezze. I valori che si ottengono applicando le procedure nel seguito descritte devono intendersi solo orientativi. Per cedimento si intende l'abbassamento del piano campagna, ovvero l'integrale della deformazione del terreno in direzione verticale, o anche la sommatoria dei prodotti della deformazione verticale media per lo spessore di ciascuno degli strati deformati. In condizioni edometriche, ovvero in presenza di strati di terreno orizzontali ed omogenei, e con tensione costante in direzione orizzontale, le deformazioni laterali sono nulle e pertanto la deformazione verticale coincide con la deformazione volumetrica. Per semplicità e con approssimazione accettabile, salvo casi di morfologia con forti pendenze e stratigrafie molto variabili in direzione orizzontale, per la stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica si può fare riferimento alle condizioni edometriche. Il cedimento permanente indotto dall'azione sismica in corrispondenza di una verticale di esplorazione si ottiene dalla somma dei contributi al cedimento stimati per i diversi strati del sottosuolo, fino alla profondità alla quale tali contributi non sono più significativi. Il cedimento permanente post-sismico può dunque essere stimato con l'equazione:

$$s = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{vi} \cdot \Delta z_i$$

in cui  $\varepsilon_{vi}$  è la deformazione volumetrica (e verticale) dello strato  $i$ -esimo e  $\Delta z_i$  il suo spessore. I cedimenti permanenti indotti dall'azione sismica possono essere dovuti alle deformazioni volumetriche (e quindi verticali) di:

- terreni granulari saturi
- terreni granulari insaturi
- terreni coesivi soffici.

I cedimenti conseguenti a liquefazione di terreni granulari saturi hanno luogo immediatamente dopo il terremoto o comunque in un tempo non superiore a un giorno,

i cedimenti per densificazione di terreni granulari insaturi avvengono durante lo scuotimento sismico, mentre i cedimenti per consolidazione di terreni coesivi molli possono richiedere tempi anche molto lunghi in funzione delle condizioni stratigrafiche e geotecniche.

In condizioni di sisma vi possono essere effetti di “riordino” dei sedimenti, con possibilità di cedimenti significativi e che possono coinvolgere sia i depositi granulari poco addensati e recenti (olocenici), sia i sedimenti fini poco coesivi. Nell'ultimo decennio sono state elaborate procedure di stima delle potenziali deformazioni post-sisma anche nei sedimenti fini (limi e argille a comportamento “non drenato”), provocate da perdite di resistenza. Quest'ultimo fenomeno è noto con il termine “cyclic softening” (Idriss & Boulanger, 2014).

I risultati cumulativi dei cedimenti indotti da sisma sono anch'essi stati calcolati attraverso il software Cliq v. della Geologismiki Geotechnical Software.

Il calcolo dei cedimenti post sismici come indicato nella D.G.R. 630/2019 è stato effettuato calcolando i cedimenti in corrispondenza della verticale disponibile nel sito, sia dei livelli potenzialmente liquefacibili in caso di sisma in terreni granulari, sia per i terreni coesivi, come indicati nella delibera.

Il cedimento totale viene quindi ad essere la somma dei due cedimenti e risulta essere, come riportato

$$\Delta H_{\text{tot CPTU 1}} = 2.4 \text{ cm}$$

## CONCLUSIONI

Lo studio geologico, ottenuto con il supporto di n. 2 prove penetrometriche statiche elettriche CPTe, una analisi sismica MASW ed una analisi sismica passiva a stazione singola HVSR, ha permesso la definizione del modello geologico e del modello geofisico del sito.

I risultati dello studio escludono problematiche di tipo idrogeologico e geomorfologico.

Secondo quanto prescritto nella normativa in materia sismica NTC18, si sono analizzate le condizioni sismiche del sito, attraverso l'esecuzione di una prova sismica passiva a stazione singola, il quale è risultato appartenente alla categoria di sottosuolo C, mentre la condizione topografica rispecchia il caso T1.

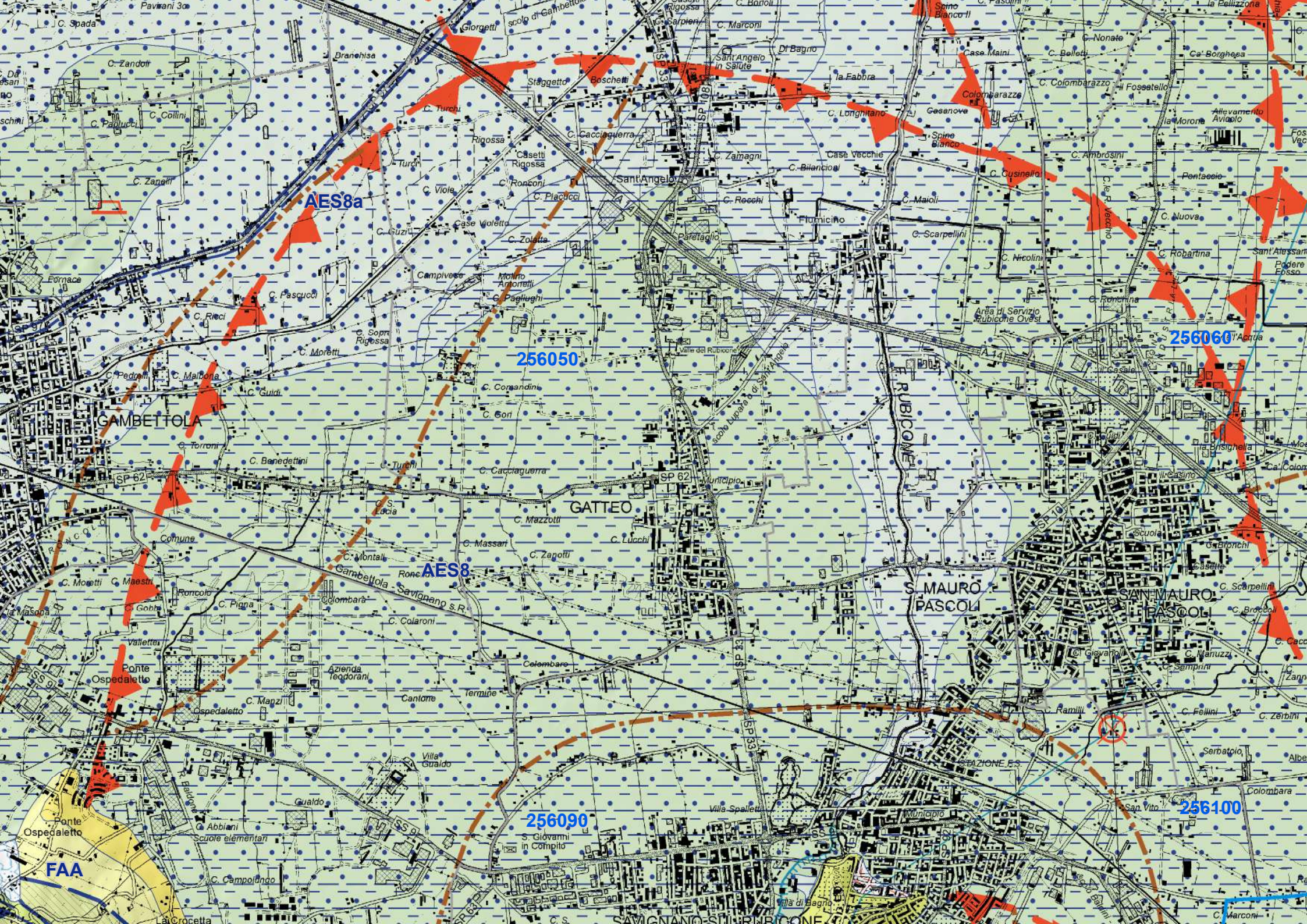
Per la tipologia di terreno rilevata in sede di investigazione si ritiene sufficiente l'utilizzo di fondazioni superficiali tipo platea, come indicato nel modello geotecnico.

Il volume di terreno considerato, per la presenza di terreni fini argillosi e limosi, è risultato dall'analisi, non liquefacibile.

Secondo quanto esposto si fornisce parere geologico favorevole sulla fattibilità degli interventi.

Qualora durante i lavori di scavo delle fondazioni emergessero situazioni non previste nel presente elaborato, occorrerà avvisare lo scrivente, il quale a seguito di ispezione visiva, deciderà sugli eventuali interventi da eseguire, si consiglia comunque la presenza del geologo in cantiere.





AES8a

256050

AES8

256090

256060

256100

FAA

GABBATE

GATTEO

S. MAURO PASCOLI

SAN MAURO PASCOLI

SAN MAURO PASCOLI

RUBICONE

STAZIONE ES

Comune

Municipio

Municipio

Municipio

Scuole elementari

S. Giovanni in Compito

Villa Spalletti

Villa di Bagno

STAZIONE ES

San Vito

Colombara

C. Marconi

C. Spada

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli

C. Felini

C. Zerbini

C. Marconi

C. Zandotti

C. Collini

C. Zanelli

C. Guzzi

C. Moretti

C. Galdi

C. Corandini

C. Sori

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zagotti

C. Colaroni

C. Magzi

C. Ramilli



# Legenda

## Province



## Comuni



## Griglia 10.000



## Risorse e prospezioni (50K)

cava attiva

pozzo per ricerca mineraria

## Tracciati geologici (50k)

traccia di sezione geologica

## Linee geomorf./antrop. (50K)

traccia di alveo fluviale abbandonato  
certa

## Isolinee di unità del sottosuolo (50k)

isobata della base del pliocene

## Limiti strutturali (50K)

sovrascorrimento profondo post-tortoniano dedotto

## Limiti di unità geologiche (50K)

contatto stratigrafico o litologico certo

## Ambienti deposiz. e litologie (50K)

argilla limosa di piana alluvionale

limo argilloso-sabbioso di piana

*alluvionale*

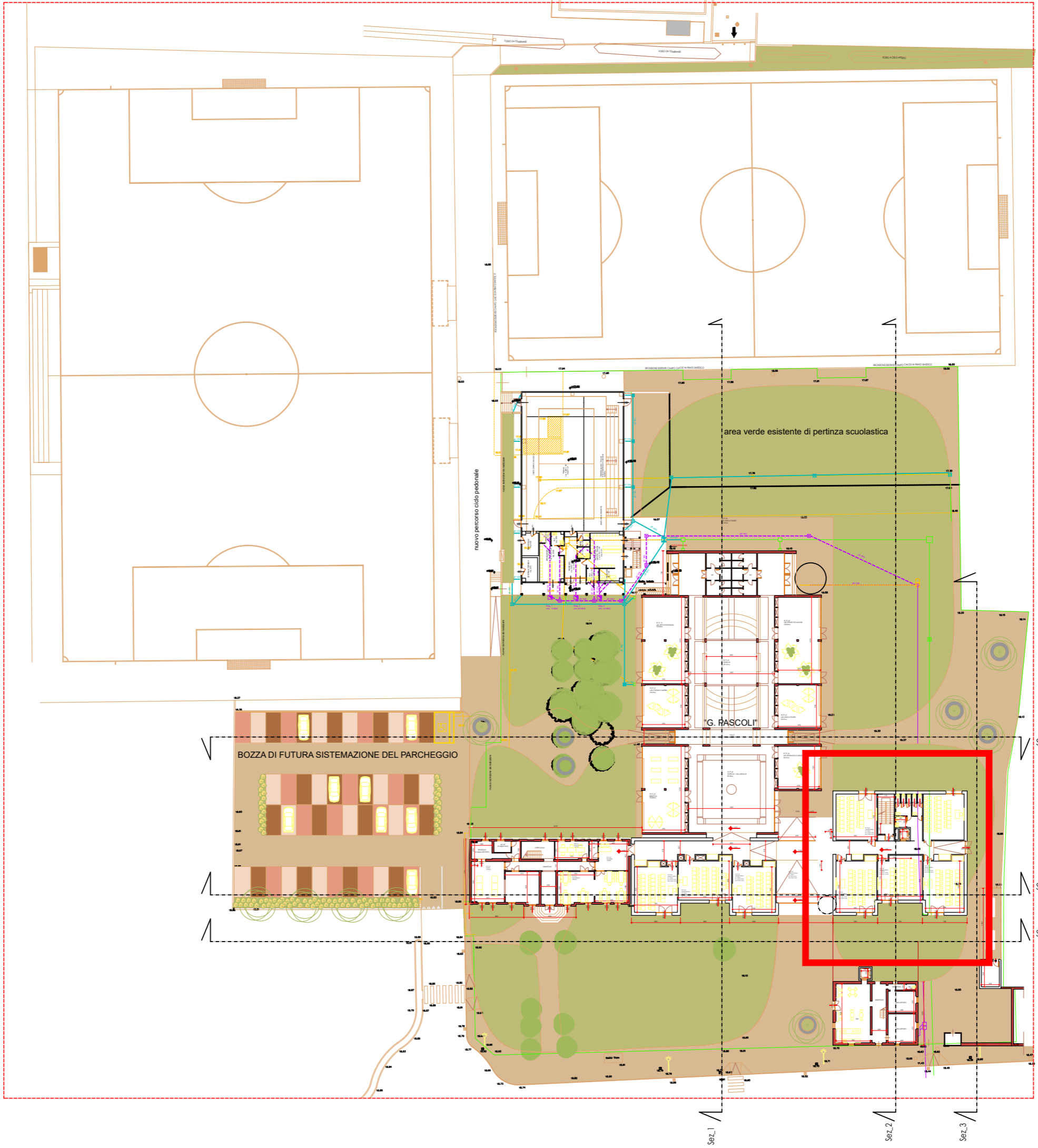
sabbia limosa di piana alluvionale

sabbia limoso-argillosa di piana  
alluvionale

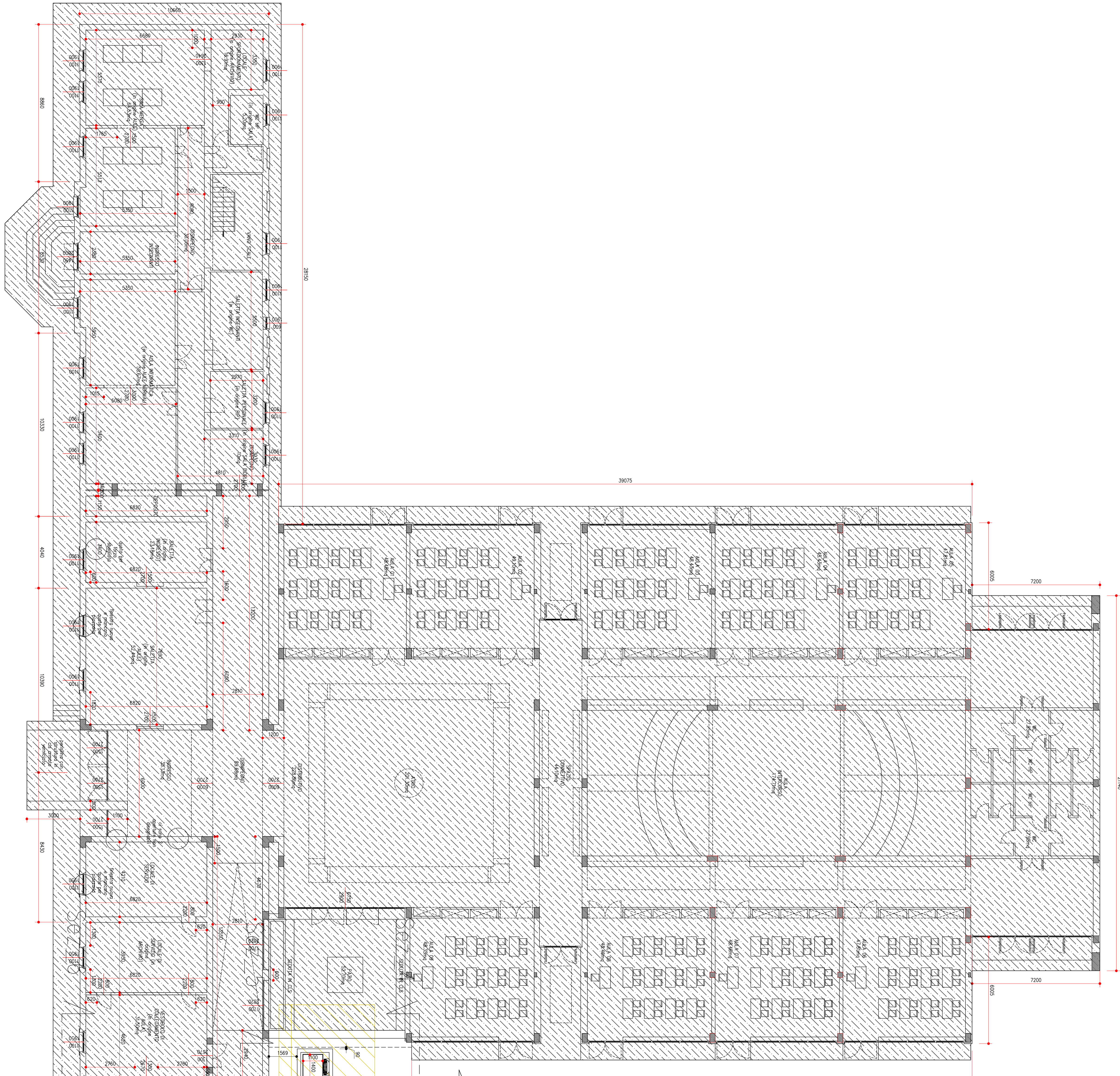
## Unità geologiche (50K)

AES8 - Sintema emiliano-romagnolo  
superiore - Subsintema di Ravenna

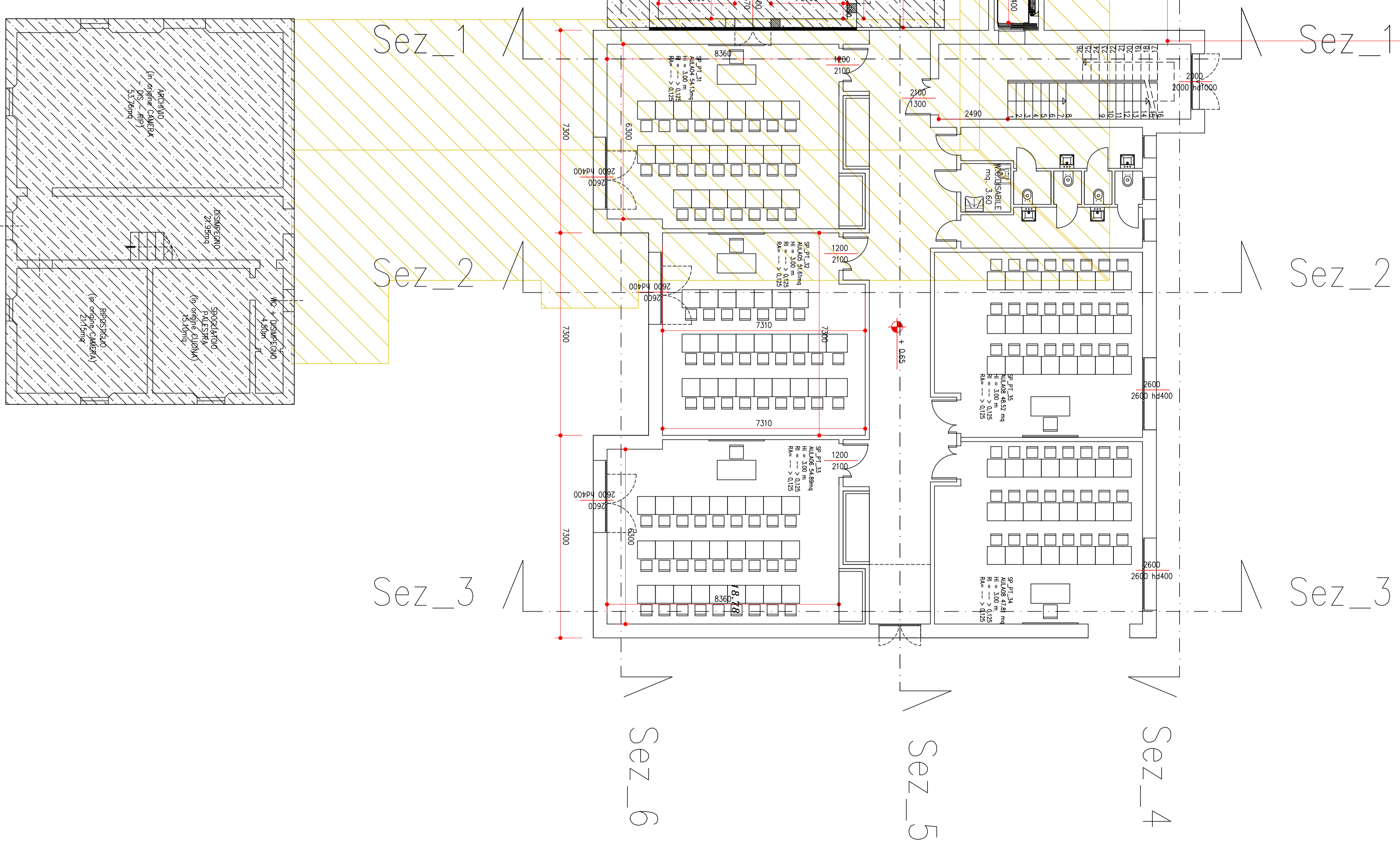
AES8a - Sintema emiliano-romagnolo  
superiore - Subsintema di Ravenna - unità  
di Modena







# PIANO TERRA



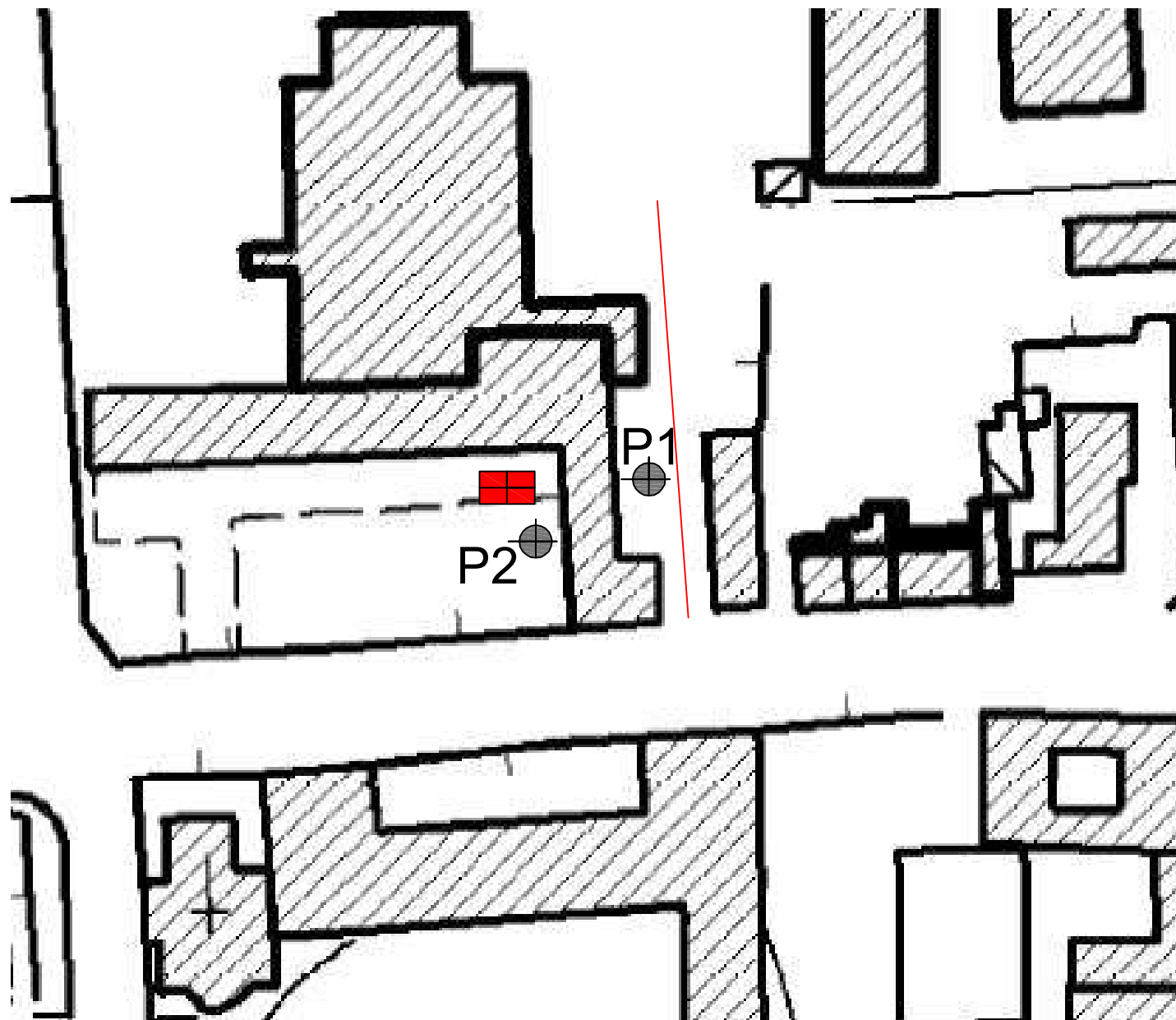


# UBICAZIONE PROVE

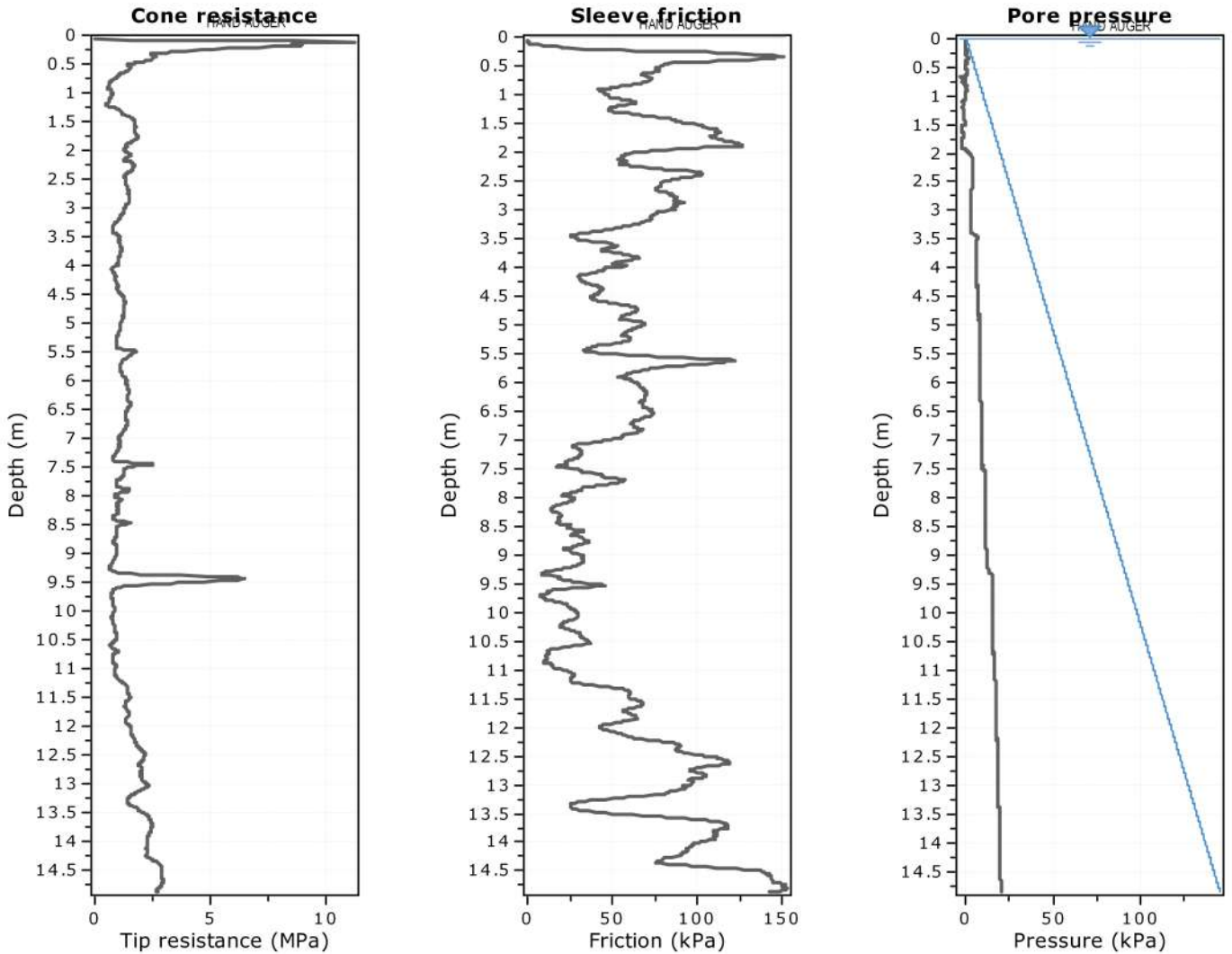
 P - CPTe

 HVSR

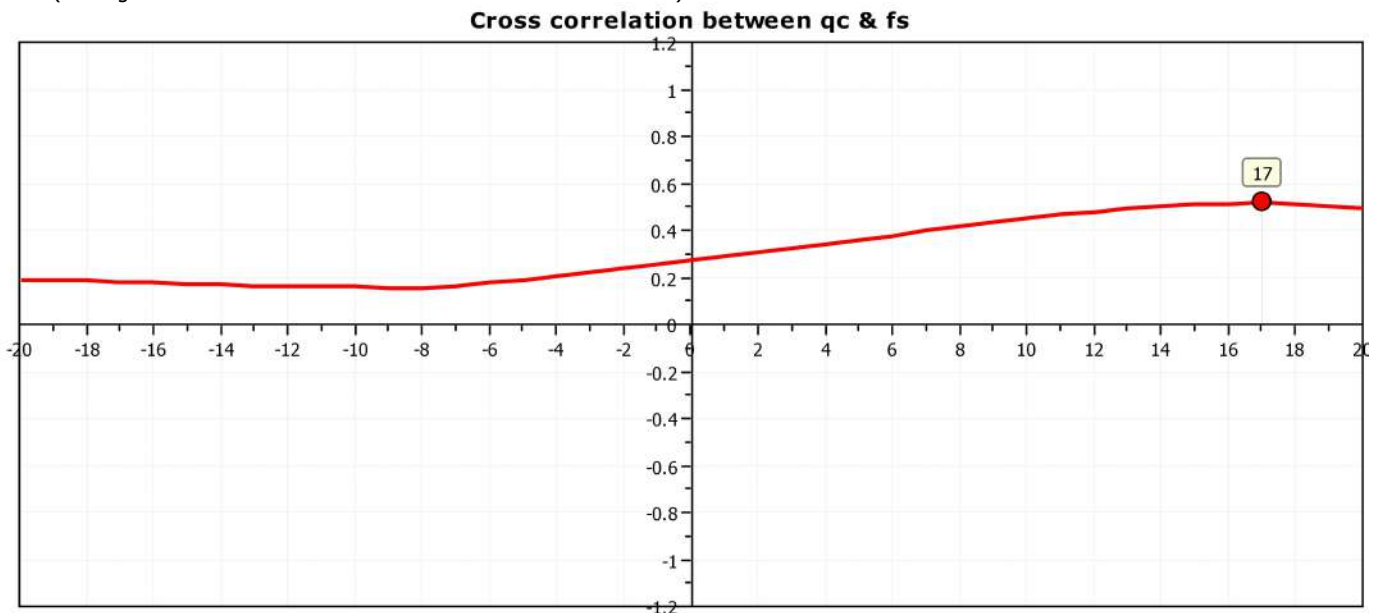
 MASW



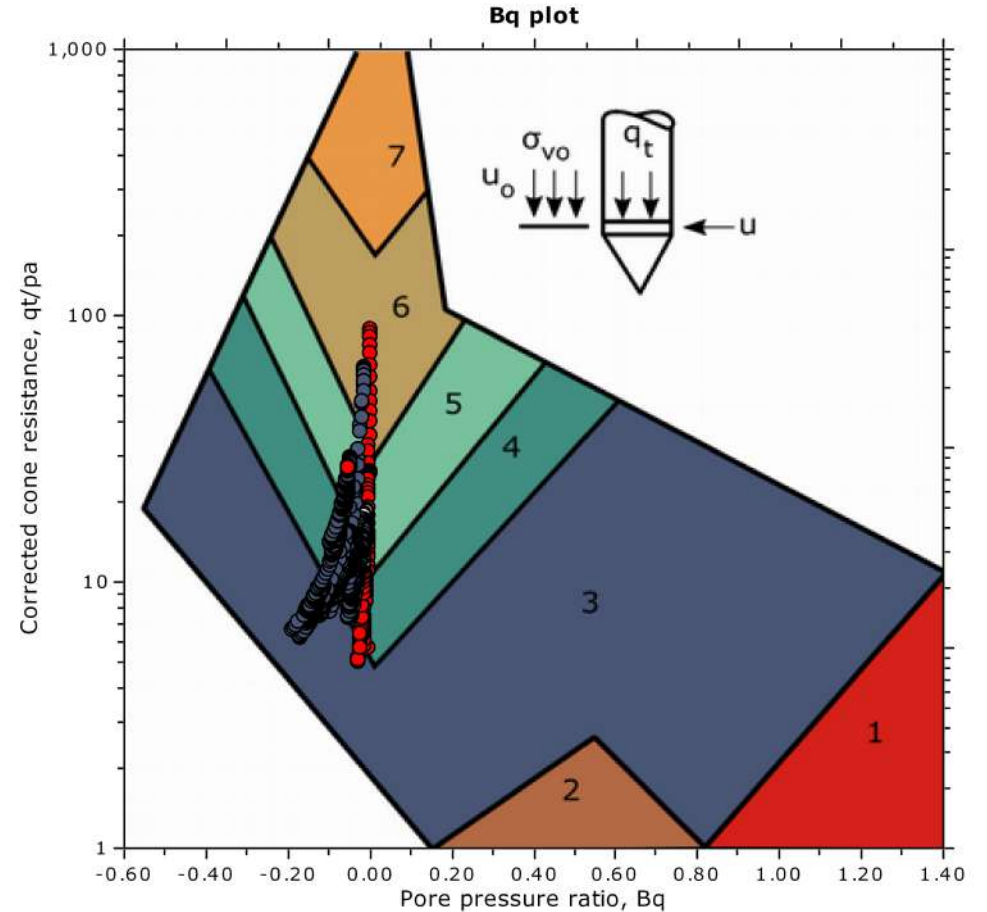
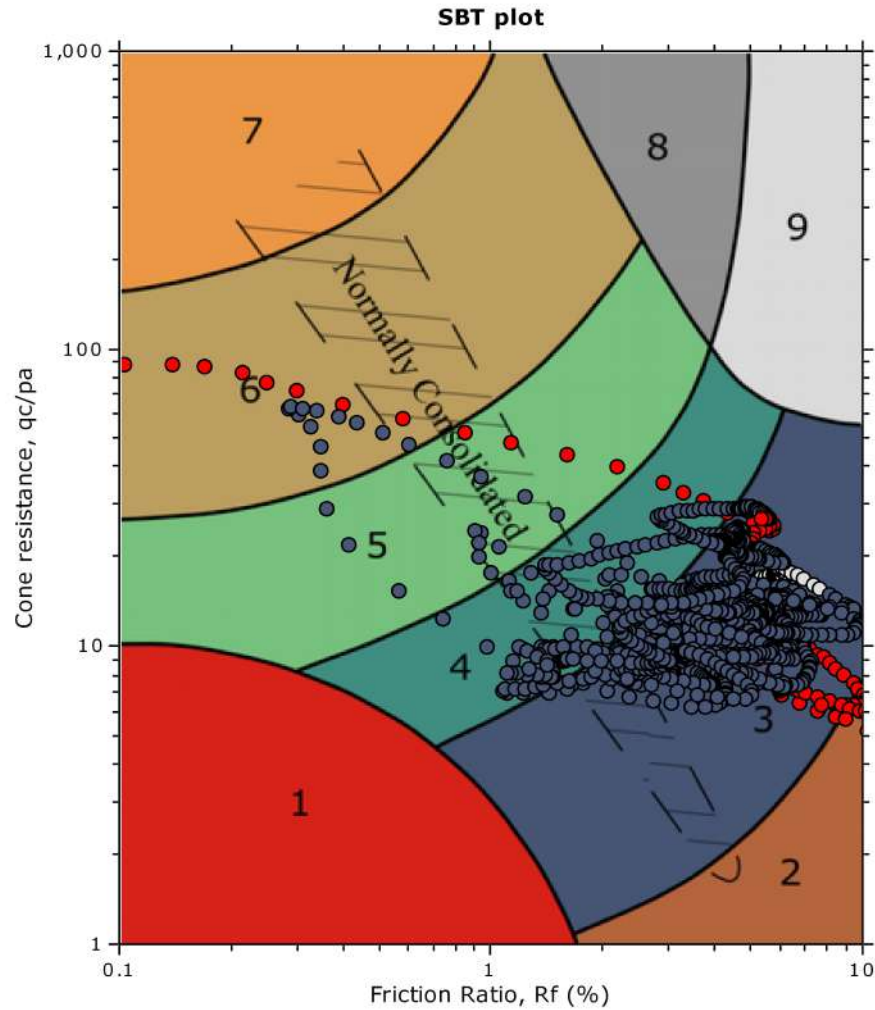
**Project: Ampliamento Scuola Pascoli**  
**Location: Gatteo**



The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw  $q_c$  and  $f_s$  values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).



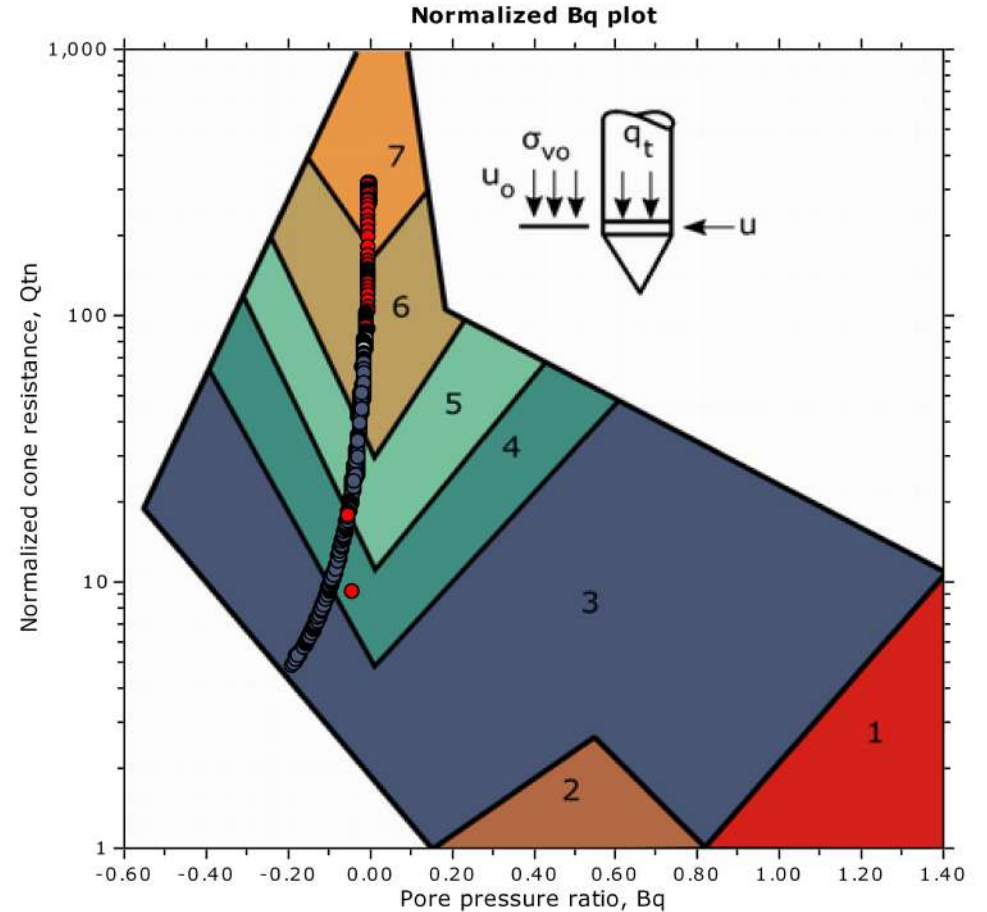
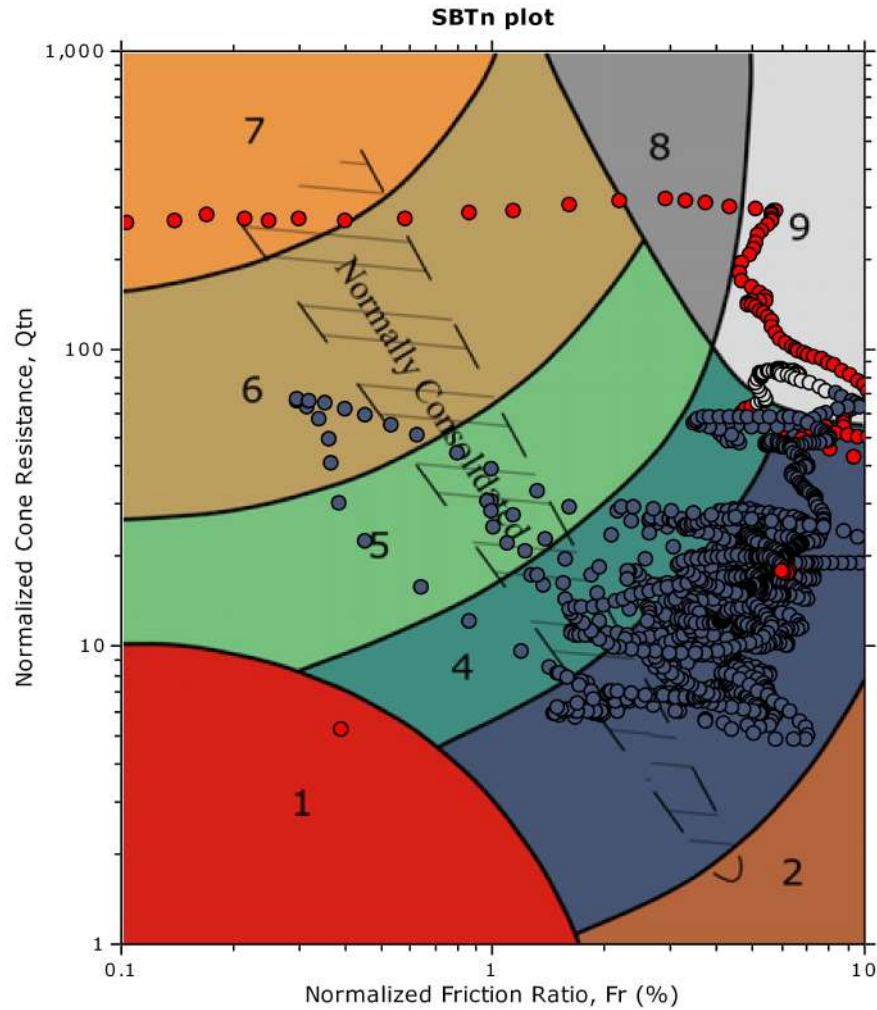
**SBT - Bq plots**



**SBT legend**

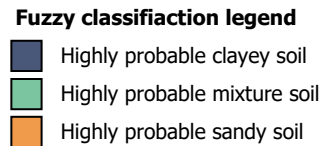
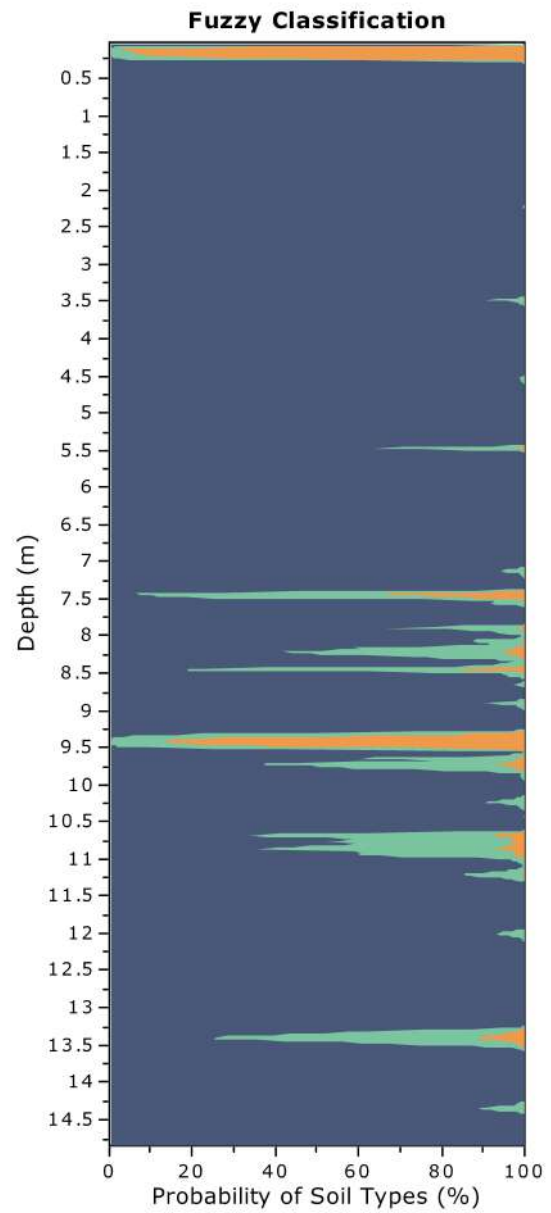
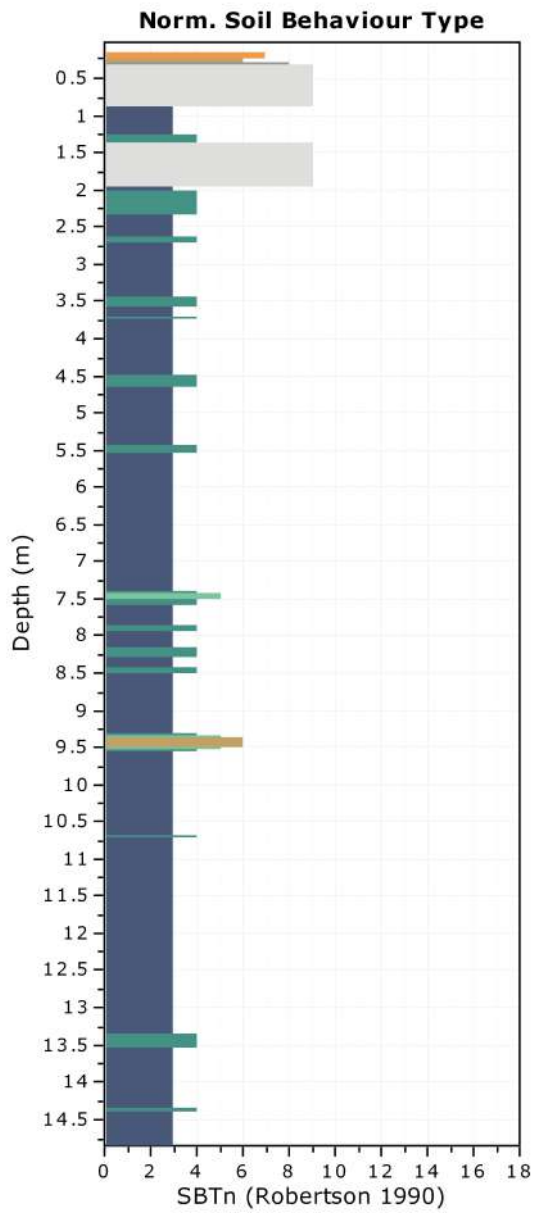
- |  |   |   |
|--|---|---|
| <span style="color: red;">■</span> 1. Sensitive fine grained | <span style="color: teal;">■</span> 4. Clayey silt to silty clay      | <span style="color: orange;">■</span> 7. Gravelly sand to sand        |
| <span style="color: brown;">■</span> 2. Organic material     | <span style="color: lightgreen;">■</span> 5. Silty sand to sandy silt | <span style="color: grey;">■</span> 8. Very stiff sand to clayey sand |
| <span style="color: blue;">■</span> 3. Clay to silty clay    | <span style="color: tan;">■</span> 6. Clean sand to silty sand        | <span style="color: lightgrey;">■</span> 9. Very stiff fine grained   |

**SBT - Bq plots (normalized)**



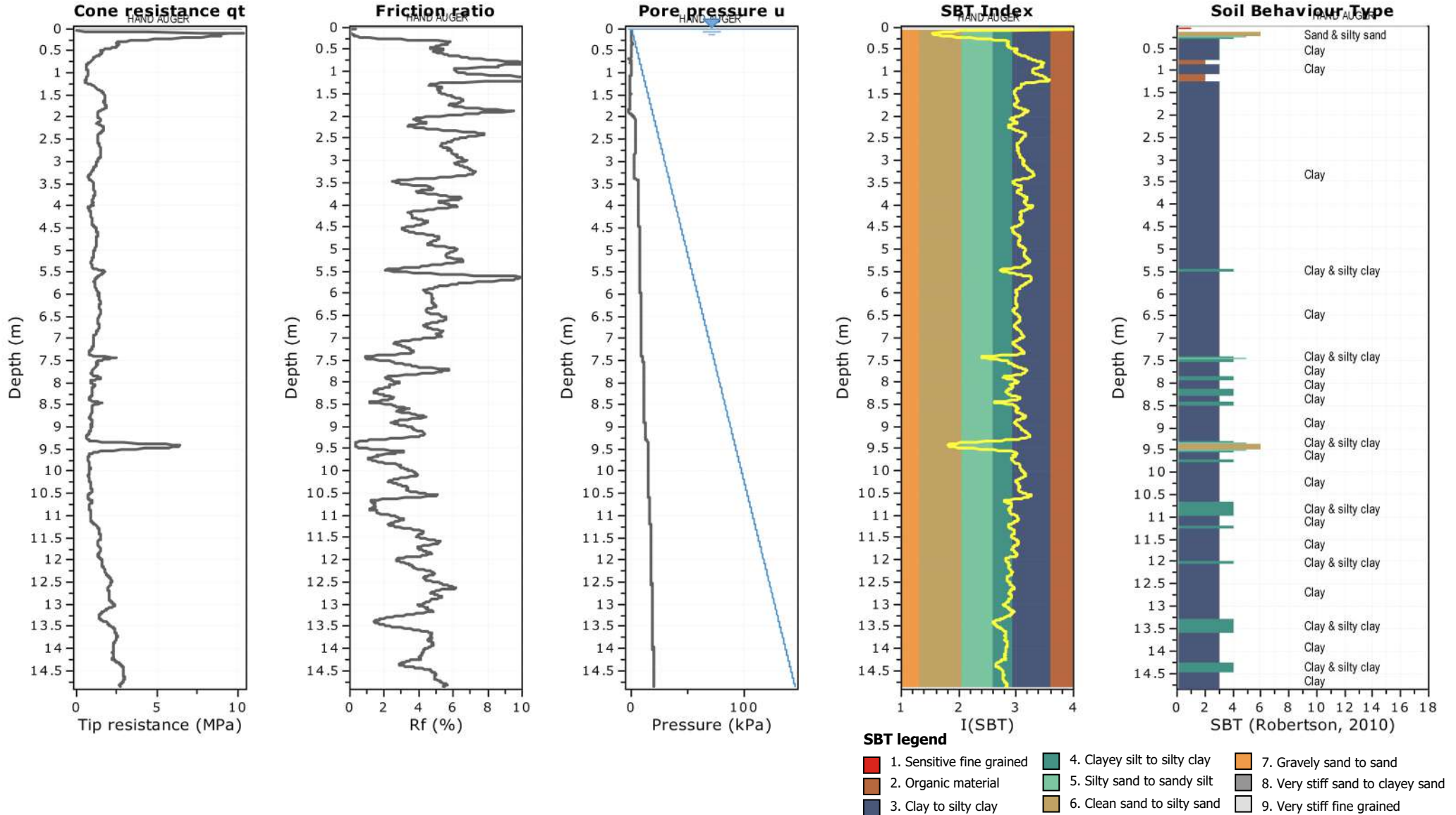
**SBTn legend**

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <span style="color: red;">■</span> 1. Sensitive fine grained | <span style="color: teal;">■</span> 4. Clayey silt to silty clay      | <span style="color: orange;">■</span> 7. Gravelly sand to sand        |
| <span style="color: brown;">■</span> 2. Organic material     | <span style="color: lightgreen;">■</span> 5. Silty sand to sandy silt | <span style="color: grey;">■</span> 8. Very stiff sand to clayey sand |
| <span style="color: blue;">■</span> 3. Clay to silty clay    | <span style="color: tan;">■</span> 6. Clean sand to silty sand        | <span style="color: lightgrey;">■</span> 9. Very stiff fine grained   |



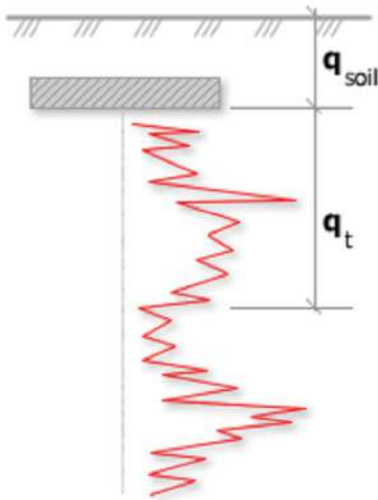


**Project:** Ampliamento Scuola Pascoli  
**Location:** Gatteo



**Project: Ampliamento Scuola Pascoli**

**Location: Gatteo**

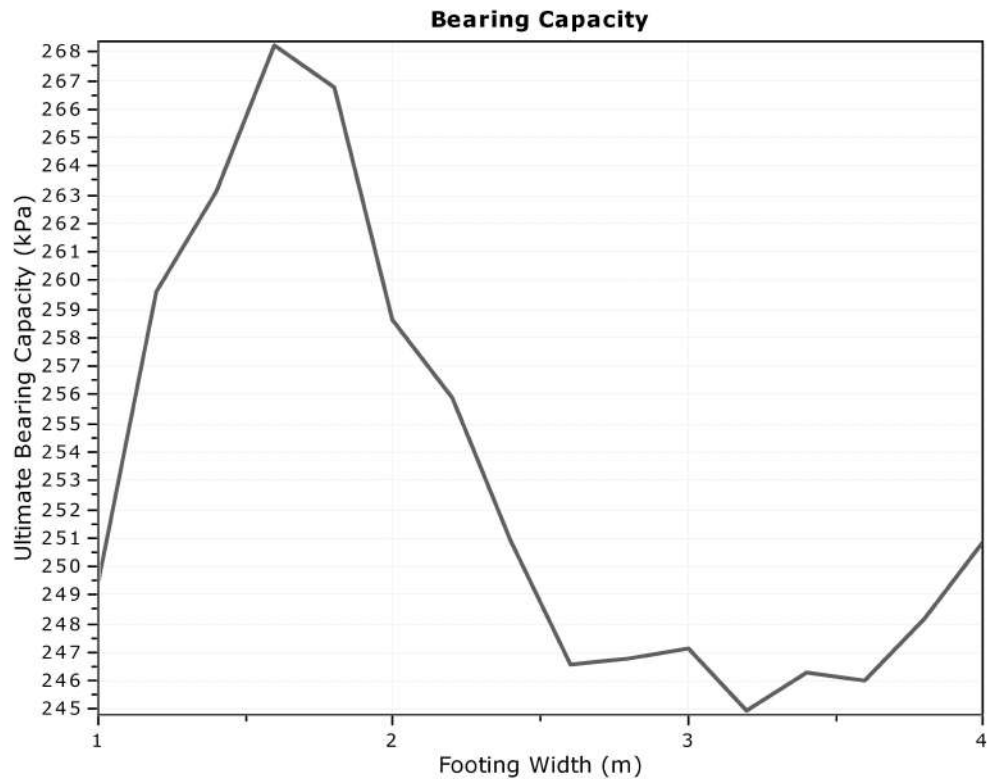


Bearing Capacity calculation is performed based on the formula:

$$Q_{ult} = R_k \times q_t + q_{soil}$$

where:

- R<sub>k</sub>: Bearing capacity factor
- q<sub>t</sub>: Average corrected cone resistance over calculation depth
- q<sub>soil</sub>: Pressure applied by soil above footing



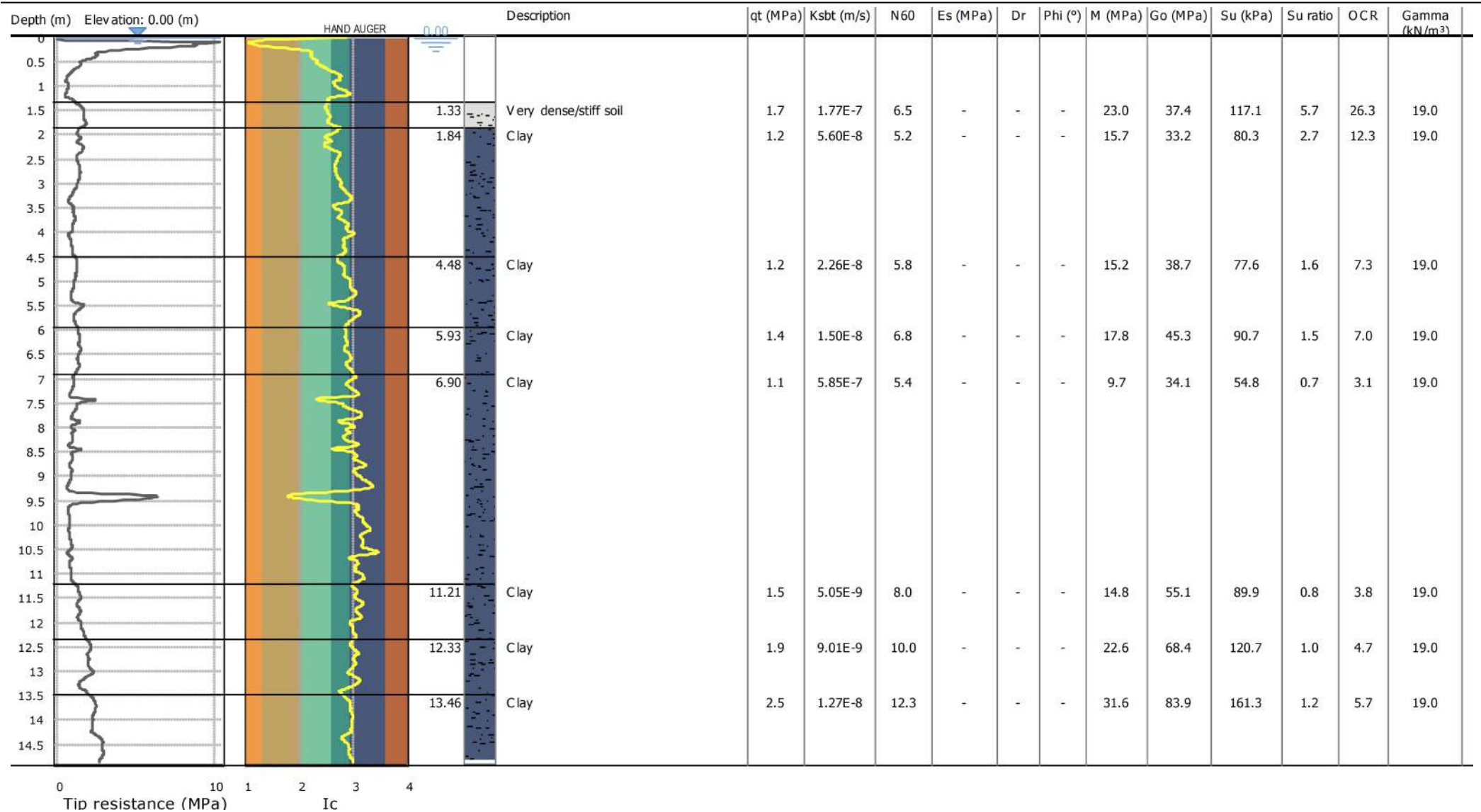
**:: Tabular results ::**

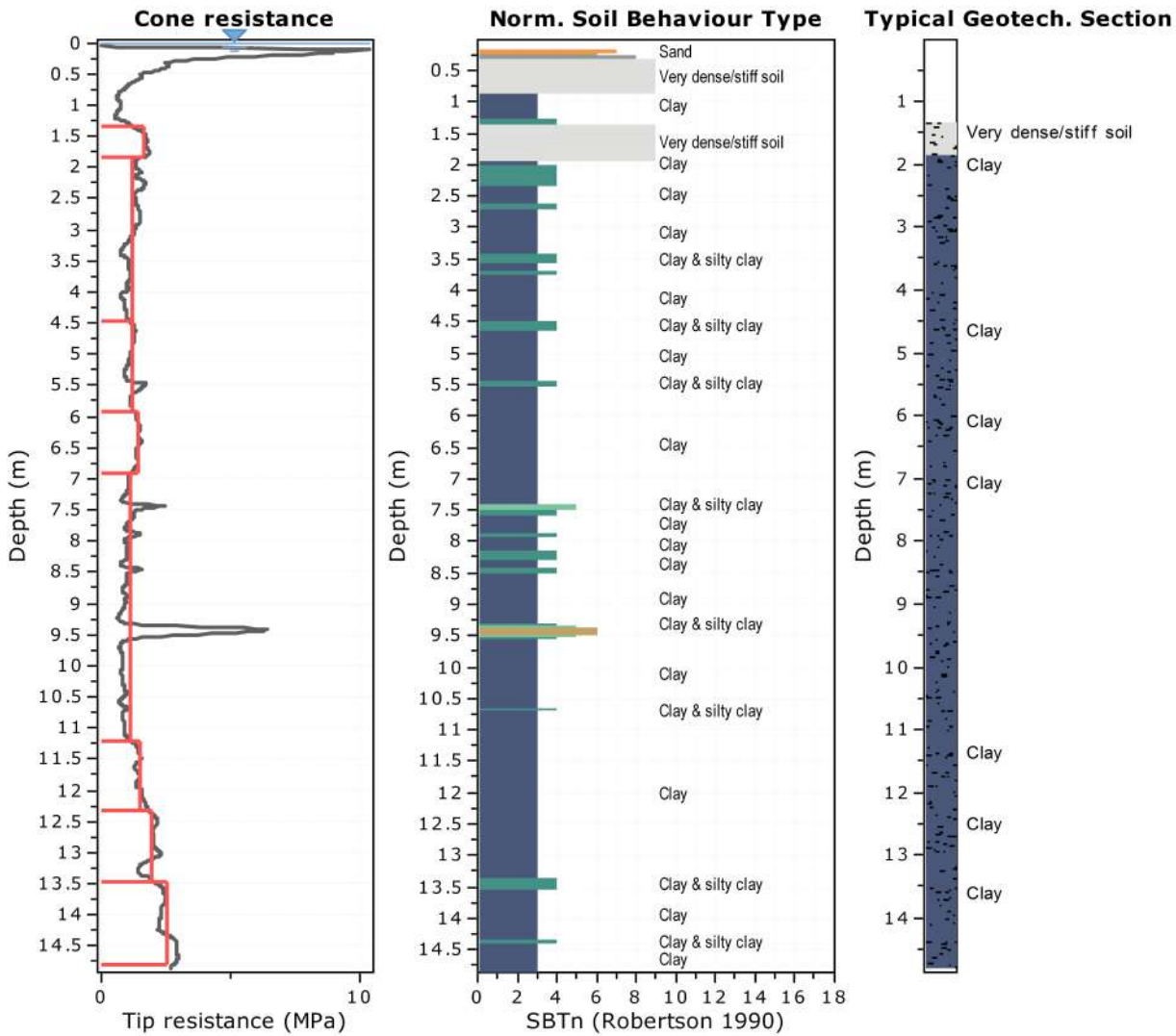
No	B (m)	Start Depth (m)	End Depth (m)	Ave. q <sub>t</sub> (MPa)	R <sub>k</sub>	Soil Press. (kPa)	Ult. bearing cap. (kPa)
1	1.00	0.50	2.00	1.20	0.20	9.50	249.46
2	1.20	0.50	2.30	1.25	0.20	9.50	259.62
3	1.40	0.50	2.60	1.27	0.20	9.50	263.10
4	1.60	0.50	2.90	1.29	0.20	9.50	268.23
5	1.80	0.50	3.20	1.29	0.20	9.50	266.75
6	2.00	0.50	3.50	1.25	0.20	9.50	258.66
7	2.20	0.50	3.80	1.23	0.20	9.50	255.92
8	2.40	0.50	4.10	1.21	0.20	9.50	250.89
9	2.60	0.50	4.40	1.19	0.20	9.50	246.56
10	2.80	0.50	4.70	1.19	0.20	9.50	246.76
11	3.00	0.50	5.00	1.19	0.20	9.50	247.11
12	3.20	0.50	5.30	1.18	0.20	9.50	244.96
13	3.40	0.50	5.60	1.18	0.20	9.50	246.28
14	3.60	0.50	5.90	1.18	0.20	9.50	246.02
15	3.80	0.50	6.20	1.19	0.20	9.50	248.20
16	4.00	0.50	6.50	1.21	0.20	9.50	250.82



**Project: Ampliamento Scuola Pascoli**  
**Location: Gatteo**

Cone Type:  
 Cone Operator:





**Tabular results**

<b>::: Layer No: 1 :::</b>		
<b>Code:</b> Layer_1 <b>Start depth:</b> 1.33 (m), <b>End depth:</b> 1.84 (m)		
<b>Description:</b> Very dense/stiff soil		
<b>Basic results</b>	<b>Estimation results</b>	
Total cone resistance: 1.67 ±0.18 MPa	Permeability: 1.77E-07 ±4.31E-08 m/s	Constrained Mod.: 22.95 ±2.50 MPa
Sleeve friction: 98.84 ±17.23 kPa	N <sub>60</sub> : 6.50 ±0.73 blows	Go: 37.40 ±4.44 MPa
Ic: 2.54 ±0.04	Es: 0.00 ±0.00 MPa	Su: 117.11 ±12.74 kPa
SBT <sub>n</sub> : 9	Dr (%): 0.00 ±0.00	Su ratio: 5.70 ±0.37
SBTn description: Very dense/stiff soil	φ (degrees): 0.00 ±0.00 °	O.C.R.: 26.34 ±1.71
	Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m <sup>3</sup>	

**::: Layer No: 2 :::****Code:** Layer\_2    **Start depth:** 1.84 (m), **End depth:** 4.48 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.18 ±0.25 MPa

Sleeve friction: 64.31 ±23.33 kPa

Ic: 2.76 ±0.13

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 5.60E-08 ±6.04E-08 m/s

N<sub>60</sub>: 5.18 ±0.80 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 15.74 ±3.69 MPa

Go: 33.16 ±4.45 MPa

Su: 80.29 ±18.85 kPa

Su ratio: 2.65 ±1.02

O.C.R.: 12.26 ±4.71

**::: Layer No: 3 :::****Code:** Layer\_3    **Start depth:** 4.48 (m), **End depth:** 5.93 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.18 ±0.18 MPa

Sleeve friction: 61.77 ±19.71 kPa

Ic: 2.90 ±0.13

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 2.26E-08 ±2.77E-08 m/s

N<sub>60</sub>: 5.78 ±0.68 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 15.20 ±2.48 MPa

Go: 38.74 ±5.00 MPa

Su: 77.57 ±12.66 kPa

Su ratio: 1.58 ±0.25

O.C.R.: 7.32 ±1.14

**::: Layer No: 4 :::****Code:** Layer\_4    **Start depth:** 5.93 (m), **End depth:** 6.90 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.39 ±0.07 MPa

Sleeve friction: 67.36 ±3.93 kPa

Ic: 2.89 ±0.05

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 1.50E-08 ±4.16E-09 m/s

N<sub>60</sub>: 6.82 ±0.39 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 17.77 ±1.08 MPa

Go: 45.26 ±1.32 MPa

Su: 90.65 ±5.51 kPa

Su ratio: 1.52 ±0.12

O.C.R.: 7.04 ±0.57

**::: Layer No: 5 :::****Code:** Layer\_5    **Start depth:** 6.90 (m), **End depth:** 11.21 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.12 ±0.85 MPa

Sleeve friction: 26.57 ±10.60 kPa

Ic: 3.01 ±0.28

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 5.85E-07 ±3.64E-06 m/s

N<sub>60</sub>: 5.39 ±1.74 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 9.72 ±9.71 MPa

Go: 34.13 ±5.83 MPa

Su: 54.81 ±14.37 kPa

Su ratio: 0.68 ±0.24

O.C.R.: 3.15 ±1.11

**::: Layer No: 6 :::****Code:** Layer\_6 **Start depth:** 11.21 (m), **End depth:** 12.33 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.48 ±0.15 MPa

Sleeve friction: 58.76 ±12.97 kPa

Ic: 3.06 ±0.06

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 5.05E-09 ±2.11E-09 m/s

N<sub>60</sub>: 7.99 ±0.75 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 14.78 ±3.16 MPa

Go: 55.10 ±5.59 MPa

Su: 89.92 ±10.47 kPa

Su ratio: 0.83 ±0.08

O.C.R.: 3.83 ±0.37

**::: Layer No: 7 :::****Code:** Layer\_7 **Start depth:** 12.33 (m), **End depth:** 13.46 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.93 ±0.25 MPa

Sleeve friction: 83.59 ±28.96 kPa

Ic: 2.99 ±0.09

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 9.01E-09 ±7.94E-09 m/s

N<sub>60</sub>: 9.96 ±1.38 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 22.59 ±5.35 MPa

Go: 68.44 ±10.97 MPa

Su: 120.66 ±18.21 kPa

Su ratio: 1.02 ±0.17

O.C.R.: 4.72 ±0.77

**::: Layer No: 8 :::****Code:** Layer\_8 **Start depth:** 13.46 (m), **End depth:** 14.79 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 2.53 ±0.29 MPa

Sleeve friction: 107.80 ±26.89 kPa

Ic: 2.92 ±0.06

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 1.27E-08 ±6.14E-09 m/s

N<sub>60</sub>: 12.34 ±1.39 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 31.61 ±3.93 MPa

Go: 83.85 ±10.35 MPa

Su: 161.30 ±20.03 kPa

Su ratio: 1.24 ±0.13

O.C.R.: 5.73 ±0.59

**Project: Ampliamento Scuola Pascoli**

**Location: Gatteo**

**Summary table of mean values**

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT <sub>N60</sub> (blows/30cm)	E <sub>s</sub> (MPa)	D <sub>r</sub> (%)	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G <sub>0</sub> (MPa)	Undrained strength, S <sub>u</sub> (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m <sup>3</sup> )
1.33	0.51	1.77E-07	6.5	0.0	0.0	0.0	23.0	37.4	117.1	5.7	26.3	19.0
1.84		(±4.31E-08)	(±0.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±2.5)	(±4.4)	(±12.7)	(±0.4)	(±1.7)	(±0.0)
1.84	2.64	5.60E-08	5.2	0.0	0.0	0.0	15.7	33.2	80.3	2.7	12.3	19.0
4.48		(±6.04E-08)	(±0.8)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±3.7)	(±4.5)	(±18.9)	(±1.0)	(±4.7)	(±0.0)
4.48	1.45	2.26E-08	5.8	0.0	0.0	0.0	15.2	38.7	77.6	1.6	7.3	19.0
5.93		(±2.77E-08)	(±0.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±2.5)	(±5.0)	(±12.7)	(±0.2)	(±1.1)	(±0.0)
5.93	0.97	1.50E-08	6.8	0.0	0.0	0.0	17.8	45.3	90.7	1.5	7.0	19.0
6.90		(±4.16E-09)	(±0.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.1)	(±1.3)	(±5.5)	(±0.1)	(±0.6)	(±0.0)
6.90	4.31	5.85E-07	5.4	0.0	0.0	0.0	9.7	34.1	54.8	0.7	3.1	19.0
11.21		(±3.64E-06)	(±1.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±9.7)	(±5.8)	(±14.4)	(±0.2)	(±1.1)	(±0.0)
11.21	1.12	5.05E-09	8.0	0.0	0.0	0.0	14.8	55.1	89.9	0.8	3.8	19.0
12.33		(±2.11E-09)	(±0.7)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±3.2)	(±5.6)	(±10.5)	(±0.1)	(±0.4)	(±0.0)
12.33	1.13	9.01E-09	10.0	0.0	0.0	0.0	22.6	68.4	120.7	1.0	4.7	19.0
13.46		(±7.94E-09)	(±1.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±5.4)	(±11.0)	(±18.2)	(±0.2)	(±0.8)	(±0.0)
13.46	1.33	1.27E-08	12.3	0.0	0.0	0.0	31.6	83.9	161.3	1.2	5.7	19.0
14.79		(±6.14E-09)	(±1.4)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±3.9)	(±10.3)	(±20.0)	(±0.1)	(±0.6)	(±0.0)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

Presented below is a list of formulas used for the estimation of various soil properties. The formulas are presented in SI unit system and assume that all components are expressed in the same units.

**:: Unit Weight,  $g$  (kN/m<sup>3</sup>) ::**

$$g = g_w \cdot \left( 0.27 \cdot \log(R_f) + 0.36 \cdot \log\left(\frac{q_t}{p_a}\right) + 1.236 \right)$$

where  $g_w$  = water unit weight

**:: Permeability,  $k$  (m/s) ::**

$$I_c < 3.27 \text{ and } I_c > 1.00 \text{ then } k = 10^{0.952 - 3.04 \cdot I_c}$$

$$I_c \leq 4.00 \text{ and } I_c > 3.27 \text{ then } k = 10^{-4.52 - 1.37 \cdot I_c}$$

**::  $N_{sPT}$  (blows per 30 cm) ::**

$$N_{60} = \left( \frac{q_c}{p_a} \right) \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$$

$$N_{1(60)} = Q_{tn} \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$$

**:: Young's Modulus,  $E_s$  (MPa) ::**

$$(q_t - \sigma_v) \cdot 0.015 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

(applicable only to  $I_c < I_{c\_cutoff}$ )

**:: Relative Density,  $Dr$  (%) ::**

$$100 \cdot \sqrt{\frac{Q_{tn}}{k_{DR}}} \quad \text{(applicable only to SBT}_n\text{: 5, 6, 7 and 8 or } I_c < I_{c\_cutoff}\text{)}$$

**:: State Parameter,  $\psi$  ::**

$$\psi = 0.56 - 0.33 \cdot \log(Q_{tn,cs})$$

**:: Drained Friction Angle,  $\phi$  (°) ::**

(applicable only to SBT<sub>n</sub>: 5, 6, 7 and 8 or  $I_c < I_{c\_cutoff}$ )

**:: 1-D constrained modulus,  $M$  (MPa) ::**

If  $I_c > 2.20$   
 $\alpha = 14$  for  $Q_{tn} > 14$   
 $\alpha = Q_{tn}$  for  $Q_{tn} \leq 14$   
 $M_{CPT} = \alpha \cdot (q_t - \sigma_v)$

If  $I_c \geq 2.20$

**:: Small strain shear Modulus,  $G_0$  (MPa) ::**

$$G_0 = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

**:: Shear Wave Velocity,  $V_s$  (m/s) ::**

$$V_s = \left( \frac{G_0}{\rho} \right)^{0.50}$$

**:: Undrained peak shear strength,  $S_u$  (kPa) ::**

$$N_{kt} = 10.50 + 7 \cdot \log(F_r) \text{ or user defined}$$

$$S_u = \frac{(q_t - \sigma_v)}{N_{kt}}$$

(applicable only to SBT<sub>n</sub>: 1, 2, 3, 4 and 9 or  $I_c > I_{c\_cutoff}$ )

**:: Remolded undrained shear strength,  $S_u(rem)$  (kPa) ::**

$$S_{u(rem)} = f_s \quad \text{(applicable only to SBT}_n\text{: 1, 2, 3, 4 and 9 or } I_c > I_{c\_cutoff}\text{)}$$

**:: Overconsolidation Ratio, OCR ::**

$$k_{OCR} = \left[ \frac{Q_{tn}^{0.20}}{0.25 \cdot (10.50 + 7 \cdot \log(F_r))} \right]^{1.25} \text{ or user defined}$$

$$OCR = k_{OCR} \cdot Q_{tn}$$

(applicable only to SBT<sub>n</sub>: 1, 2, 3, 4 and 9 or  $I_c > I_{c\_cutoff}$ )

**:: In situ Stress Ratio,  $K_0$  ::**

$$K_0 = (1 - \sin \phi') \cdot OCR^{\sin \phi'}$$

(applicable only to SBT<sub>n</sub>: 1, 2, 3, 4 and 9 or  $I_c > I_{c\_cutoff}$ )

**:: Soil Sensitivity,  $S_t$  ::**

$$S_t = \frac{N_s}{F_r}$$

(applicable only to SBT<sub>n</sub>: 1, 2, 3, 4 and 9 or  $I_c > I_{c\_cutoff}$ )

**:: Peak Friction Angle,  $\phi'$  (°) ::**

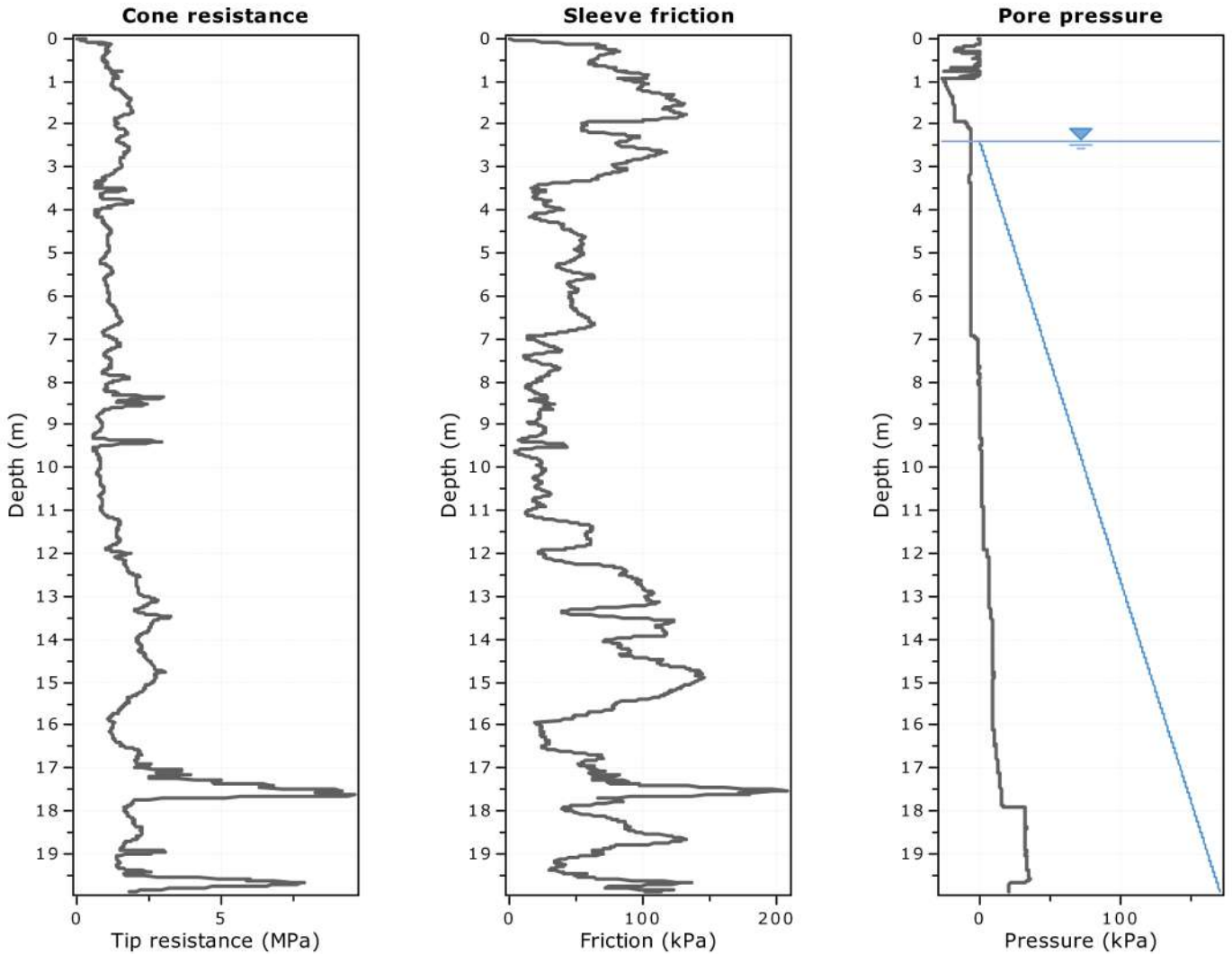
$$\phi' = 29.5^\circ \cdot B_q^{0.121} \cdot (0.256 + 0.336 \cdot B_q + \log Q_t)$$

(applicable for  $0.10 < B_q < 1.00$ )

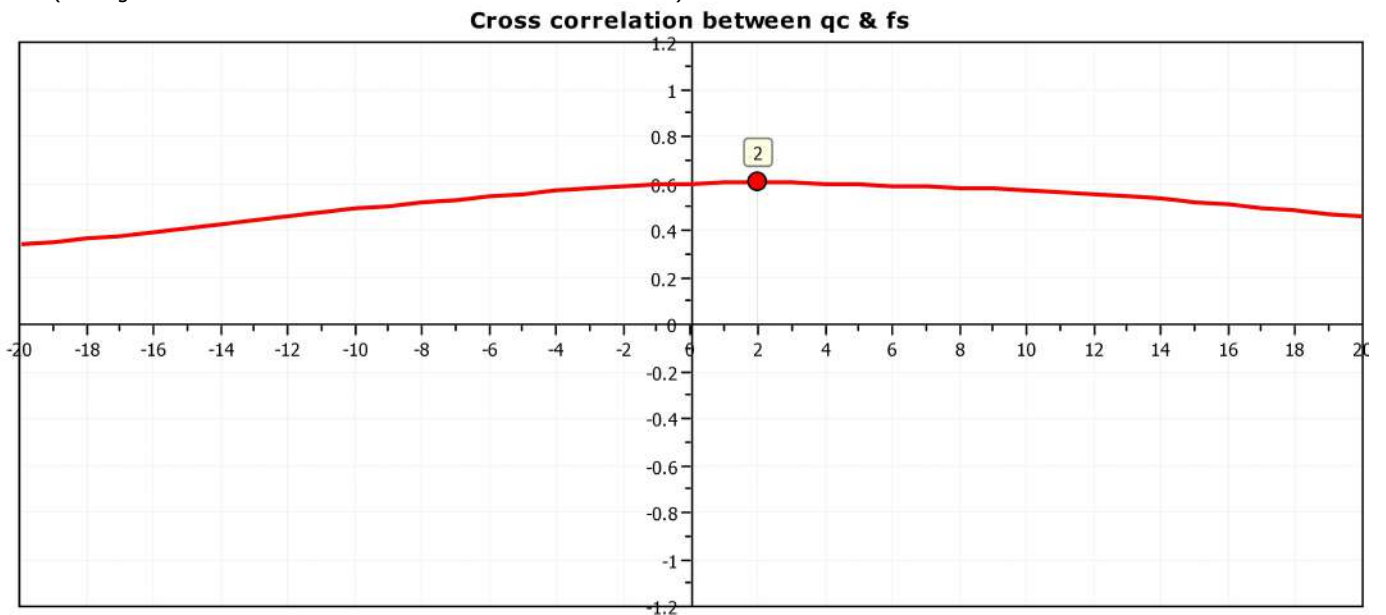
**References**

- Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 5<sup>th</sup> Edition, November 2012
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)
- N Barounis, J Philpot, Estimation of in-situ water content, void ratio, dry unit weight and porosity using CPT for saturated sands, Proc. 20th NZGS Geotechnical Symposium

**Project: Ampliamento Scuola Pascoli**  
**Location: Gatteo**

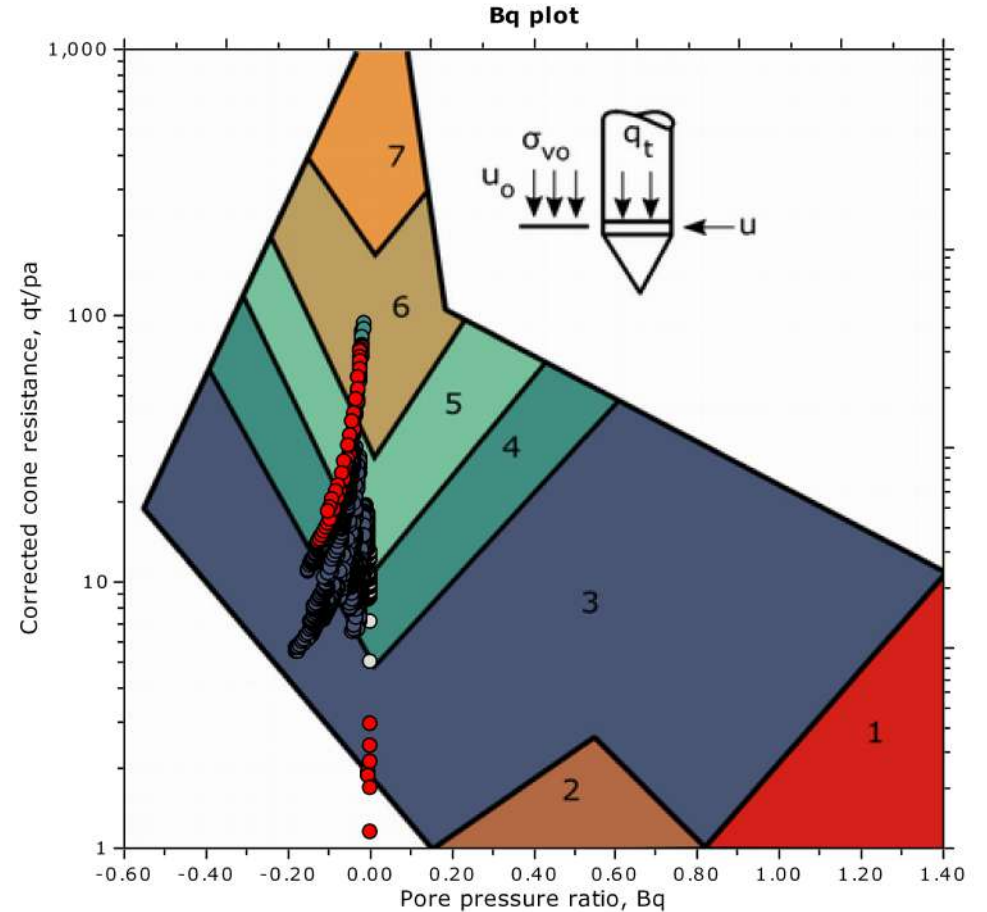
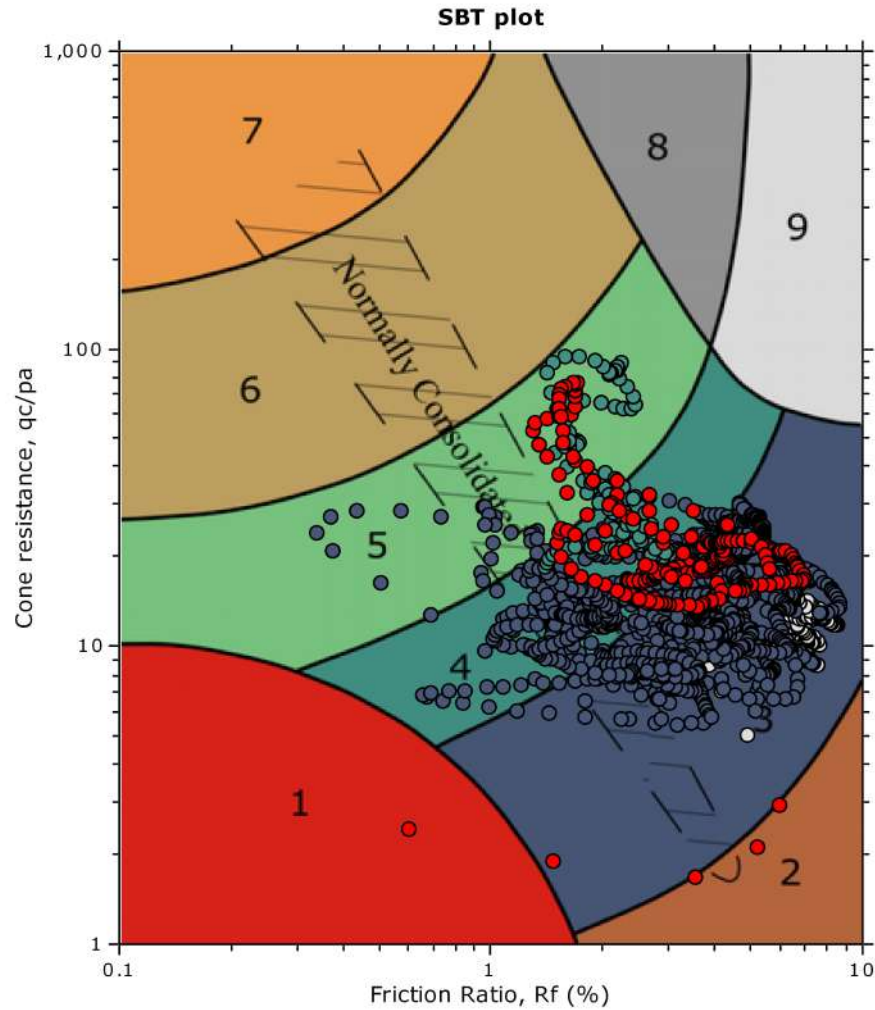


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw  $q_c$  and  $f_s$  values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).





**SBT - Bq plots**

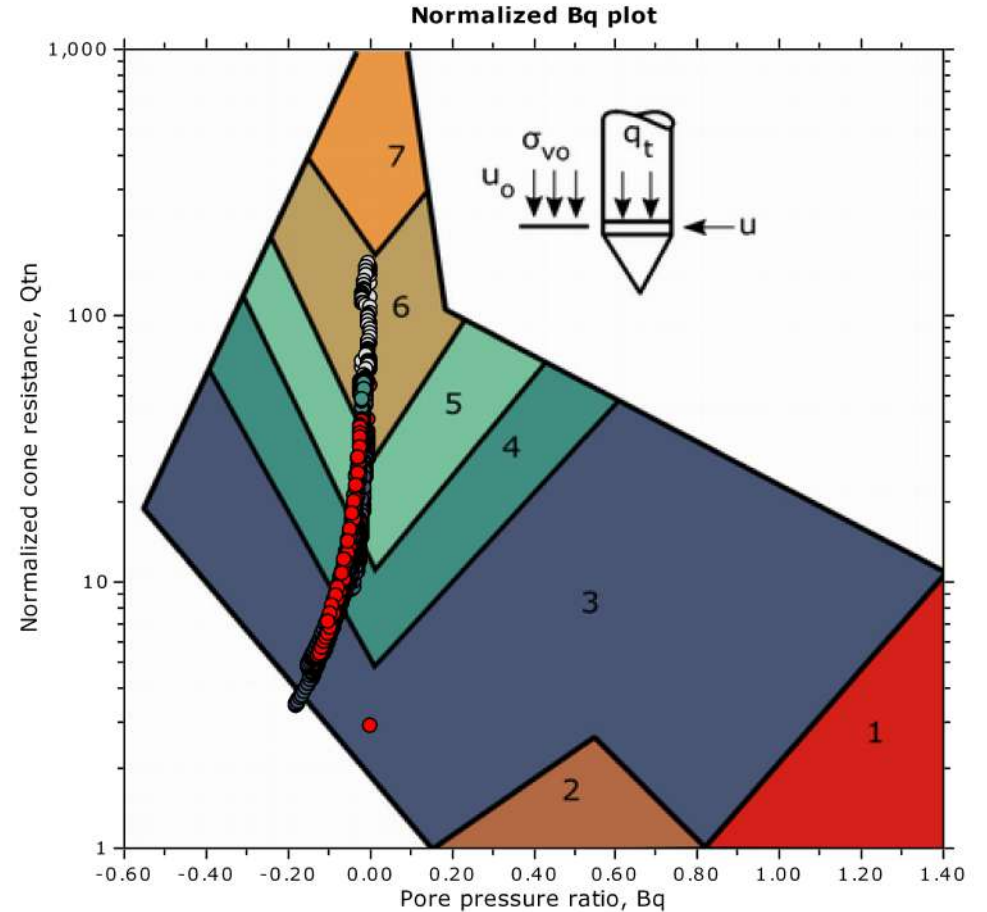
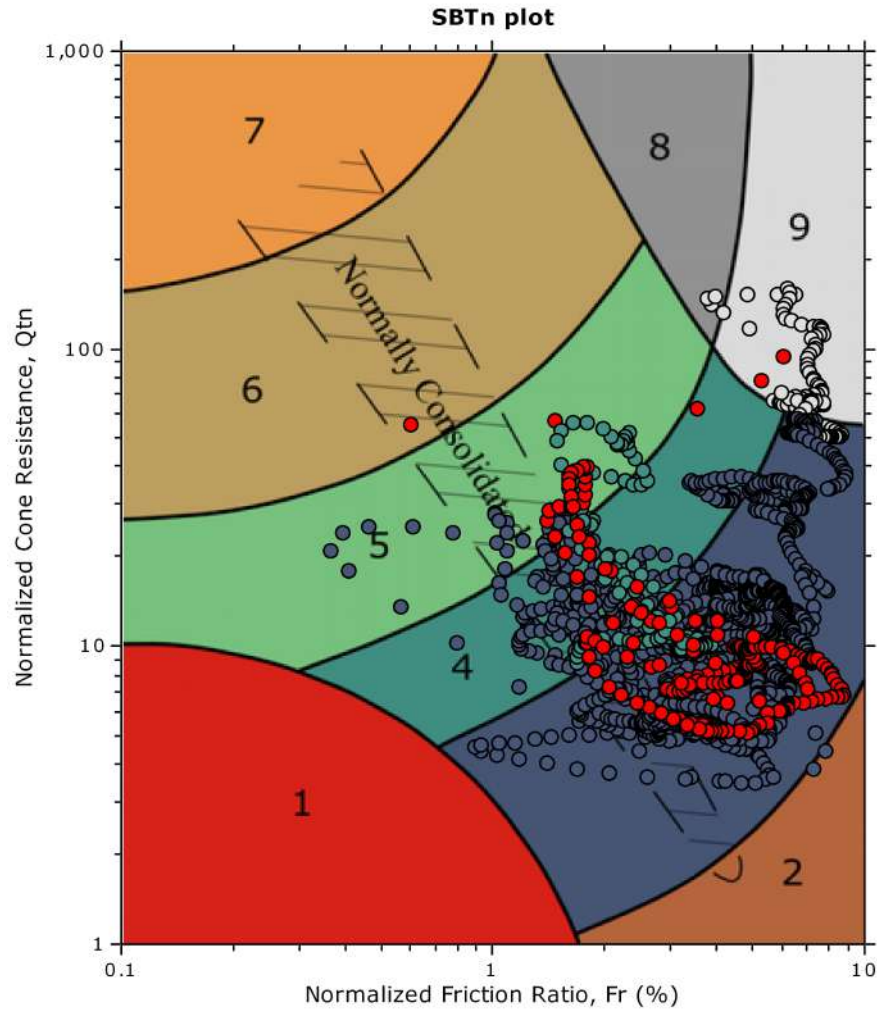


**SBT legend**

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <span style="color: red;">■</span> 1. Sensitive fine grained | <span style="color: teal;">■</span> 4. Clayey silt to silty clay      | <span style="color: orange;">■</span> 7. Gravelly sand to sand        |
| <span style="color: brown;">■</span> 2. Organic material     | <span style="color: lightgreen;">■</span> 5. Silty sand to sandy silt | <span style="color: grey;">■</span> 8. Very stiff sand to clayey sand |
| <span style="color: blue;">■</span> 3. Clay to silty clay    | <span style="color: tan;">■</span> 6. Clean sand to silty sand        | <span style="color: lightgrey;">■</span> 9. Very stiff fine grained   |

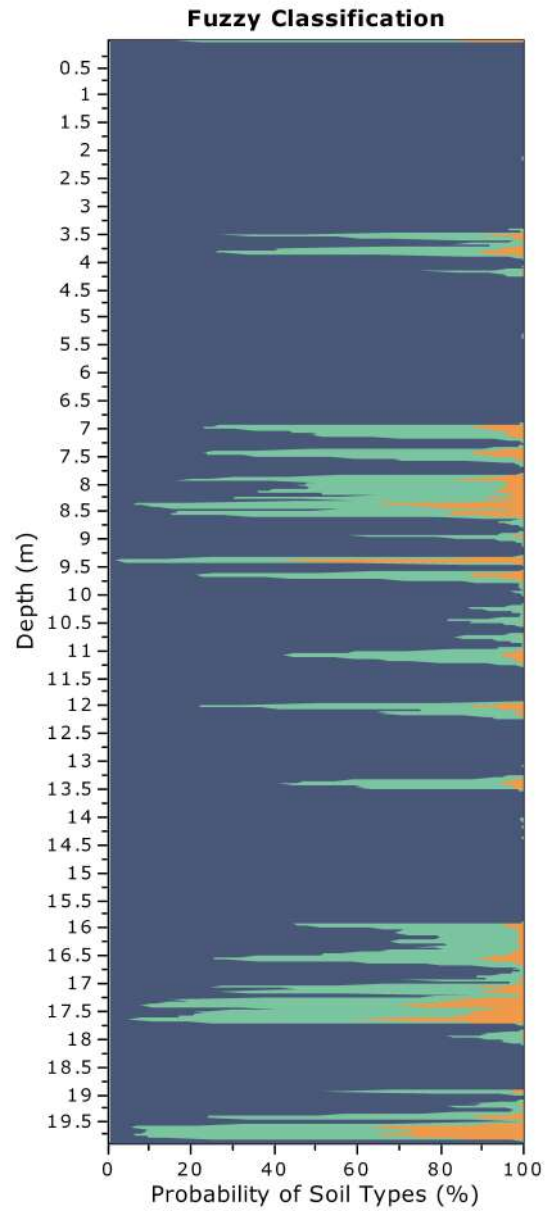
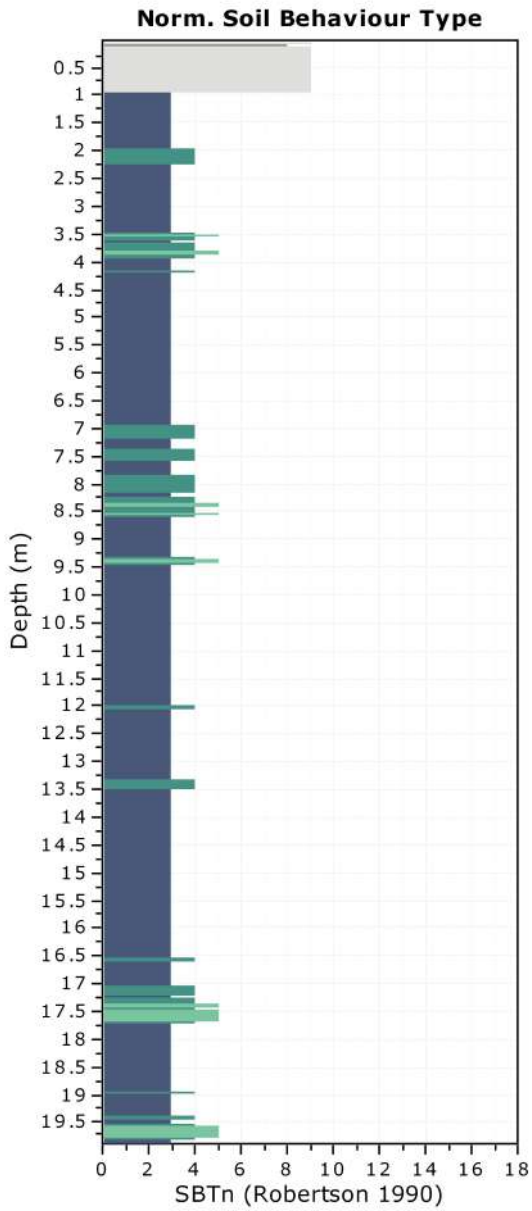


**SBT - Bq plots (normalized)**



**SBTn legend**

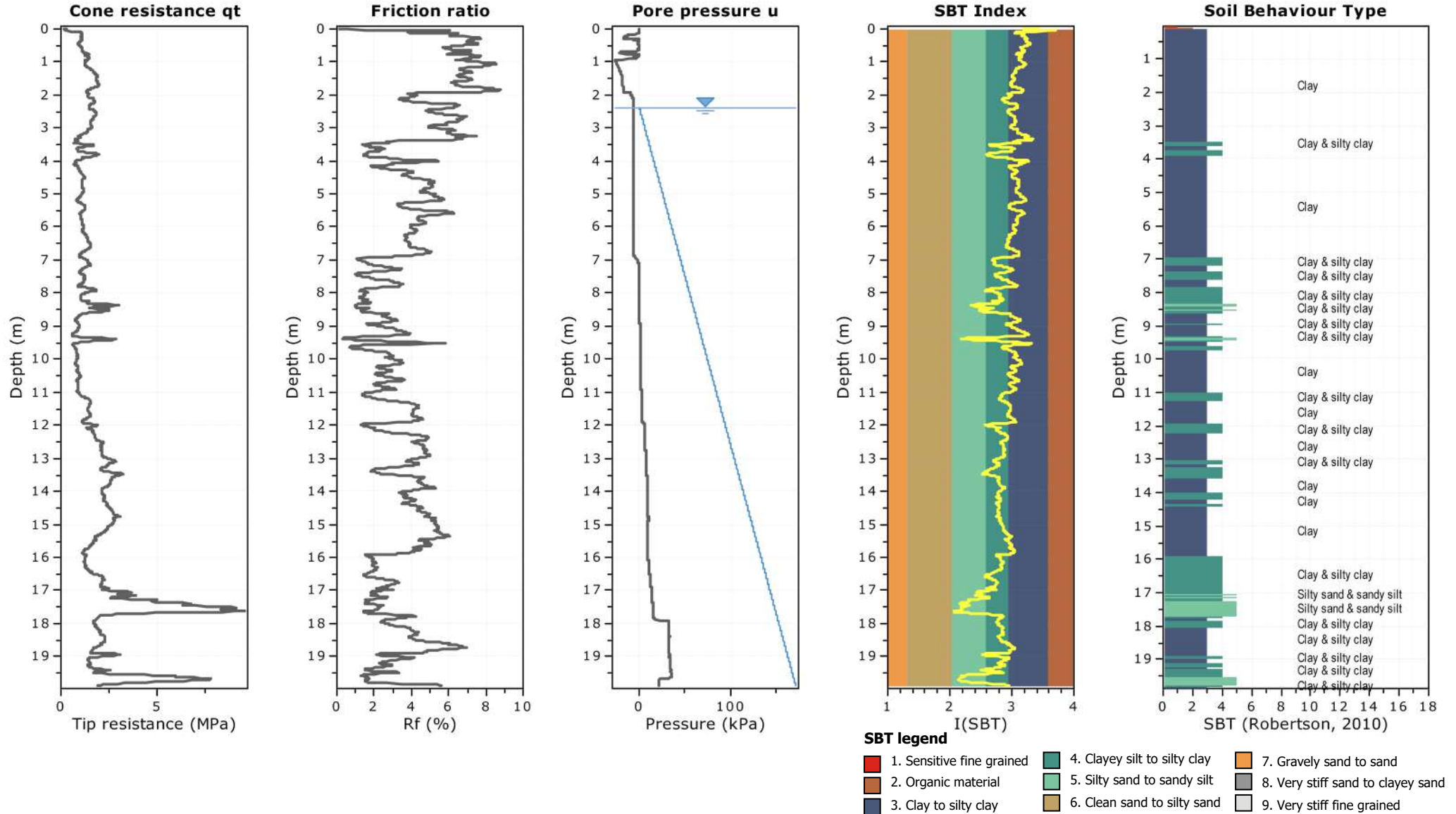
- |  |   |   |
|--|---|---|
| <span style="color: red;">■</span> 1. Sensitive fine grained | <span style="color: teal;">■</span> 4. Clayey silt to silty clay      | <span style="color: orange;">■</span> 7. Gravelly sand to sand        |
| <span style="color: brown;">■</span> 2. Organic material     | <span style="color: lightgreen;">■</span> 5. Silty sand to sandy silt | <span style="color: grey;">■</span> 8. Very stiff sand to clayey sand |
| <span style="color: blue;">■</span> 3. Clay to silty clay    | <span style="color: tan;">■</span> 6. Clean sand to silty sand        | <span style="color: lightgrey;">■</span> 9. Very stiff fine grained   |



**Fuzzy classification legend**

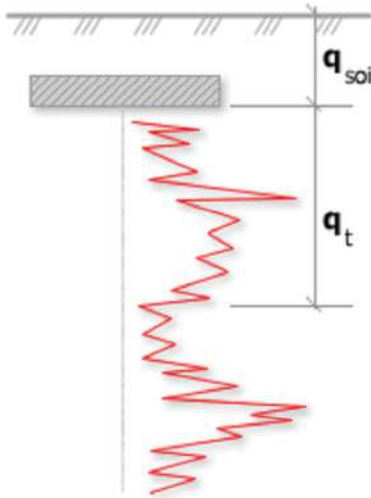
- Highly probable clayey soil
- Highly probable mixture soil
- Highly probable sandy soil

**Project:** Ampliamento Scuola Pascoli  
**Location:** Gatteo



**Project: Ampliamento Scuola Pascoli**

**Location: Gatteo**

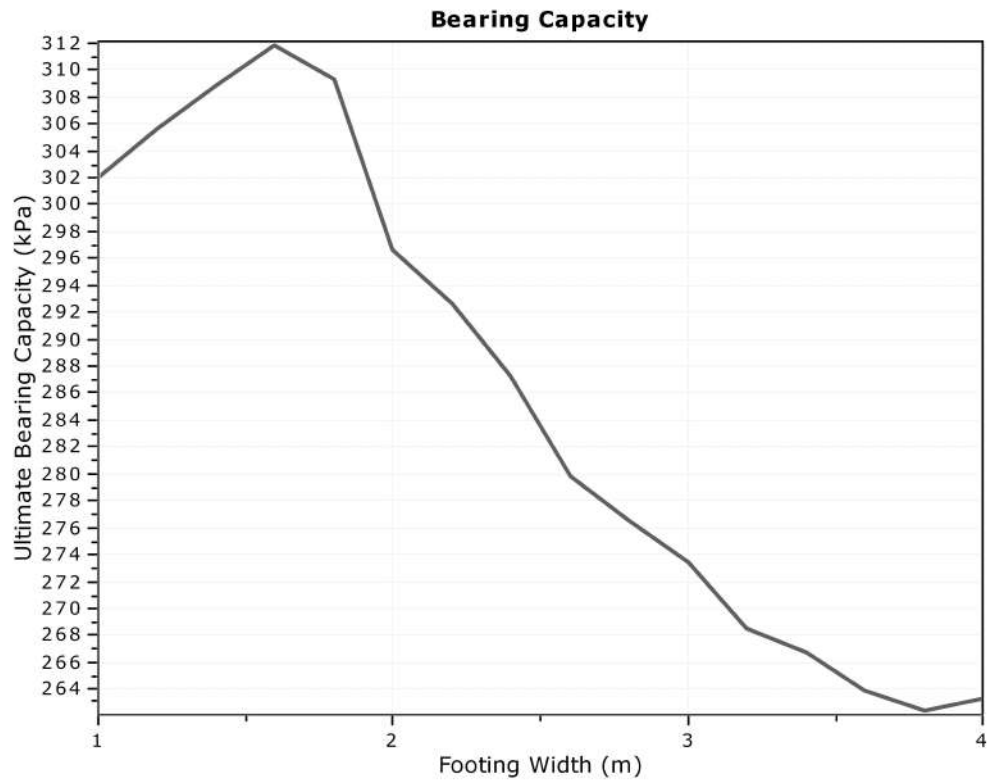


Bearing Capacity calculation is performed based on the formula:

$$Q_{ult} = R_k \times q_t + q_{soil}$$

where:

- $R_k$ : Bearing capacity factor
- $q_t$ : Average corrected cone resistance over calculation depth
- $q_{soil}$ : Pressure applied by soil above footing



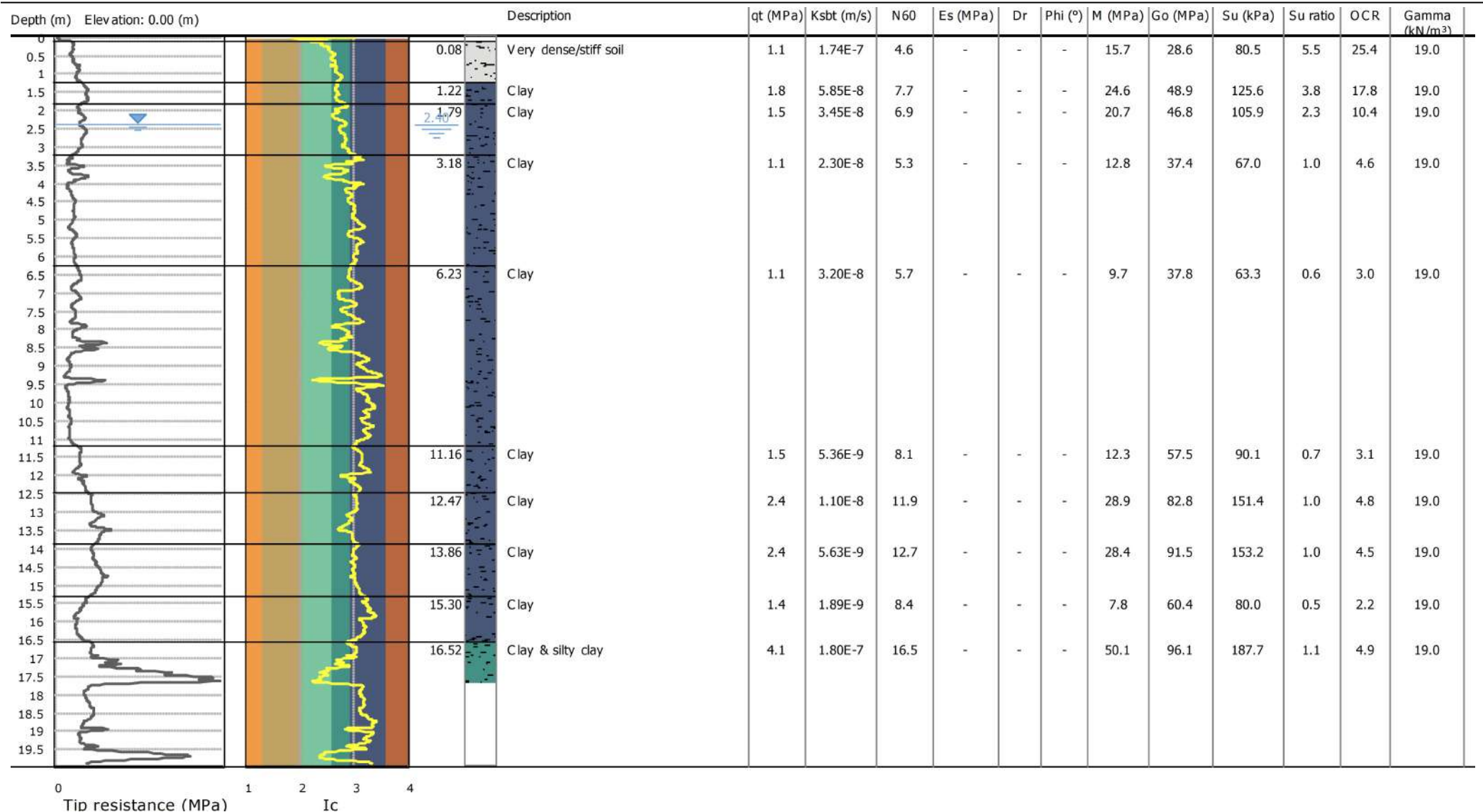
**:: Tabular results ::**

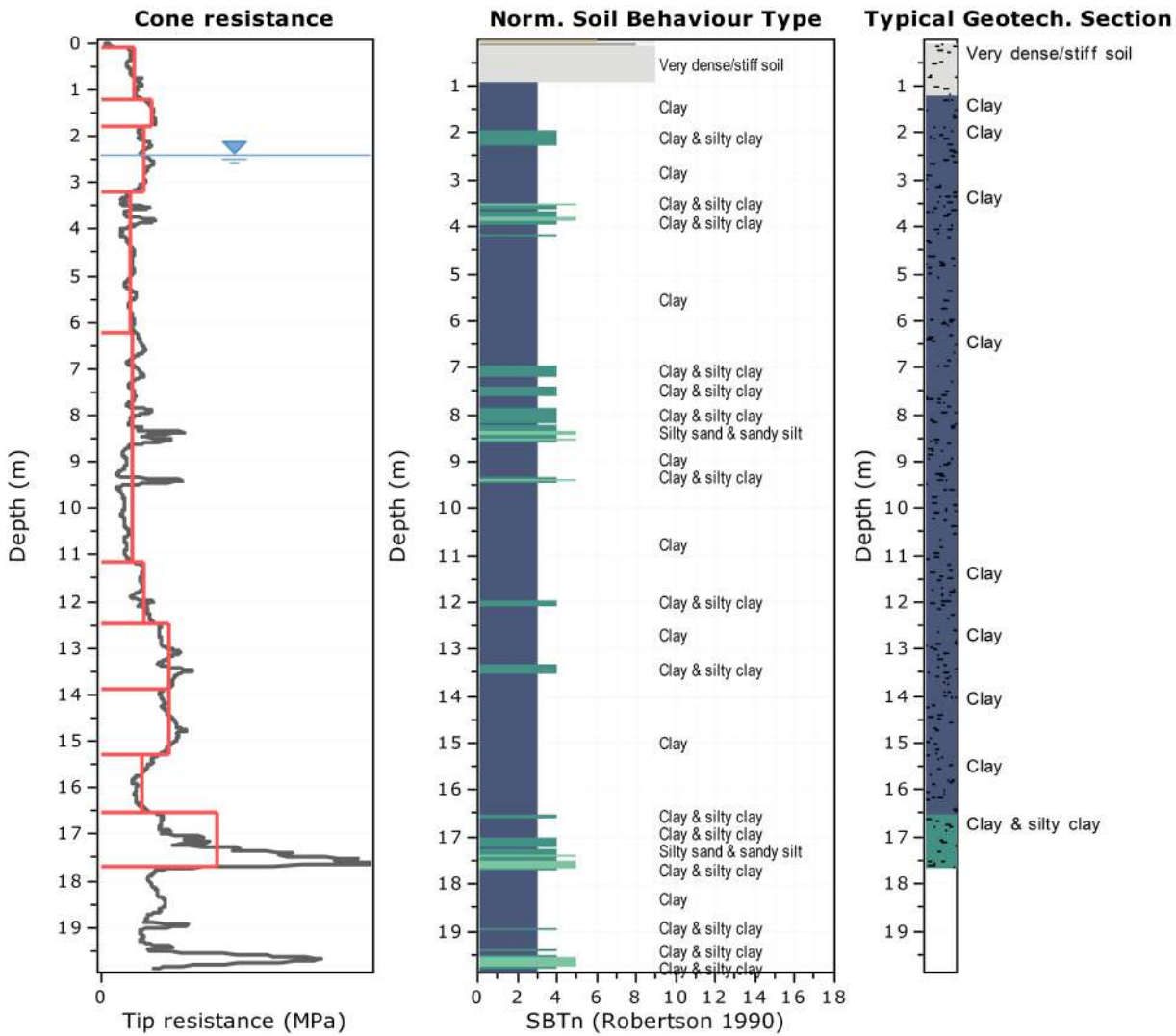
No	B (m)	Start Depth (m)	End Depth (m)	Ave. $q_t$ (MPa)	$R_k$	Soil Press. (kPa)	Ult. bearing cap. (kPa)
1	1.00	0.50	2.00	1.46	0.20	9.50	302.00
2	1.20	0.50	2.30	1.48	0.20	9.50	305.56
3	1.40	0.50	2.60	1.50	0.20	9.50	308.88
4	1.60	0.50	2.90	1.51	0.20	9.50	311.81
5	1.80	0.50	3.20	1.50	0.20	9.50	309.22
6	2.00	0.50	3.50	1.44	0.20	9.50	296.63
7	2.20	0.50	3.80	1.42	0.20	9.50	292.57
8	2.40	0.50	4.10	1.39	0.20	9.50	287.20
9	2.60	0.50	4.40	1.35	0.20	9.50	279.77
10	2.80	0.50	4.70	1.33	0.20	9.50	276.49
11	3.00	0.50	5.00	1.32	0.20	9.50	273.37
12	3.20	0.50	5.30	1.29	0.20	9.50	268.50
13	3.40	0.50	5.60	1.29	0.20	9.50	266.71
14	3.60	0.50	5.90	1.27	0.20	9.50	263.90
15	3.80	0.50	6.20	1.26	0.20	9.50	262.41
16	4.00	0.50	6.50	1.27	0.20	9.50	263.27



**Project: Ampliamento Scuola Pascoli**  
**Location: Gatteo**

Cone Type:  
 Cone Operator:





**Tabular results**

::: Layer No: 1 :::		
<b>Code:</b> Layer_1	<b>Start depth:</b> 0.08 (m), <b>End depth:</b> 1.22 (m)	
<b>Description:</b> Very dense/stiff soil		
<b>Basic results</b>		
Total cone resistance:	1.14 ±0.18 MPa	
Sleeve friction:	78.88 ±17.69 kPa	
Ic:	2.61 ±0.12	
SBT <sub>n</sub> :	9	
SBTn description:	Very dense/stiff soil	
<b>Estimation results</b>		
Permeability:	1.74E-07 ±2.64E-07 m/s	Constrained Mod.: 15.73 ±2.44 MPa
N <sub>60</sub> :	4.59 ±0.93 blows	Go: 28.64 ±7.23 MPa
Es:	0.00 ±0.00 MPa	Su: 80.55 ±12.45 kPa
Dr (%):	0.00 ±0.00	Su ratio: 5.51 ±2.05
φ (degrees):	0.00 ±0.00 °	O.C.R.: 25.45 ±9.46
Unit weight:	19.00 ±0.00 kN/m <sup>3</sup>	

**::: Layer No: 2 :::****Code:** Layer\_2 **Start depth:** 1.22 (m), **End depth:** 1.79 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.79 ±0.11 MPa

Sleeve friction: 121.28 ±7.23 kPa

Ic: 2.70 ±0.03

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 5.85E-08 ±1.08E-08 m/s

N<sub>60</sub>: 7.66 ±0.55 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 24.63 ±1.50 MPa

Go: 48.88 ±2.97 MPa

Su: 125.65 ±7.65 kPa

Su ratio: 3.85 ±0.24

O.C.R.: 17.77 ±1.10

**::: Layer No: 3 :::****Code:** Layer\_3 **Start depth:** 1.79 (m), **End depth:** 3.18 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.53 ±0.16 MPa

Sleeve friction: 86.78 ±20.02 kPa

Ic: 2.80 ±0.09

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 3.45E-08 ±2.45E-08 m/s

N<sub>60</sub>: 6.94 ±0.64 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 20.75 ±2.22 MPa

Go: 46.81 ±4.97 MPa

Su: 105.87 ±11.35 kPa

Su ratio: 2.25 ±0.30

O.C.R.: 10.41 ±1.38

**::: Layer No: 4 :::****Code:** Layer\_4 **Start depth:** 3.18 (m), **End depth:** 6.23 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.06 ±0.22 MPa

Sleeve friction: 42.04 ±13.58 kPa

Ic: 2.97 ±0.16

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 2.30E-08 ±5.40E-08 m/s

N<sub>60</sub>: 5.34 ±0.84 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 12.76 ±3.64 MPa

Go: 37.41 ±5.86 MPa

Su: 66.97 ±11.89 kPa

Su ratio: 1.00 ±0.19

O.C.R.: 4.61 ±0.87

**::: Layer No: 5 :::****Code:** Layer\_5 **Start depth:** 6.23 (m), **End depth:** 11.16 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.11 ±0.43 MPa

Sleeve friction: 26.37 ±12.86 kPa

Ic: 3.04 ±0.25

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 3.20E-08 ±1.19E-07 m/s

N<sub>60</sub>: 5.66 ±1.14 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 9.74 ±8.02 MPa

Go: 37.78 ±6.24 MPa

Su: 63.28 ±23.43 kPa

Su ratio: 0.64 ±0.29

O.C.R.: 2.96 ±1.35

**::: Layer No: 6 :::****Code:** Layer\_6 **Start depth:** 11.16 (m), **End depth:** 12.47 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.49 ±0.20 MPa

Sleeve friction: 52.47 ±18.64 kPa

Ic: 3.09 ±0.11

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 5.36E-09 ±6.30E-09 m/s

N<sub>60</sub>: 8.07 ±0.93 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 12.29 ±3.46 MPa

Go: 57.48 ±8.32 MPa

Su: 90.12 ±13.83 kPa

Su ratio: 0.68 ±0.10

O.C.R.: 3.15 ±0.44

**::: Layer No: 7 :::****Code:** Layer\_7 **Start depth:** 12.47 (m), **End depth:** 13.86 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 2.37 ±0.30 MPa

Sleeve friction: 95.54 ±21.54 kPa

Ic: 2.97 ±0.09

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 1.10E-08 ±9.96E-09 m/s

N<sub>60</sub>: 11.92 ±1.18 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 28.90 ±4.92 MPa

Go: 82.79 ±8.63 MPa

Su: 151.36 ±21.09 kPa

Su ratio: 1.05 ±0.13

O.C.R.: 4.84 ±0.61

**::: Layer No: 8 :::****Code:** Layer\_8 **Start depth:** 13.86 (m), **End depth:** 15.30 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 2.42 ±0.25 MPa

Sleeve friction: 112.50 ±23.20 kPa

Ic: 3.03 ±0.05

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 5.63E-09 ±1.72E-09 m/s

N<sub>60</sub>: 12.72 ±1.16 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 28.41 ±4.87 MPa

Go: 91.47 ±9.31 MPa

Su: 153.18 ±17.29 kPa

Su ratio: 0.97 ±0.10

O.C.R.: 4.49 ±0.47

**::: Layer No: 9 :::****Code:** Layer\_9 **Start depth:** 15.30 (m), **End depth:** 16.52 (m)**Description:** Clay**Basic results**

Total cone resistance: 1.42 ±0.24 MPa

Sleeve friction: 49.51 ±29.39 kPa

Ic: 3.22 ±0.09

SBT<sub>n</sub>: 3

SBTn description: Clay

**Estimation results**

Permeability: 1.89E-09 ±1.48E-09 m/s

N<sub>60</sub>: 8.41 ±1.51 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 7.78 ±3.56 MPa

Go: 60.45 ±13.30 MPa

Su: 80.04 ±17.18 kPa

Su ratio: 0.47 ±0.11

O.C.R.: 2.18 ±0.50



**:: Layer No: 10 ::****Code:** Layer\_10    **Start depth:** 16.52 (m), **End depth:** 17.68 (m)**Description:** Clay & silty clay**Basic results**

Total cone resistance: 4.11 ±2.43 MPa

Sleeve friction: 85.95 ±47.01 kPa

Ic: 2.74 ±0.26

SBT<sub>n</sub>: 4SBT<sub>n</sub> description: Clay & silty clay**Estimation results**

Permeability: 1.80E-07 ±2.88E-07 m/s

N<sub>60</sub>: 16.54 ±6.86 blows

Es: 0.00 ±0.00 MPa

Dr (%): 0.00 ±0.00

φ (degrees): 0.00 ±0.00 °

Unit weight: 19.00 ±0.00 kN/m<sup>3</sup>

Constrained Mod.: 50.06 ±36.52 MPa

Go: 96.06 ±28.92 MPa

Su: 187.65 ±87.40 kPa

Su ratio: 1.06 ±0.51

O.C.R.: 4.91 ±2.36

**Project: Ampliamento Scuola Pascoli**

**Location: Gatteo**

**Summary table of mean values**

From depth To depth (m)	Thickness (m)	Permeability (m/s)	SPT <sub>N60</sub> (blows/30cm)	E <sub>s</sub> (MPa)	D <sub>r</sub> (%)	Friction angle	Constrained modulus, M (MPa)	Shear modulus, G <sub>0</sub> (MPa)	Undrained strength, S <sub>u</sub> (kPa)	Undrained strength ratio	OCR	Unit weight (kN/m <sup>3</sup> )
0.08	1.14	1.74E-07	4.6	0.0	0.0	0.0	15.7	28.6	80.5	5.5	25.4	19.0
1.22		(±2.64E-07)	(±0.9)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±2.4)	(±7.2)	(±12.5)	(±2.0)	(±9.5)	(±0.0)
1.22	0.57	5.85E-08	7.7	0.0	0.0	0.0	24.6	48.9	125.6	3.8	17.8	19.0
1.79		(±1.08E-08)	(±0.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±1.5)	(±3.0)	(±7.7)	(±0.2)	(±1.1)	(±0.0)
1.79	1.39	3.45E-08	6.9	0.0	0.0	0.0	20.7	46.8	105.9	2.3	10.4	19.0
3.18		(±2.45E-08)	(±0.6)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±2.2)	(±5.0)	(±11.4)	(±0.3)	(±1.4)	(±0.0)
3.18	3.05	2.30E-08	5.3	0.0	0.0	0.0	12.8	37.4	67.0	1.0	4.6	19.0
6.23		(±5.40E-08)	(±0.8)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±3.6)	(±5.9)	(±11.9)	(±0.2)	(±0.9)	(±0.0)
6.23	4.93	3.20E-08	5.7	0.0	0.0	0.0	9.7	37.8	63.3	0.6	3.0	19.0
11.16		(±1.19E-07)	(±1.1)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±8.0)	(±6.2)	(±23.4)	(±0.3)	(±1.4)	(±0.0)
11.16	1.31	5.36E-09	8.1	0.0	0.0	0.0	12.3	57.5	90.1	0.7	3.1	19.0
12.47		(±6.30E-09)	(±0.9)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±3.5)	(±8.3)	(±13.8)	(±0.1)	(±0.4)	(±0.0)
12.47	1.39	1.10E-08	11.9	0.0	0.0	0.0	28.9	82.8	151.4	1.0	4.8	19.0
13.86		(±9.96E-09)	(±1.2)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±4.9)	(±8.6)	(±21.1)	(±0.1)	(±0.6)	(±0.0)
13.86	1.44	5.63E-09	12.7	0.0	0.0	0.0	28.4	91.5	153.2	1.0	4.5	19.0
15.30		(±1.72E-09)	(±1.2)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±4.9)	(±9.3)	(±17.3)	(±0.1)	(±0.5)	(±0.0)
15.30	1.22	1.89E-09	8.4	0.0	0.0	0.0	7.8	60.4	80.0	0.5	2.2	19.0
16.52		(±1.48E-09)	(±1.5)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±3.6)	(±13.3)	(±17.2)	(±0.1)	(±0.5)	(±0.0)
16.52	1.16	1.80E-07	16.5	0.0	0.0	0.0	50.1	96.1	187.7	1.1	4.9	19.0
17.68		(±2.88E-07)	(±6.9)	(±0.0)	(±0.0)	(±0.0)	(±36.5)	(±28.9)	(±87.4)	(±0.5)	(±2.4)	(±0.0)

Depth values presented in this table are measured from free ground surface

Presented below is a list of formulas used for the estimation of various soil properties. The formulas are presented in SI unit system and assume that all components are expressed in the same units.

**:: Unit Weight,  $g$  (kN/m<sup>3</sup>) ::**

$$g = g_w \cdot \left( 0.27 \cdot \log(R_f) + 0.36 \cdot \log\left(\frac{q_t}{p_a}\right) + 1.236 \right)$$

where  $g_w$  = water unit weight

**:: Permeability,  $k$  (m/s) ::**

$$I_c < 3.27 \text{ and } I_c > 1.00 \text{ then } k = 10^{0.952 - 3.04 \cdot I_c}$$

$$I_c \leq 4.00 \text{ and } I_c > 3.27 \text{ then } k = 10^{-4.52 - 1.37 \cdot I_c}$$

**::  $N_{sPT}$  (blows per 30 cm) ::**

$$N_{60} = \left( \frac{q_c}{p_a} \right) \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$$

$$N_{1(60)} = Q_{tn} \cdot \frac{1}{10^{1.1268 - 0.2817 \cdot I_c}}$$

**:: Young's Modulus,  $E_s$  (MPa) ::**

$$(q_t - \sigma_v) \cdot 0.015 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

(applicable only to  $I_c < I_{c\_cutoff}$ )

**:: Relative Density,  $Dr$  (%) ::**

$$100 \cdot \sqrt{\frac{Q_{tn}}{k_{DR}}} \quad \text{(applicable only to SBT}_n\text{: 5, 6, 7 and 8 or } I_c < I_{c\_cutoff}\text{)}$$

**:: State Parameter,  $\psi$  ::**

$$\psi = 0.56 - 0.33 \cdot \log(Q_{tn,cs})$$

**:: Drained Friction Angle,  $\phi$  (°) ::**

(applicable only to SBT<sub>n</sub>: 5, 6, 7 and 8 or  $I_c < I_{c\_cutoff}$ )

**:: 1-D constrained modulus,  $M$  (MPa) ::**

If  $I_c > 2.20$   
 $\alpha = 14$  for  $Q_{tn} > 14$   
 $\alpha = Q_{tn}$  for  $Q_{tn} \leq 14$   
 $M_{CPT} = \alpha \cdot (q_t - \sigma_v)$

If  $I_c \geq 2.20$

**:: Small strain shear Modulus,  $G_0$  (MPa) ::**

$$G_0 = (q_t - \sigma_v) \cdot 0.0188 \cdot 10^{0.55 \cdot I_c + 1.68}$$

**:: Shear Wave Velocity,  $V_s$  (m/s) ::**

$$V_s = \left( \frac{G_0}{\rho} \right)^{0.50}$$

**:: Undrained peak shear strength,  $S_u$  (kPa) ::**

$$N_{kt} = 10.50 + 7 \cdot \log(F_r) \text{ or user defined}$$

$$S_u = \frac{(q_t - \sigma_v)}{N_{kt}}$$

(applicable only to SBT<sub>n</sub>: 1, 2, 3, 4 and 9 or  $I_c > I_{c\_cutoff}$ )

**:: Remolded undrained shear strength,  $S_{u(rem)}$  (kPa) ::**

$$S_{u(rem)} = f_s \quad \text{(applicable only to SBT}_n\text{: 1, 2, 3, 4 and 9 or } I_c > I_{c\_cutoff}\text{)}$$

**:: Overconsolidation Ratio, OCR ::**

$$k_{OCR} = \left[ \frac{Q_{tn}^{0.20}}{0.25 \cdot (10.50 + 7 \cdot \log(F_r))} \right]^{1.25} \text{ or user defined}$$

$$OCR = k_{OCR} \cdot Q_{tn}$$

(applicable only to SBT<sub>n</sub>: 1, 2, 3, 4 and 9 or  $I_c > I_{c\_cutoff}$ )

**:: In situ Stress Ratio,  $K_0$  ::**

$$K_0 = (1 - \sin \phi') \cdot OCR^{\sin \phi'}$$

(applicable only to SBT<sub>n</sub>: 1, 2, 3, 4 and 9 or  $I_c > I_{c\_cutoff}$ )

**:: Soil Sensitivity,  $S_t$  ::**

$$S_t = \frac{N_s}{F_r}$$

(applicable only to SBT<sub>n</sub>: 1, 2, 3, 4 and 9 or  $I_c > I_{c\_cutoff}$ )

**:: Peak Friction Angle,  $\phi'$  (°) ::**

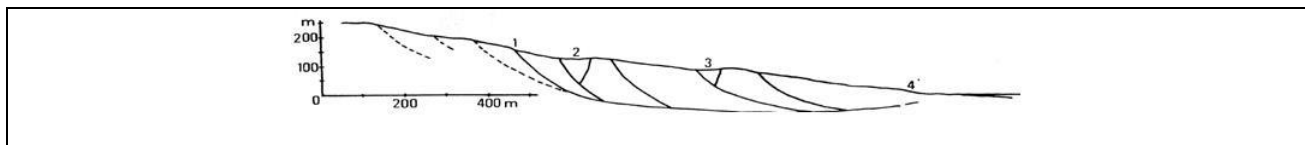
$$\phi' = 29.5^\circ \cdot B_q^{0.121} \cdot (0.256 + 0.336 \cdot B_q + \log Q_t)$$

(applicable for  $0.10 < B_q < 1.00$ )

**References**

- Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 5<sup>th</sup> Edition, November 2012
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)
- N Barounis, J Philpot, Estimation of in-situ water content, void ratio, dry unit weight and porosity using CPT for saturated sands, Proc. 20th NZGS Geotechnical Symposium

	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613



<b>Dottore Geologo Aride Bucci</b> <b>C.FISC:</b> <b>BCCRDA79L21C5730</b> <b>P.IVA: 03829020407</b>	<b>Via:</b> <b>- Forlì Cesena</b>  <b>Tel: 3495430080 -</b> <b>Fax:</b> <b>Email: info@geostru.eu</b> <b>Web: www.geostru.eu</b>
--	--

## Risposta Sismica Locale III Livello - RSL III

	<b>Data: giugno 2023</b>
	<b>Il committente Comune di Gatteo</b>
	<b>IL Tecnico</b>
	<b>Il Progettista</b>
<b>Pericolosità sismica di base</b>	

## INTRODUZIONE

### PROCEDURA DI CALCOLO

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

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

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

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

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

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

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

dove  $M$  rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da  $N$  strati orizzontali di cui l' $N$ -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno

strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt  $\left[ \tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z, t)}{\partial z \partial t} \right]$ , la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

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

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

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

che sostituita nella (1) pone

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

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

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

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

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

avendo posto

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

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

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

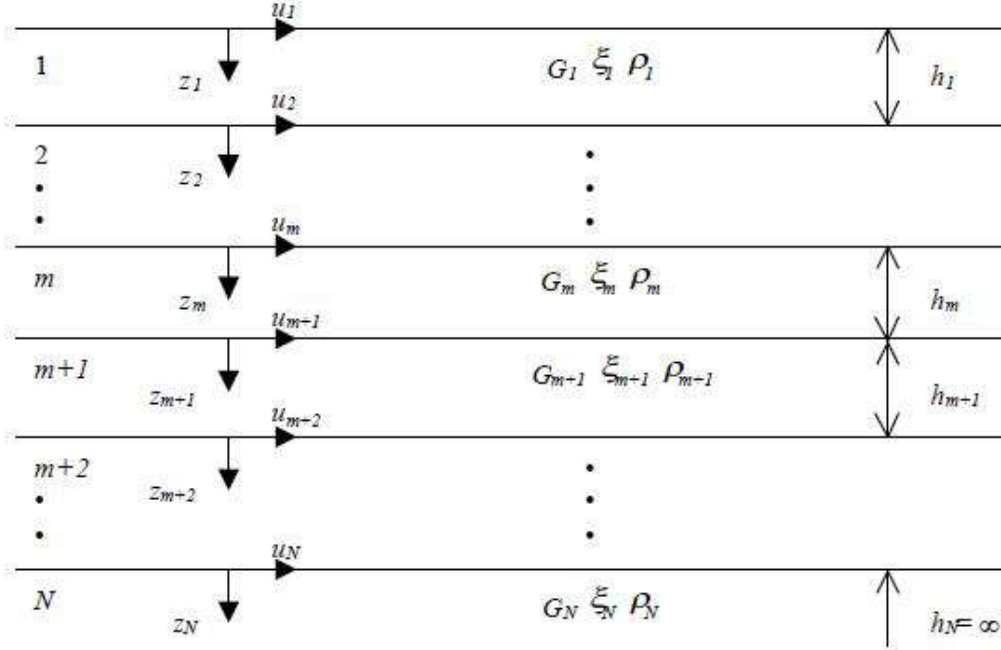


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

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

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

Il taglio invece è dato da:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

ovvero

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

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

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

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

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

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

Poiché in superficie il taglio è nullo,

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

si deduce che  $E_1 = F_1$ .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

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

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

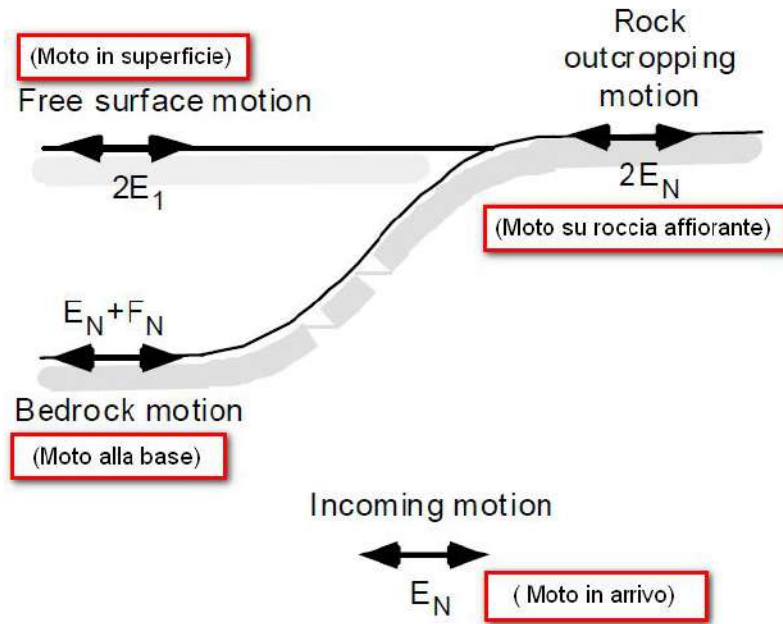


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

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

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

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

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

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

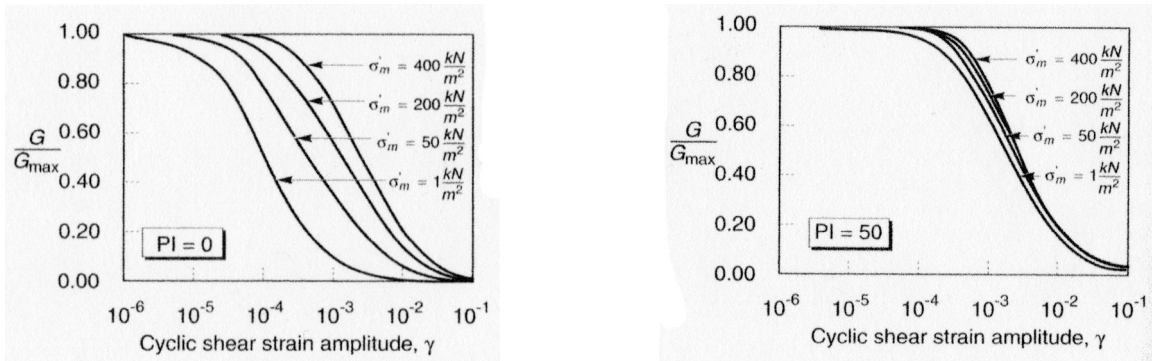
$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[ \ln \left( \frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145PI^{1.3}) \quad (26)$$

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

dove  $G_{max}$  è dato dalla relazione

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

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

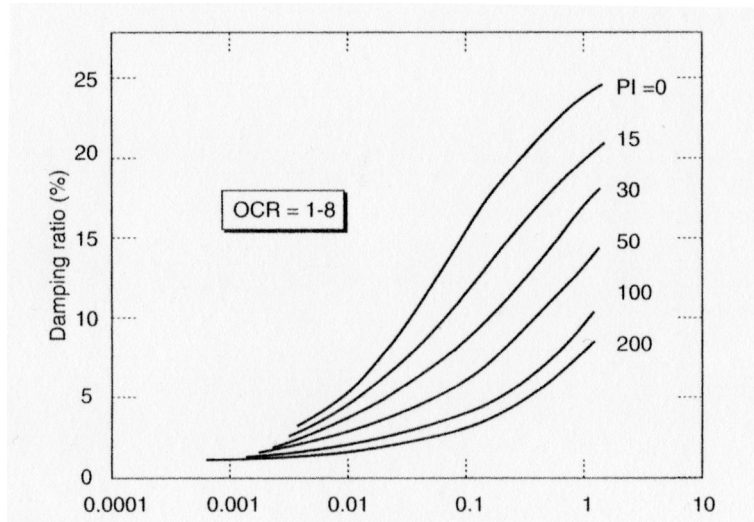


**Figura 2:** Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

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

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.3})}{2} \left[ 0.586 \left( \frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

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



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

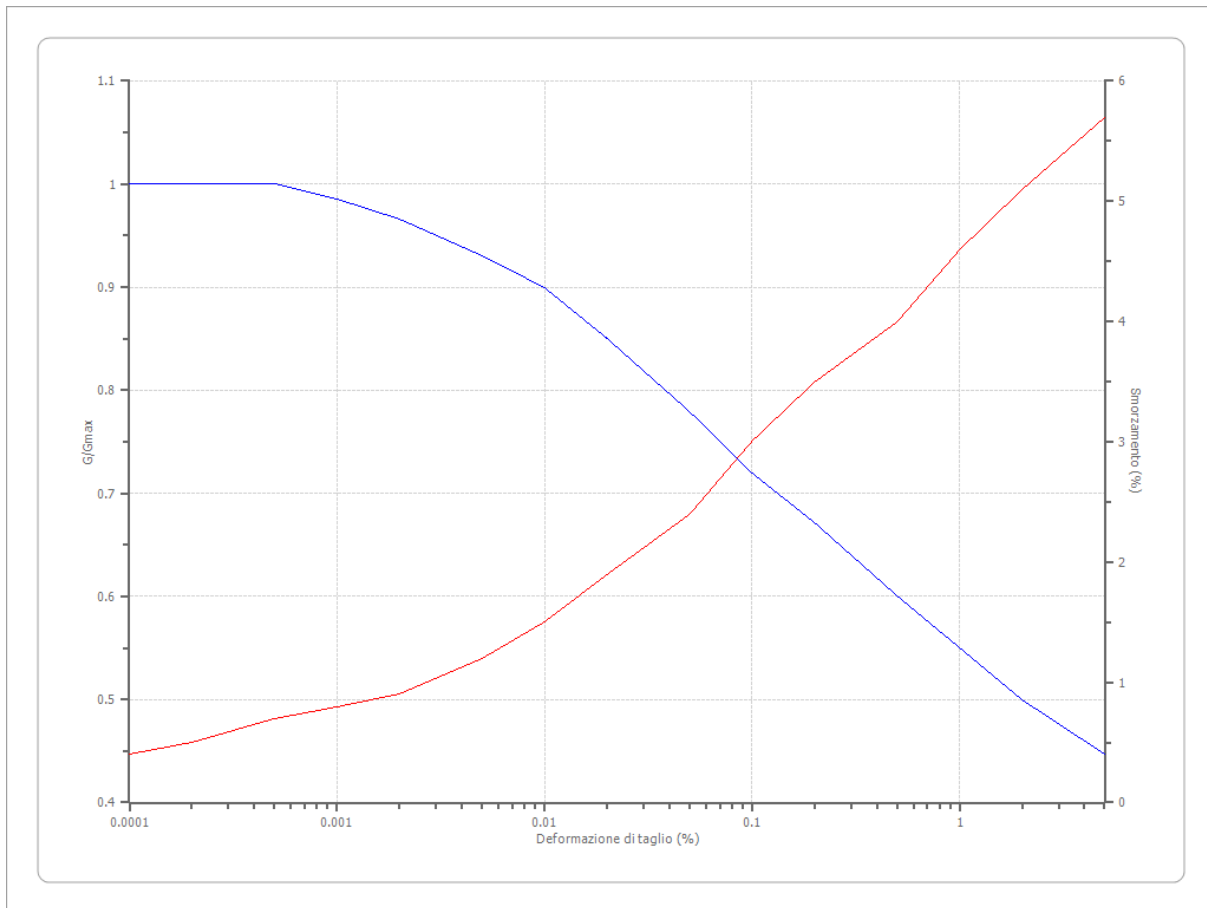
### Dati generali

Descrizione	Risposta Sismica Locale III Livello - RSL III
Committente	Comune di Gatteo
Cantiere	Scuola Pascoli Via Don Ghinelli
Operatore della prova	Lorenzo Gabrielli
Responsabile della prova	Geologo Aride Bucci
Data della prova	d.C./06/2023
Via	Via Don Ghinelli
Latitudine	44.1112938[°]
Longitudine	12.3847771[°]

### Terreni

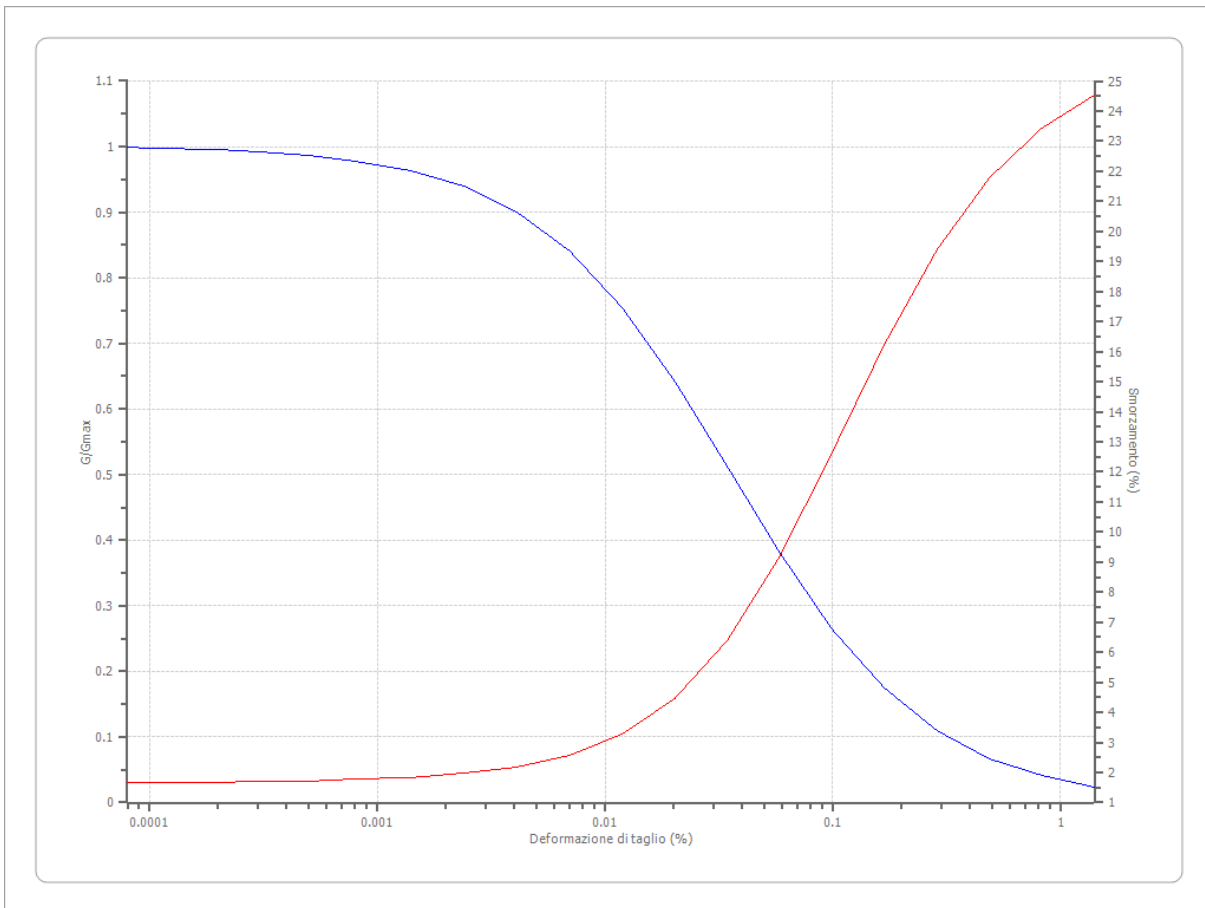
Idriss (1990) Rock

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.0001	1.000	0.0001	0.400
0.0002	1.000	0.0002	0.500
0.0005	1.000	0.0005	0.700
0.001	0.986	0.001	0.800
0.002	0.966	0.002	0.900
0.005	0.931	0.005	1.200
0.010	0.900	0.010	1.500
0.020	0.850	0.020	1.900
0.050	0.779	0.050	2.400
0.100	0.720	0.100	3.000
0.200	0.671	0.200	3.500
0.500	0.600	0.500	4.000
1.000	0.550	1.000	4.600
2.000	0.500	2.000	5.100
5.000	0.447	5.000	5.700



Lombardia - Limi argillosi

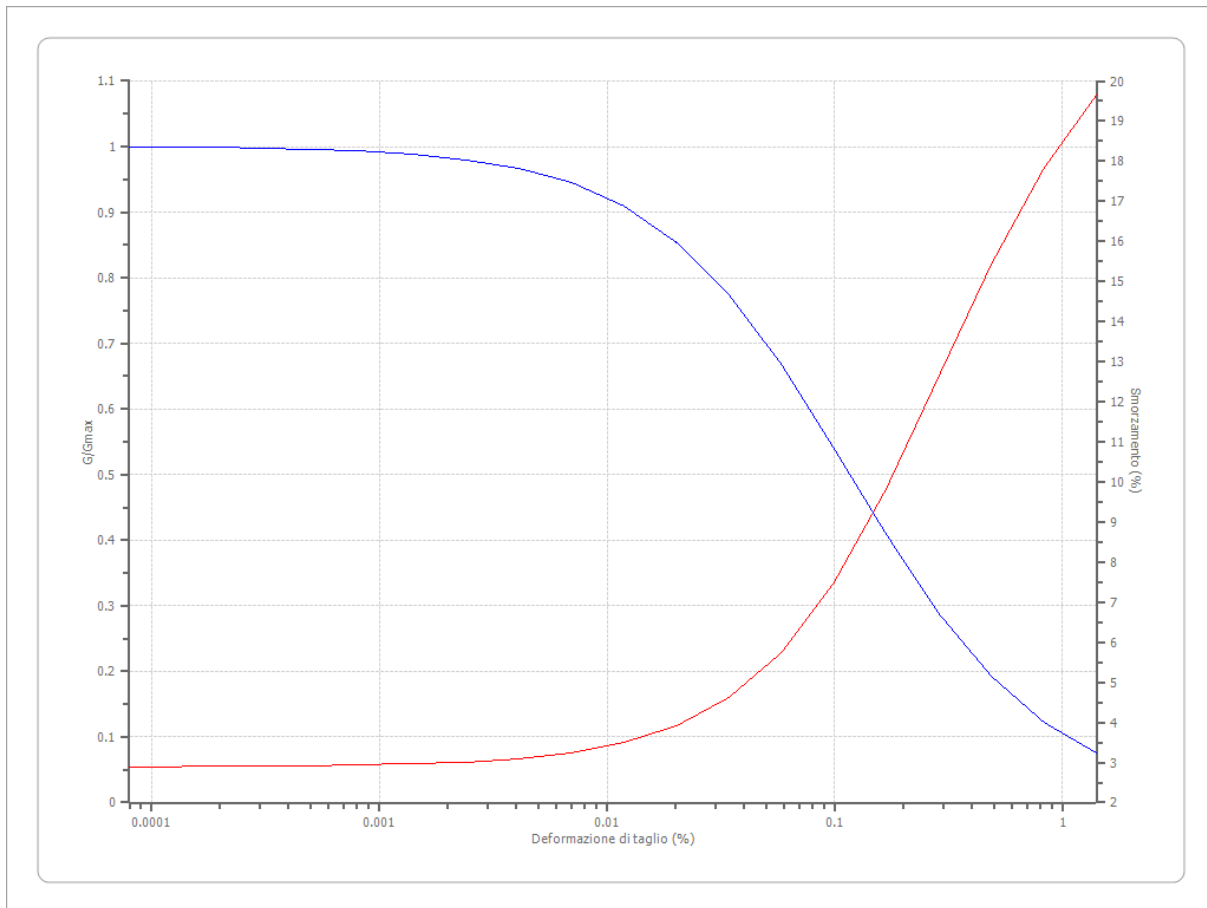
Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00008	1.000	0.00008	1.665475
0.0001	0.9974	0.0001	1.67745
0.0002	0.995575	0.0002	1.685925
0.0003	0.992475	0.0003	1.700375
0.0005	0.9872	0.0005	1.725175
0.0008	0.978325	0.0008	1.767775
0.0014	0.963575	0.0014	1.841375
0.0024	0.939225	0.0024	1.96895
0.0041	0.900325	0.0041	2.191675
0.007	0.8407	0.007	2.583075
0.0119	0.755075	0.0119	3.270475
0.0202	0.64305	0.0202	4.454025
0.0343	0.512875	0.0343	6.375775
0.0583	0.381	0.0583	9.167875
0.099	0.2647	0.099	12.63128
0.1684	0.173975	0.1684	16.22277
0.2862	0.109725	0.2862	19.36967
0.4866	0.0673	0.4866	21.77518
0.8272	0.040525	0.8272	23.44093
1.4063	0.024175	1.4063	24.52093



Lombardia - Argille limose

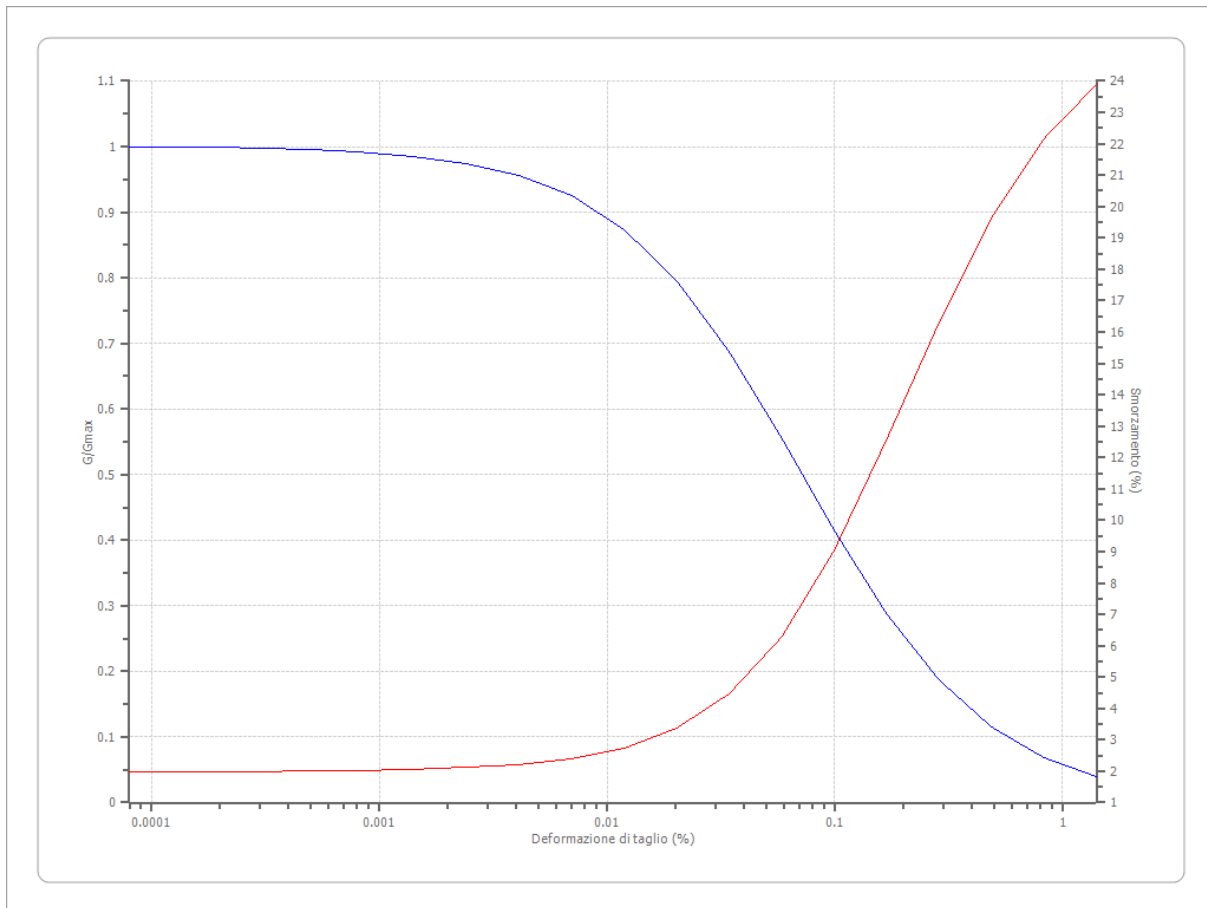
Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00008	1.000	0.00008	2.891
0.0001	0.9992	0.0001	2.8959
0.0002	0.9986	0.0002	2.8994
0.0003	0.9976	0.0003	2.9053
0.0005	0.9959	0.0005	2.9154
0.0008	0.9931	0.0008	2.9326
0.0014	0.9883	0.0014	2.962
0.0024	0.9802	0.0024	3.012
0.0041	0.9667	0.0041	3.0975
0.007	0.9445	0.007	3.2433
0.0119	0.9089	0.0119	3.4917
0.0202	0.854	0.0202	3.9125
0.0343	0.7742	0.0343	4.616
0.0583	0.6677	0.0583	5.7552
0.099	0.5408	0.099	7.4855
0.1684	0.4084	0.1684	9.848
0.2862	0.2881	0.2862	12.6362
0.4866	0.1918	0.4866	15.4287
0.8272	0.1221	0.8272	17.8243
1.4063	0.0754	1.4063	19.6357





Lombardia - Limi sabbiosi

Deformazione %	G/Gmax	Deformazione %	Smorzamento %
0.00008	1.000	0.00008	1.9826
0.0001	0.99915	0.0001	1.98695
0.0002	0.9985	0.0002	1.9903
0.0003	0.9974	0.0003	1.9962
0.0005	0.9953	0.0005	2.0067
0.0008	0.9918	0.0008	2.02525
0.0014	0.98555	0.0014	2.05825
0.0024	0.97465	0.0024	2.11705
0.0041	0.956	0.0041	2.222
0.007	0.9246	0.007	2.4103
0.0119	0.87385	0.0119	2.7498
0.0202	0.7964	0.0202	3.36165
0.0343	0.6886	0.0343	4.4464
0.0583	0.556	0.0583	6.2701
0.099	0.41535	0.099	9.0215
0.1684	0.2876	0.1684	12.55055
0.2862	0.1867	0.2862	16.2968
0.4866	0.11545	0.4866	19.6163
0.8272	0.0691	0.8272	22.15295
1.4063	0.0405	1.4063	23.89285



### Stratigrafia

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Terreno	Numero sottostrati	Gmax [MPa]	Smorzamento critico [%]	Peso unità vol. [kN/m <sup>3</sup> ]	Vs [m/s]	Tensione verticale [kPa]
1	argille e livelli di limo	--	15.9	Lombardia - Argille limose	0	73.65	--	19.0	195.0	151.1
2	limi argillosi	15.9	5.0	Lombardia - Limi argillosi	0	77.47	--	19.0	200.0	325.1
3	limi sabbiosi	20.9	60.0	Lombardia - Limi sabbiosi	0	98.67	--	20.0	220.0	653.8
4	ghiaie e sabbie	oo	--	Idriss (1990) Rock	0	1435.27	--	22.0	800.0	959.5

Strato con falda:

1

Strato rilevamento accelerogramma:

4 Interno

Data				Inscostituzioni		Deformazioni	
	--						
	--						

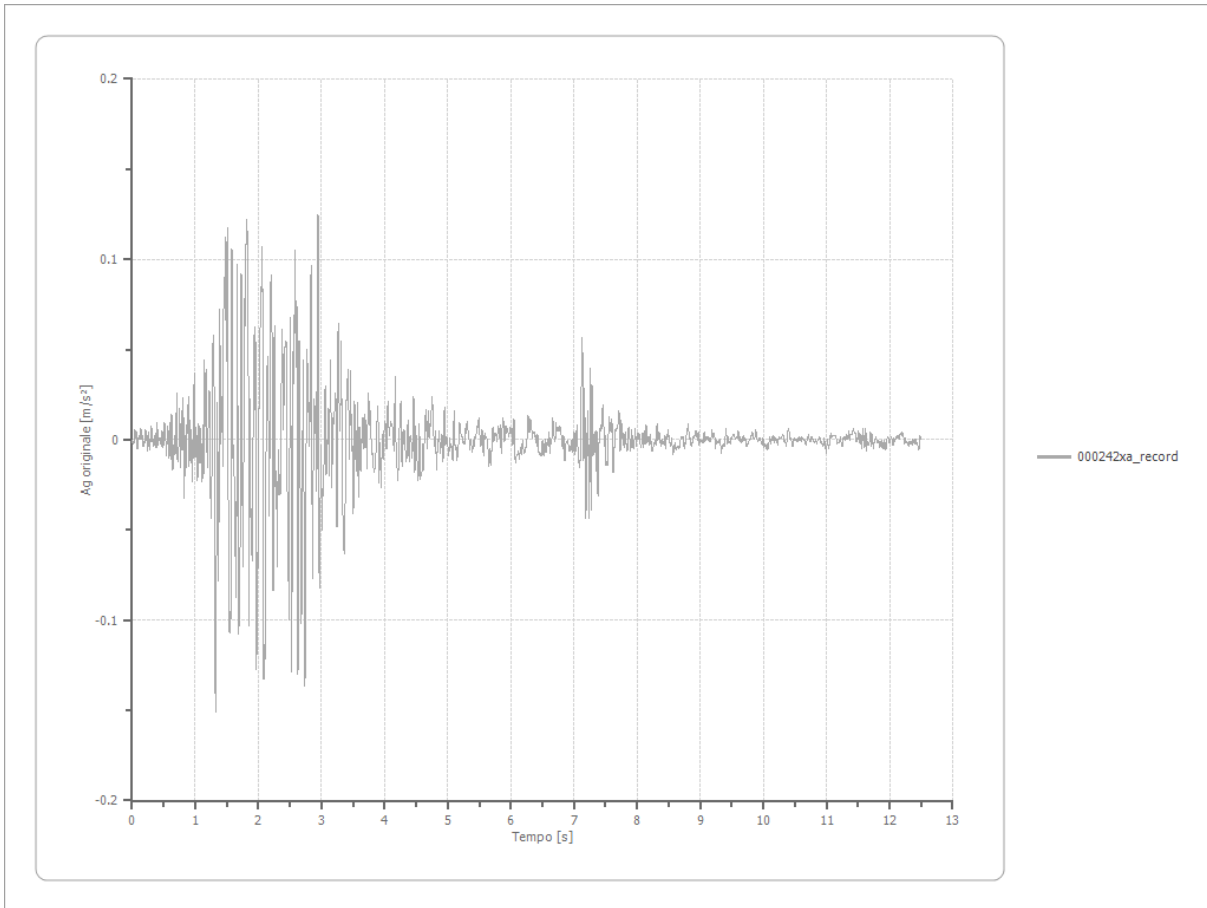
### Elaborazione

Numero di iterazioni                    20  
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5  
 Tipo di modulo elastico                Shake  
 Massimo errore percentuale di convergenza    --

### File 000242xa\_record:

#### Accelerogramma importato

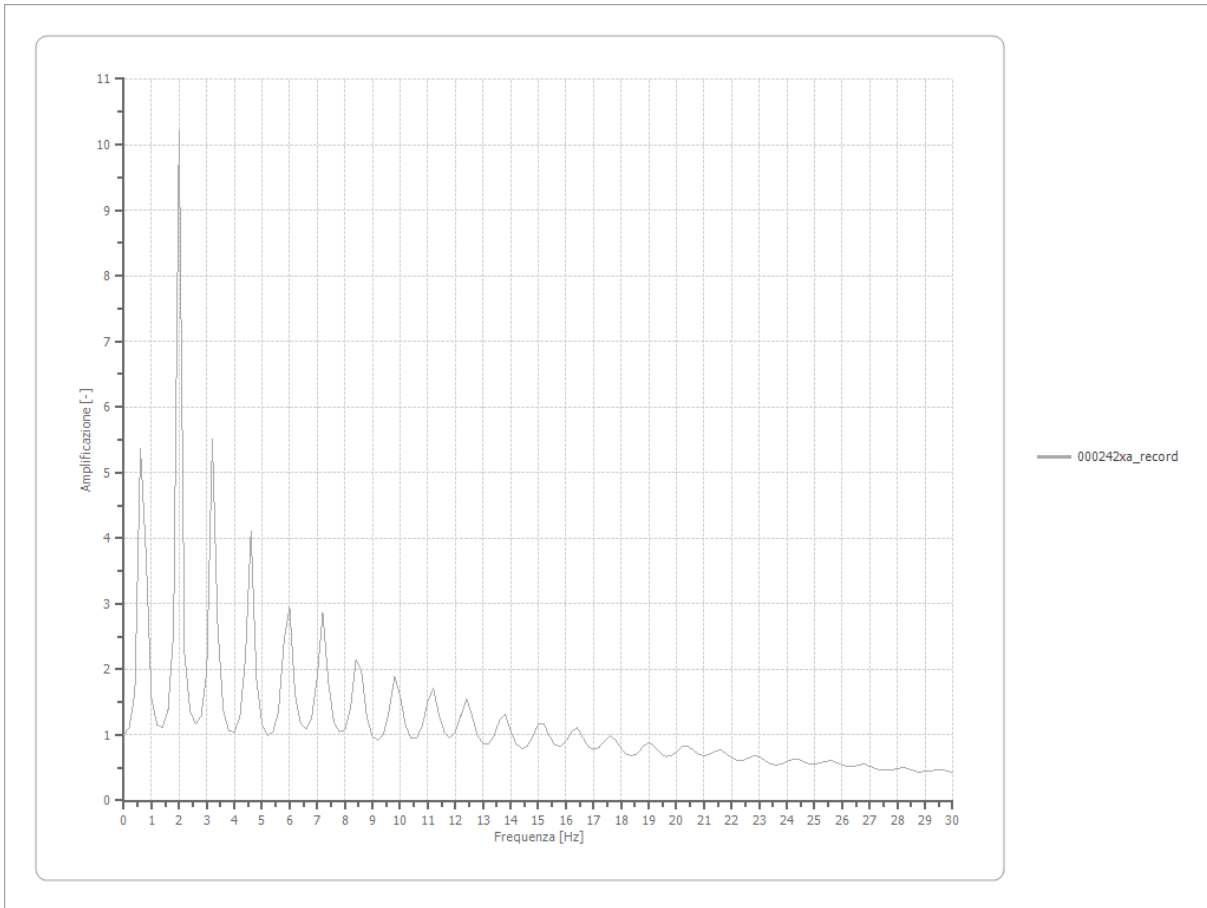
Nome del file                            000242xa\_record  
 Durata della traccia                    12.490 [s]  
 Accelerazione massima                0.151 [m/s<sup>2</sup>]  
 Periodo con accelerazione massima    1.320 [s]



### **Amplificazione**

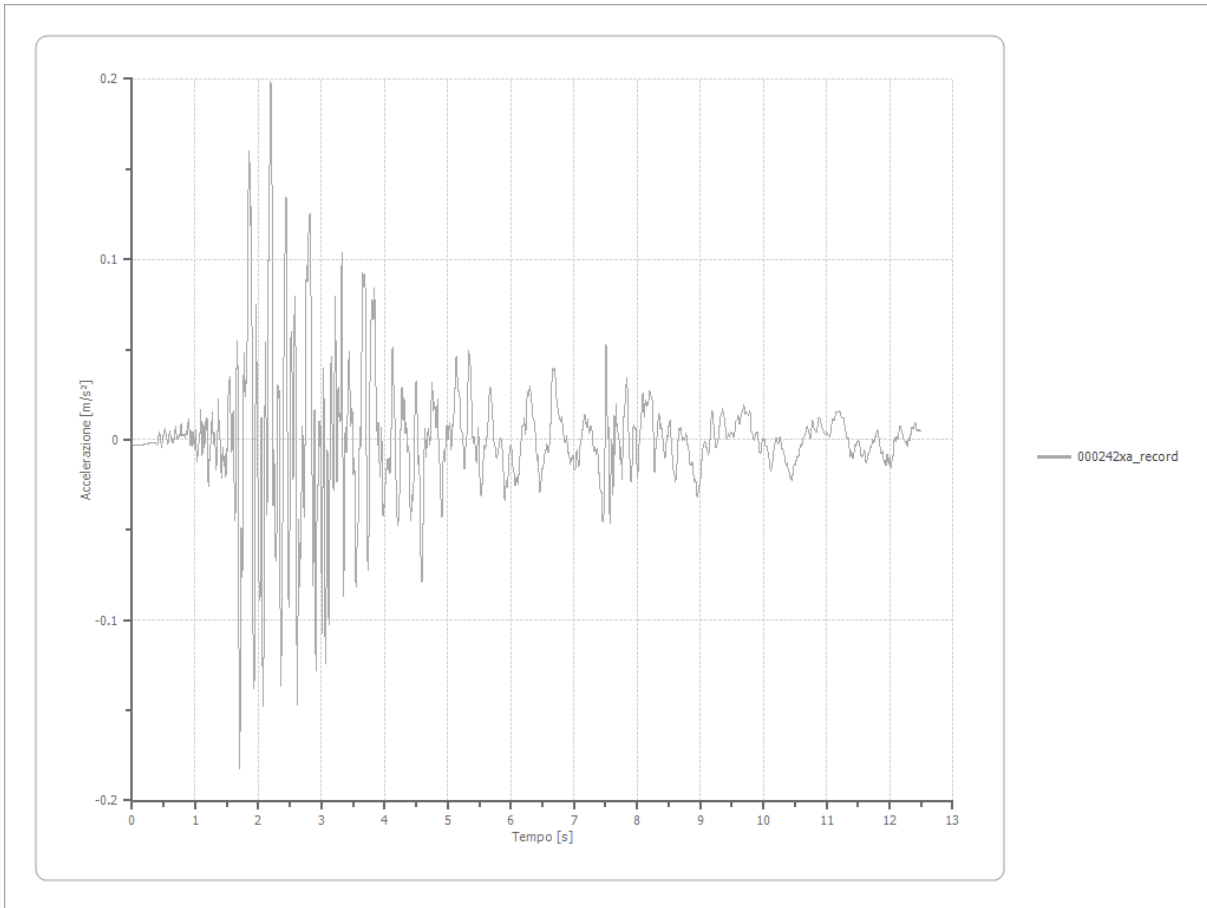
Strato iniziale  
Strato finale

4 Interno  
1 Affiorante



### Accelerazione

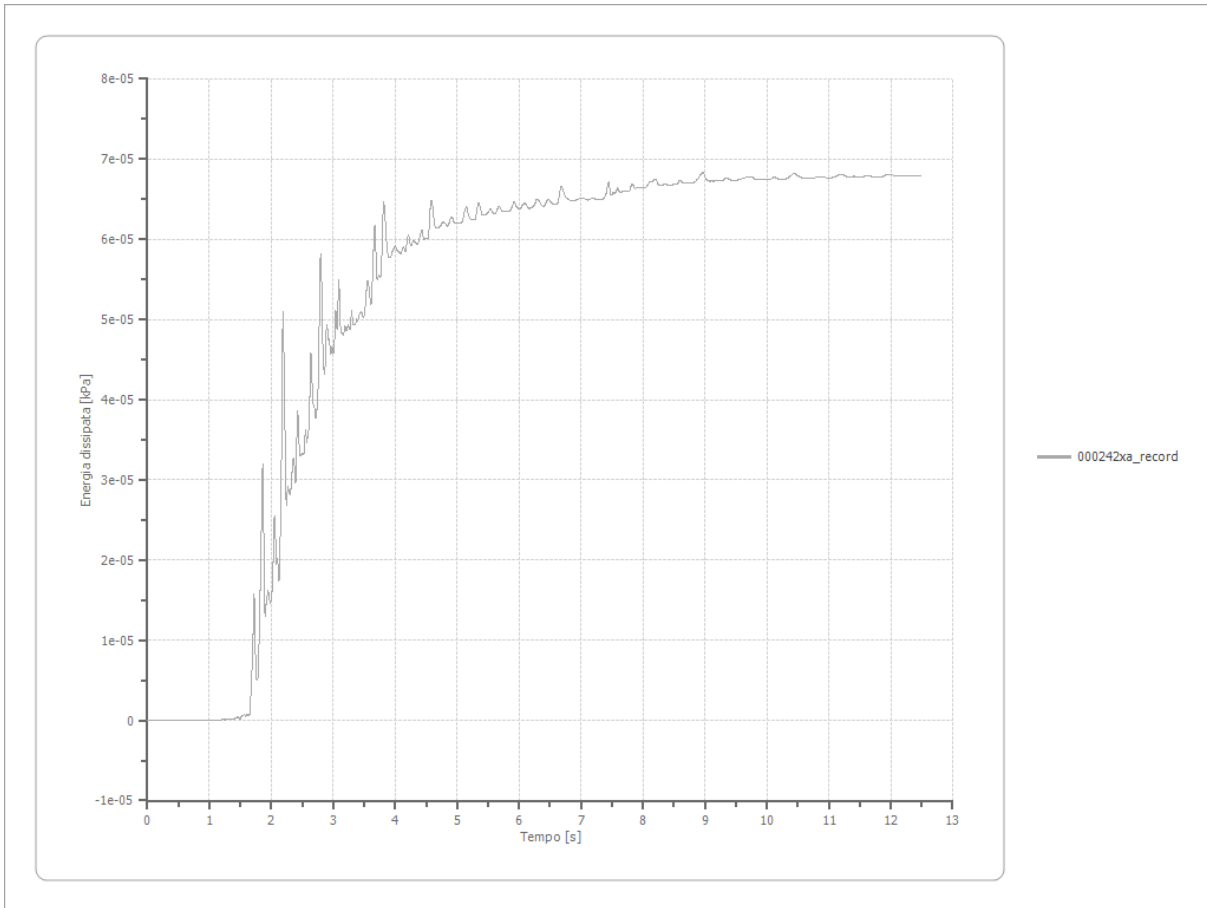
Strato	1 Affiorante
Pga	0.199 [m/s <sup>2</sup> ]
Pga0	0.151 [m/s <sup>2</sup> ]
Pga/Pga0	1.315
Accelerazione massima	0.199 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo accelerazione massima	2.195 [s]



## Energia dissipata

Numero di strati

1



### Trasformata di Fourier

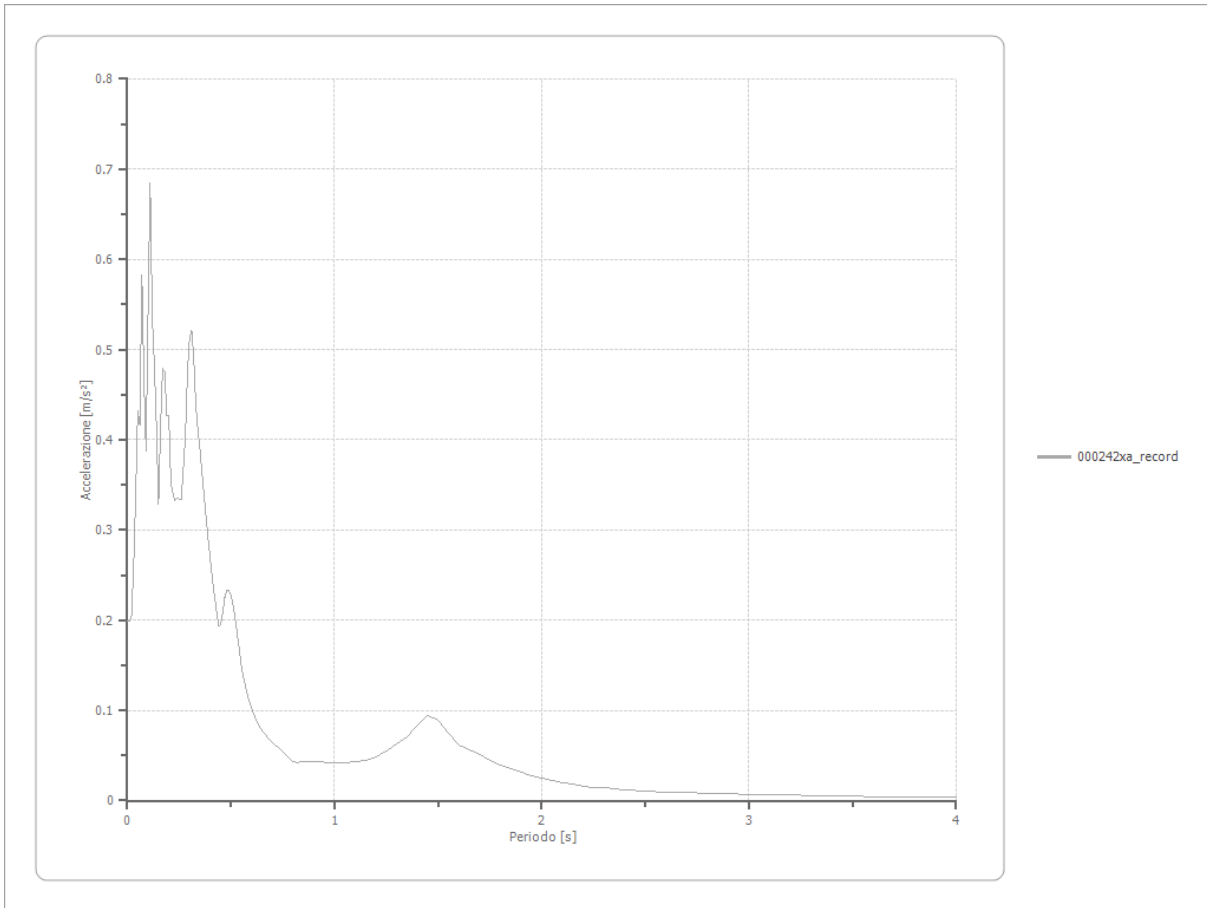
Strato	1	Affiorante
Numero di campioni del filtro a media mobile	1	

### Spettri

#### Accelerazione

Accelerazione massima	0.685 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo accelerazione massima	0.110 [s]

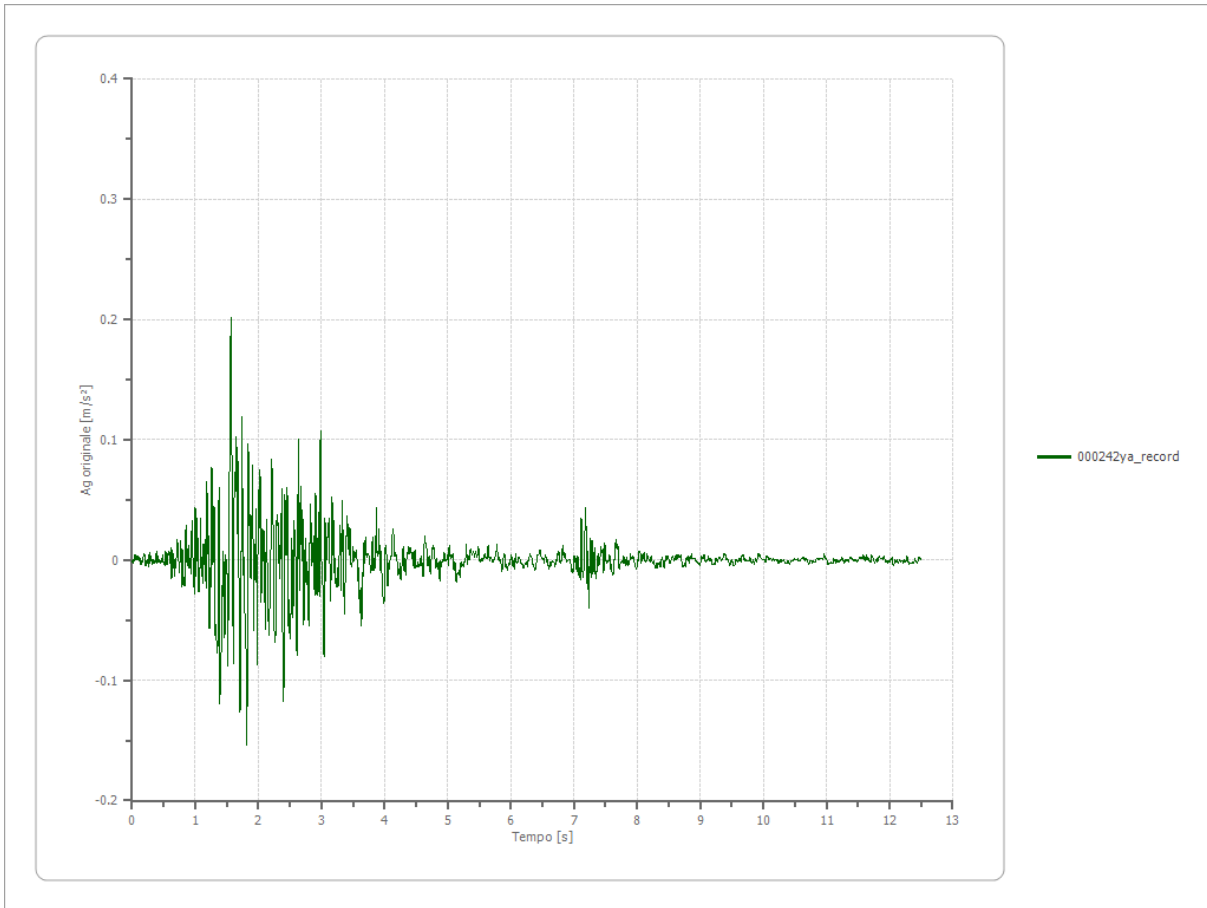




**File 000242ya\_record:**

**Accelerogramma importato**

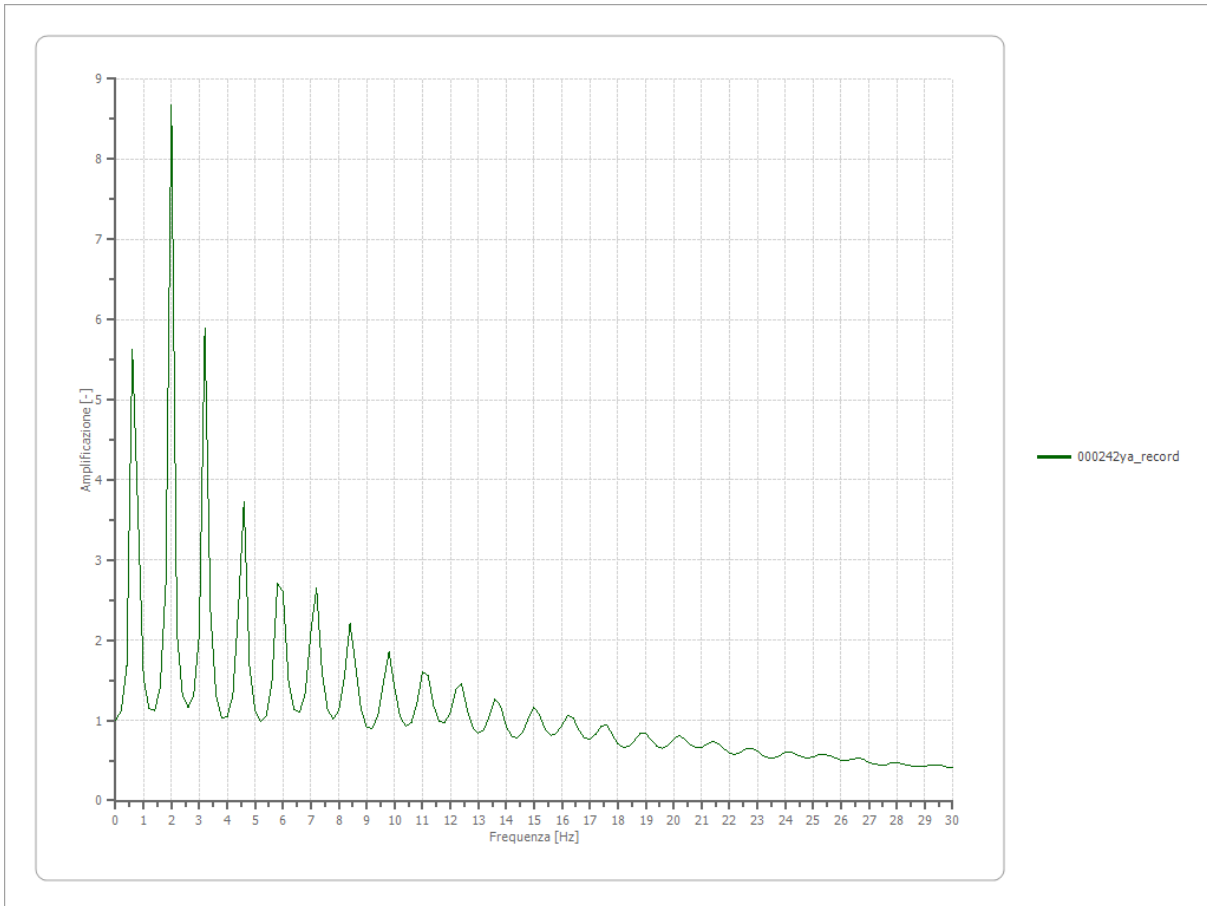
Nome del file	000242ya_record
Durata della traccia	12.500 [s]
Accelerazione massima	0.201 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo con accelerazione massima	1.565 [s]



### **Amplificazione**

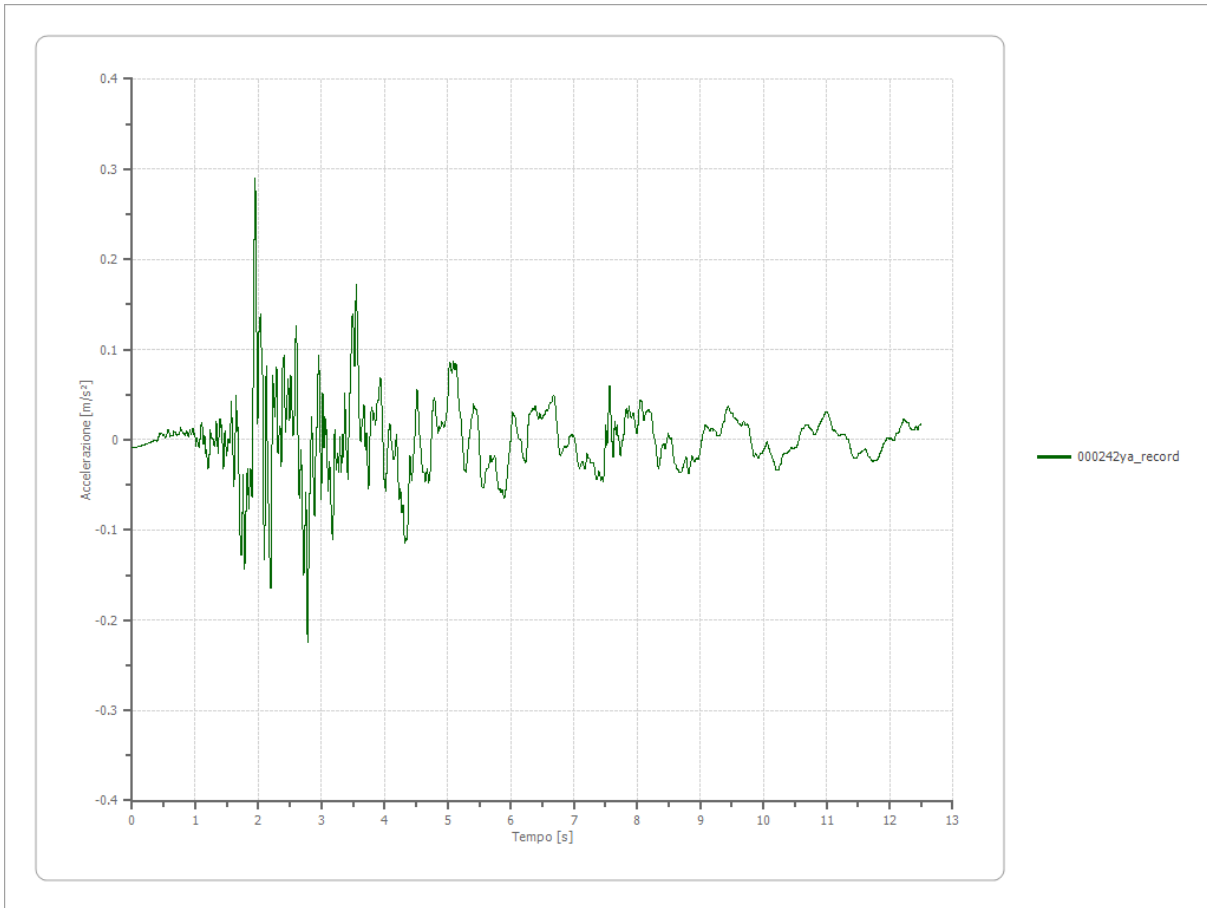
Strato iniziale  
Strato finale

4 Interno  
1 Affiorante



### Accelerazione

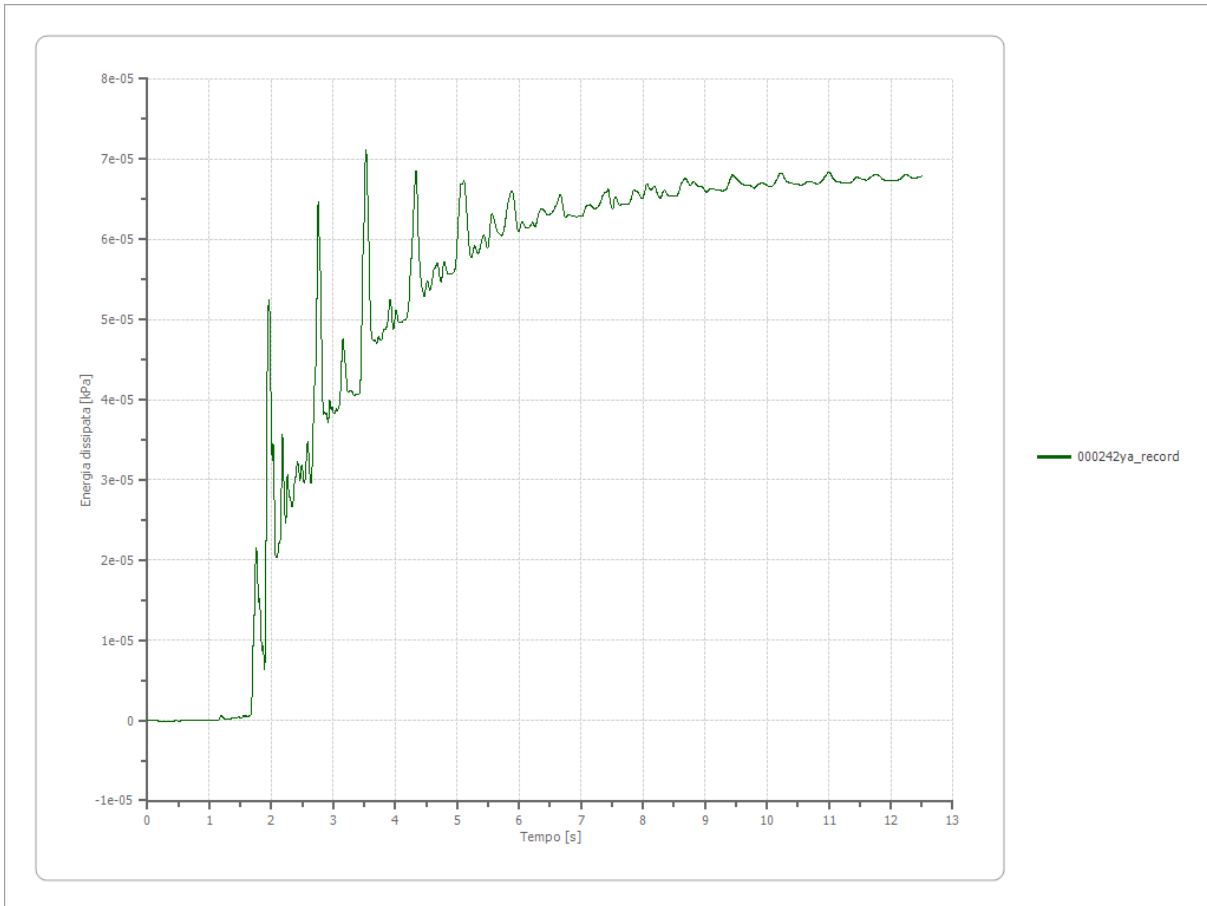
Strato	1 Affiorante
Pga	0.291 [m/s <sup>2</sup> ]
Pga0	0.201 [m/s <sup>2</sup> ]
Pga/Pga0	1.444
Accelerazione massima	0.291 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo accelerazione massima	1.950 [s]



### Energia dissipata

Numero di strati

1



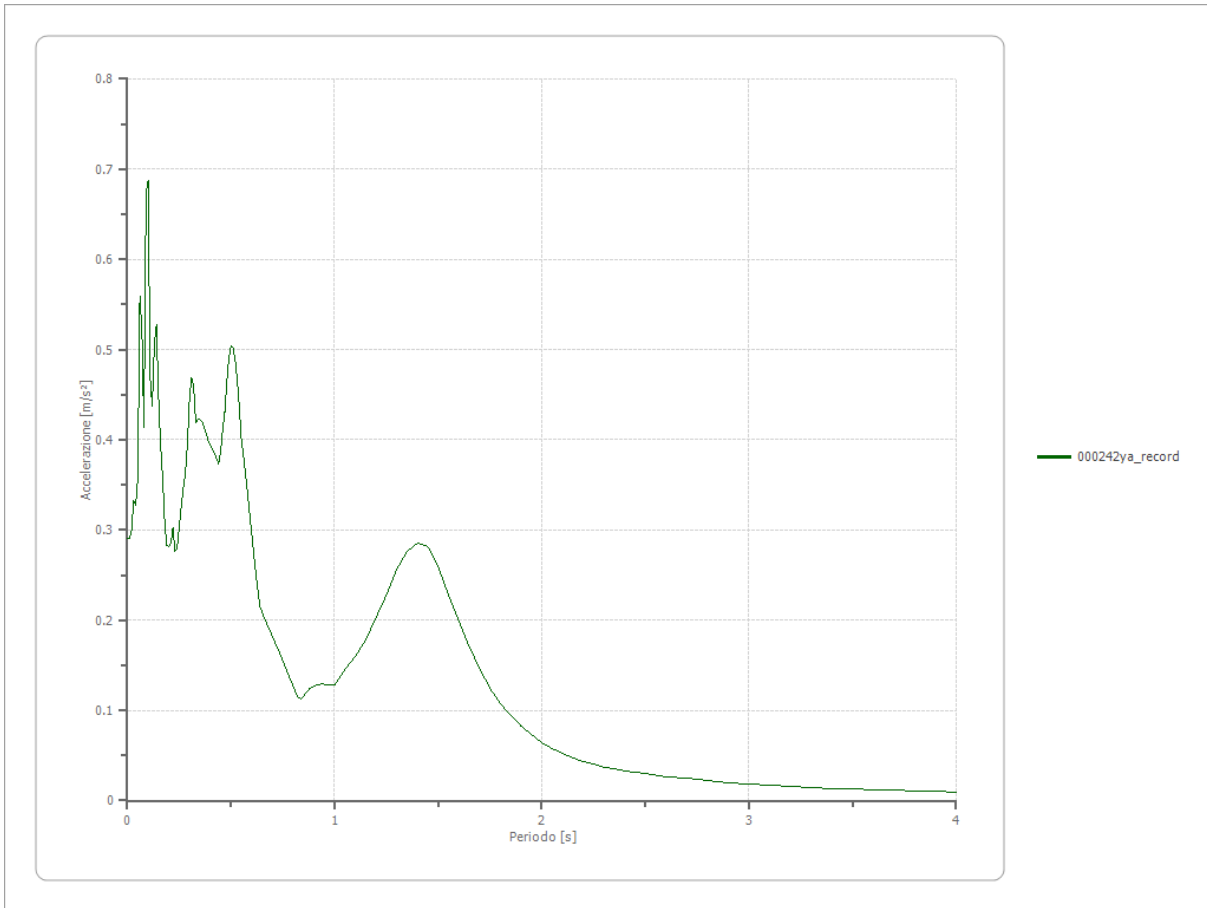
### Trasformata di Fourier

Strato 1 Affiorante  
 Numero di campioni del filtro a media mobile 1

### Spettri

#### Accelerazione

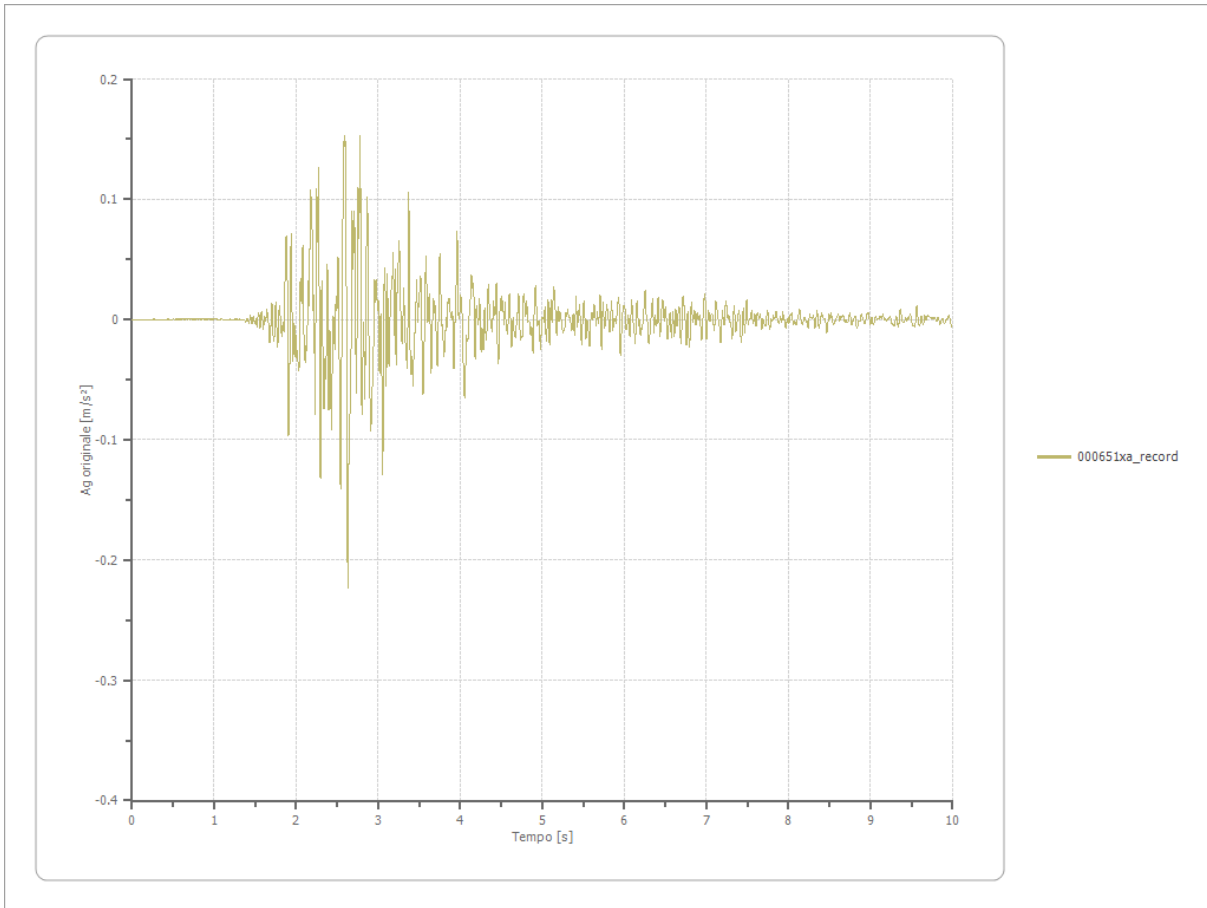
Accelerazione massima 0.687 [m/s<sup>2</sup>]  
 Periodo accelerazione massima 0.100 [s]



**File 000651xa\_record:**

**Accelerogramma importato**

Nome del file	000651xa_record
Durata della traccia	9.990 [s]
Accelerazione massima	0.223 [ $\text{m/s}^2$ ]
Periodo con accelerazione massima	2.630 [s]

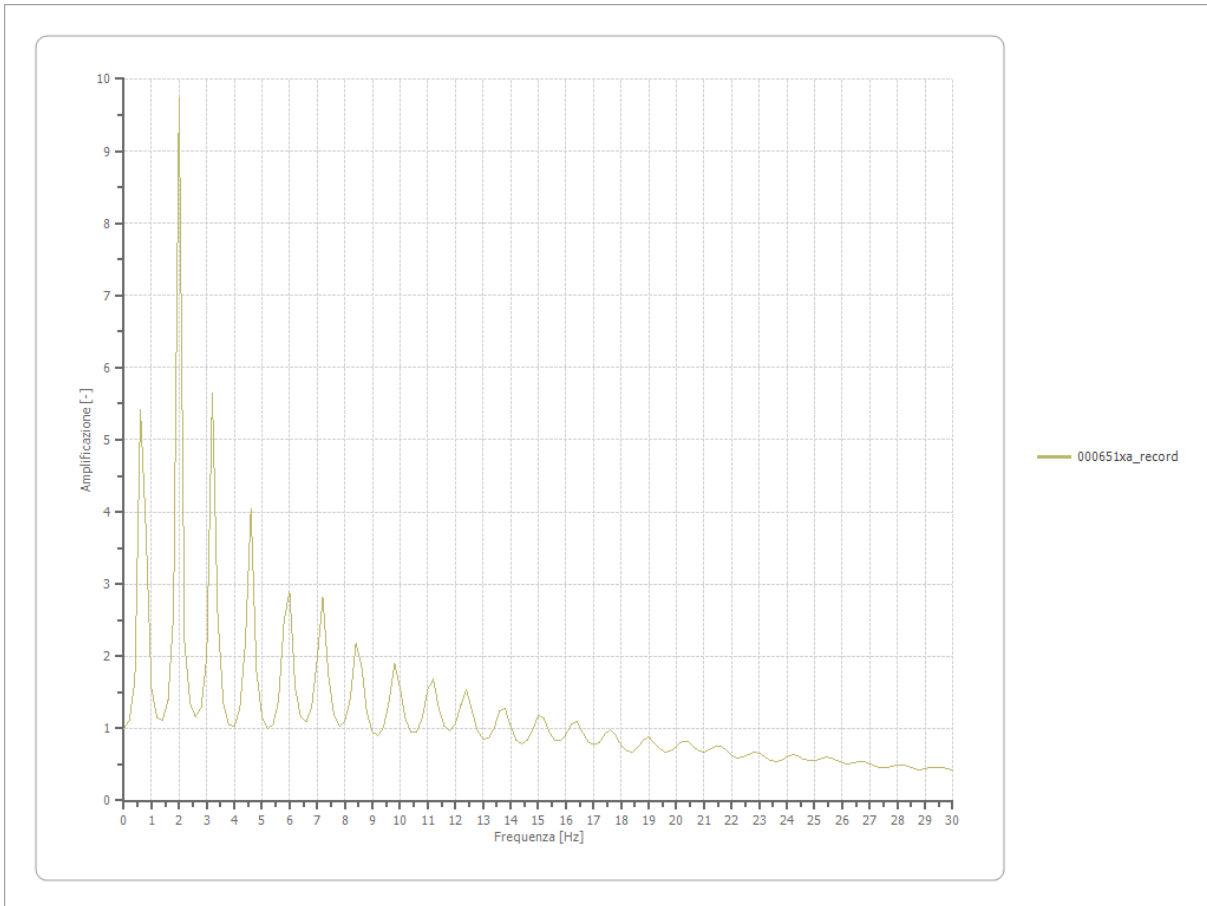


### **Amplificazione**

Strato iniziale  
Strato finale

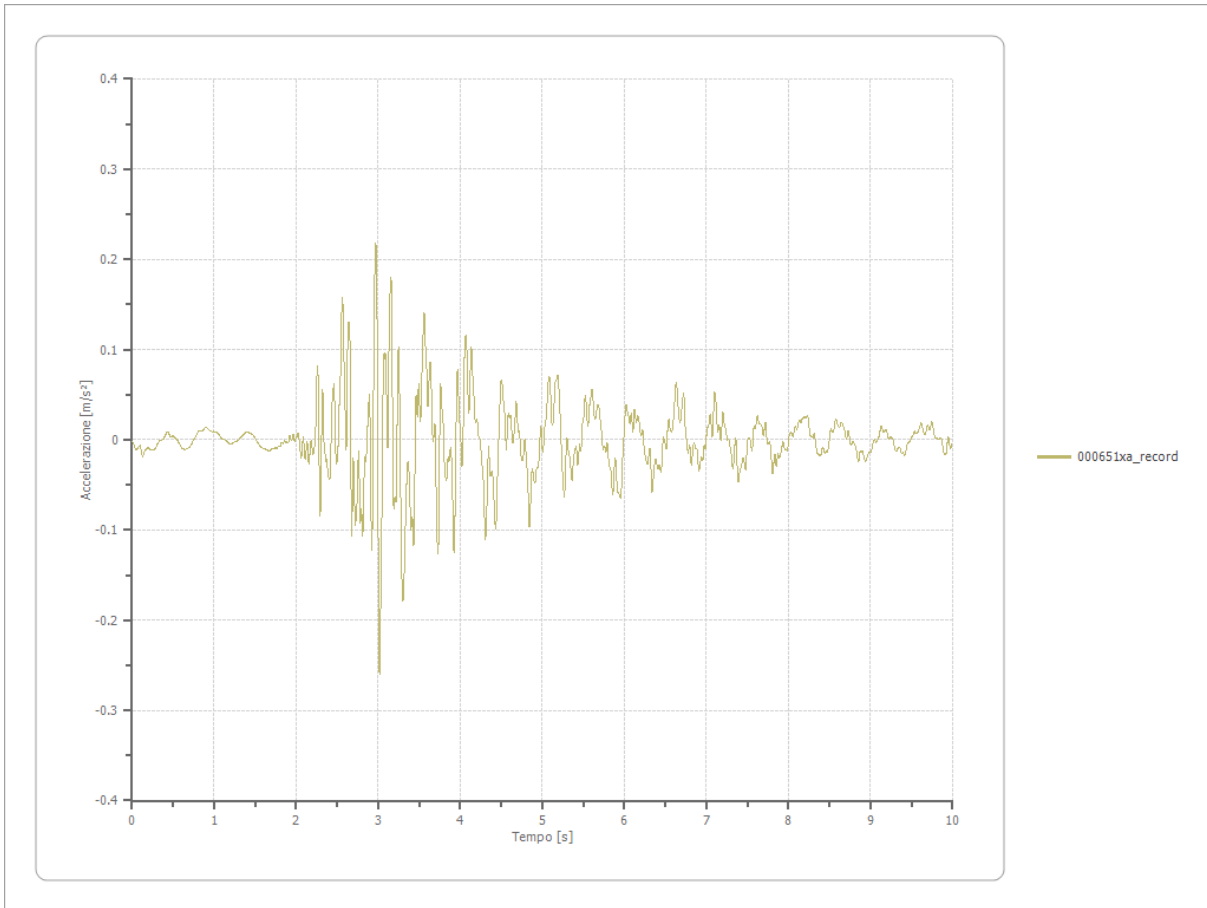
4 Interno  
1 Affiorante





### Accelerazione

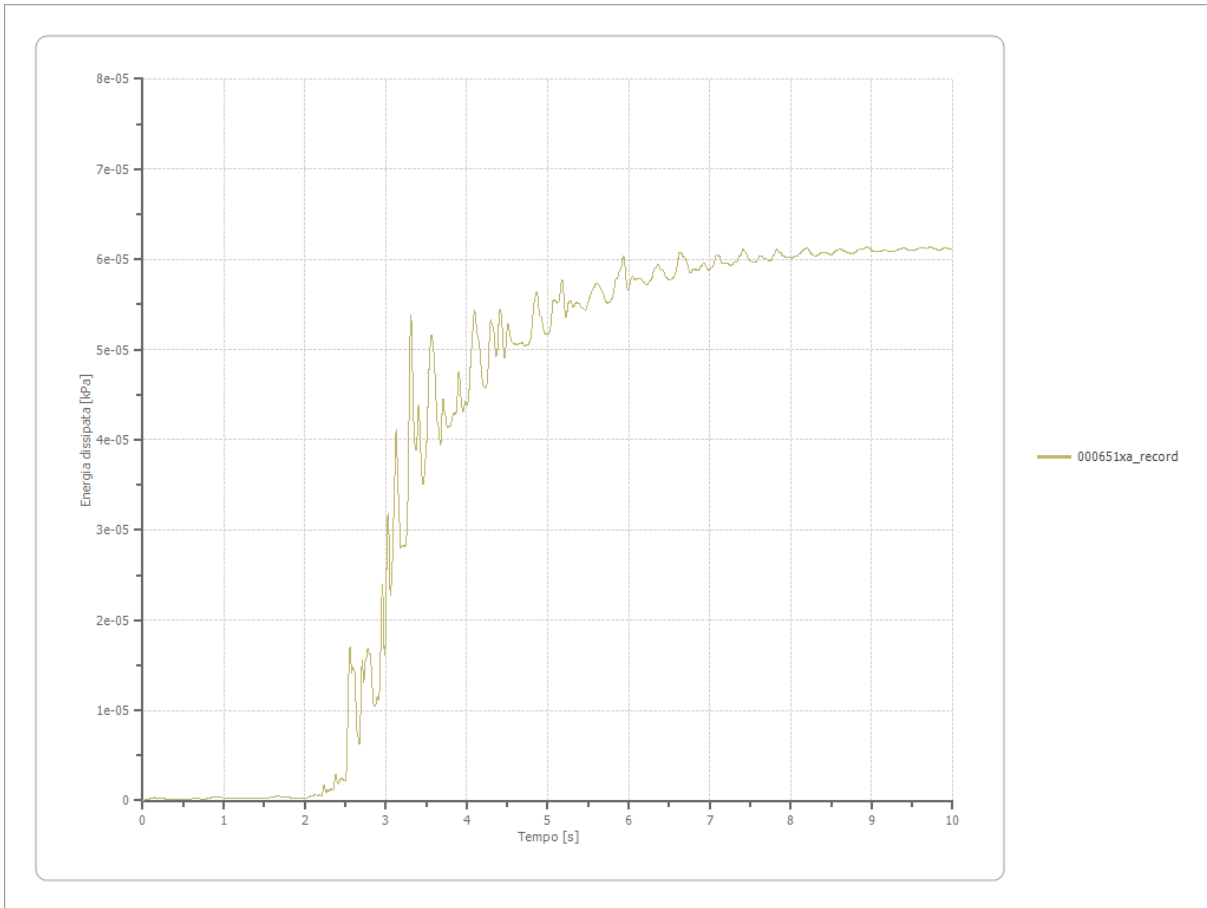
Strato	1 Affiorante
Pga	0.260 [m/s <sup>2</sup> ]
Pga0	0.223 [m/s <sup>2</sup> ]
Pga/Pga0	1.167
Accelerazione massima	0.260 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo accelerazione massima	3.015 [s]



## Energia dissipata

Numero di strati

1



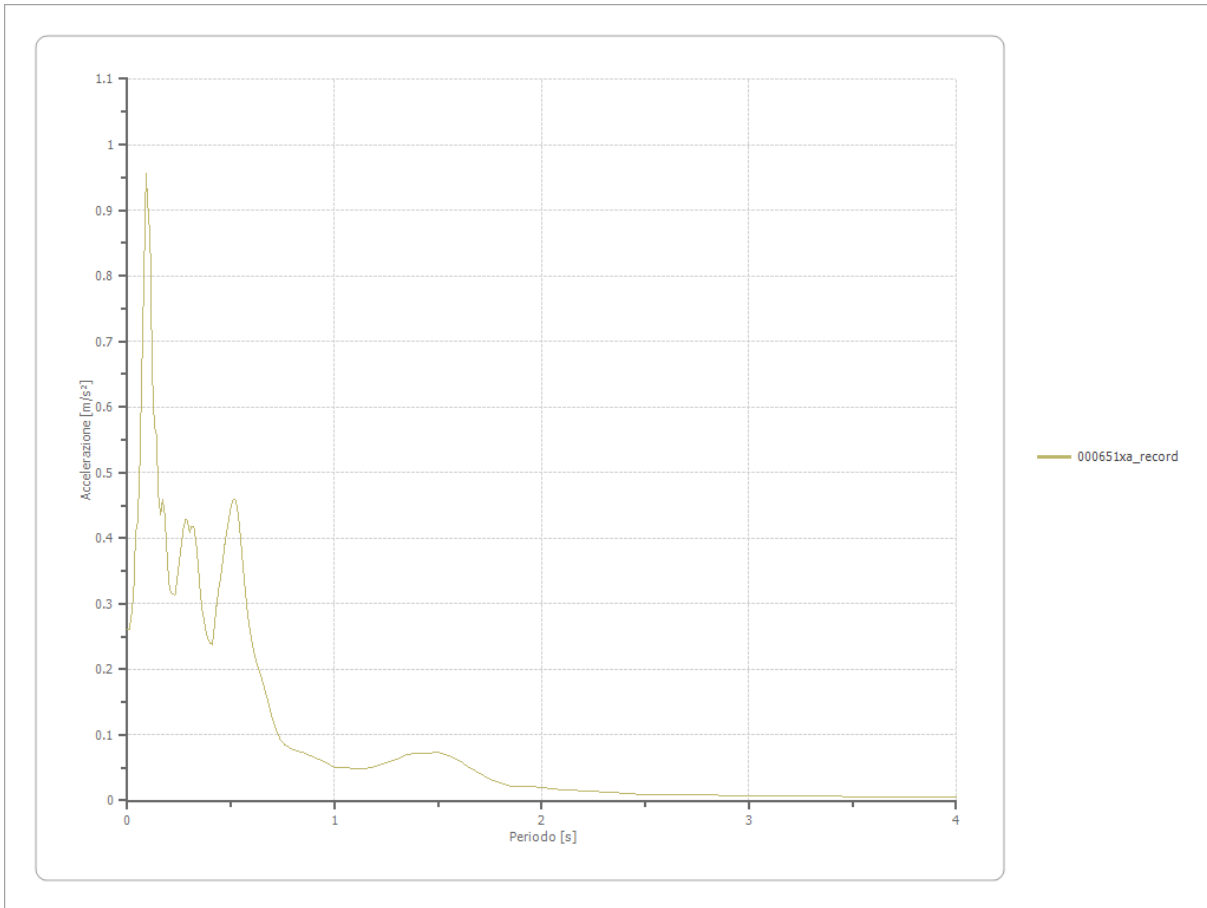
### Trasformata di Fourier

Strato 1 Affiorante  
 Numero di campioni del filtro a media mobile 1

### Spettri

#### Accelerazione

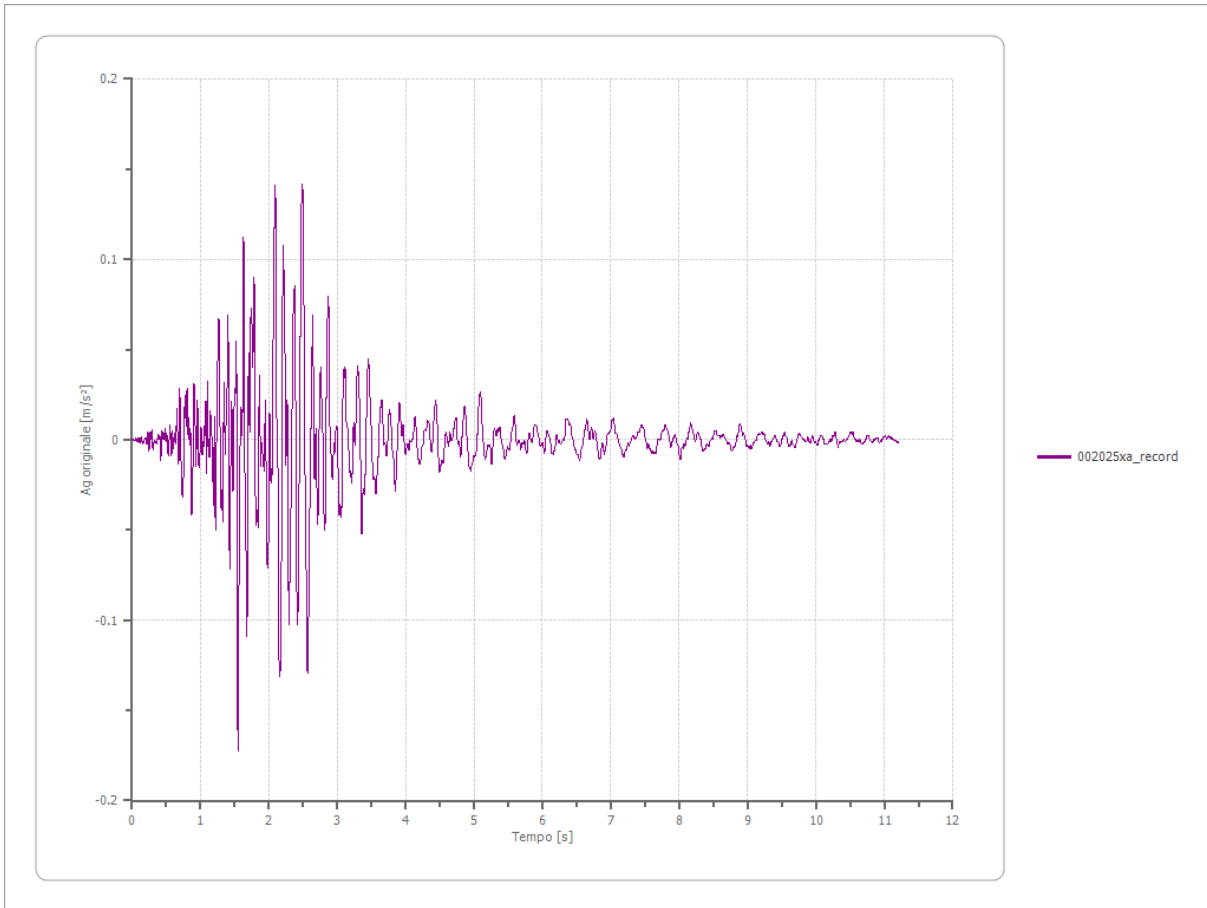
Accelerazione massima 0.957 [m/s<sup>2</sup>]  
 Periodo accelerazione massima 0.090 [s]



**File 002025xa\_record:**

**Accelerogramma importato**

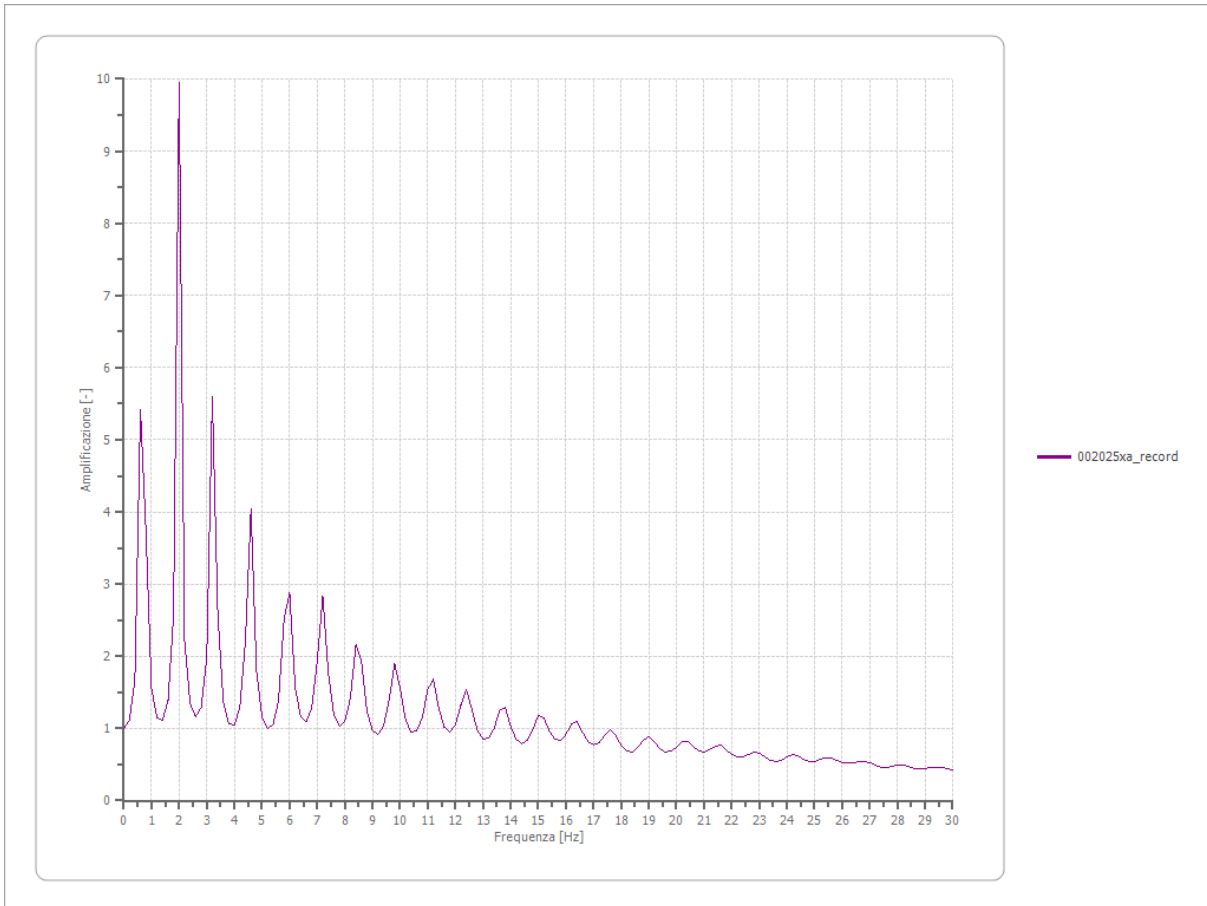
Nome del file	002025xa_record
Durata della traccia	11.210 [s]
Accelerazione massima	0.173 [ $\text{m/s}^2$ ]
Periodo con accelerazione massima	1.550 [s]



### **Amplificazione**

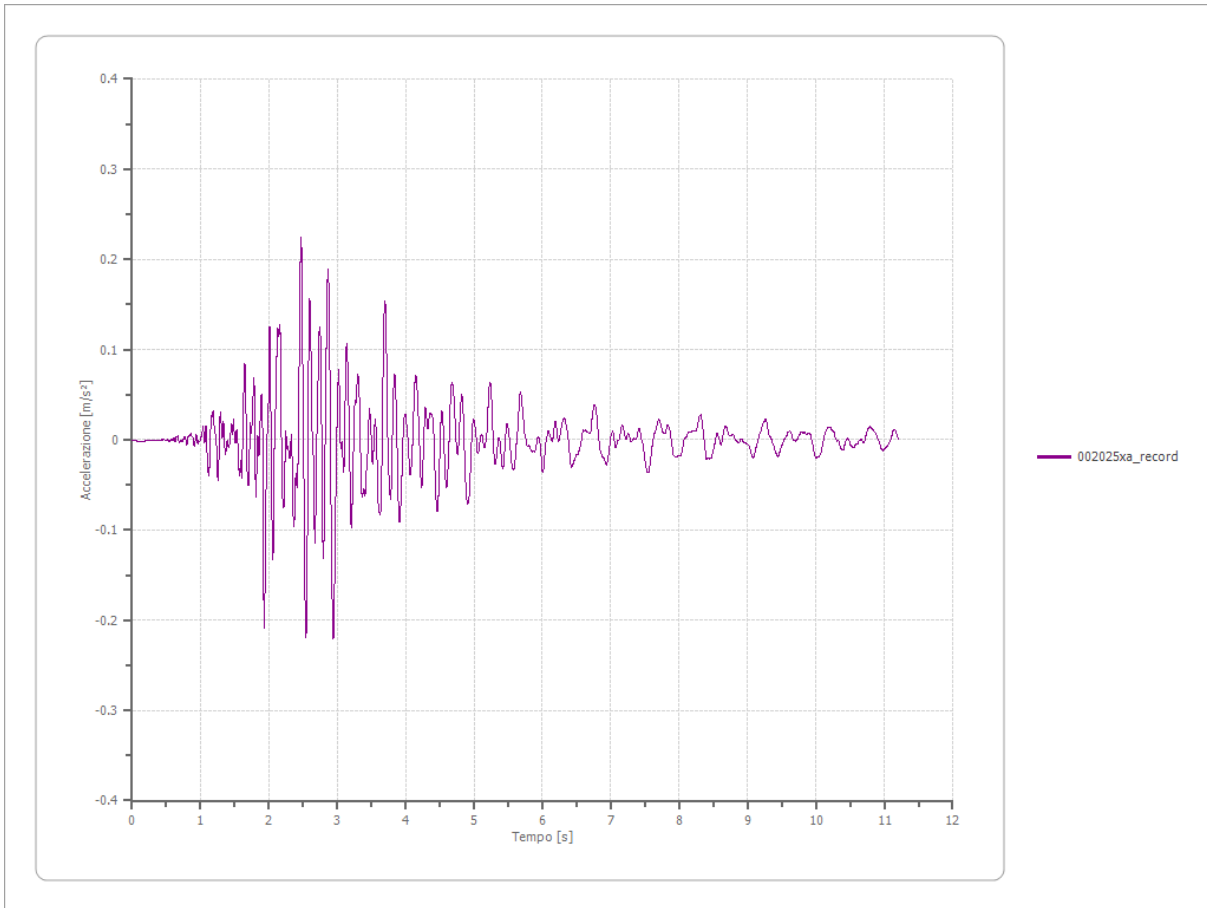
Strato iniziale  
Strato finale

4 Interno  
1 Affiorante



### Accelerazione

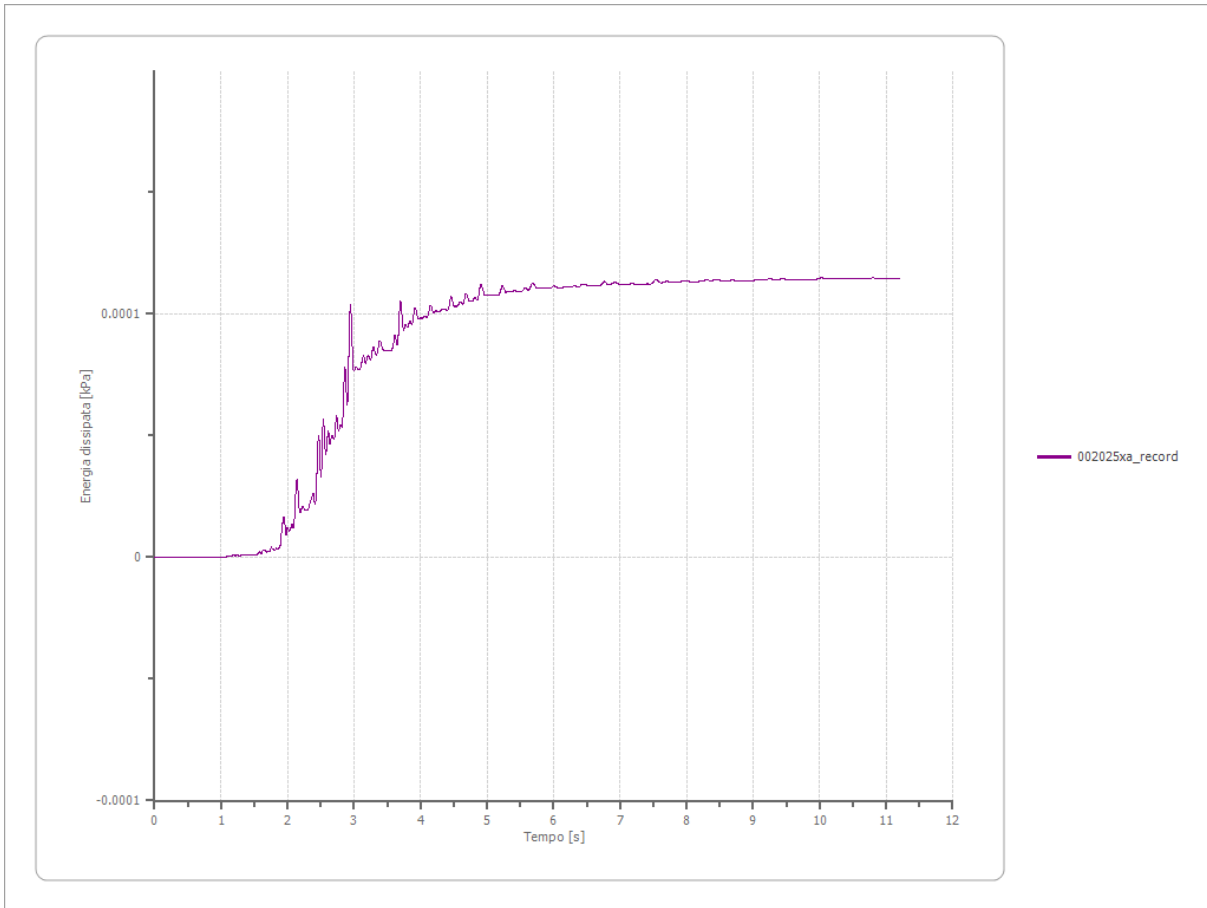
Strato	1 Affiorante
Pga	0.225 [m/s <sup>2</sup> ]
Pga0	0.173 [m/s <sup>2</sup> ]
Pga/Pga0	1.302
Accelerazione massima	0.225 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo accelerazione massima	2.470 [s]



### Energia dissipata

Numero di strati

1



### Trasformata di Fourier

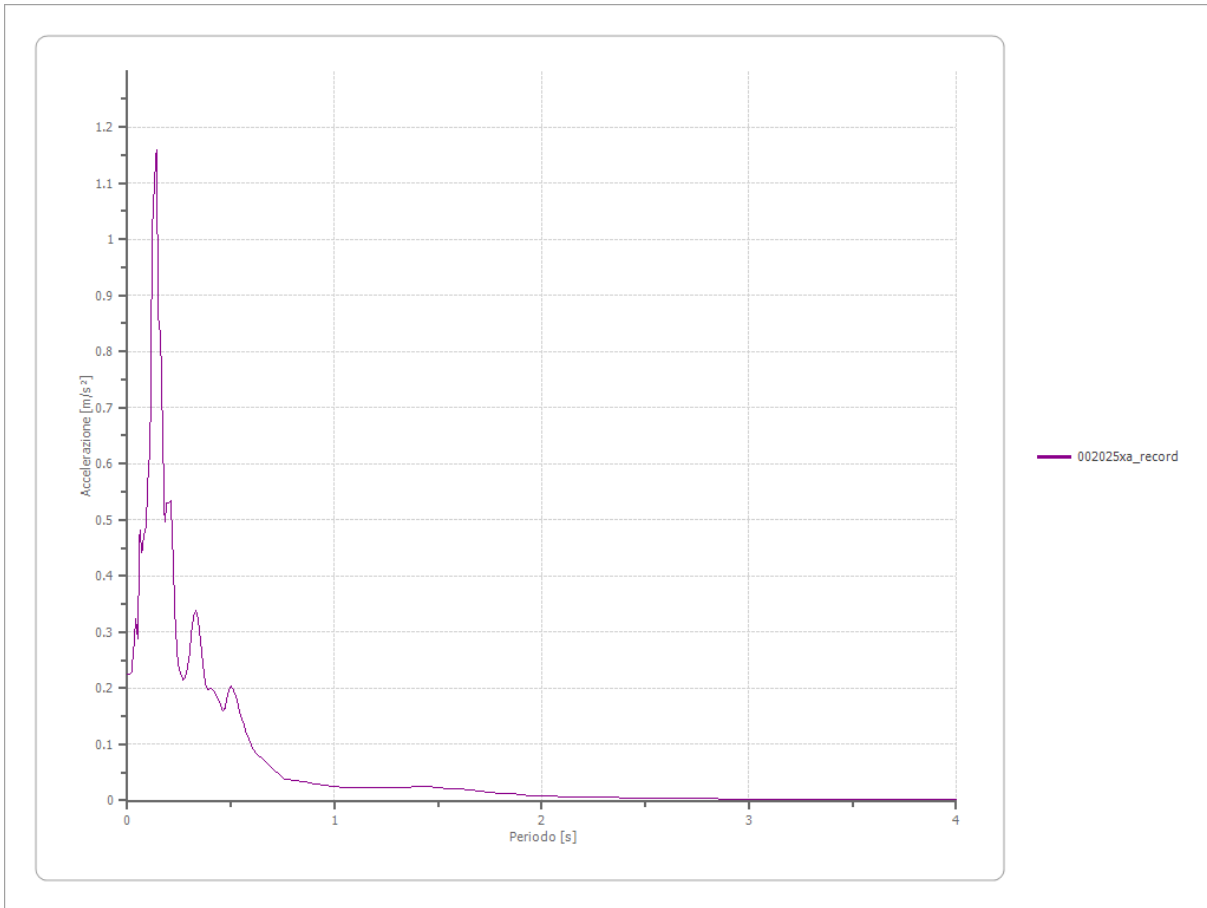
Strato 1 Affiorante  
 Numero di campioni del filtro a media mobile 1

### Spettri

#### Accelerazione

Accelerazione massima 1.159 [m/s<sup>2</sup>]  
 Periodo accelerazione massima 0.140 [s]

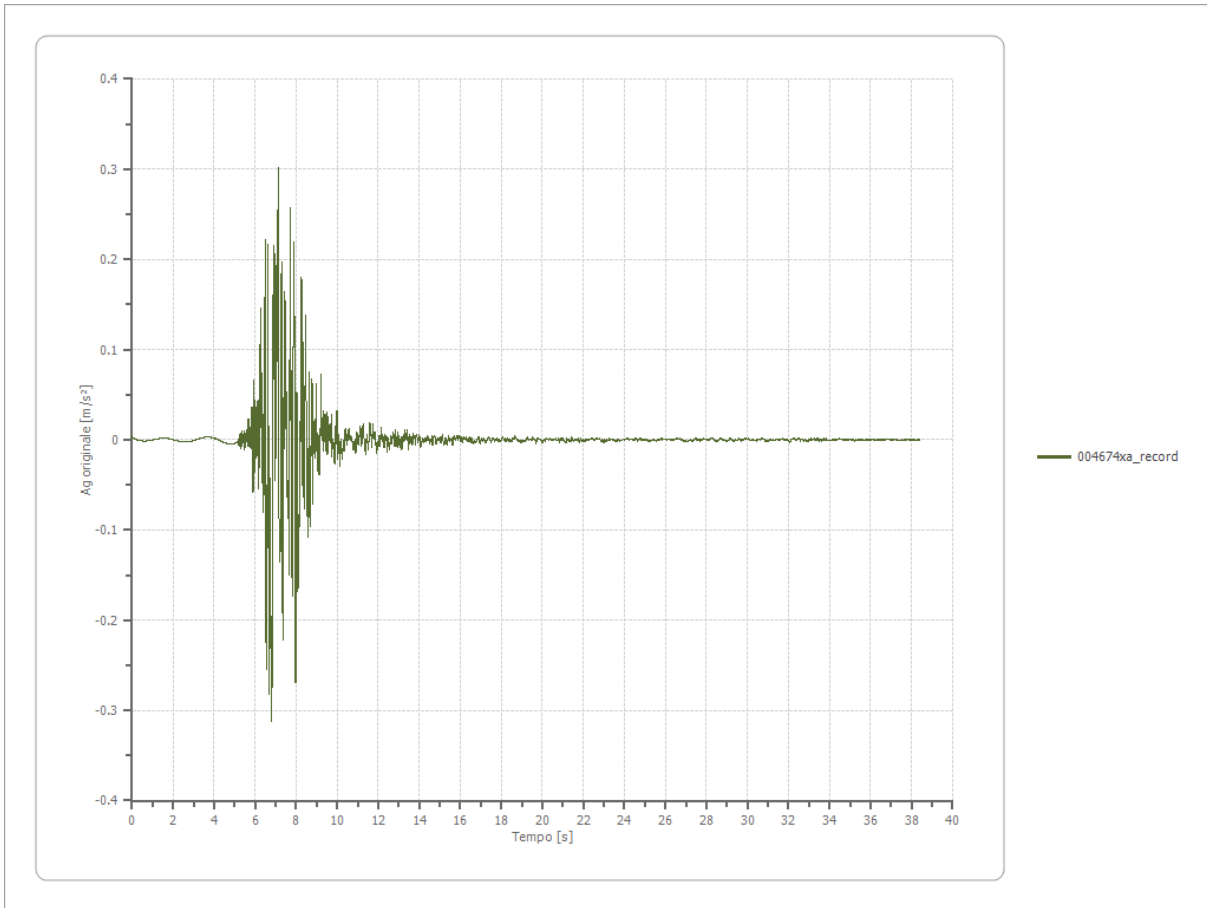




**File 004674xa\_record:**

**Accelerogramma importato**

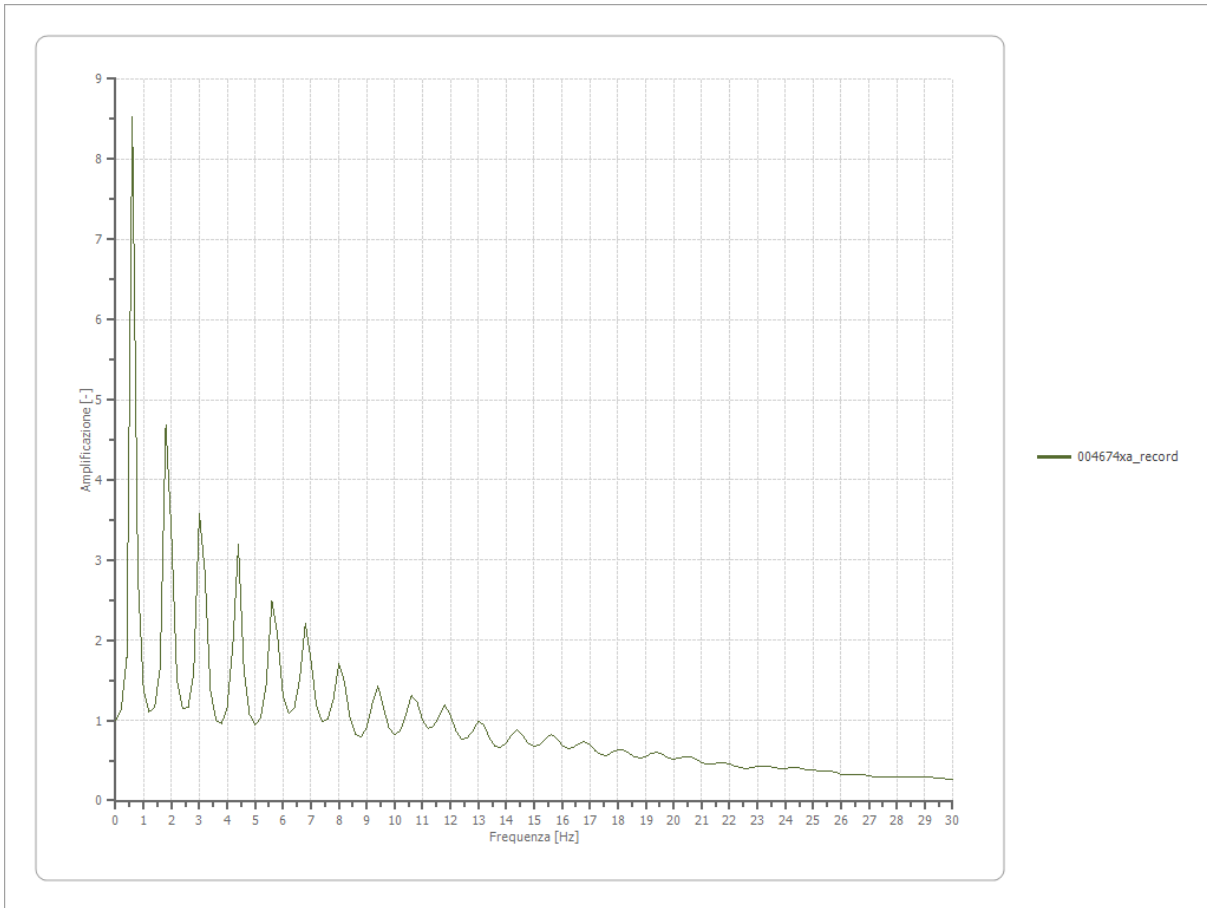
Nome del file	004674xa_record
Durata della traccia	38.390 [s]
Accelerazione massima	0.312 [m/s²]
Periodo con accelerazione massima	6.785 [s]



### **Amplificazione**

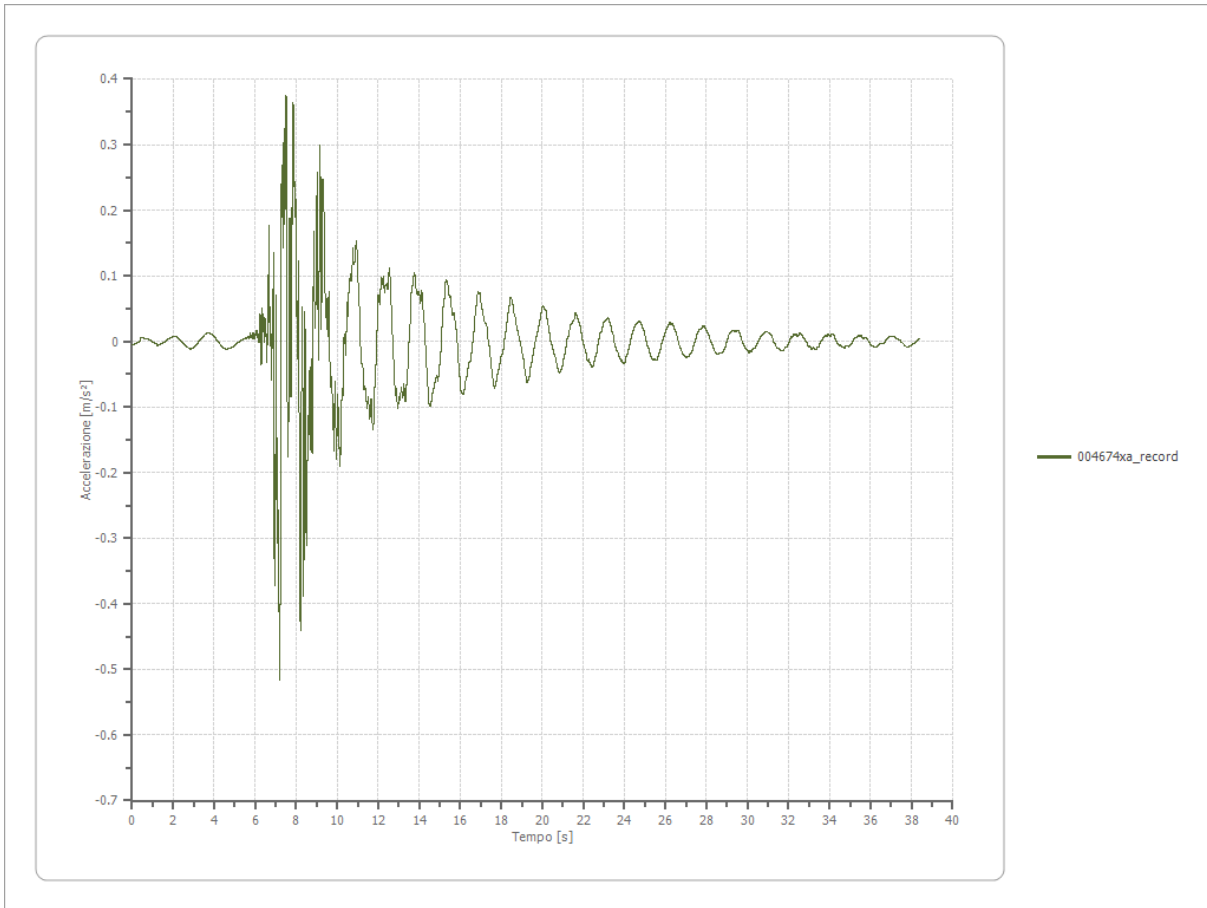
Strato iniziale  
Strato finale

4 Interno  
1 Affiorante



### Accelerazione

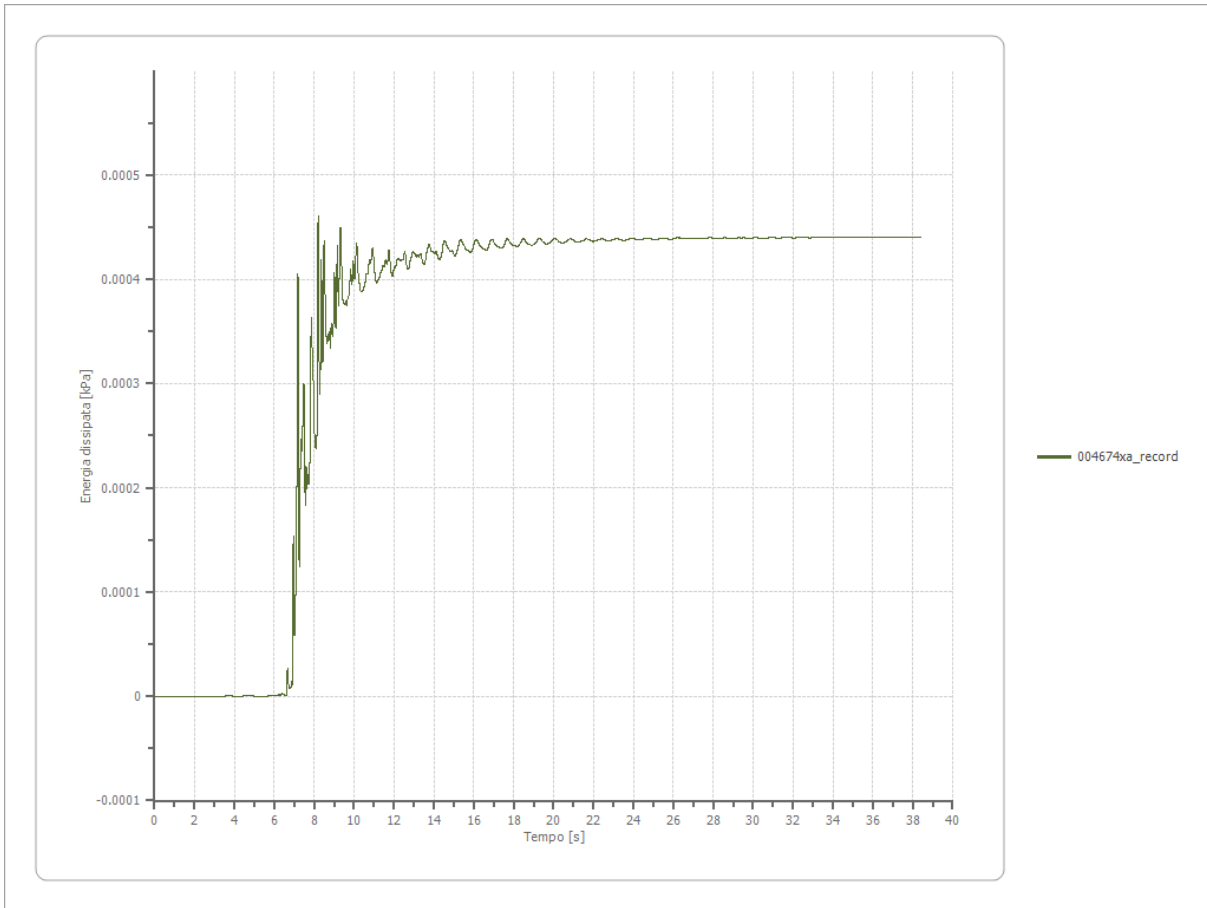
Strato	1 Affiorante
Pga	0.516 [m/s <sup>2</sup> ]
Pga0	0.312 [m/s <sup>2</sup> ]
Pga/Pga0	1.654
Accelerazione massima	0.516 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo accelerazione massima	7.195 [s]



## Energia dissipata

Numero di strati

1



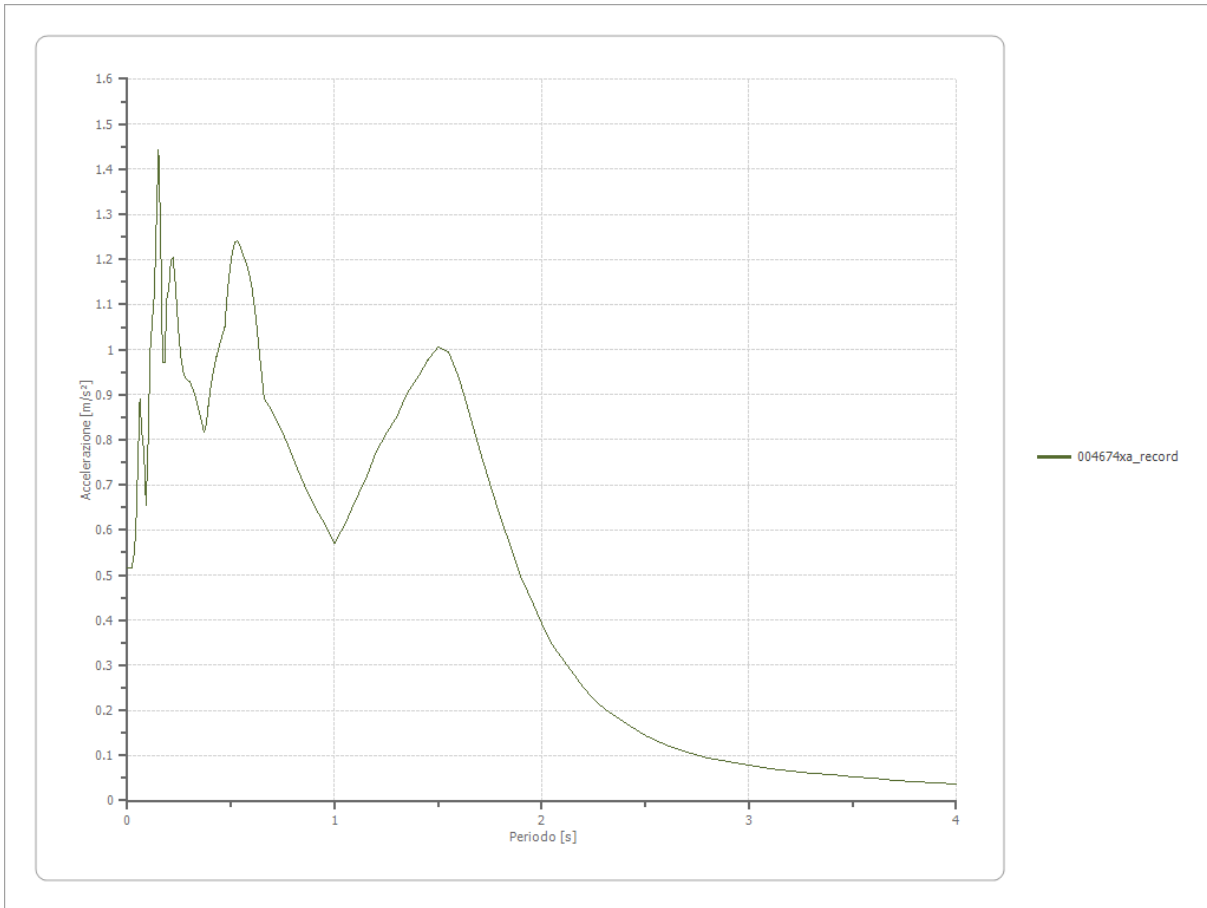
### Trasformata di Fourier

Strato 1 Affiorante  
 Numero di campioni del filtro a media mobile 1

### Spettri

#### Accelerazione

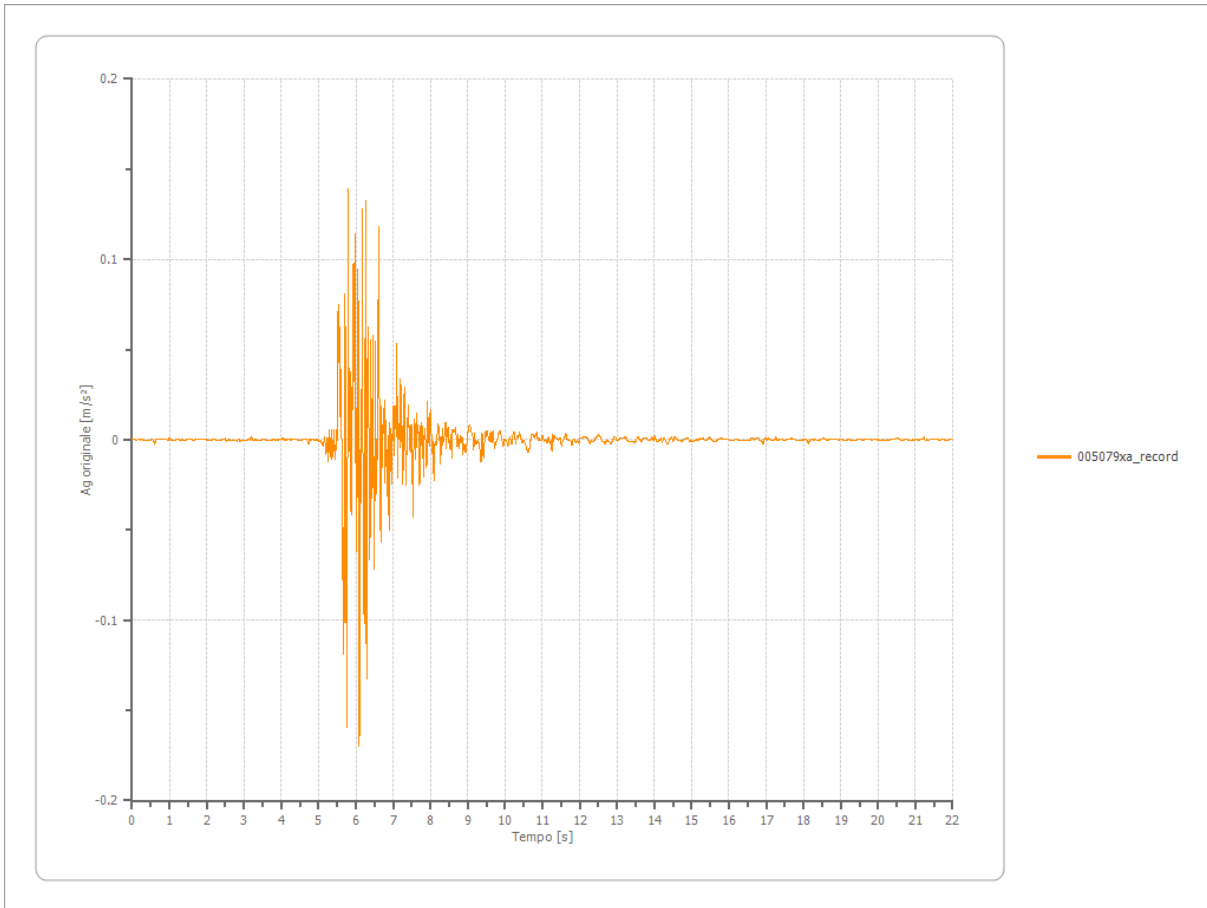
Accelerazione massima 1.442 [m/s<sup>2</sup>]  
 Periodo accelerazione massima 0.150 [s]



**File 005079xa\_record:**

**Accelerogramma importato**

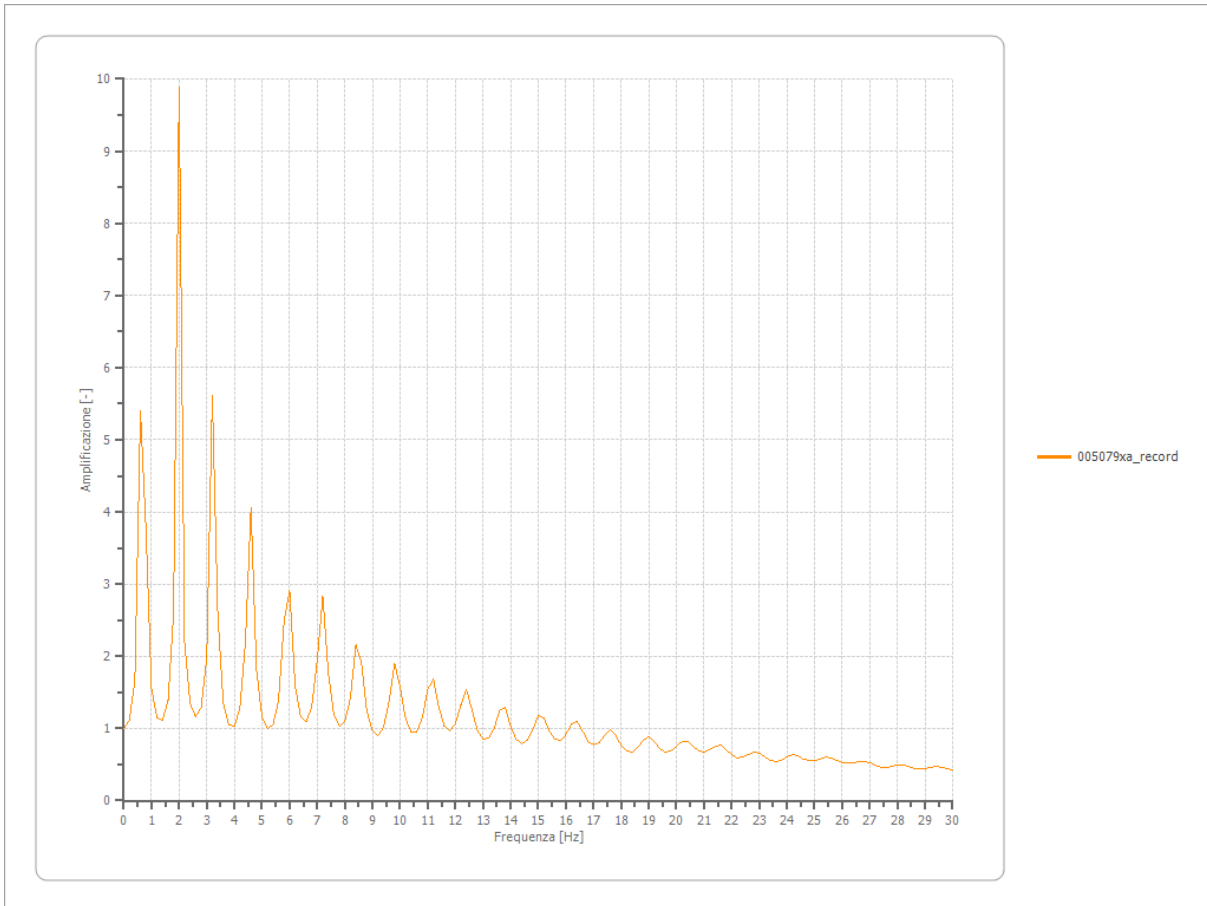
Nome del file	005079xa_record
Durata della traccia	21.995 [s]
Accelerazione massima	0.170 [ $m/s^2$ ]
Periodo con accelerazione massima	6.090 [s]



### Amplificazione

Strato iniziale  
Strato finale

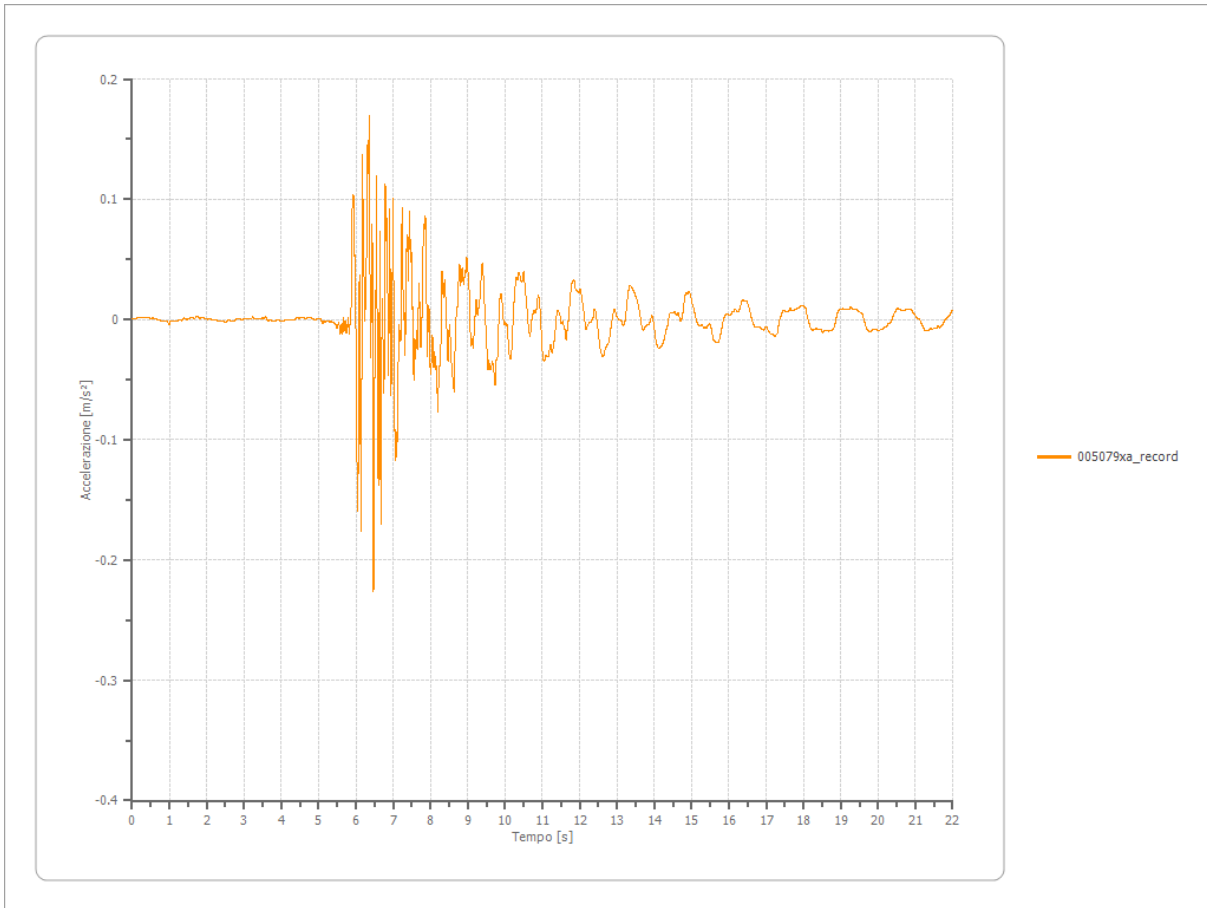
4 Interno  
1 Affiorante



### Accelerazione

Strato	1 Affiorante
Pga	0.226 [m/s <sup>2</sup> ]
Pga0	0.170 [m/s <sup>2</sup> ]
Pga/Pga0	1.327
Accelerazione massima	0.226 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo accelerazione massima	6.470 [s]

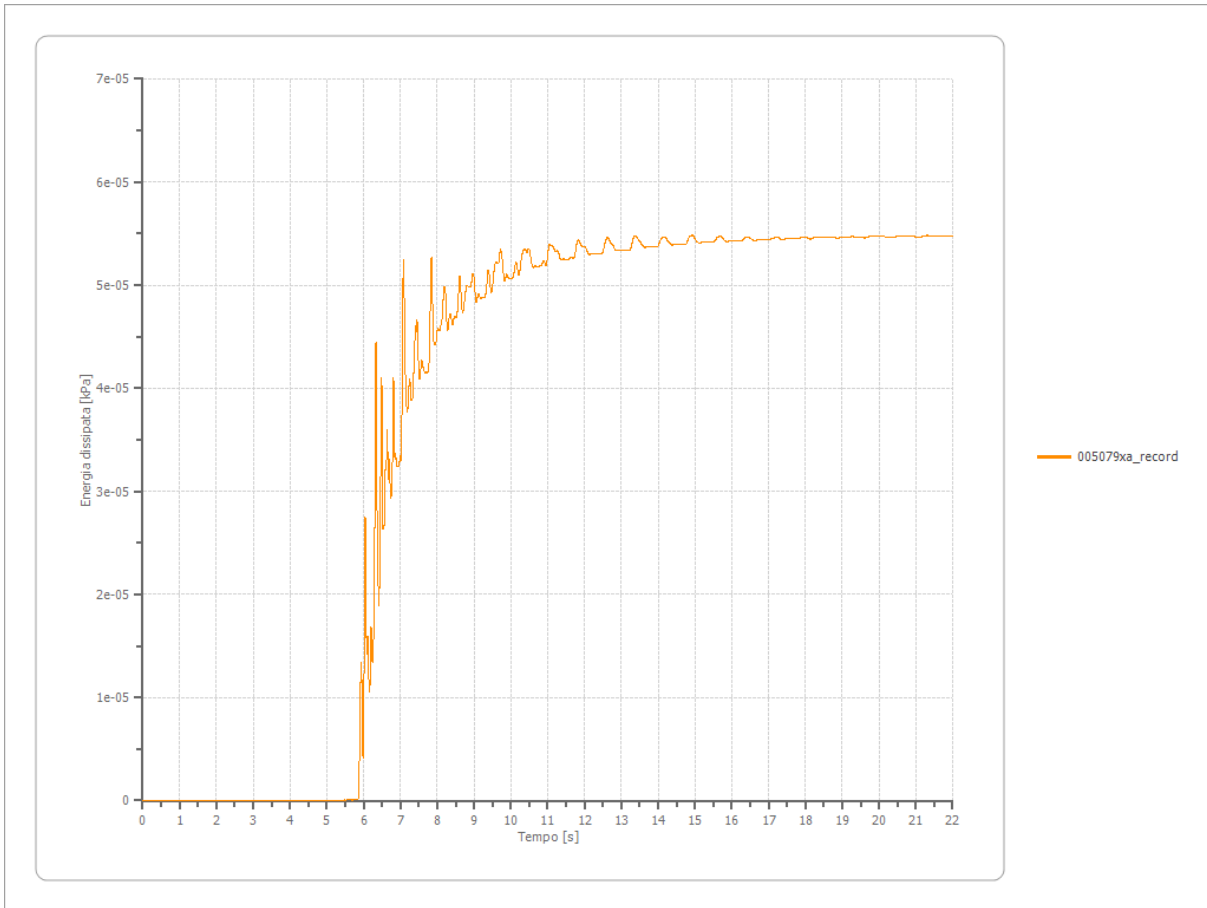




## Energia dissipata

Numero di strati

1



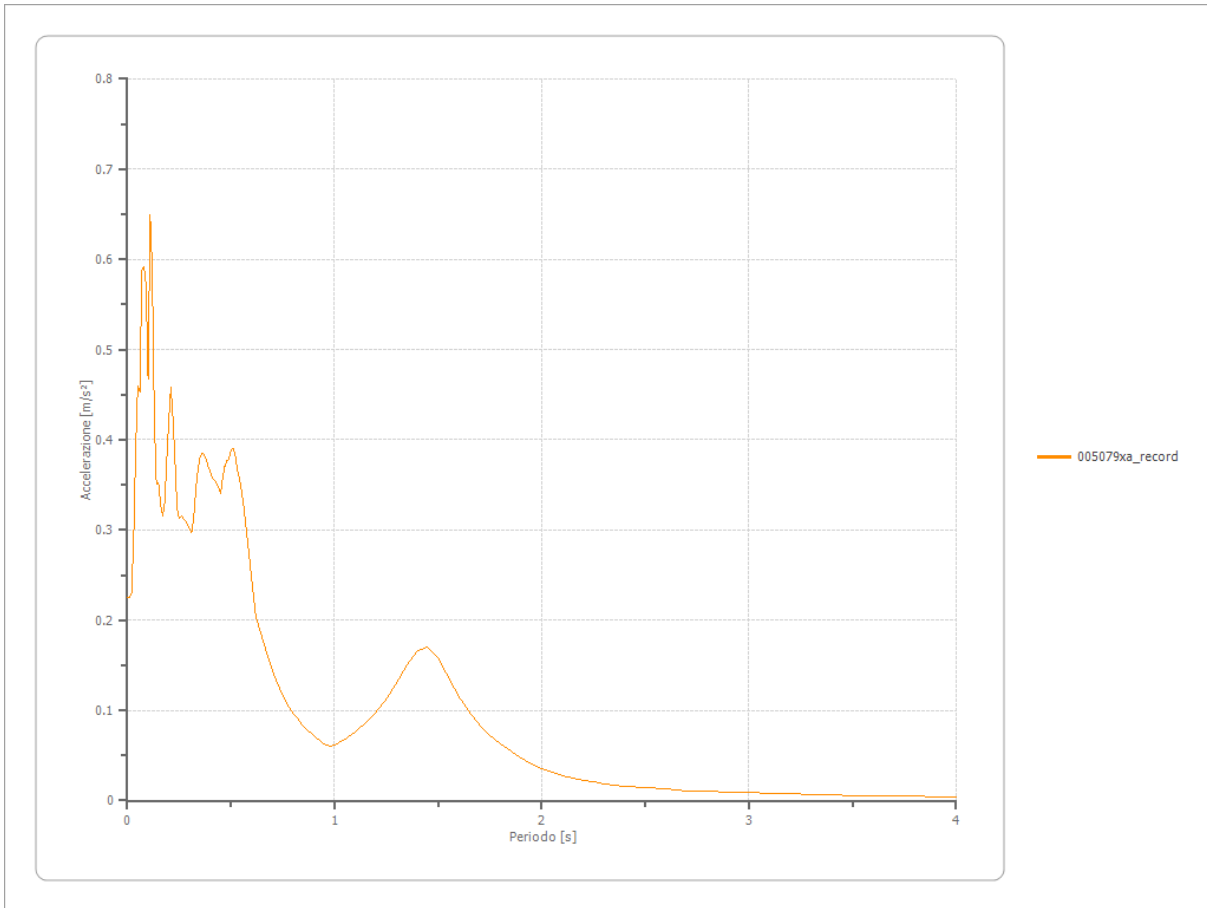
### Trasformata di Fourier

Strato 1 Affiorante  
 Numero di campioni del filtro a media mobile 1

### Spettri

#### Accelerazione

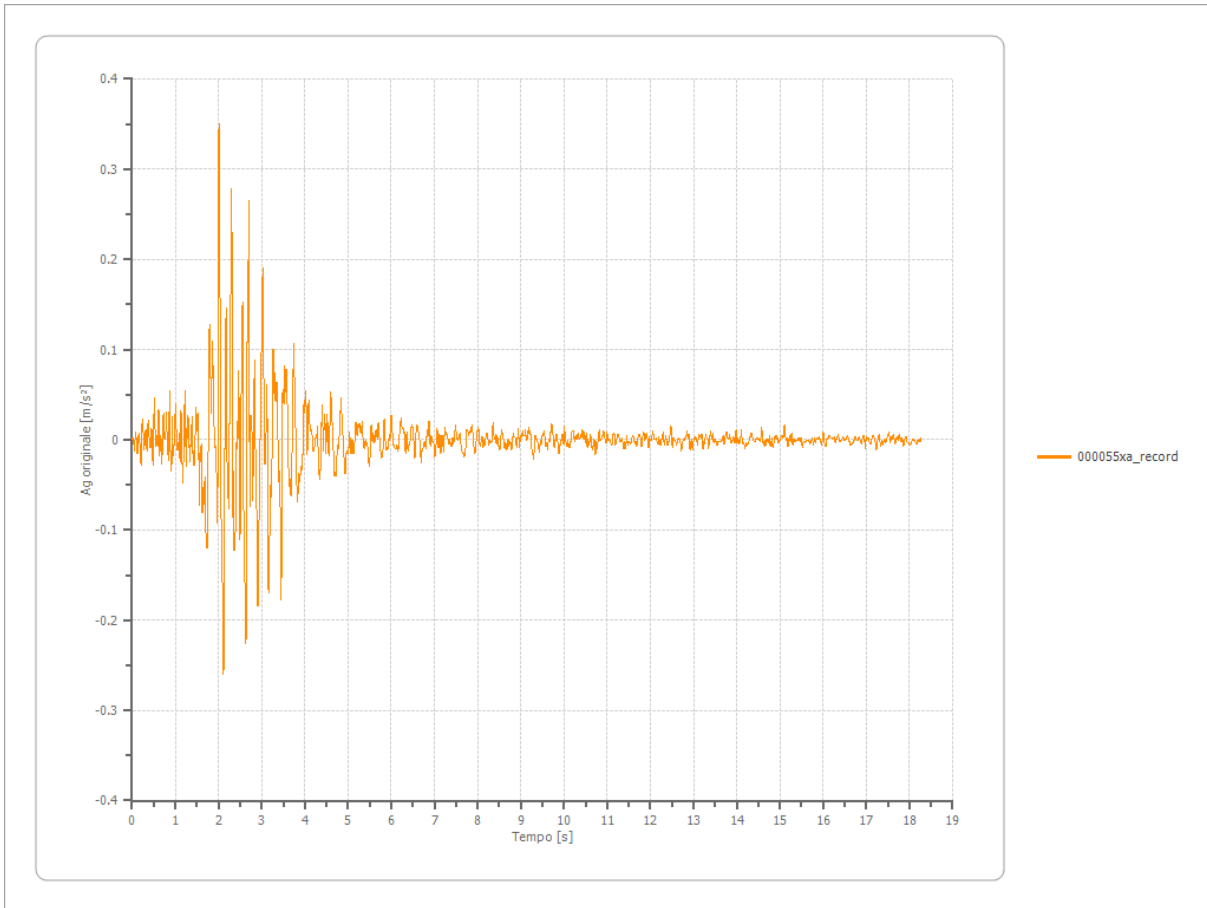
Accelerazione massima 0.649 [m/s<sup>2</sup>]  
 Periodo accelerazione massima 0.110 [s]



**File 000055xa\_record:**

**Accelerogramma importato**

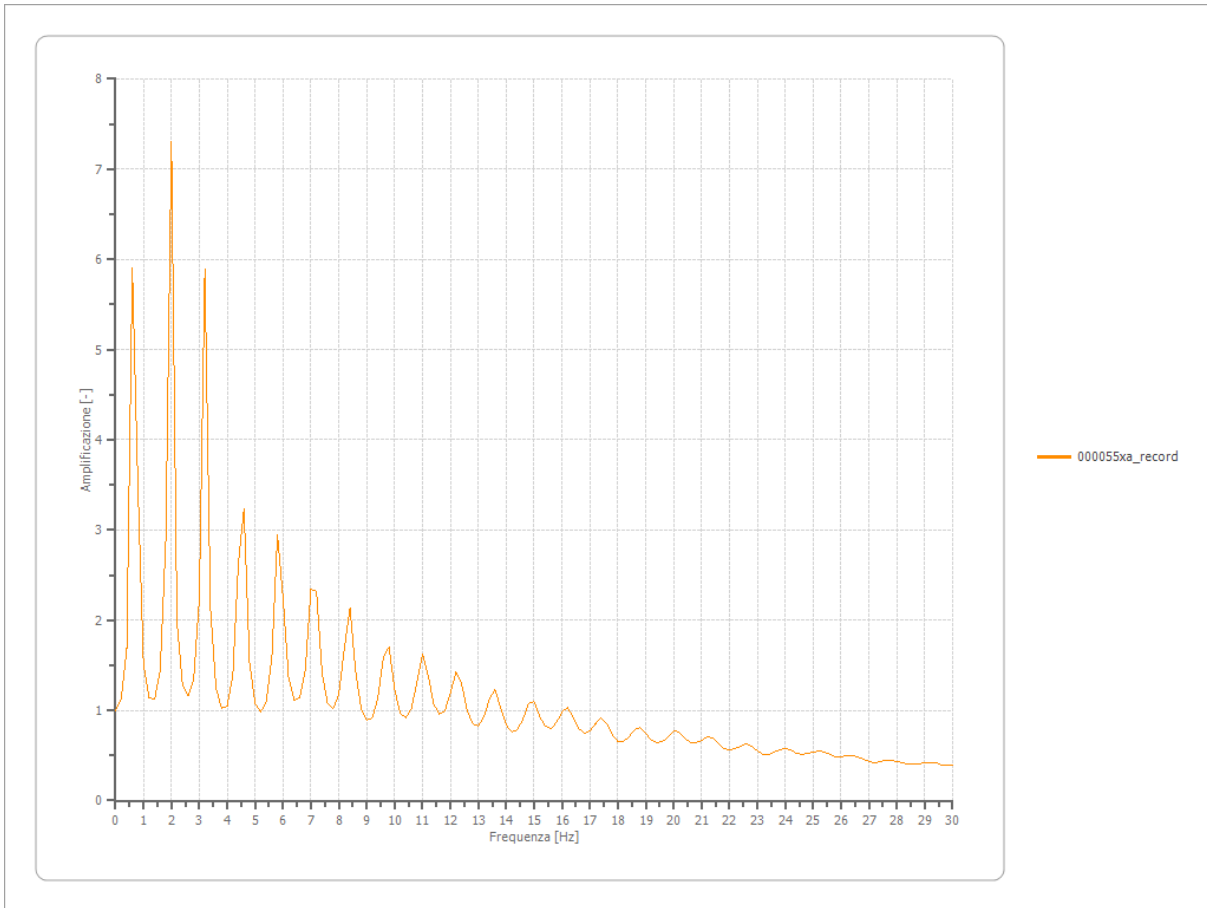
Nome del file	000055xa_record
Durata della traccia	18.265 [s]
Accelerazione massima	0.350 [ $m/s^2$ ]
Periodo con accelerazione massima	2.010 [s]



### Amplificazione

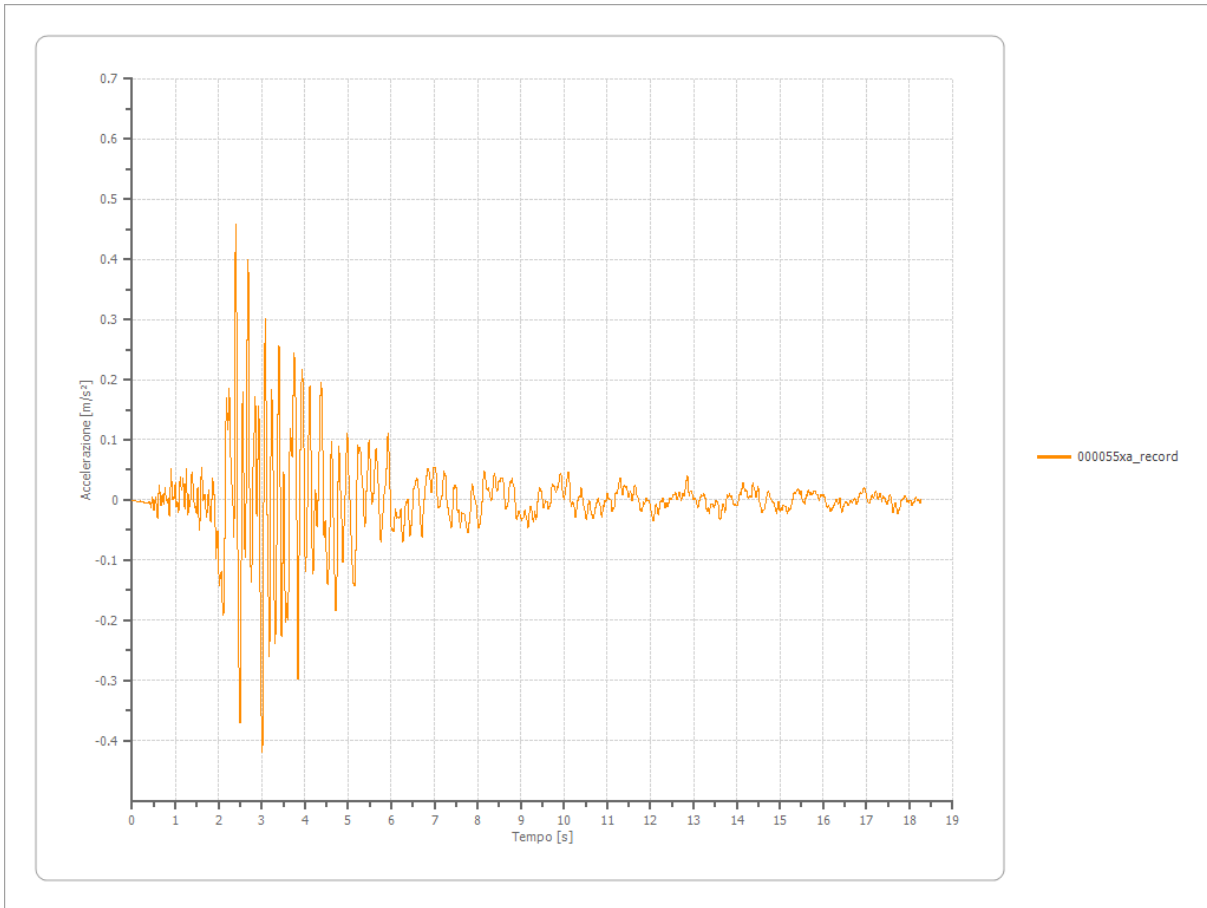
Strato iniziale  
Strato finale

4 Interno  
1 Affiorante



### Accelerazione

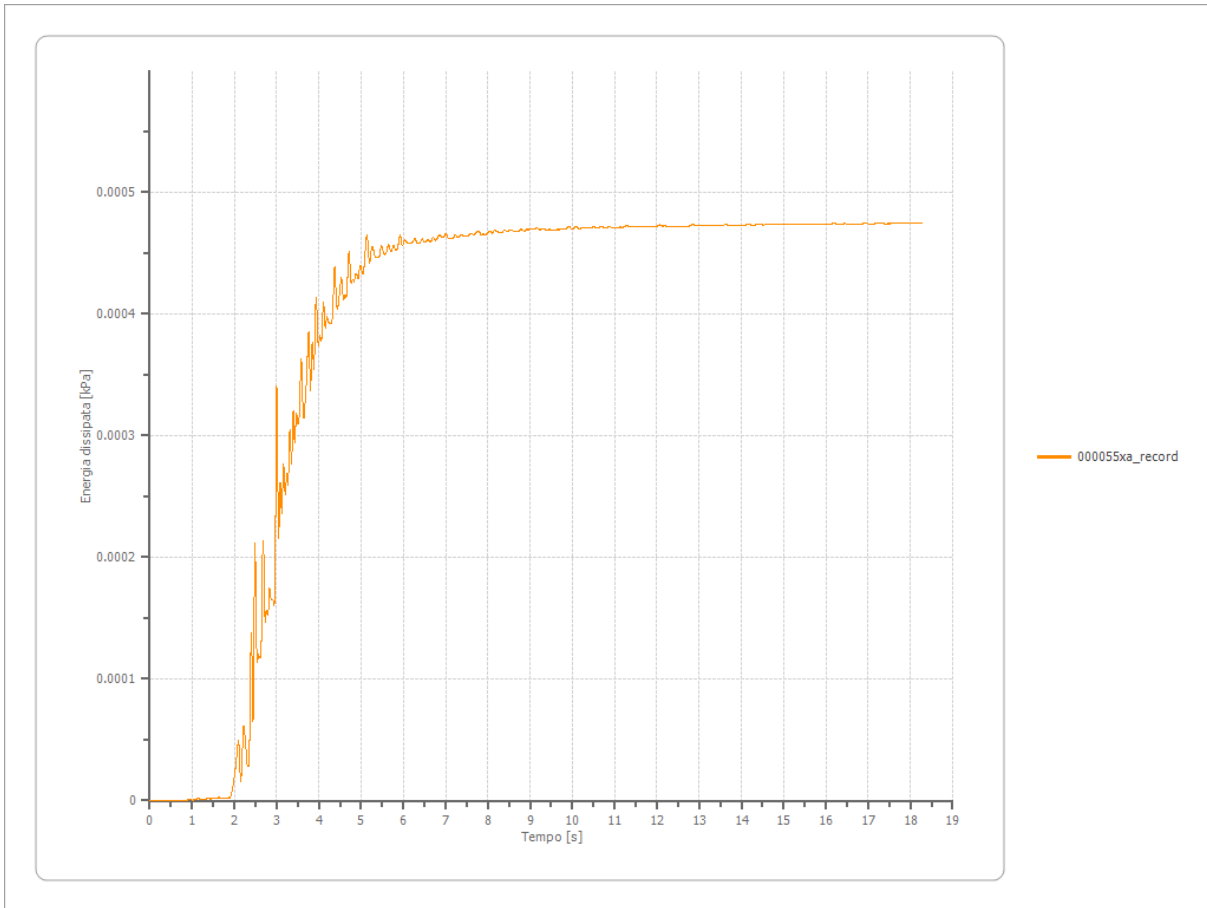
Strato	1 Affiorante
Pga	0.458 [m/s <sup>2</sup> ]
Pga0	0.350 [m/s <sup>2</sup> ]
Pga/Pga0	1.310
Accelerazione massima	0.458 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo accelerazione massima	2.400 [s]



## Energia dissipata

Numero di strati

1



### Trasformata di Fourier

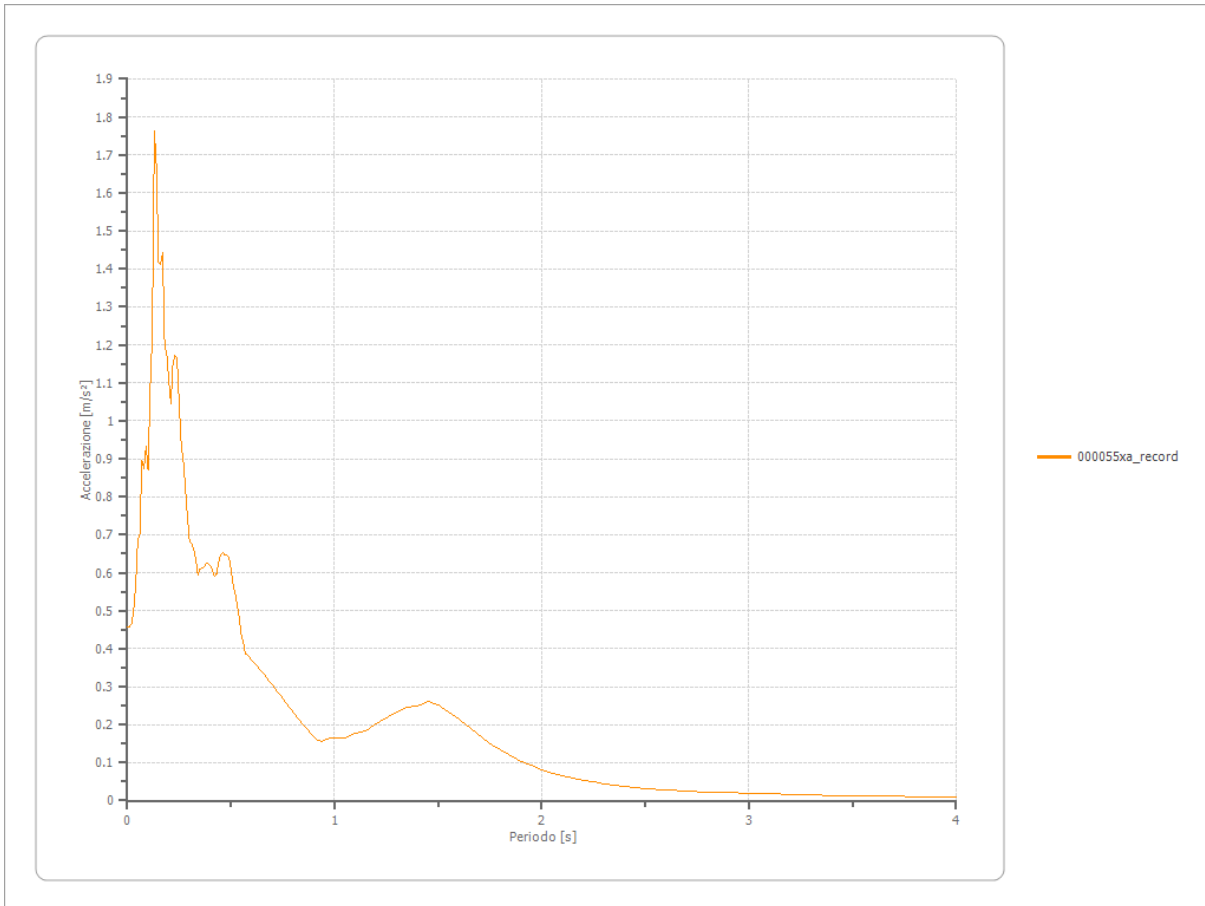
Strato	1	Affiorante
Numero di campioni del filtro a media mobile	1	

### Spettri

#### Accelerazione

Accelerazione massima	1.762 [m/s <sup>2</sup> ]
Periodo accelerazione massima	0.130 [s]





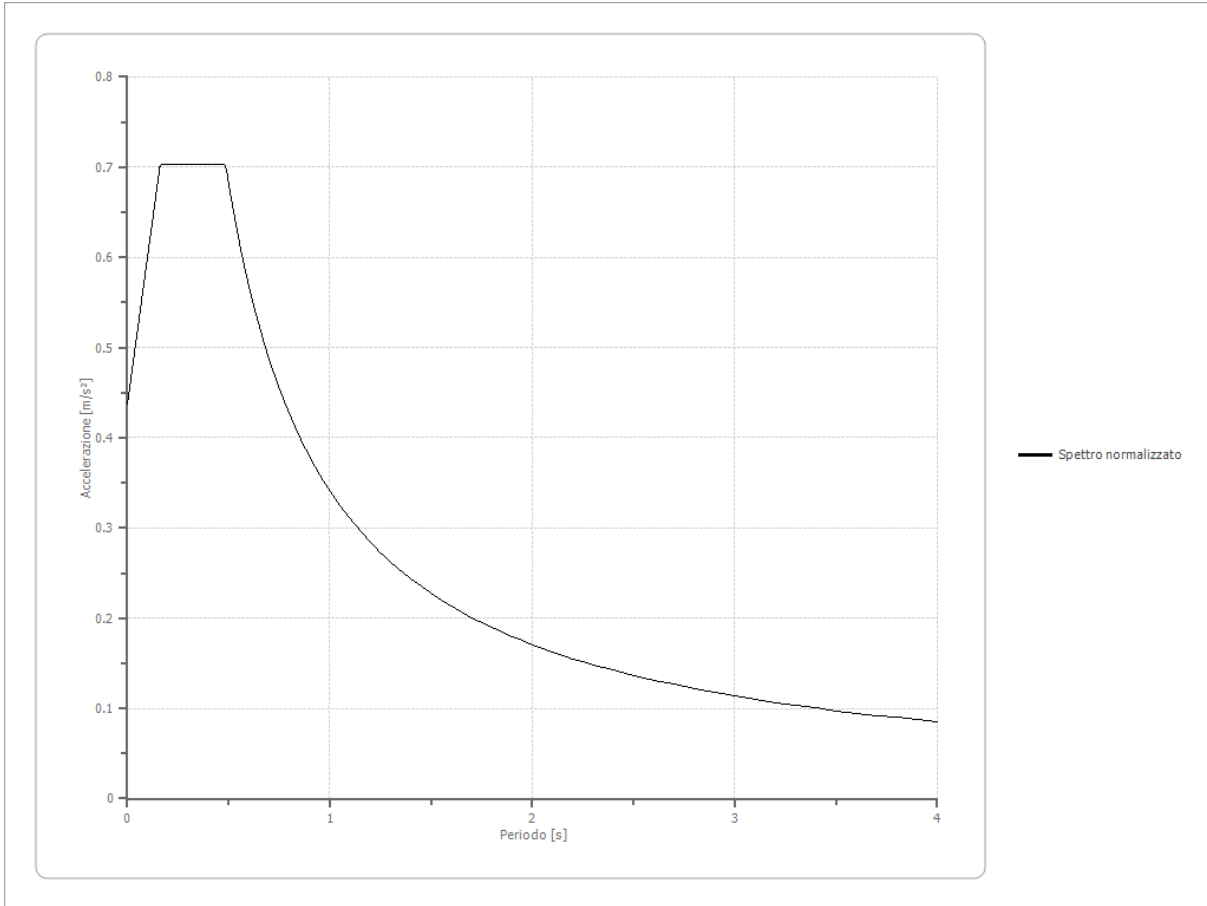
### Fattori di amplificazione ICMS 2008

Tai	0.130 [s]
Tvi	0.430 [s]
Tao	0.140 [s]
Tvo	1.500 [s]
Sami	0.500 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmi	0.015 [m/s]
Samo	0.703 [m/s <sup>2</sup> ]
Svmo	0.054 [m/s]
<b>Fa</b>	<b>1.407 [-]</b>
<b>Fv</b>	<b>3.606 [-]</b>
TB	0.162 [s]
TC	0.485 [s]
TD	1.676 [s]
SA(0)	0.437 [m/s <sup>2</sup> ]
SA(TB)	0.703 [m/s <sup>2</sup> ]

### Fattori di amplificazione su intensità spettrale

Periodo minimo [s]	Periodo massimo [s]	Int. Housner input [m]	Int. Housner output [m]	Int. Housner input/output [m]	FA
-----------------------	---------------------------	------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------	----

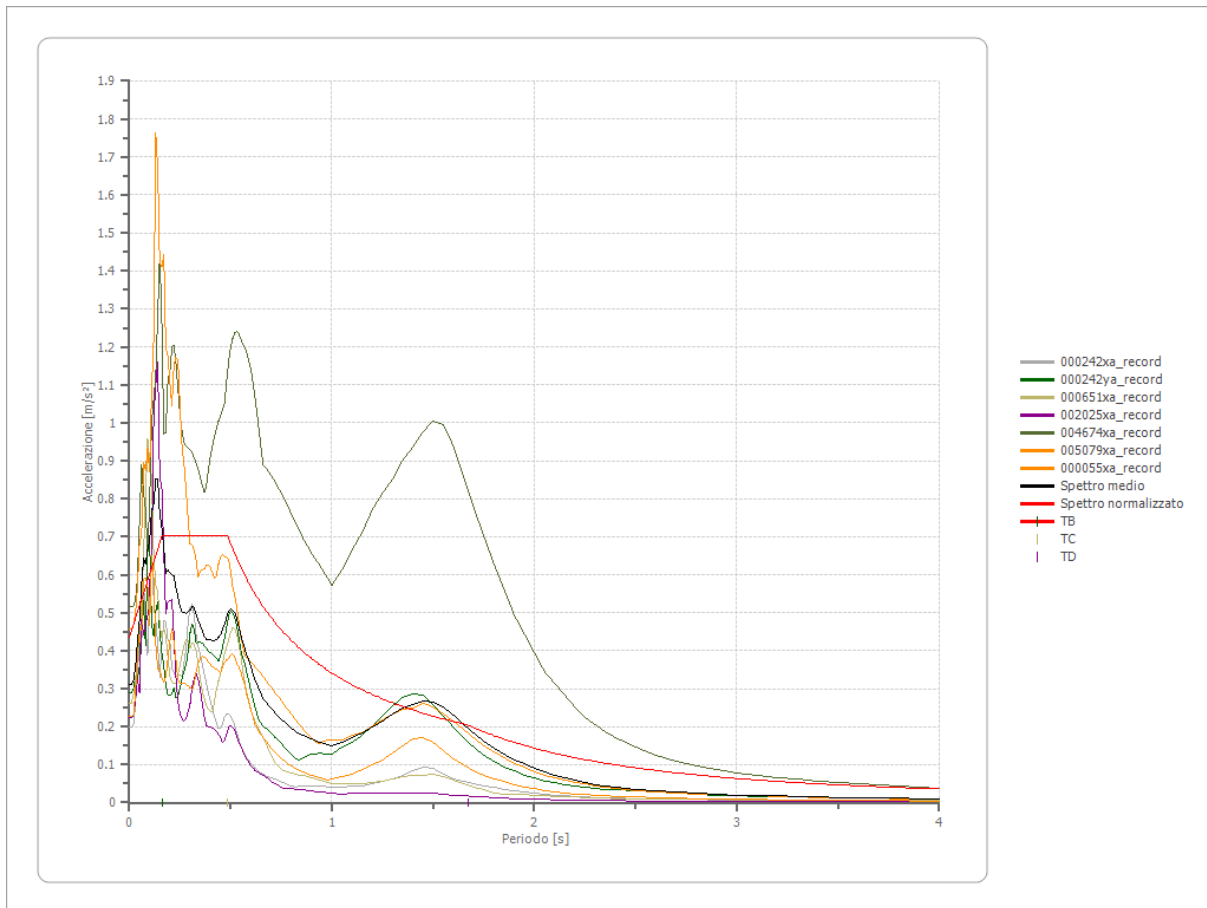
### Spettro normalizzato di risposta elastico



### Parametri spettro normalizzato

Ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0	Tc*	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	S
0.437	1.609	--	0.162	0.485	1.676	0.437	0.703	2.348

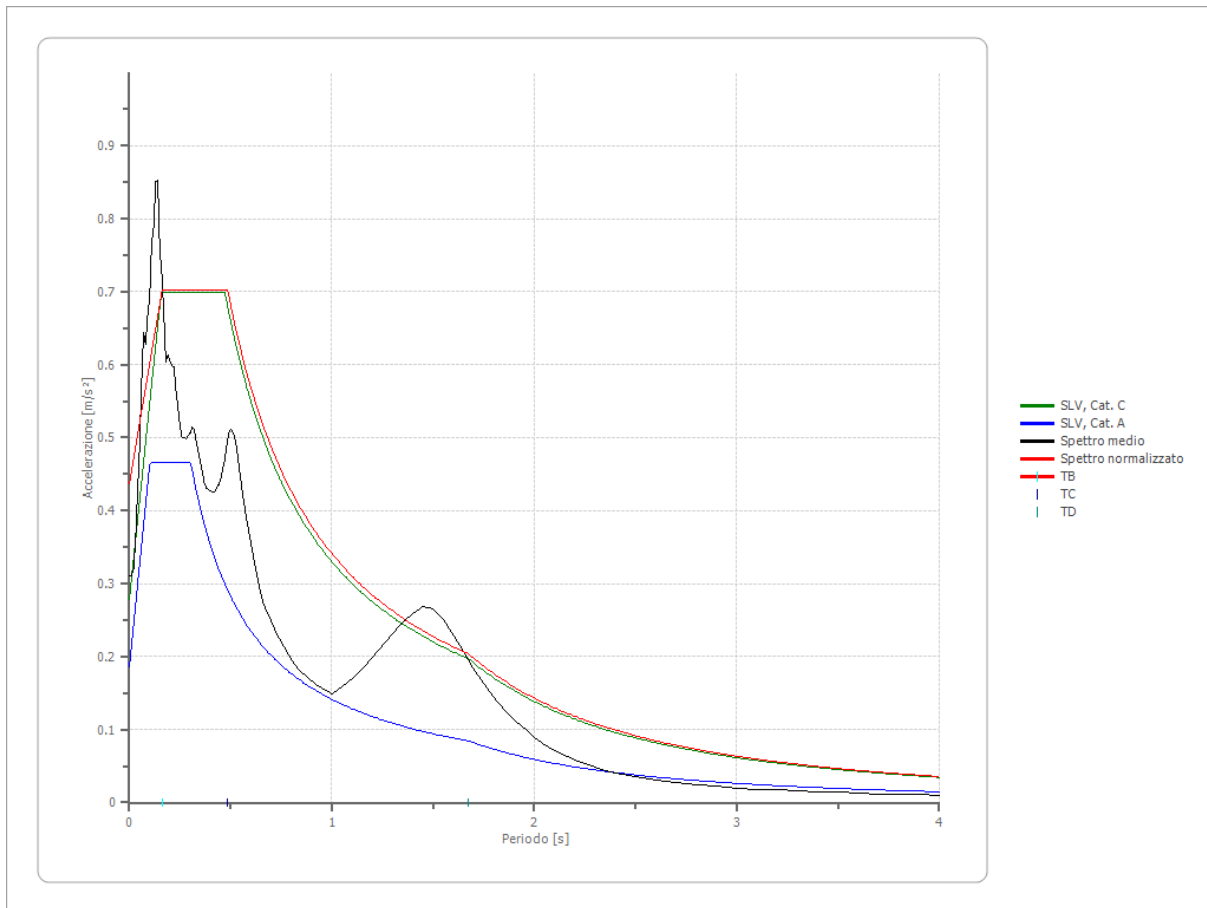
### Confronto tra gli spettri



### Confronto spettro normativa

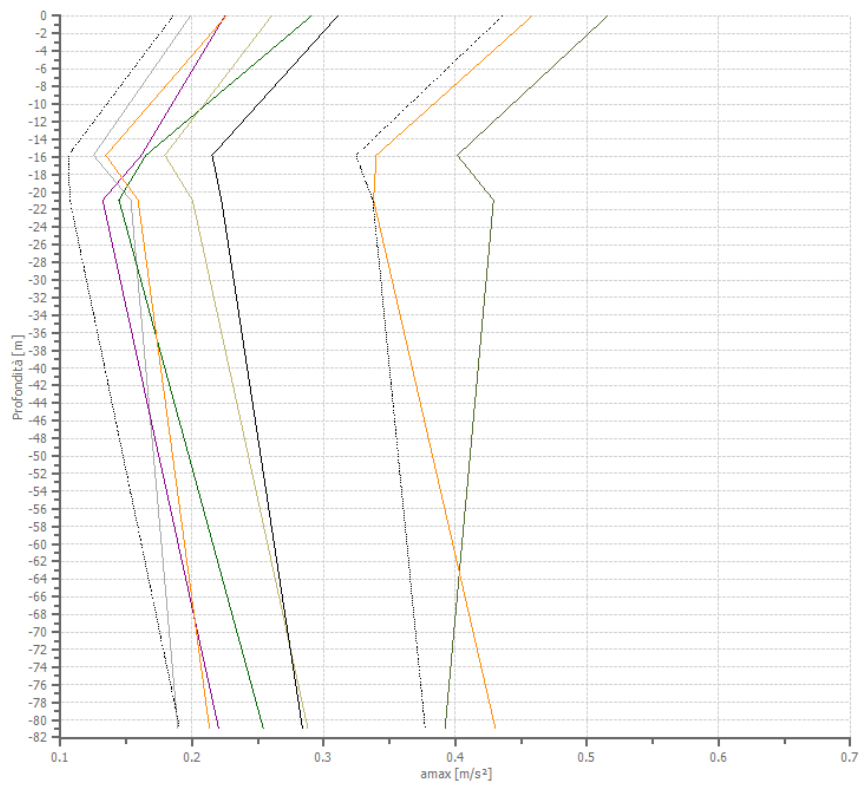
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

	Operatività à SLO Cat. C	Danno SLD Cat. C	Salvaguardia dia vita SLV Cat. C	Prev. collasso SLC Cat. C	Operatività à SLO Cat. A	Danno SLD Cat. A	Salvaguardia dia vita SLV Cat. A	Prev. collasso SLC Cat. A
Tr [anni]	30	50	475	975	30	50	475	975
ag [m/s <sup>2</sup> ]	0.053	0.068	0.186	0.243	0.053	0.068	0.186	0.243
Fo	2.449	2.443	2.506	2.51	2.449	2.443	2.506	2.51
Tc* [s]	0.27	0.287	0.303	0.31	0.27	0.287	0.303	0.31
Ss	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
St	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Cc	1.62	1.59	1.56	1.55	1.00	1.00	1.00	1.00
TB [s]	0.146	0.152	0.157	0.160	0.090	0.096	0.101	0.103
TC [s]	0.437	0.455	0.472	0.479	0.270	0.287	0.303	0.310
TD [s]	1.622	1.628	1.676	1.699	1.622	1.628	1.676	1.699
Se(0) [m/s <sup>2</sup> ]	0.080	0.102	0.279	0.365	0.053	0.068	0.186	0.243
Se(TB) [m/s <sup>2</sup> ]	0.195	0.249	0.699	0.915	0.130	0.166	0.466	0.610



### Profilo a max


	0.0 [m]	15.9 [m]	20.9 [m]	80.9 [m]
000242xa_record [m/s <sup>2</sup> ]	0.199	0.125	0.153	0.189
000242ya_record [m/s <sup>2</sup> ]	0.291	0.165	0.144	0.254
000651xa_record [m/s <sup>2</sup> ]	0.260	0.179	0.200	0.288
002025xa_record [m/s <sup>2</sup> ]	0.225	0.161	0.132	0.220
004674xa_record [m/s <sup>2</sup> ]	0.516	0.401	0.429	0.392
005079xa_record [m/s <sup>2</sup> ]	0.226	0.134	0.159	0.213
000055xa_record [m/s <sup>2</sup> ]	0.458	0.340	0.338	0.430
media [m/s <sup>2</sup> ]	0.311	0.215	0.222	0.284
Dev. St. [m/s <sup>2</sup> ]	0.125	0.109	0.115	0.093



## Indice

Dati generali	.7
Terreni	.7
Idriss (1990) Rock	.7
Lombardia - Limi argillosi	.8
Lombardia - Argille limose	.9
Lombardia - Limi sabbiosi	.10
Stratigrafia	.11
Elaborazione	.12
File 000242xa_record	.12
Accelerogramma importato	.12
Amplificazione	.13
Accelerazione	.14
Energia dissipata	.15
Trasformata di Fourier	.16
Spettri	.16
Accelerazione	.16
File 000242ya_record	.17
Accelerogramma importato	.17
Amplificazione	.18
Accelerazione	.19
Energia dissipata	.20
Trasformata di Fourier	.21
Spettri	.21
Accelerazione	.21
File 000651xa_record	.22
Accelerogramma importato	.22
Amplificazione	.23
Accelerazione	.24
Energia dissipata	.25
Trasformata di Fourier	.26
Spettri	.26
Accelerazione	.26
File 002025xa_record	.27
Accelerogramma importato	.27
Amplificazione	.28
Accelerazione	.29
Energia dissipata	.30
Trasformata di Fourier	.31
Spettri	.31
Accelerazione	.31
File 004674xa_record	.32
Accelerogramma importato	.32
Amplificazione	.33
Accelerazione	.34
Energia dissipata	.35
Trasformata di Fourier	.36
Spettri	.36
Accelerazione	.36
File 005079xa_record	.37

Accelerogramma importato	.37
Amplificazione	.38
Accelerazione	.39
Energia dissipata	.40
Trasformata di Fourier	.41
Spettri	.41
Accelerazione	.41
File 000055xa_record	.42
Accelerogramma importato	.42
Amplificazione	.43
Accelerazione	.44
Energia dissipata	.45
Trasformata di Fourier	.46
Spettri	.46
Accelerazione	.46
Fattori di amplificazione ICMS 2008	.47
Fattori di amplificazione su intensità spettrale	.47
Spettro normalizzato di risposta elastico	.47
Confronto tra gli spettri	.48
Confronto spettro normativa	.49
Profilo a max	.50
Indice	.52

	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geoecoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

**MULTICHANNEL ANALISYS SURFACE WAVES – MASW –  
AMPLIAMENTO SCUOLA PASCOLI – COMUNE DI GATTEO (FC)**

Data: Marzo 2023
Il committente : Comune di Gatteo
IL Tecnico  Geologo Aride Bucci
Il Progettista

**Indagine geofisica tramite tecnica MASW**



# MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

## Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale**: onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale**: onda profonda di taglio;
- **L-Love**: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh**: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

## Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (onde P, onde S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

## Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

## Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

## Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

### Profondità di indagine

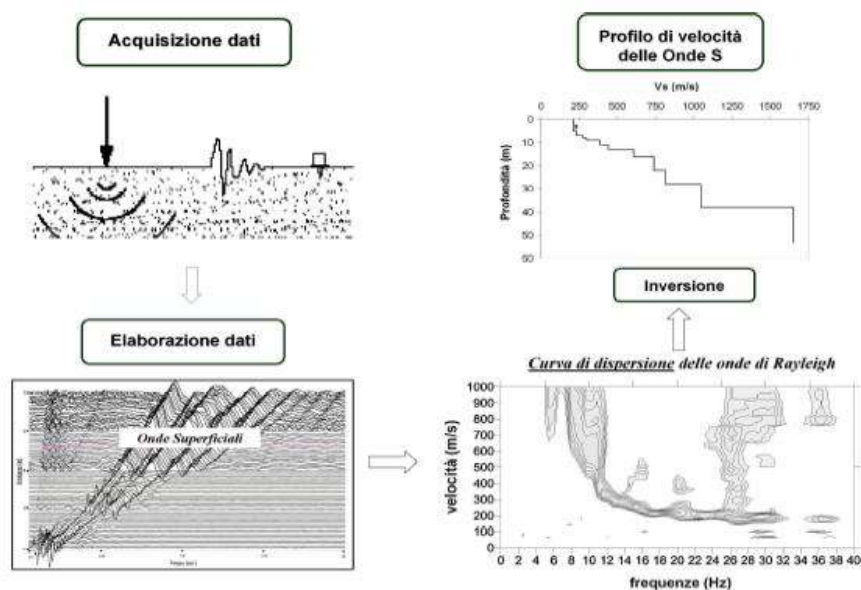
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

### Cenni Storici

La conoscenza dell'andamento nel primo sottosuolo della velocità di propagazione delle onde di taglio è, come noto, importante negli studi di microzonazione sismica dedicati alla stima di possibili effetti di sito, capaci di amplificare il moto del terreno durante un terremoto.

Negli ultimi anni hanno avuto ampio sviluppo tecniche geofisiche basate sull'analisi della propagazione delle onde superficiali ed, in particolare, delle onde di Rayleigh. Le proprietà dispersive di tali onde in mezzi stratificati, nonché la stretta relazione esistente tra la loro velocità di propagazione e quella delle onde di taglio, consentono di risalire al profilo di velocità delle onde S.

Il metodo di indagine attivo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è basato su un artificiale energizzazione sismica del suolo e sull'analisi spettrale delle onde superficiali presenti nel segnale (Nazarian e Stokoe, 1984; Park et al., 1999).



La curva di dispersione delle onde di Rayleigh rappresenta la variazione di velocità di fase che tali onde hanno al variare della frequenza. Tali valori di velocità sono intimamente legati alle proprietà meccaniche del mezzo in cui l'onda si propaga (velocità delle onde S, delle onde P e densità). Tuttavia, diversi studi hanno in realtà messo in evidenza che la velocità delle onde P e la densità sono parametri di second'ordine rispetto alle onde S nel determinare la velocità di fase delle onde di Rayleigh. Quindi, dato che le onde superficiali campionano una porzione di sottosuolo che cresce in funzione del periodo dell'onda e che la loro velocità di fase è fortemente condizionata in massima parte dalle velocità delle onde S dello strato campionato, la forma di questa curva è essenzialmente

condizionata dalla struttura del sottosuolo ed in particolare dalle variazioni con la profondità delle velocità delle onde S. Pertanto, utilizzando appositi formalismi (inversione) è possibile stabilire una relazione (analiticamente complessa ma diretta) fra la forma della curva di dispersione e la velocità delle onde S nel sottosuolo. Tale relazione consente il calcolo di curve di dispersione teoriche a partire da modelli del sottosuolo a strati piano-paralleli.

L'operazione d'inversione, quindi, consiste nella minimizzazione, attraverso una procedura iterativa, degli scarti tra i valori di velocità di fase sperimentali della curva di dispersione e quelli teorici relativi ad una serie di modelli di prova "velocità delle onde S – profondità".

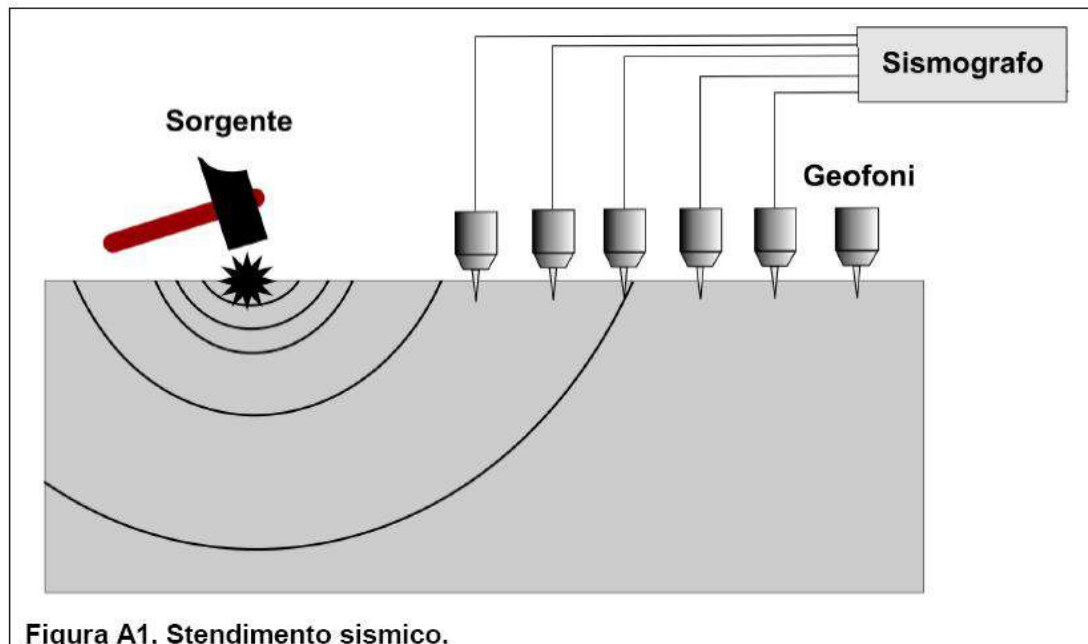
#### **Strumentazione USATA**

-Sismografo Ambrogeo Echo 2010 seismic unit

-Numero dei canali 24

-A/D conversione 16 bit

-Geofoni verticali da 4.5 hz



**Figura A1. Stendimento sismico.**

#### **Sistema di energizzazione**

-energizzazione per rilievo masw

Massa battente (mazza da 8 kg)

#### **MODALITA' OPERATIVA**

Si sono disposti i geofoni sul terreno quindi si è energizzato tramite mazza da 8 kg.

Si sono effettuate registrazioni di 1 sec.

Si sono disposti 12 geofoni da 4,5 hz alla distanza di 2 metri, ottenendo così una traccia lunga 24 metri. Eseguendo varie battute a - 5 metri dal primo geofono per ottenere più tracce per meglio analizzare le onde superficiali.

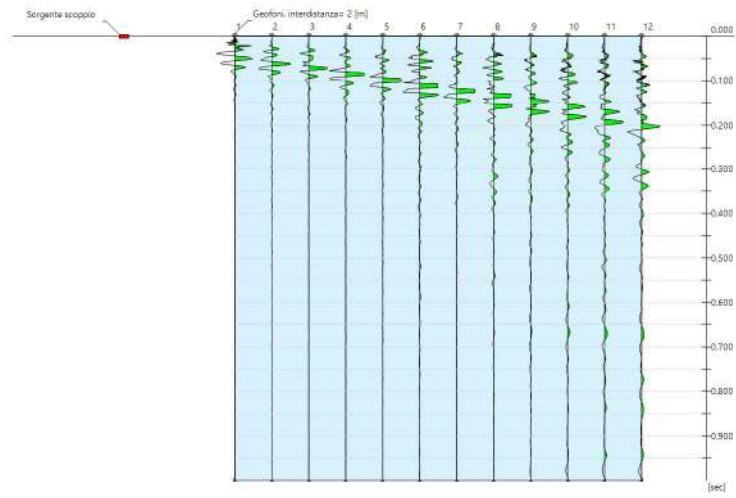
## Dati generali

<b>Committente</b>	Comune di Gatteo
<b>Cantiere</b>	Scuola Pascoli
<b>Località</b>	Via Don Ghinelli
<b>Operatore</b>	Lorenzo Gabrielli
<b>Responsabile</b>	Geologo Aride Bucci
<b>Data</b>	20/06/2023 12:57

## Tracce

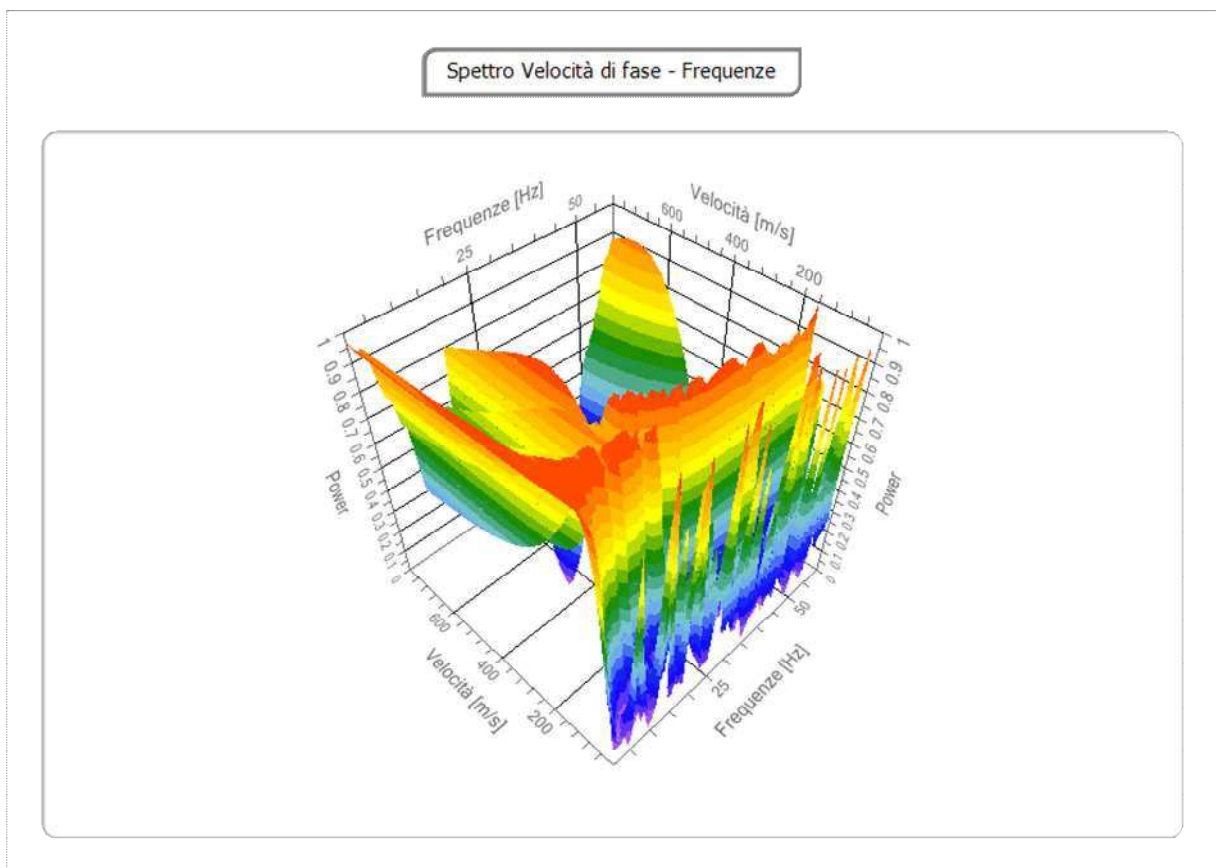
<b>N. tracce</b>	12
<b>Durata acquisizione</b> [msec]	1000.0
<b>Interdistanza geofoni</b> [m]	2.0
<b>Periodo di campionamento</b> [msec]	0.131

Committente: Comune di Gatteo  
Cantiere: Scuola Pascoli  
Località: Via Don Ghirelli  
Operatore: Lorenzo Gabrielli  
Responsabile: Geologo Aride Buccì  
Data: 20/06/2023



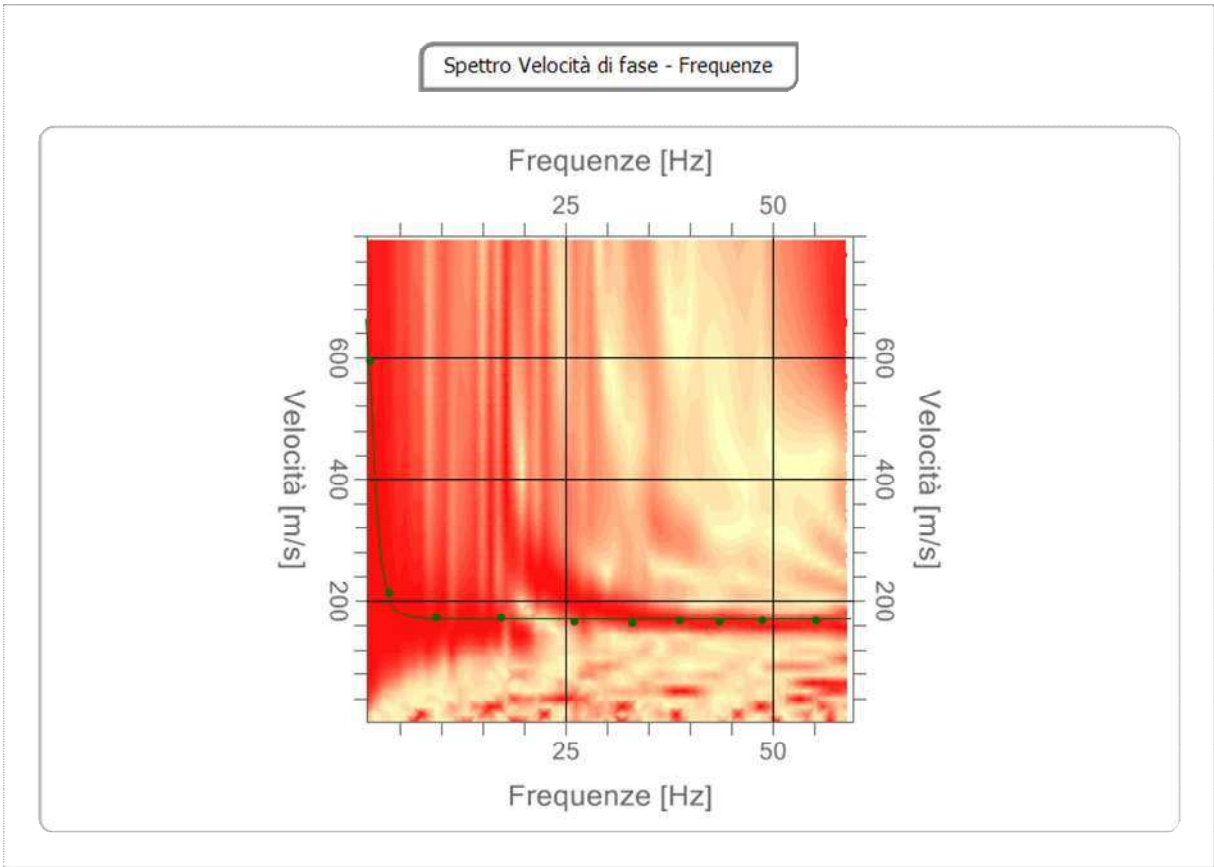
## Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	1.4	594.8	0
2	3.8	213.4	0
3	9.5	172.4	0
4	17.3	172.4	0
5	26.0	165.5	0
6	33.1	162.7	0
7	38.8	167.6	0
8	43.6	165.1	0
9	48.7	167.6	0



### Inversione

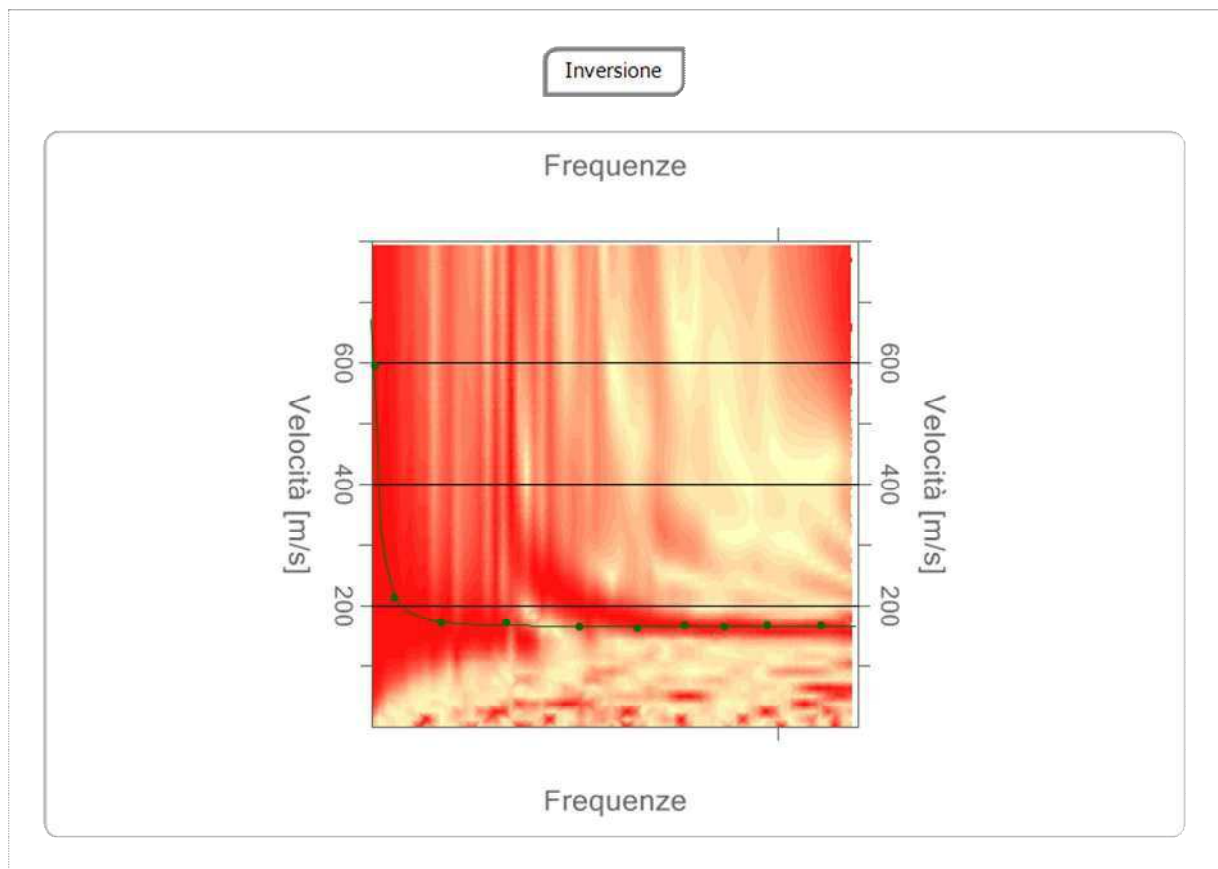
n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		9.45	9.45	1800.0	0.40	Si	432.8	176.7
2		14.08	4.63	1800.0	0.40	No	500.6	204.4
3		32.22	18.14	1800.0	0.40	No	543.9	222.1
4		100.86	68.64	1900.0	0.40	No	916.0	373.9
5		oo	oo	2000.0	0.40	No	2040.1	832.8

Percentuale di errore

0.008 %

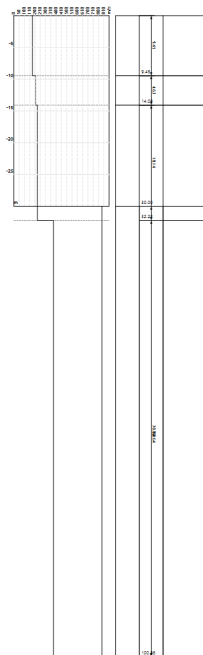
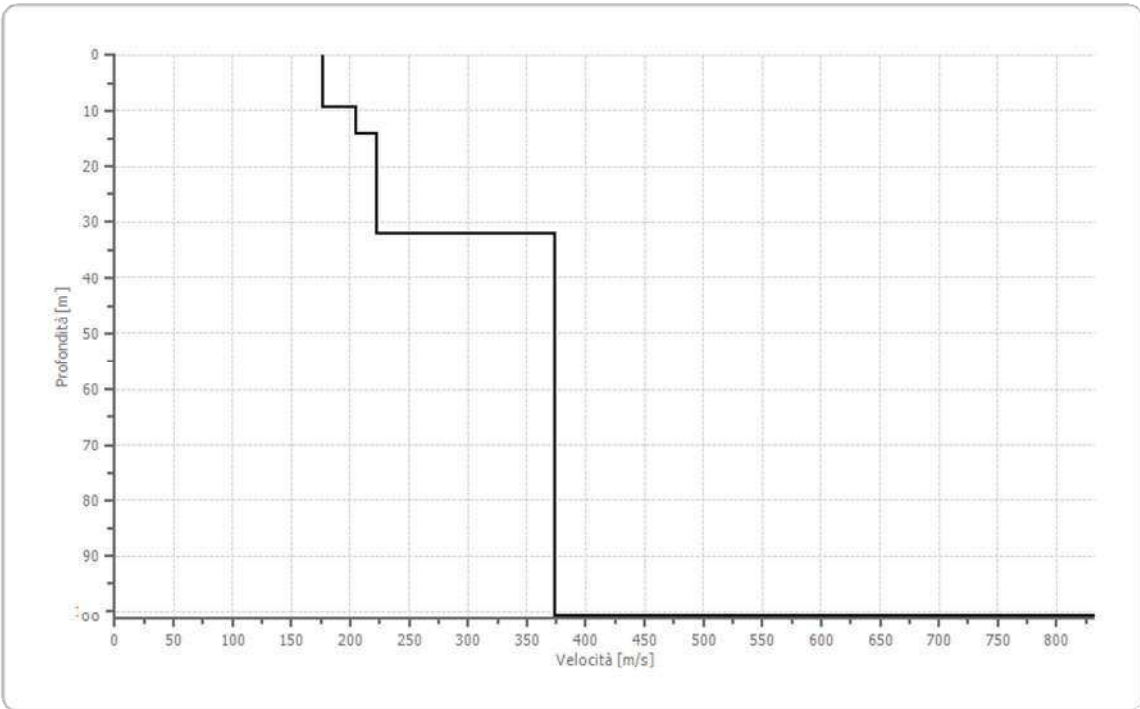
Fattore di disadattamento della soluzione

0.013





### Profilo di velocità



	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geoecoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

## Risultati

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b>Vs,30 [m/sec]</b>	202.93
<b>Categoria del suolo</b>	C

Suolo di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

### Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	9.45	9.45	176.68	432.77	1900.00	0.40	59.31	355.86	276.78	166.07	43	407.86
2	14.08	4.63	204.35	500.56	1800.00	0.40	75.17	451.01	350.78	210.47	36	847.37
3	32.22	18.14	222.06	543.93	1800.00	0.40	88.76	532.54	414.20	248.52	27	1286.49
4	100.86	68.64	373.94	915.96	1900.00	0.40	265.68	1594.08	1239.84	743.90	N/A	N/A
5	oo	oo	832.85	2040.05	2000.00	0.40	1387.27	8323.65	6473.95	3884.37	0	N/A

G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

**Località:**

Via Don Ghinelli - Gatteo

**Comune:**

Gatteo (FC)

**RELAZIONE GEOFISICA**

**OGGETTO:**

INDAGINE SISMICA PASSIVA MEDIANTE TROMOGRAFO  
DIGITALE “TROMINO”® (METODO NAKAMURA)

STIMA DELLA VS CON MISURA DIRETTA DELLE FREQUENZE DI  
RISONANZA DA STAZIONE SINGOLA - METODO H/V

**Data:**

Giugno 2023

Impresa esecutrice

	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

## PREMESSA E GENERALITA'

### MISURA DIRETTA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA

In linea di principio, visto che il suolo è assimilabile ad un corpo viscoelastico, è possibile misurarne le frequenze proprie di oscillazione in ogni punto. Queste frequenze dipendono dalle proprietà meccaniche e dalla morfologia attorno al punto di misura. Per la misura delle frequenze di risonanza solitamente viene applicato al corpo una sollecitazione nota (un impulso), misurando poi la risposta del corpo in termini di spostamenti o accelerazioni. La risposta del suolo può essere studiata in questa maniera utilizzando come funzione di eccitazione le onde di un terremoto o di una sorgente artificiale (sismica attiva). In alternativa si può utilizzare come funzione di eccitazione il rumore sismico di fondo. (sismica passiva).

Il rumore sismico ambientale viene generato da fenomeni atmosferici (onde oceaniche o vento) e dall'attività antropica. Viene detto anche “microtremore” perché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. Al rumore di fondo, sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali antropiche e naturali. I microtremori sono in parte costituiti da onde di volume P ed S, in parte da onde di superficiali che hanno velocità prossime a quelle delle onde S.

Il rumore sismico può essere misurato con il tromografo digitale Tromino ed analizzato con il software Grilla.

	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613



## METODO H/V

Dopo i primi studi di Kanai (1957), diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. La tecnica maggiormente consolidata, proposta da Nogoshi & Igarashi (1970), prende in esame i rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectra Ratio HVSR o H/V). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire la frequenza di risonanza fondamentale del sottosuolo.

L'ampiezza del picco del rapporto H/V, pur essendo legata all'entità del contrasto di impedenza tra gli strati, non è correlabile all'amplificazione sismica in modo semplice.

In un mezzo "semplice", per es. coltre alterazione + bedrock (o strato assimilabile al bedrock; ad es. argille su ghiaie), dove i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D), i due strati hanno rispettivamente diverse densità  $\rho_1$  e  $\rho_2$  e diverse velocità delle onde sismiche  $V_1$  e  $V_2$ . Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene parzialmente riflessa dall'interfaccia che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e

	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidenti ( $\lambda$ ) è 4 volte (o i suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. Quindi la frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a:

$$f_r = V_s/4H \quad (1)$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una 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 allo spessore) di ciascuno di essi, ma non risulta interpretabile applicando semplicemente l'equazione (1). E' necessario applicare il processo di inversione che richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- a) contenuto in frequenza
- b) risposta strumentale
- c) ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

I valori assoluti degli spettri orizzontali (H) e verticali (V) variano con il livello assoluto del rumore ambientale (alte frequenze, disturbi "antropici" tipo mezzi in movimento, lavorazioni, calpestio ecc.). Nella pratica si usa H/V perché è un buon normalizzatore e, come ampiamente riconosciuto nella letteratura scientifica internazionale, H/V misura direttamente le frequenze di risonanza dei terreni.

	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

## STIMA DI VS A PARTIRE DA MISURE A STAZIONE SINGOLA

L'analisi H/V permette di identificare i contrasti di impedenza tra gli strati. Una coltre di sedimenti sovrastanti un substrato roccioso (bedrock) darà un picco nella funzione H/V. Però anche una coltre di sedimenti fini sopra uno strato di ghiaia può generare un massimo nella funzione H/V. In questo caso lo strato di ghiaia viene in genere indicato come bedrock-like (strato assimilabile al bedrock) anche se la sua velocità è inferiore agli 800 m/s previsti dalla normativa. Anche questi strati bedrock-like sono in grado di creare fenomeni di intrappolamento d'onde e quindi fenomeni di risonanza, se la discontinuità nelle Vs è netta.

In base alla precedente equazione, il segnale, una volta pulito dagli effetti antropici ad alta frequenza ( $>30\text{Hz}$ ), si può risolvere o conoscendo la Vs del materiale per determinare gli spessori oppure, conoscendo gli spessori, per determinare la Vs.

Quindi risulta indispensabile avere a disposizione dei vincoli da prove dirette del sottosuolo (penetrometrie, carotaggi) per poter associare ai picchi rilevati dalle misure di microtremore dei contrasti di impedenza adeguati, cioè modellare il mezzo geologico affinché rappresenti in maniera attendibile il sottosuolo, cioè strati con spessori e velocità associabili alla curva misurata delle frequenze di risonanza con il rapporto spettrale H/V.

Nel caso semplice di strato omogeneo sopra un bedrock, se da misure dirette è nota la profondità H del bedrock (o bedrock-like) si può calcolare il Vs30 attraverso le misure di fr. Se  $H > 30$  m, il valore di Vs30 viene calcolato direttamente dalla [1].

Se  $H \leq 30$  m, allora:

$$V_{s30} = \frac{30}{t_h + t_{30-H}} = \frac{30}{(1/v_r) + (30-H)/V_B} \quad [2]$$

dove  $V_B$  è la velocità delle onde S nel bedrock o bedrock-like.

Valori orientativi di velocità delle onde S sono riportati nella Tabella 1.

Tabella 1. Valori caratteristici delle onde S nei vari tipi di suolo (Borcherdt,1994).

Tipi di suolo	Vs min. (m/s)	Vs med. (m/s)	Vs max. (m/s)
Rocce molto dure (rocce metamorfiche poco fratturate)	1400	1620	-
Rocce dure (graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie ed argilliti da poco a mediamente fratturati)	700	1050	1400
Suoli ghiaiosi e rocce da tenere a dure (rocce sedimentarie tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con più del 20% di ghiaia)	375	540	700
argille compatte e suoli sabbiosi (sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose o limose, argille da medie a compatte)	200	290	375
Terreni teneri (terreno di riporto sotto falda, argille da tenere a molto tenere)	100	150	200



	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

## MODI DI VIBRARE

Come il sottosuolo, eccitato dalle onde che lo attraversano, presenta più modi di vibrare anche le strutture e gli edifici in c.a. presenta a loro volta delle frequenze di risonanza proprie dell'edificio.

E' indispensabile evitare i fenomeni di doppia risonanza cioè quei casi in cui la frequenza propria del terreno ha picchi con frequenze di risonanza simili o leggermente inferiori a quelle dell'edificio.

Condizione ideale sarebbe data da una risonanza dell'edificio a frequenze minori di quelle del sottosuolo. Se le risonanze suolo-struttura coincidono la situazione è problematica dal punto di vista della vulnerabilità sismica, così come se la risonanza della struttura è a frequenze di poco superiore a quelle del sottosuolo la situazione è ugualmente problematica perché :

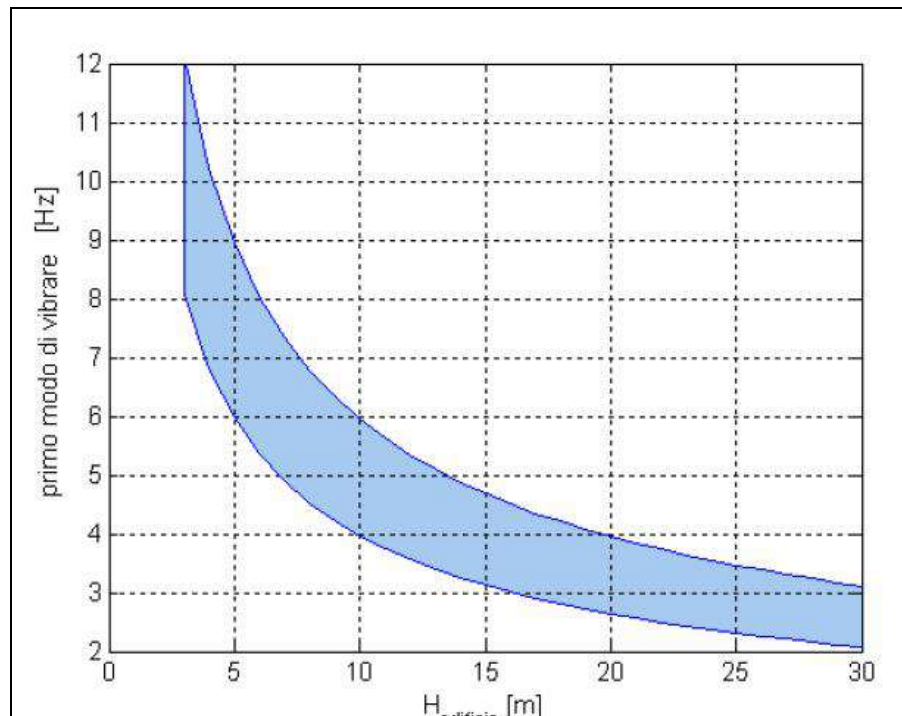
gli edifici con il proprio danneggiamento diminuiscono la loro frequenza di risonanza propria,

il sottosuolo può manifestare modi di vibrare di ampiezza maggiore e a frequenza maggiore rispetto a quella visibile con i microtremori.

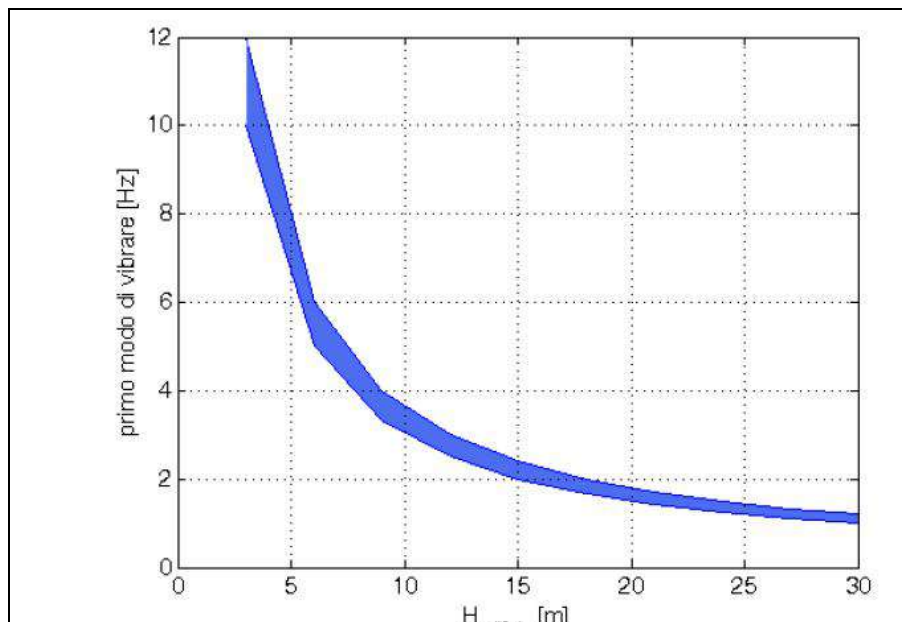
Quindi è opportuno che la frequenza di risonanza della struttura risulti sempre inferiore al picco di risonanza del terreno od almeno al di fuori del 40% dell'ampiezza del picco di risonanza del terreno.

Si allega di seguito il grafico semplificato che mette in relazione la frequenza di risonanza teorica per edifici in relazione alla loro altezza in metri, in modo da poter confrontare in maniera speditiva se sono possibili fenomeni di doppia risonanza (da "Tecniche di sismica passiva e attiva", Silvia Castellaro, 2010).

## RELAZIONE TIPICA ALTEZZA EDIFICIO - I MODO FLESSIONALE



I modo vibrare edifici c.a. in funzione h



I modo vibrare edifici muratura in funzione h

## SCUOLA PASCOLI GATTEO,

Instrument: TRZ-0194/01-12

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 14/06/23 08:05:25 End recording: 14/06/23 08:17:25

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h12'00". Analysis performed on the entire trace.

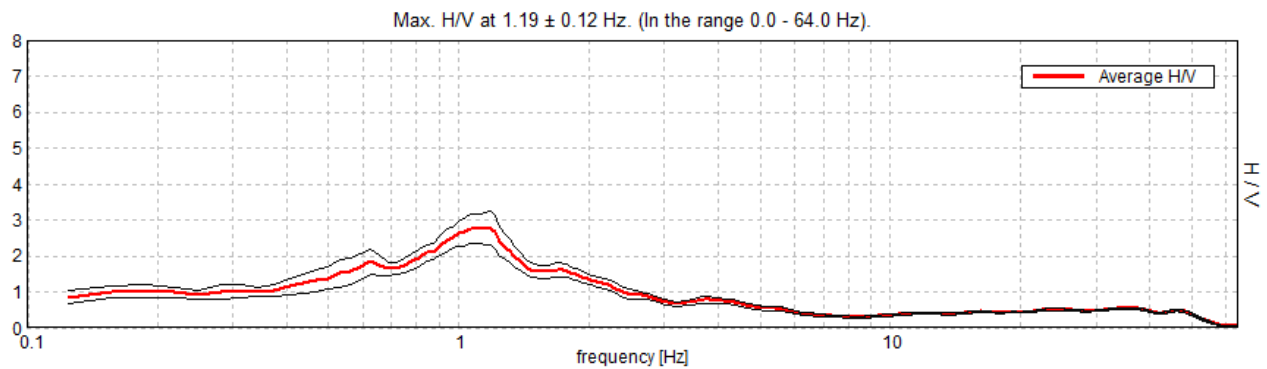
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

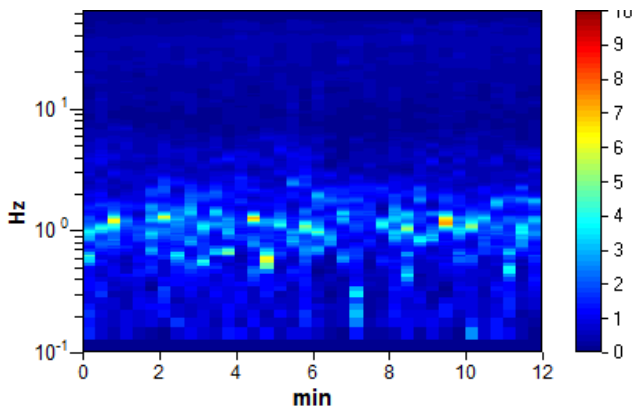
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

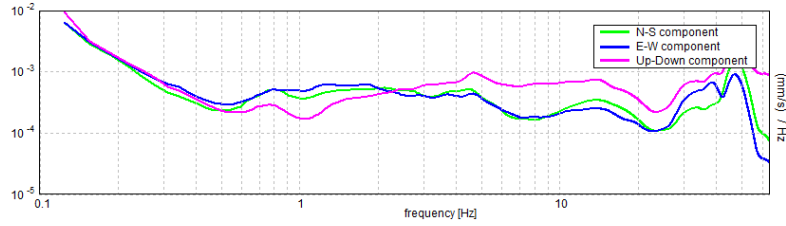
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



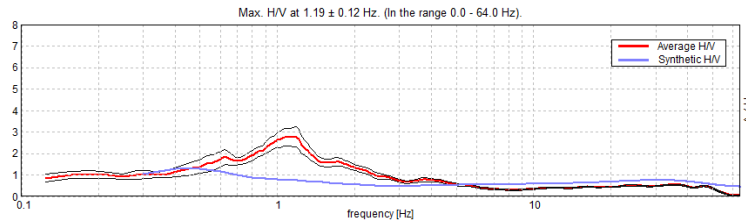
### H/V TIME HISTORY



**SINGLE COMPONENT SPECTRA**

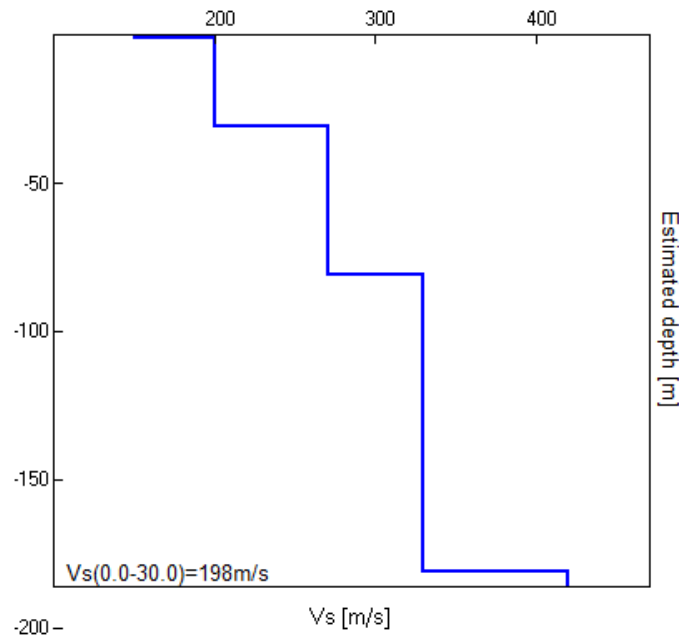



**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	150	0.42
31.00	30.00	200	0.42
81.00	50.00	270	0.42
181.00	100.00	330	0.42
inf.	inf.	420	0.40

Vs(0.0-30.0)=198m/s




	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata	
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080	
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613	

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

**Max. H/V at 1.19 ± 0.12 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]					
$f_0 > 10 / L_w$	$1.19 > 0.50$	<b>OK</b>			
$n_c(f_0) > 200$	$855.0 > 200$	<b>OK</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 58 times	<b>OK</b>			
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]					
<b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	0.5 Hz	<b>OK</b>			
<b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	1.969 Hz	<b>OK</b>			
$A_0 > 2$	$2.76 > 2$	<b>OK</b>			
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.10135  < 0.05$				<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.12036 < 0.11875$				<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4688 < 1.78$	<b>OK</b>			
$L_w$ $n_w$ $n_c = L_w n_w f_0$ $f$ $f_0$ $\sigma_f$ $\varepsilon(f_0)$ $A_0$ $A_{H/V}(f)$ $f^-$ $f^+$ $\sigma_A(f)$ $\sigma_{\log H/V}(f)$ $\theta(f_0)$	window length number of windows used in the analysis number of significant cycles current frequency H/V peak frequency standard deviation of H/V peak frequency threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ H/V peak amplitude at frequency $f_0$ H/V curve amplitude at frequency $f$ frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ 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 standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve 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

	GEOECOTER s.c.a.r.l. – Ingegneria Civile e Geologia Applicata
	Località Trabocchi, Montepetrabassa - 47030 Sogliano al Rubicone (FC) Tel/Fax: 0547/95080
www.geocoter.com	P.IVA Registro Imprese Forlì-Cesena 02669250405 R.E.A. 284299 Iscr. Albo Soc. Coop.ve A106613

Con la determinazione delle onde di taglio vs i terreni indagati vengono inseriti in una delle seguenti categorie di sottosuolo (N.T.C. 2018 \_ Tabella 3.2.II e Tabella 3.2.III):

### **CATEGORIE DI SOTTOSUOLO**

<b>A</b> - <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
<b>B</b> - <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s</i>
<b>C</b> - <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s</i>
<b>D</b> - <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> tra 100 e 180 m/s</i>
<b>E</b> - <i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

### **CONFIZIONI TOPOGRAFICHE**

<b>T1</b> - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ .
<b>T2</b> - Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ .
<b>T3</b> - Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ .
<b>T4</b> - Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$ .

### **RISULTATI INDAGINE**

Dall'analisi dell'indagine si può affermare che il sito è caratterizzato da una velocità equivalente delle onde di  $V_{seq} = 198$  m/sec, calcolata dalla profondità di 0,00mt. ÷ 30,00 mt., corrispondente ad un terreno di tipo C.

## TABLE OF CONTENTS

<b>p2 results</b>	
Summary data report	1
Liquefaction potential index data	8

**LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT**

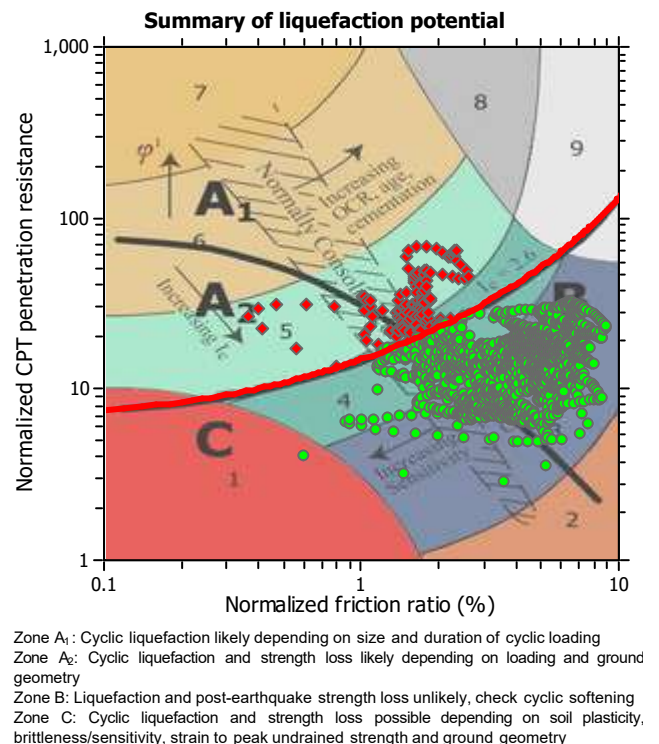
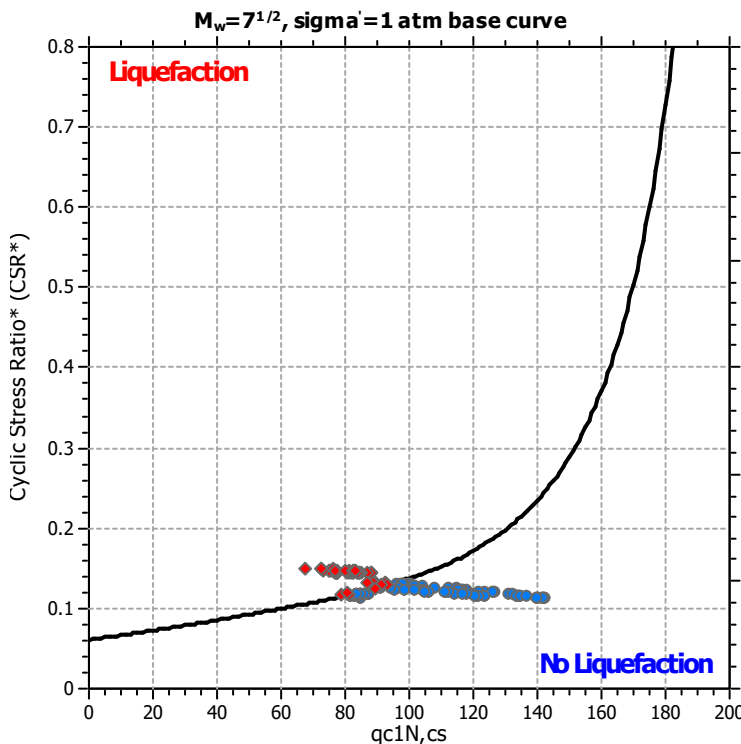
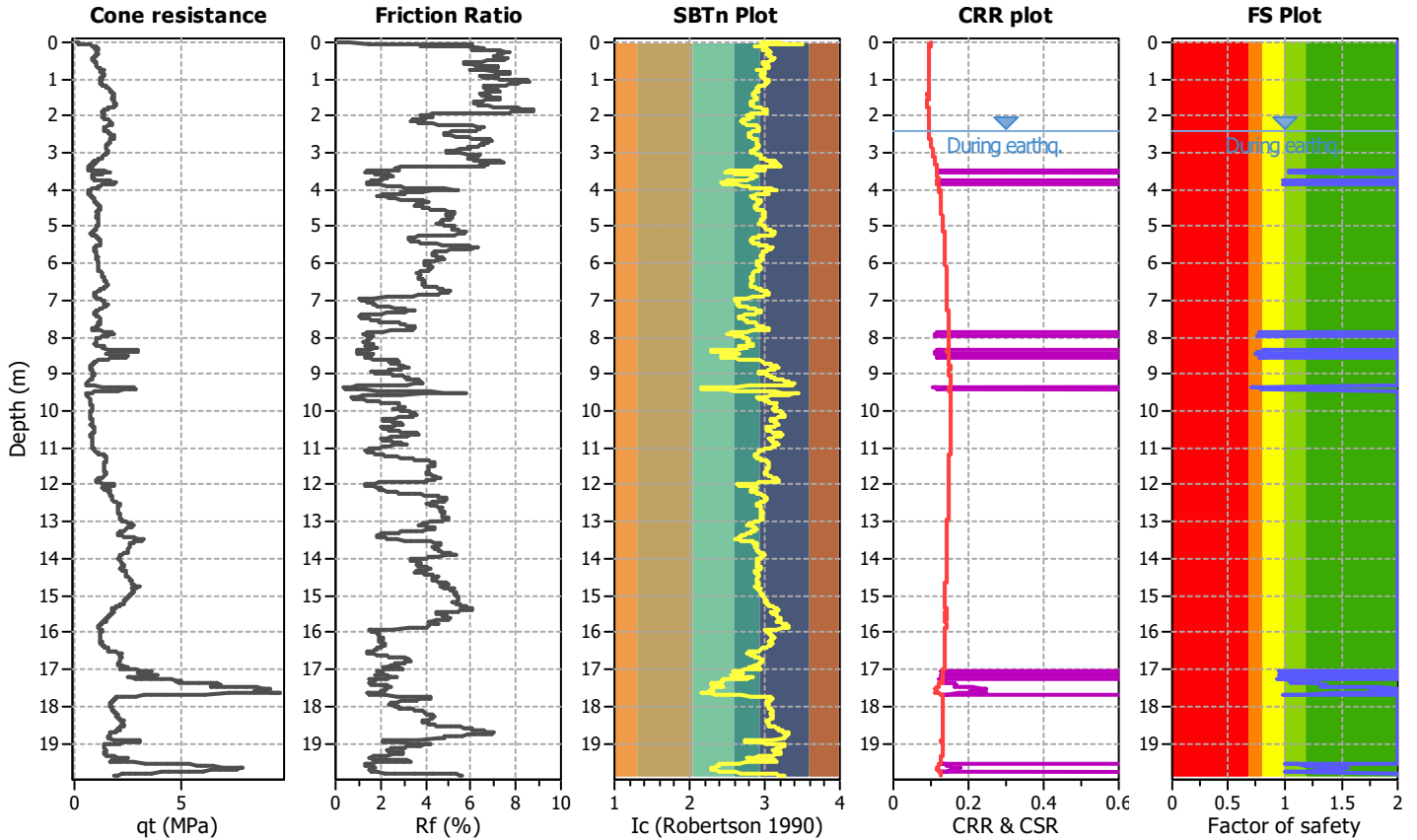
**Project title : ampliamento scuola pascoli**

**Location : gatteo**

**CPT file : p2**

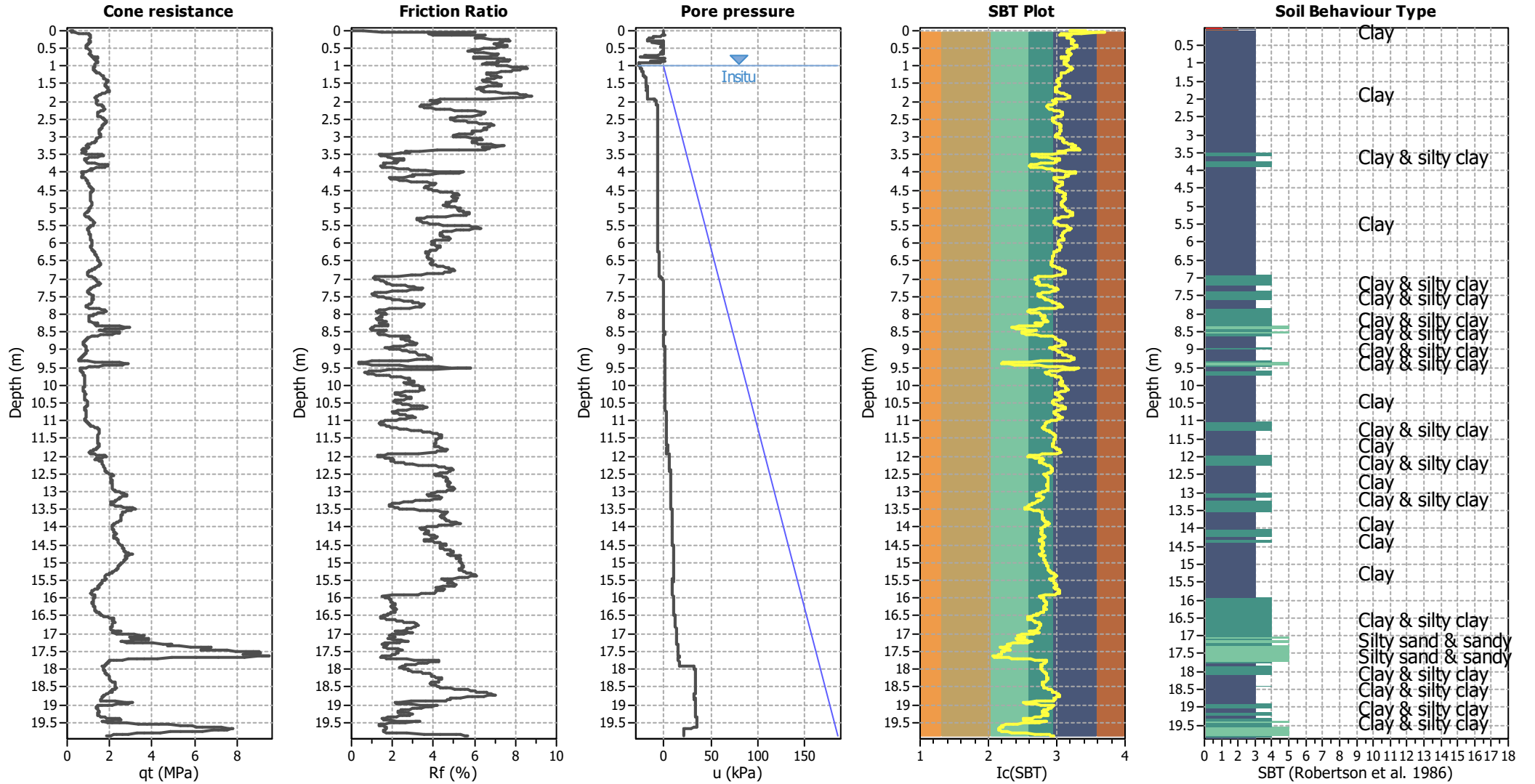
**Input parameters and analysis data**

Analysis method:	B&I (2014)	G.W.T. (in-situ):	1.00 m	Use fill:	No	Clay like behavior applied:	Sands only
Fines correction method:	B&I (2014)	G.W.T. (earthq.):	2.40 m	Fill height:	N/A	Limit depth applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Average results interval:	3	Fill weight:	N/A	Limit depth:	N/A
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.00	Ic cut-off value:	2.60	Trans. detect. applied:	No	MSF method:	Method based
Peak ground acceleration:	0.18	Unit weight calculation:	Based on SBT	$K_\sigma$ applied:	Yes		





### CPT basic interpretation plots



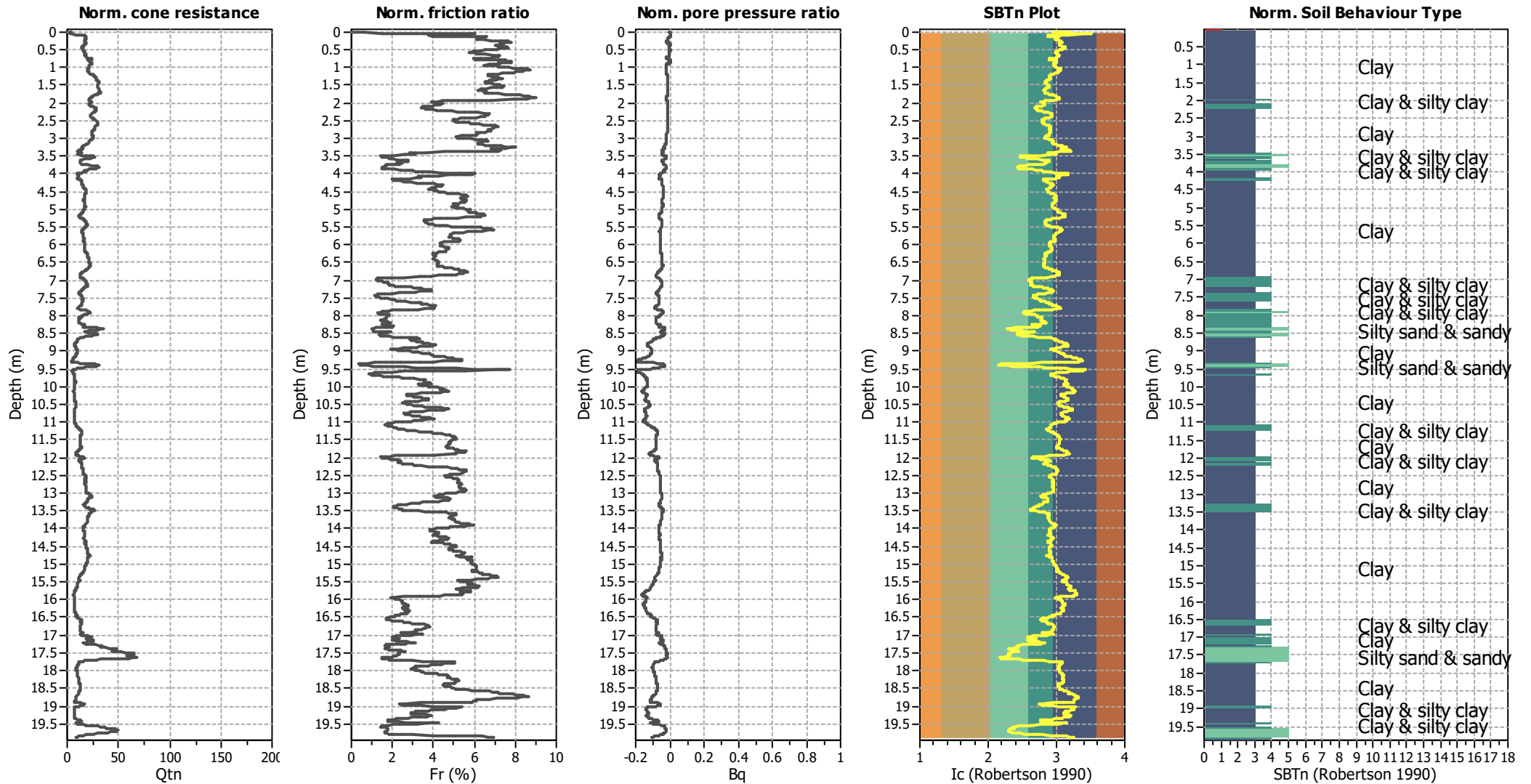
#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.40 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_{\sigma}$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.00	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.18	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

#### SBT legend

1. Sensitive fine grained	4. Clayey silt to silty	7. Gravely sand to sand
2. Organic material	5. Silty sand to sandy silt	8. Very stiff sand to
3. Clay to silty clay	6. Clean sand to silty sand	9. Very stiff fine grained

### CPT basic interpretation plots (normalized)



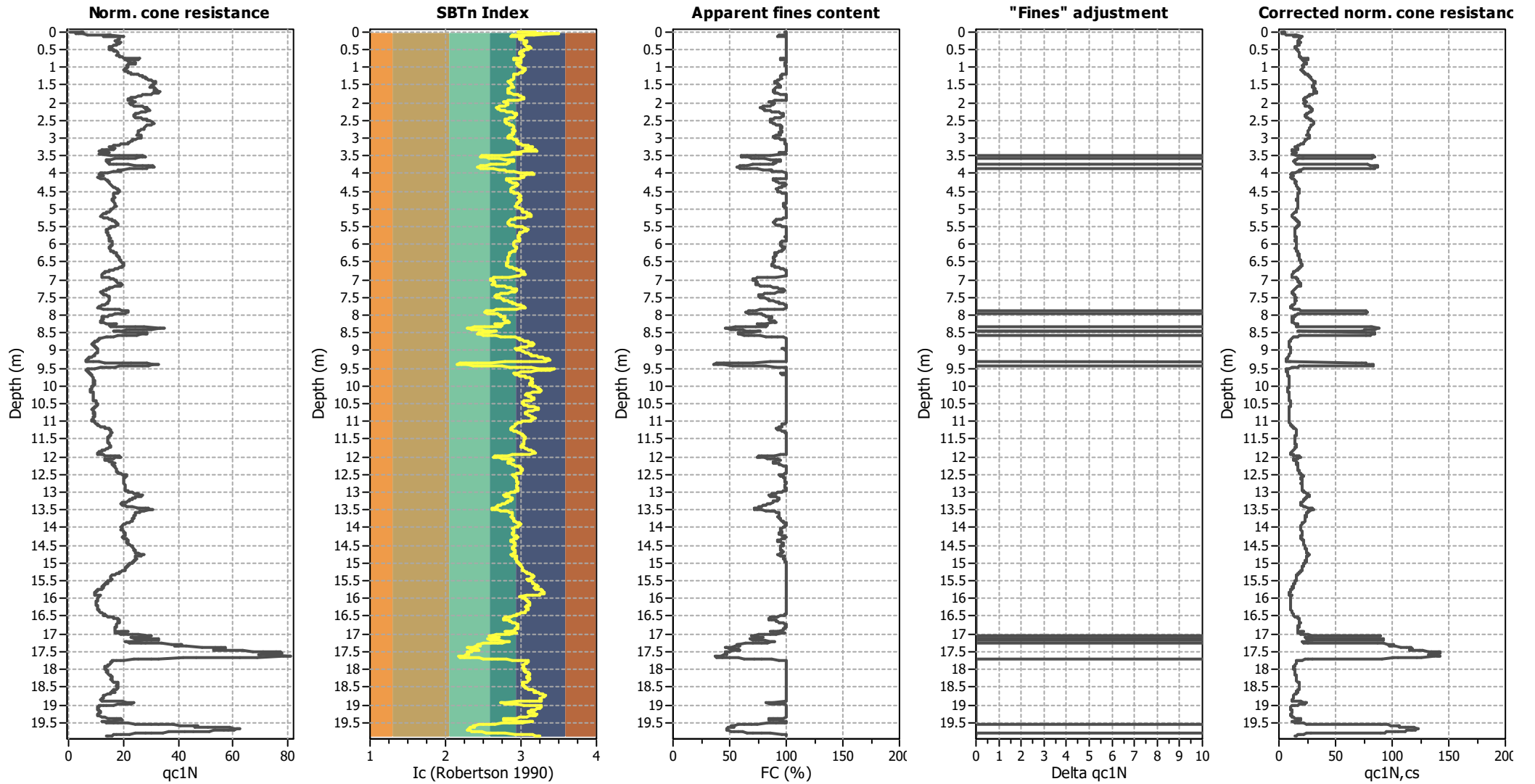
#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.40 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_{\sigma}$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.00	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.18	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

#### SBTn legend

1. Sensitive fine grained	4. Clayey silt to silty	7. Gravely sand to sand
2. Organic material	5. Silty sand to sandy silt	8. Very stiff sand to
3. Clay to silty clay	6. Clean sand to silty sand	9. Very stiff fine grained

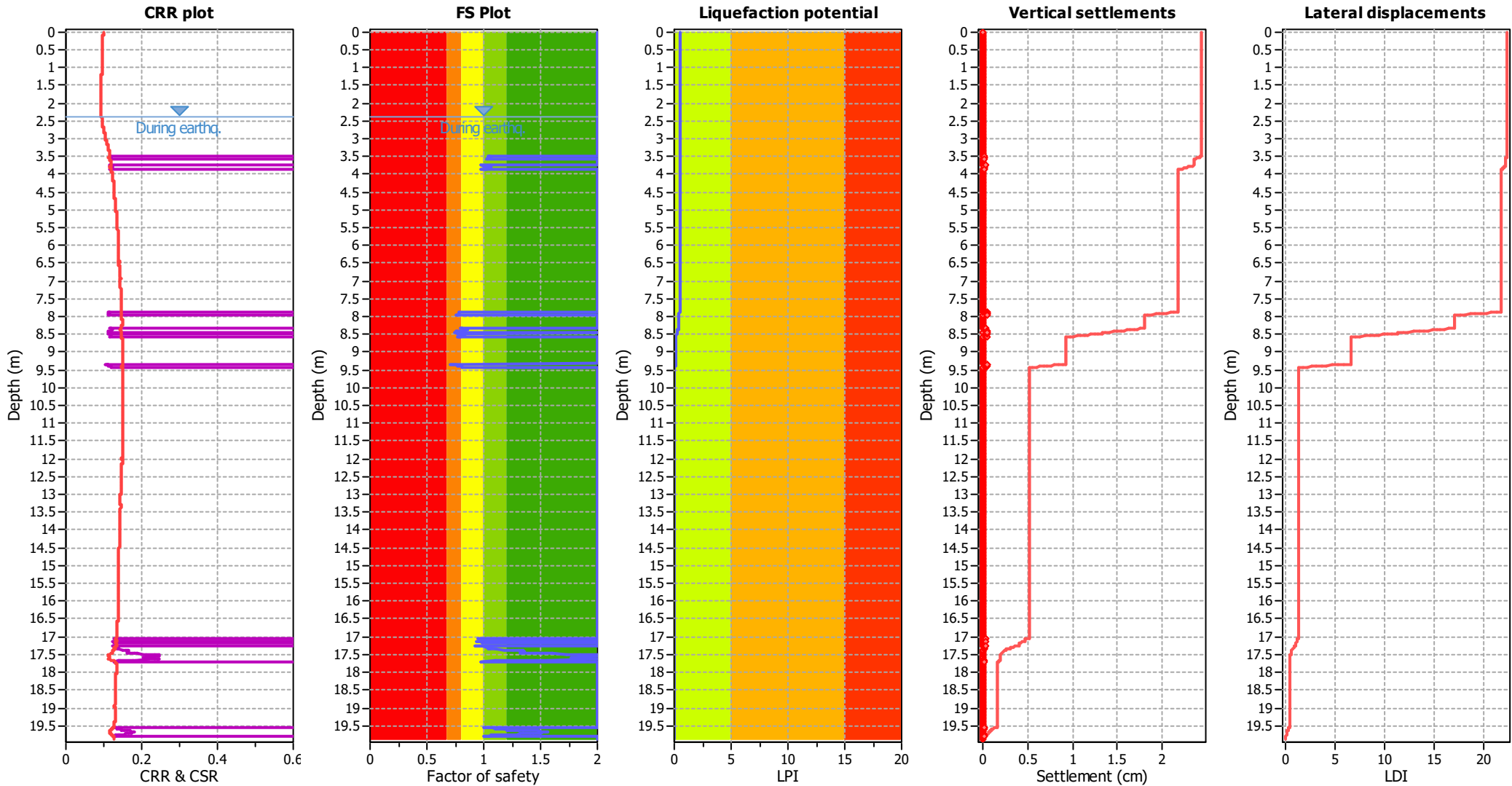
### Liquefaction analysis overall plots (intermediate results)



#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.40 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>σ</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.00	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.18	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

### Liquefaction analysis overall plots



#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (earthq.):	2.40 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_{\sigma}$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.00	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.18	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

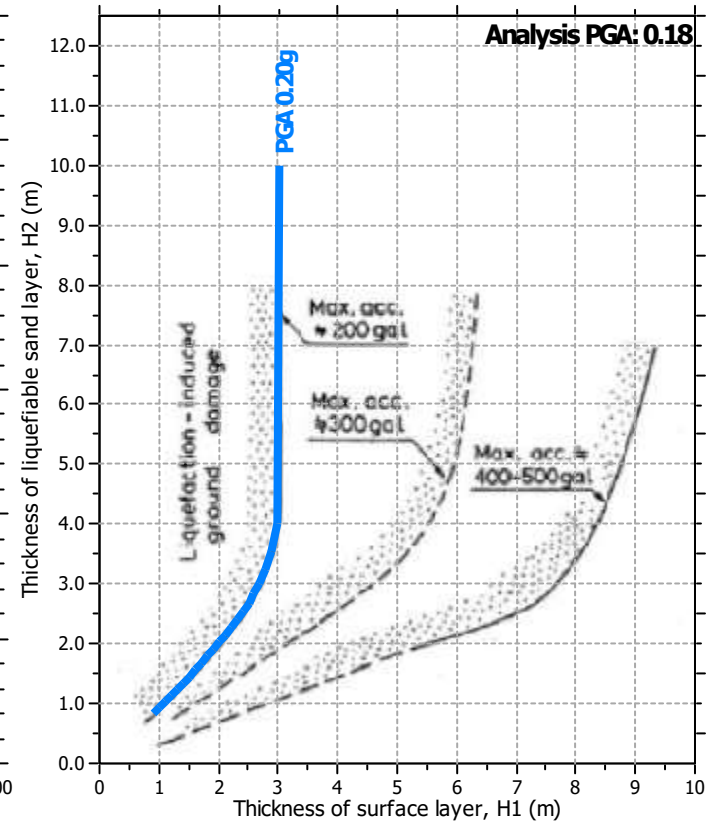
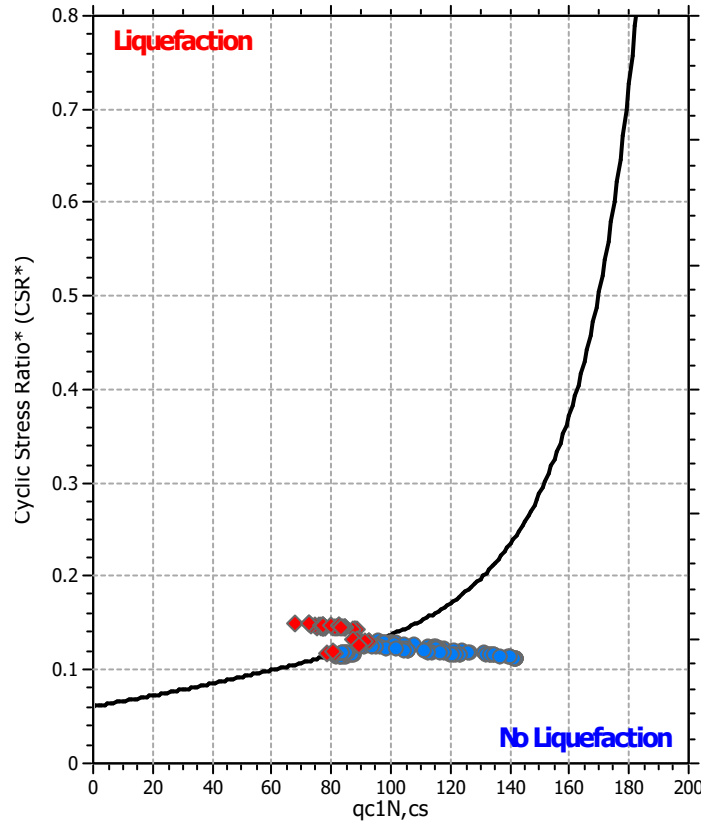
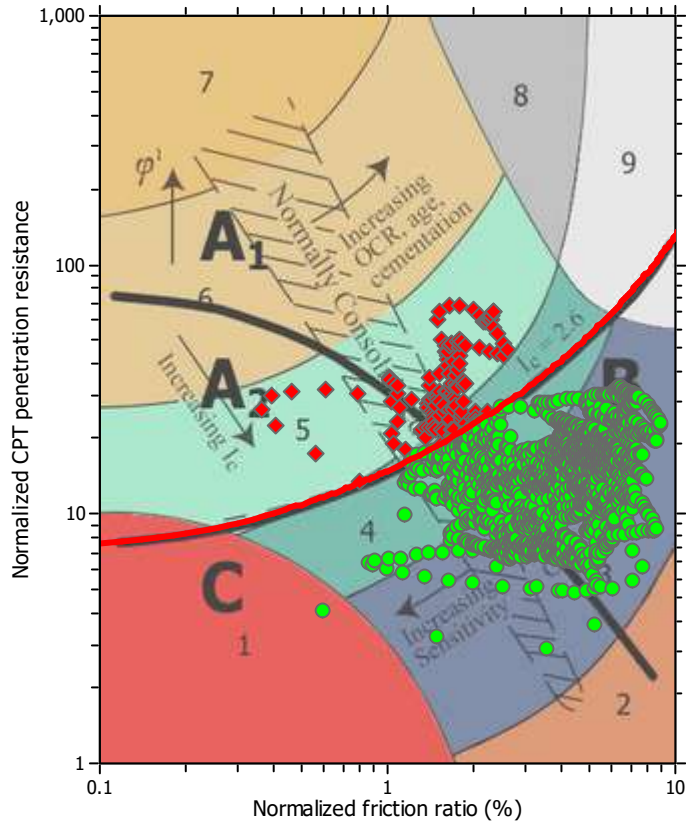
#### F.S. color scheme

- Almost certain it will liquefy
- Very likely to liquefy
- Liquefaction and no liq. are equally likely
- Unlike to liquefy
- Almost certain it will not liquefy

#### LPI color scheme

- Very high risk
- High risk
- Low risk

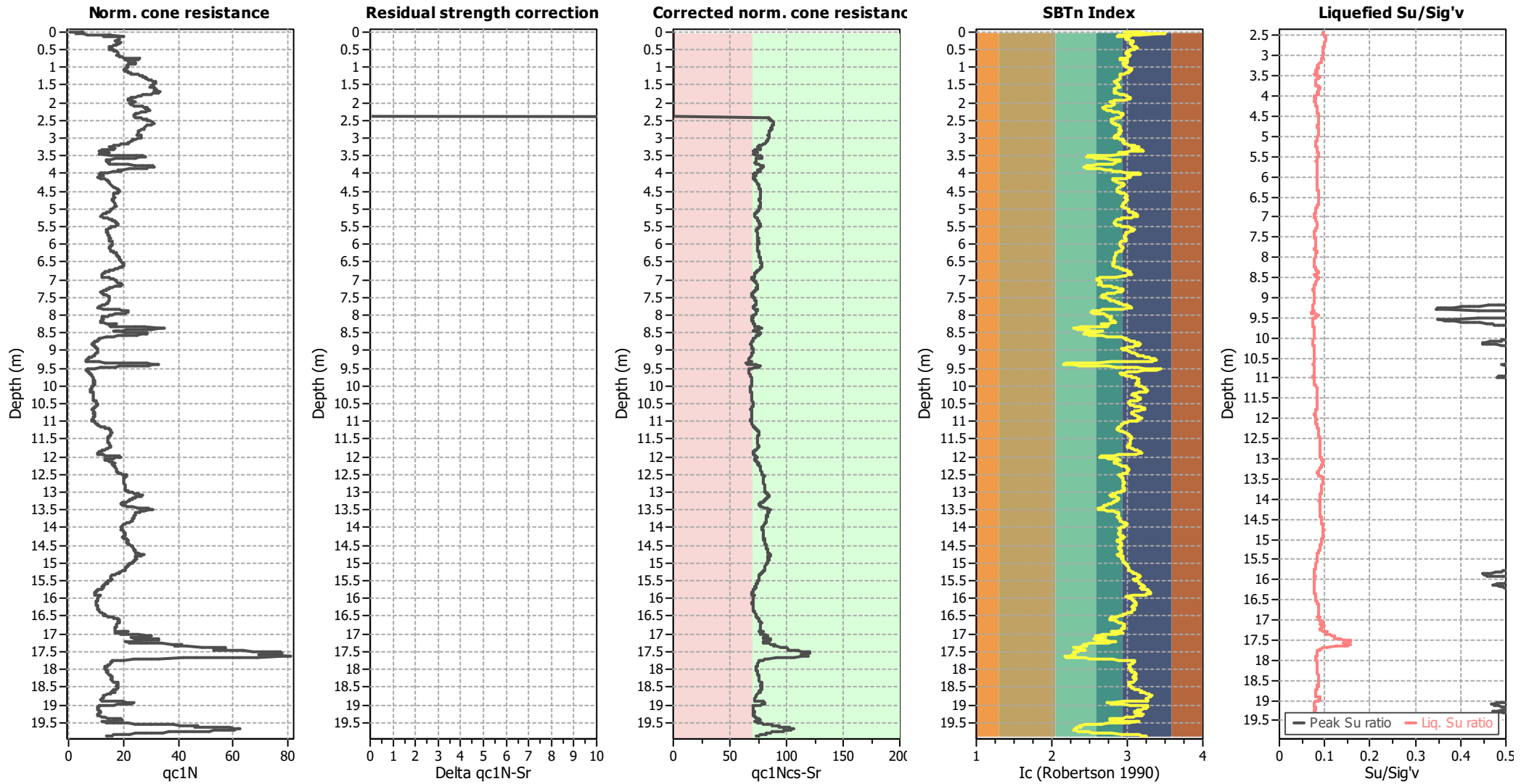
### Liquefaction analysis summary plots



#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.40 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	$K_{\phi}$ applied:	Yes
Earthquake magnitude $M_w$ :	6.00	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.18	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A

### Check for strength loss plots (Idriss & Boulanger (2008))



#### Input parameters and analysis data

Analysis method:	B&I (2014)	Depth to GWT (erthq.):	2.40 m	Fill weight:	N/A
Fines correction method:	B&I (2014)	Average results interval:	3	Transition detect. applied:	No
Points to test:	Based on Ic value	Ic cut-off value:	2.60	K <sub>σ</sub> applied:	Yes
Earthquake magnitude M <sub>w</sub> :	6.00	Unit weight calculation:	Based on SBT	Clay like behavior applied:	Sands only
Peak ground acceleration:	0.18	Use fill:	No	Limit depth applied:	No
Depth to water table (insitu):	1.00 m	Fill height:	N/A	Limit depth:	N/A



:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
0.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
0.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
0.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00



:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
1.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
2.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	2.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.50	1.03	0.00	0.00	0.01	0.00
3.51	1.05	0.00	0.00	0.01	0.00	3.52	1.06	0.00	0.00	0.01	0.00
3.53	1.07	0.00	0.00	0.01	0.00	3.54	1.05	0.00	0.00	0.01	0.00
3.55	1.04	0.00	0.00	0.01	0.00	3.56	1.03	0.00	0.00	0.01	0.00
3.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.75	0.97	0.03	2204.32	0.01	0.00	3.76	1.00	0.00	273382999	0.01	0.00
3.77	1.03	0.00	0.00	0.01	0.00	3.78	1.05	0.00	0.00	0.01	0.00
3.79	1.06	0.00	0.00	0.01	0.00	3.80	1.06	0.00	0.00	0.01	0.00
3.81	1.06	0.00	0.00	0.01	0.00	3.82	1.04	0.00	0.00	0.01	0.00
3.83	1.03	0.00	0.00	0.01	0.00	3.84	1.03	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
3.85	1.03	0.00	0.00	0.01	0.00	3.86	1.01	0.00	0.00	0.01	0.00
3.87	0.98	0.02	21917.62	0.01	0.00	3.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	3.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
3.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
4.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	4.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
4.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
5.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	5.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
5.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
6.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	6.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
6.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
7.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.87	0.78	0.22	1.42	0.01	0.01	7.88	0.78	0.22	1.43	0.01	0.01
7.89	0.78	0.22	1.45	0.01	0.01	7.90	0.78	0.22	1.46	0.01	0.01
7.91	0.78	0.22	1.45	0.01	0.01	7.92	0.78	0.22	1.44	0.01	0.01
7.93	0.78	0.22	1.41	0.01	0.01	7.94	0.77	0.23	1.36	0.01	0.01
7.95	0.76	0.24	1.28	0.01	0.01	7.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	7.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
7.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.33	0.80	0.20	1.67	0.01	0.01	8.34	0.81	0.19	1.85	0.01	0.01
8.35	0.86	0.14	3.08	0.01	0.01	8.36	0.86	0.14	3.14	0.01	0.01
8.37	0.86	0.14	3.22	0.01	0.01	8.38	0.85	0.15	2.75	0.01	0.01
8.39	0.83	0.17	2.13	0.01	0.01	8.40	0.81	0.19	1.74	0.01	0.01
8.41	0.77	0.23	1.35	0.01	0.01	8.42	0.76	0.24	1.28	0.01	0.01
8.43	0.76	0.24	1.23	0.01	0.01	8.44	0.75	0.25	1.16	0.01	0.01
8.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.48	0.77	0.23	1.35	0.01	0.01
8.49	0.81	0.19	1.79	0.01	0.01	8.50	0.82	0.18	1.99	0.01	0.01
8.51	0.83	0.17	2.19	0.01	0.01	8.52	0.83	0.17	2.16	0.01	0.01
8.53	0.83	0.17	2.11	0.01	0.01	8.54	0.82	0.18	2.03	0.01	0.01
8.55	0.81	0.19	1.80	0.01	0.01	8.56	0.80	0.20	1.67	0.01	0.01
8.57	0.77	0.23	1.37	0.01	0.01	8.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
8.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	8.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
8.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.34	0.70	0.30	0.93	0.01	0.02
9.35	0.73	0.27	1.09	0.01	0.01	9.36	0.73	0.27	1.08	0.01	0.01
9.37	0.76	0.24	1.26	0.01	0.01	9.38	0.76	0.24	1.29	0.01	0.01
9.39	0.79	0.21	1.50	0.01	0.01	9.40	0.80	0.20	1.72	0.01	0.01
9.41	0.81	0.19	1.76	0.01	0.01	9.42	0.81	0.19	1.85	0.01	0.01
9.43	0.81	0.19	1.84	0.01	0.01	9.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00



:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
9.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	9.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
9.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
10.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	10.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
10.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
11.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	11.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
11.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
12.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	12.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
12.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
13.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	13.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
13.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
14.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	14.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
14.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
15.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	15.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
15.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
16.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	16.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
16.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.05	0.95	0.05	43.92	0.01	0.00	17.06	0.95	0.05	43.26	0.01	0.00
17.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.14	0.94	0.06	28.25	0.01	0.00
17.15	0.98	0.02	11558.17	0.01	0.00	17.16	0.98	0.02	48329.38	0.01	0.00
17.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.26	0.93	0.07	15.00	0.01	0.00
17.27	0.99	0.01	3607943.2	0.01	0.00	17.28	1.02	0.00	0.00	0.01	0.00



:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
17.29	1.08	0.00	0.00	0.01	0.00	17.30	1.08	0.00	0.00	0.01	0.00
17.31	1.07	0.00	0.00	0.01	0.00	17.32	1.06	0.00	0.00	0.01	0.00
17.33	1.04	0.00	0.00	0.01	0.00	17.34	1.04	0.00	0.00	0.01	0.00
17.35	1.05	0.00	0.00	0.01	0.00	17.36	1.10	0.00	0.00	0.01	0.00
17.37	1.18	0.00	0.00	0.01	0.00	17.38	1.26	0.00	0.00	0.01	0.00
17.39	1.30	0.00	0.00	0.01	0.00	17.40	1.34	0.00	0.00	0.01	0.00
17.41	1.36	0.00	0.00	0.01	0.00	17.42	1.35	0.00	0.00	0.01	0.00
17.43	1.33	0.00	0.00	0.01	0.00	17.44	1.32	0.00	0.00	0.01	0.00
17.45	1.32	0.00	0.00	0.01	0.00	17.46	1.32	0.00	0.00	0.01	0.00
17.47	1.51	0.00	0.00	0.01	0.00	17.48	1.60	0.00	0.00	0.01	0.00
17.49	1.73	0.00	0.00	0.01	0.00	17.50	1.85	0.00	0.00	0.01	0.00
17.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.56	1.85	0.00	0.00	0.01	0.00
17.57	1.82	0.00	0.00	0.01	0.00	17.58	1.76	0.00	0.00	0.01	0.00
17.59	1.82	0.00	0.00	0.01	0.00	17.60	1.87	0.00	0.00	0.01	0.00
17.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.64	1.94	0.00	0.00	0.01	0.00
17.65	1.57	0.00	0.00	0.01	0.00	17.66	1.46	0.00	0.00	0.01	0.00
17.67	1.14	0.00	0.00	0.01	0.00	17.68	1.10	0.00	0.00	0.01	0.00
17.69	0.98	0.02	17086.56	0.01	0.00	17.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	17.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
17.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
18.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.55	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.56	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.57	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.58	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.59	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.60	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.61	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.62	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.63	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.64	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.65	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.66	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.67	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.68	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.69	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.70	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.71	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.72	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.73	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.74	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.75	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.76	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.77	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.78	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.79	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.89	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.90	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.91	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.92	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.93	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.94	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.95	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.96	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.97	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	18.98	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
18.99	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.00	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.01	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.02	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.03	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.04	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.05	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.06	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.07	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.08	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.09	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.10	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.11	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.12	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.13	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.14	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.15	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.16	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.17	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.18	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.19	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.20	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

:: Liquefaction Potential Index calculation data ::											
Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>	Depth (m)	FS	m(FS)	H <sub>1</sub> *m(FS)	d <sub>z</sub>	LPI <sub>ISH</sub>
19.21	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.22	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.23	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.24	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.25	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.26	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.27	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.28	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.29	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.30	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.31	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.32	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.33	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.34	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.35	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.36	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.37	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.38	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.39	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.40	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.41	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.42	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.43	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.44	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.45	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.46	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.47	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.48	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.49	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.50	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.51	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.52	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.53	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.54	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.55	1.00	0.00	470123700	0.01	0.00	19.56	1.02	0.00	0.00	0.01	0.00
19.57	1.08	0.00	0.00	0.01	0.00	19.58	1.11	0.00	0.00	0.01	0.00
19.59	1.18	0.00	0.00	0.01	0.00	19.60	1.21	0.00	0.00	0.01	0.00
19.61	1.20	0.00	0.00	0.01	0.00	19.62	1.21	0.00	0.00	0.01	0.00
19.63	1.30	0.00	0.00	0.01	0.00	19.64	1.35	0.00	0.00	0.01	0.00
19.65	1.47	0.00	0.00	0.01	0.00	19.66	1.51	0.00	0.00	0.01	0.00
19.67	1.57	0.00	0.00	0.01	0.00	19.68	1.56	0.00	0.00	0.01	0.00
19.69	1.53	0.00	0.00	0.01	0.00	19.70	1.49	0.00	0.00	0.01	0.00
19.71	1.43	0.00	0.00	0.01	0.00	19.72	1.40	0.00	0.00	0.01	0.00
19.73	1.32	0.00	0.00	0.01	0.00	19.74	1.30	0.00	0.00	0.01	0.00
19.75	1.19	0.00	0.00	0.01	0.00	19.76	1.15	0.00	0.00	0.01	0.00
19.77	1.07	0.00	0.00	0.01	0.00	19.78	1.05	0.00	0.00	0.01	0.00
19.79	1.01	0.00	0.00	0.01	0.00	19.80	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.81	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.82	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.83	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.84	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.85	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.86	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00
19.87	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00	19.88	2.00	0.00	0.00	0.01	0.00

**Overall liquefaction potential: 0.49**

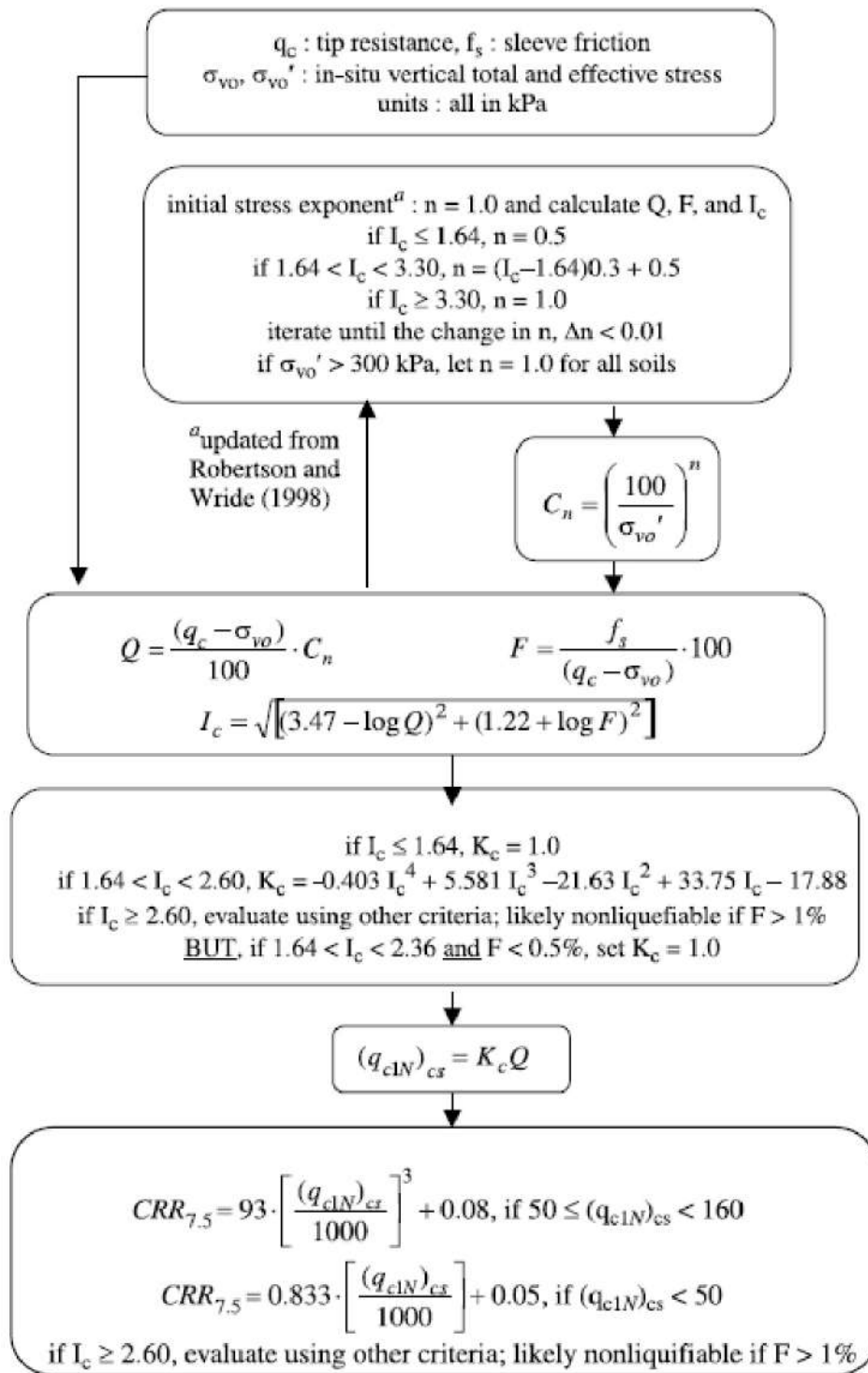
LPI<sub>ISH</sub> > 5.0 - Liquefaction manifestation is expected

**Abbreviations**

- FS: Calculated factor of safety for test point
- d<sub>z</sub>: Layer thickness (m)
- LPI: Liquefaction potential index value for test point

## Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance, NCEER (1998)

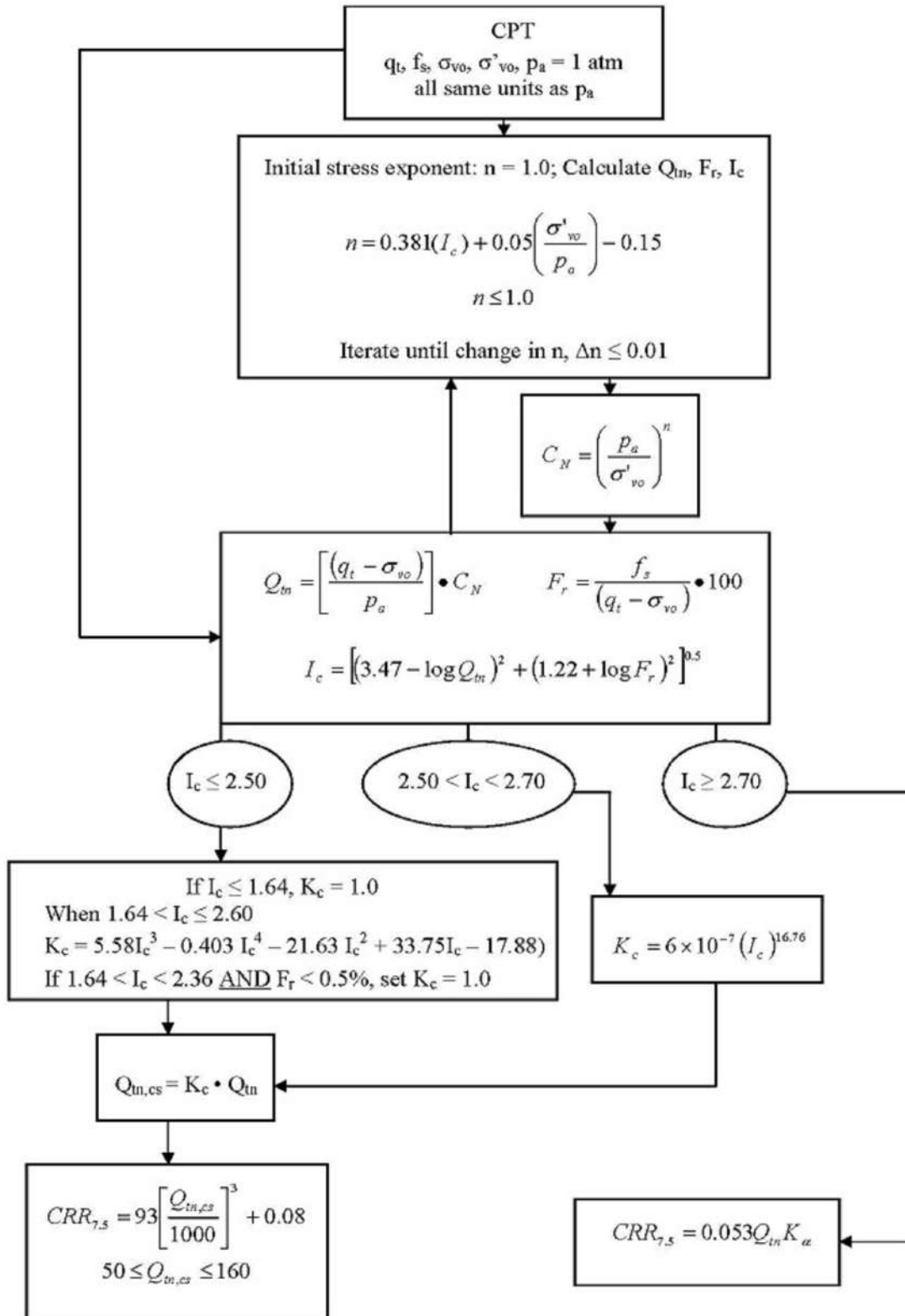
Calculation of soil resistance against liquefaction is performed according to the Robertson & Wride (1998) procedure. The procedure used in the software, slightly differs from the one originally published in NCEER-97-0022 (Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils). The revised procedure is presented below in the form of a flowchart<sup>1</sup>:



<sup>1</sup> "Estimating liquefaction-induced ground settlements from CPT for level ground", G. Zhang, P.K. Robertson, and R.W.I. Brachman

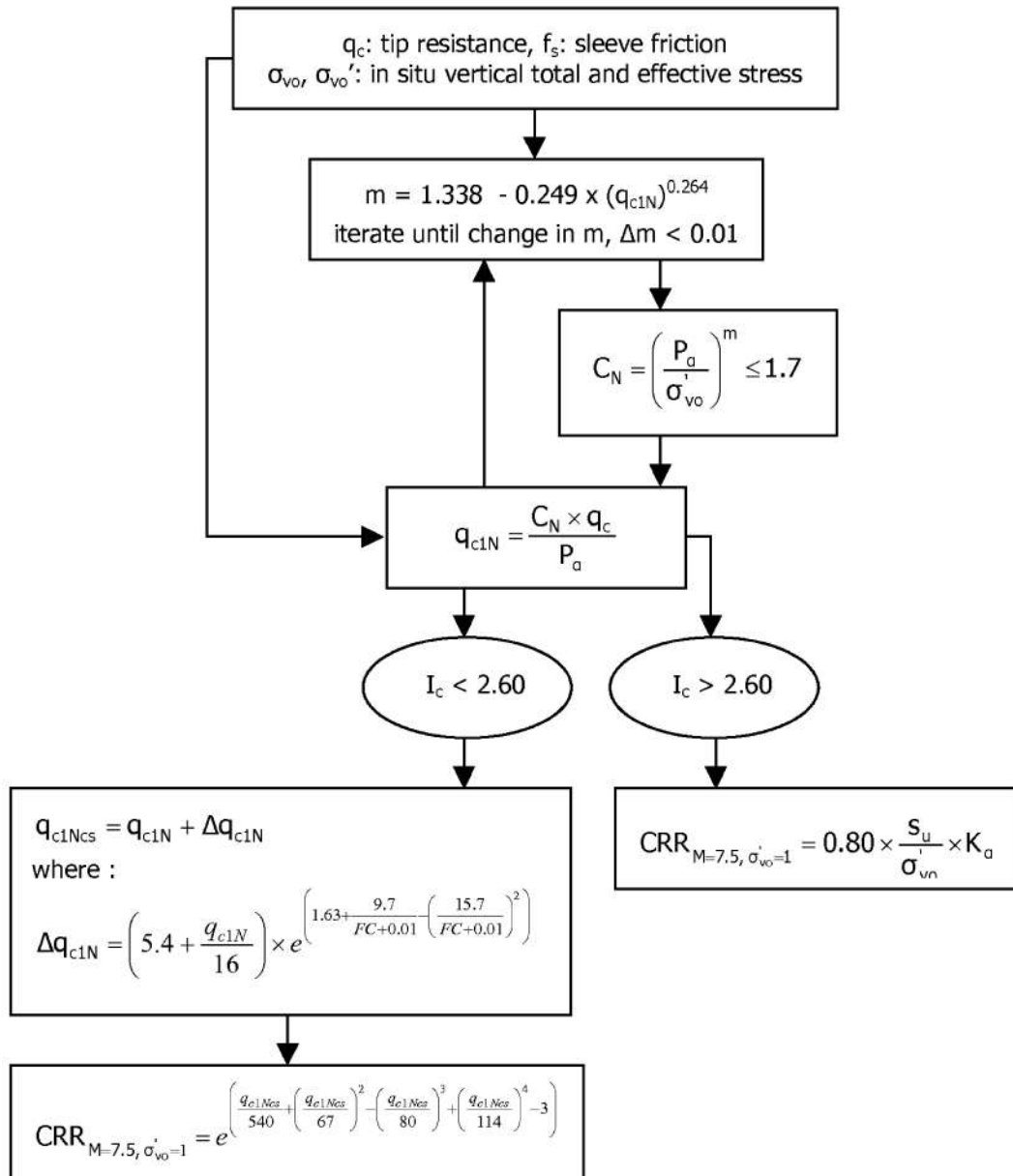
## Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance (all soils), Robertson (2010)

Calculation of soil resistance against liquefaction is performed according to the Robertson & Wride (1998) procedure. This procedure used in the software, slightly differs from the one originally published in NCEER-97-0022 (Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils). The revised procedure is presented below in the form of a flowchart<sup>1</sup>:

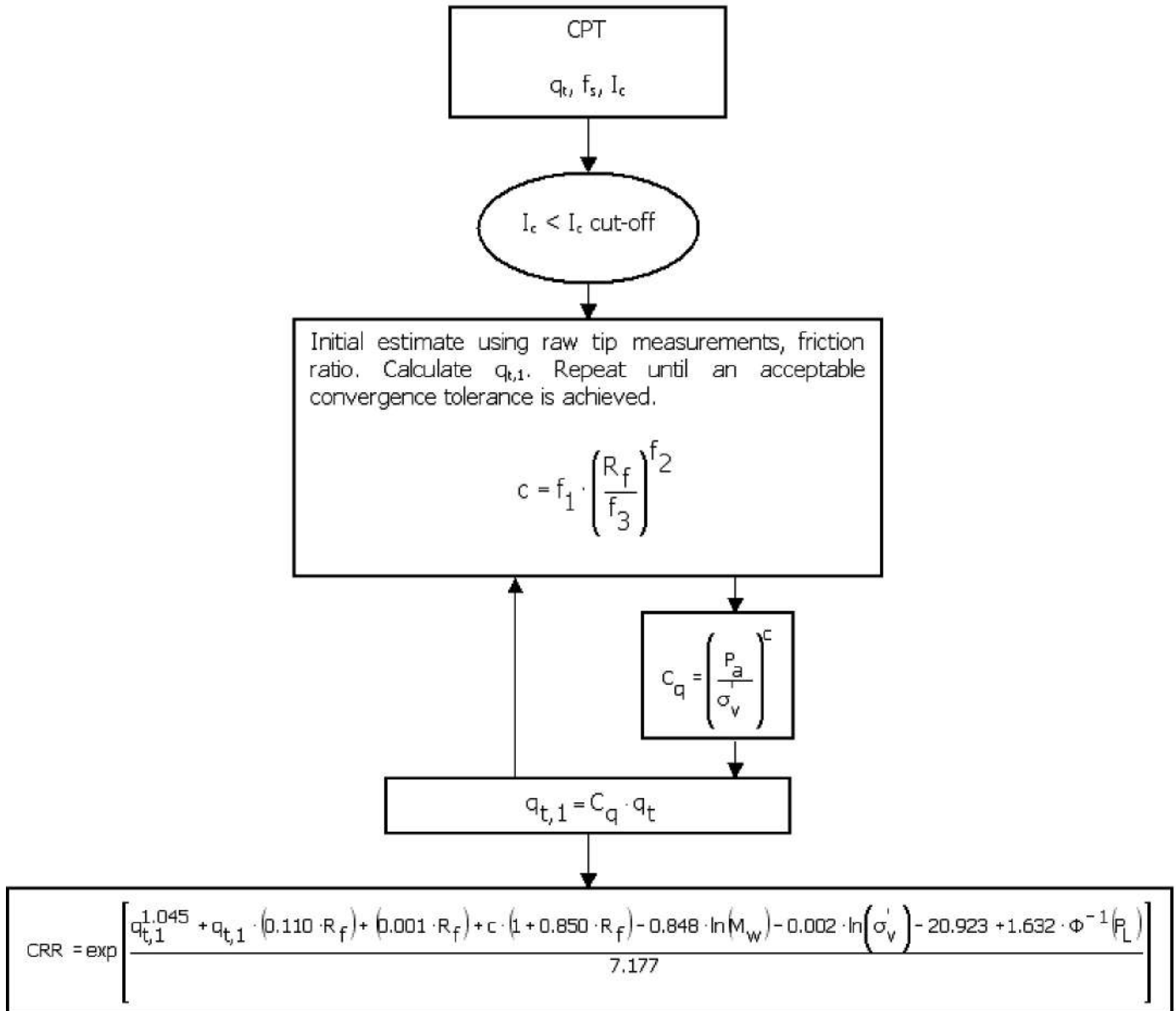


<sup>1</sup> P.K. Robertson, 2009. "Performance based earthquake design using the CPT", Keynote Lecture, International Conference on Performance-based Design in Earthquake Geotechnical Engineering – from case history to practice, IS-Tokyo, June 2009

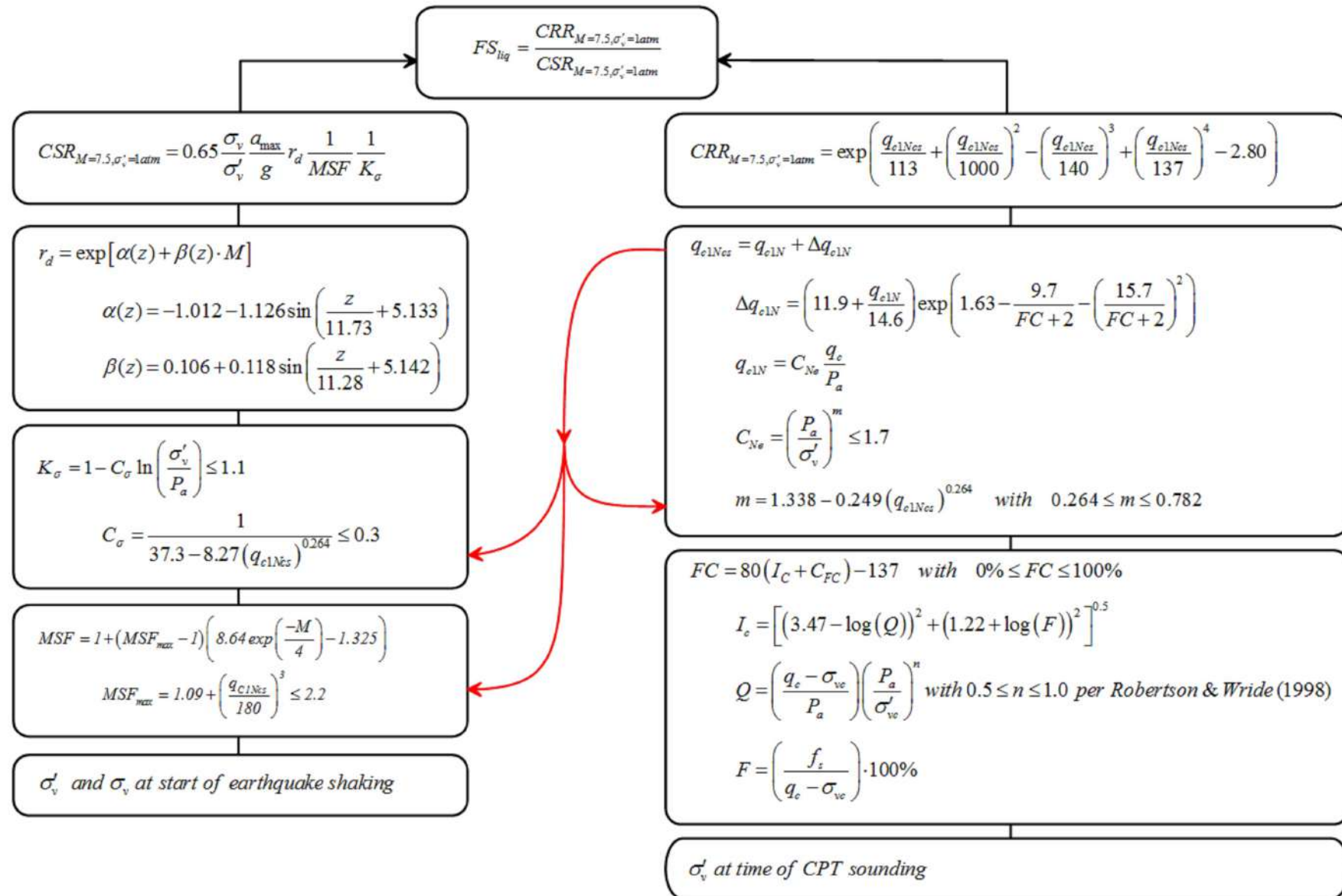
**Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance, Idriss & Boulanger (2008)**



**Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance (sandy soils), Moss et al. (2006)**

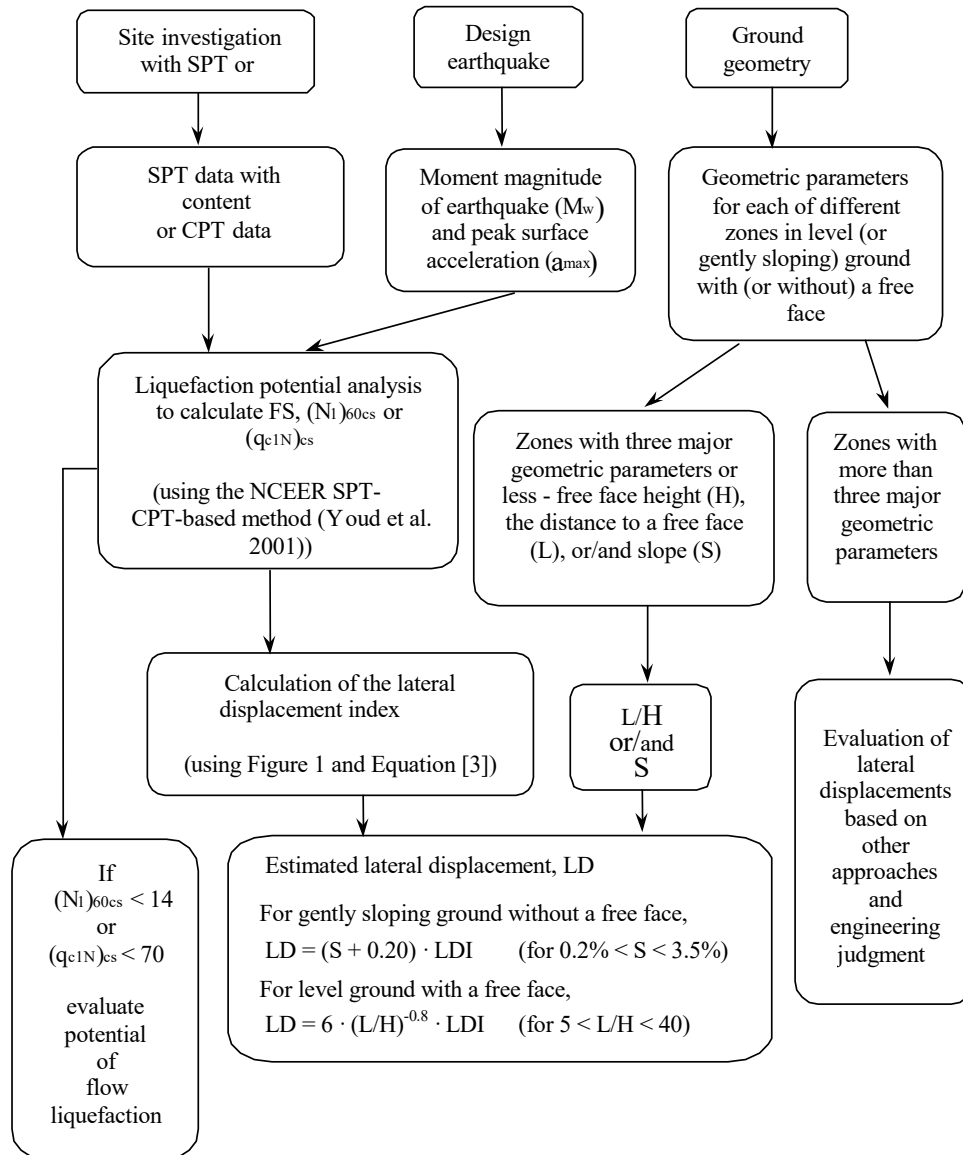


Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance, Boulanger & Idriss(2014)

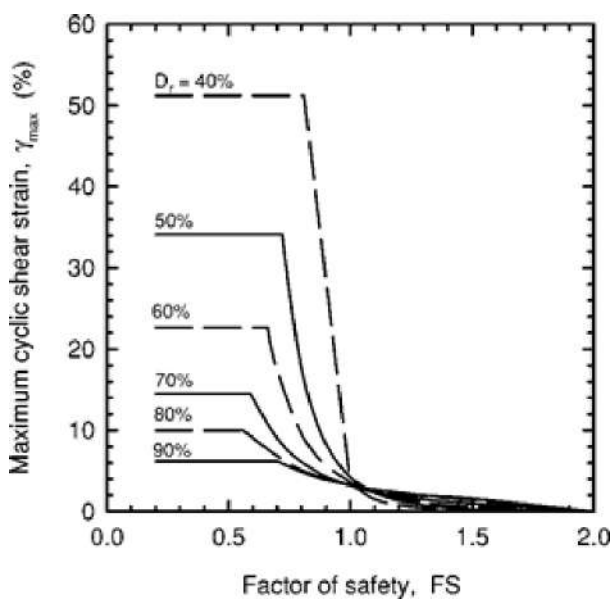




## Procedure for the evaluation of liquefaction-induced lateral spreading displacements



<sup>1</sup> Flow chart illustrating major steps in estimating liquefaction-induced lateral spreading displacements using the proposed approach



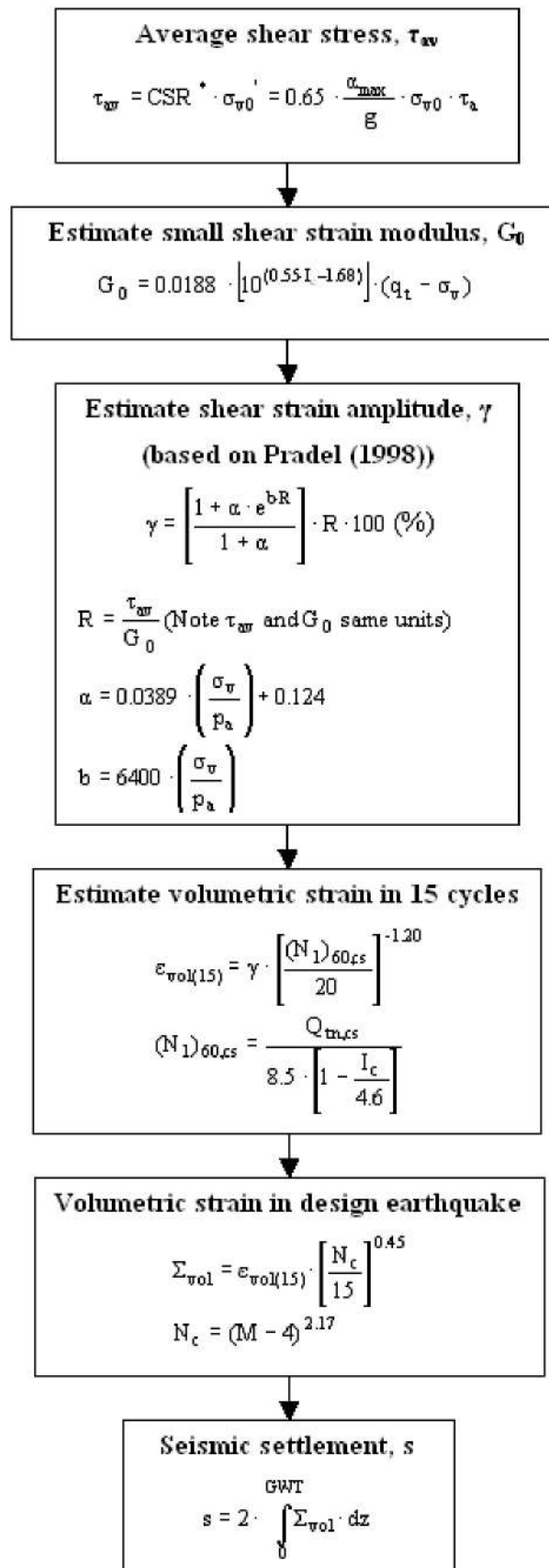
<sup>1</sup> Figure 1

$$LDI = \int_0^{Z_{max}} \gamma_{max} dz$$

<sup>1</sup> Equation [3]

<sup>1</sup> "Estimating liquefaction-induced ground settlements from CPT for level ground", G. Zhang, P.K. Robertson, and R.W.I. Bradman

## Procedure for the estimation of seismic induced settlements in dry sands



Robertson, P.K. and Lisheng, S., 2010, "Estimation of seismic compression in dry soils using the CPT" FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES IN GEOTECHNICAL EARTHQUAKE ENGINEERING AND SOIL DYNAMICS, Symposium in honor of professor I. M. Idriss, San Diego, CA

## Liquefaction Potential Index (LPI) calculation procedure

Calculation of the Liquefaction Potential Index (LPI) is used to interpret the liquefaction assessment calculations in terms of severity over depth. The calculation procedure is based on the methodology developed by Iwasaki (1982) and is adopted by AFPS.

To estimate the severity of liquefaction extent at a given site, LPI is calculated based on the following equation:

$$LPI = \int_0^{20} (10 - 0,5z) \times F_L \times dz$$

where:

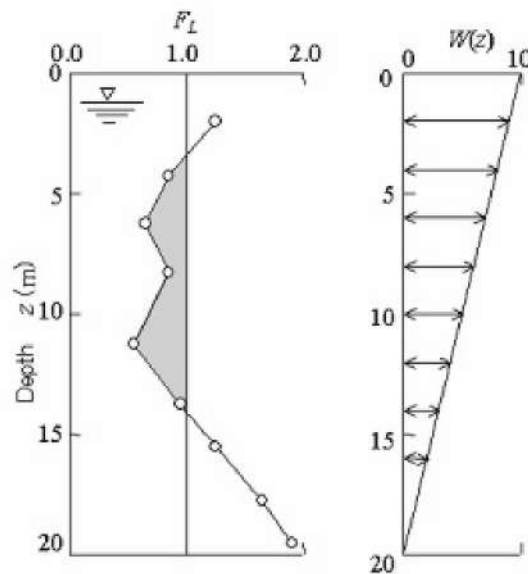
$F_L = 1 - F.S.$  when F.S. less than 1

$F_L = 0$  when F.S. greater than 1

$z$  depth of measurement in meters

Values of LPI range between zero (0) when no test point is characterized as liquefiable and 100 when all points are characterized as susceptible to liquefaction. Iwasaki proposed four (4) discrete categories based on the numeric value of LPI:

- LPI = 0 : Liquefaction risk is very low
- $0 < LPI \leq 5$  : Liquefaction risk is low
- $5 < LPI \leq 15$  : Liquefaction risk is high
- $LPI > 15$  : Liquefaction risk is very high



**Graphical presentation of the LPI calculation procedure**

## Shear-Induced Building Settlement (Ds) calculation procedure

The shear-induced building settlement (Ds) due to liquefaction below the building can be estimated using the relationship developed by Bray and Macedo (2017):

$$\begin{aligned} \ln(Ds) = & c1 + c2 * LBS + 0.58 * \ln\left(\tanh\left(\frac{HL}{6}\right)\right) + \\ & 4.59 * \ln(Q) - 0.42 * \ln(Q)^2 - 0.02 * B + \\ & 0.84 * \ln(CAVdp) + 0.41 * \ln(Sa1) + \varepsilon \end{aligned}$$

where Ds is in the units of mm, c1= -8.35 and c2= 0.072 for LBS ≤ 16, and c1= -7.48 and c2= 0.014 otherwise. Q is the building contact pressure in units of kPa, HL is the cumulative thickness of the liquefiable layers in the units of m, B is the building width in the units of m, CAVdp is a standardized version of the cumulative absolute velocity in the units of g-s, Sa1 is 5%-damped pseudo-acceleration response spectral value at a period of 1 s in the units of g, and ε is a normal random variable with zero mean and 0.50 standard deviation in Ln units. The liquefaction-induced building settlement index (LBS) is:

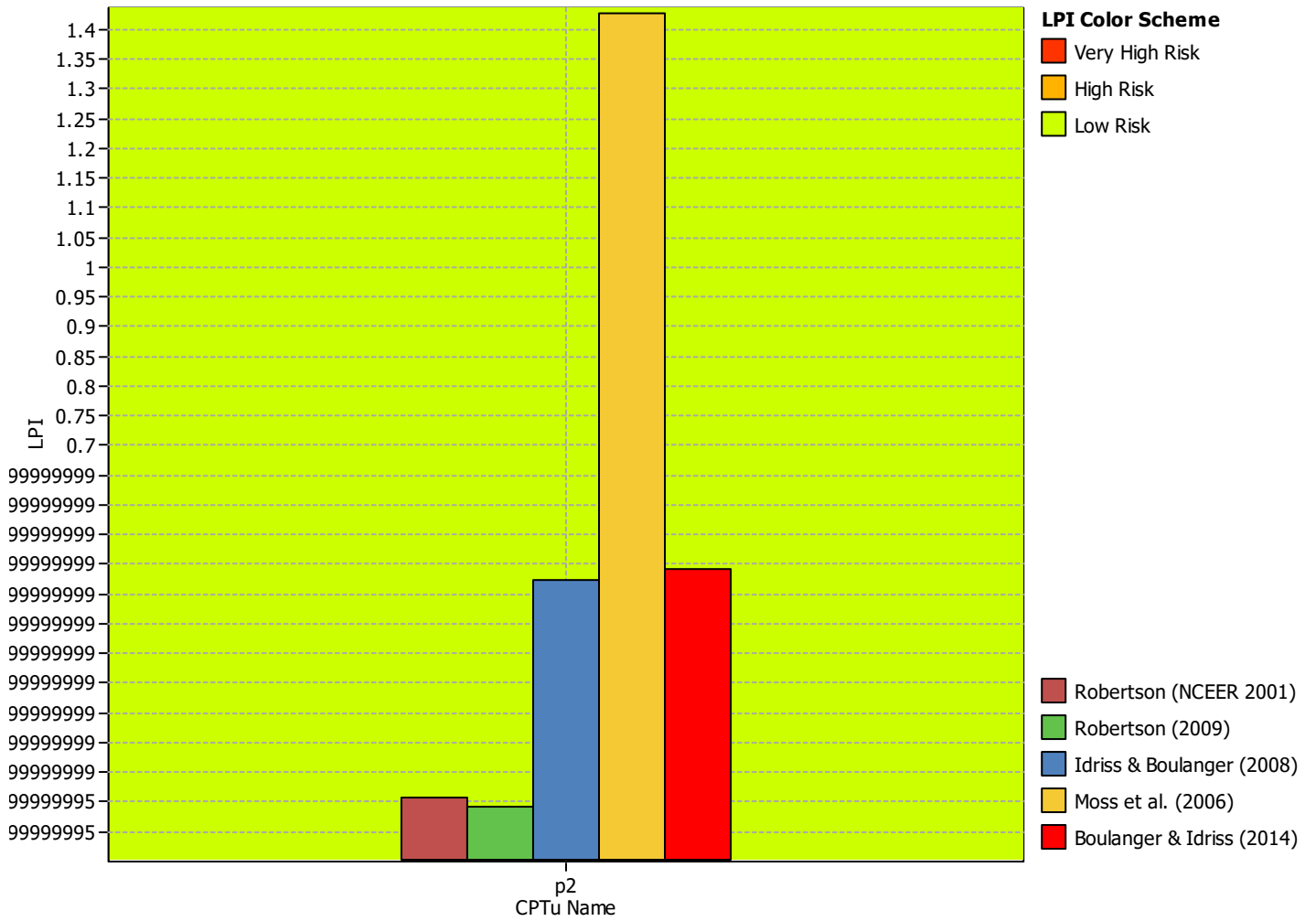
$$LBS = \sum W * \frac{\varepsilon_{shear}}{z} dz$$

where z (m) is the depth measured from the ground surface > 0, w is a foundation-weighting factor wherein W = 0.0 for z less than Df, which is the embedment depth of the foundation, and W = 1.0 otherwise. The shear strain parameter (ε<sub>shear</sub>) is the liquefaction-induced free-field shear strain (in %) estimated using Zhang et al. (2004). It is calculated based on the estimated Dr of the liquefied soil layer and the calculated safety factor against liquefaction triggering (FSL).

## References

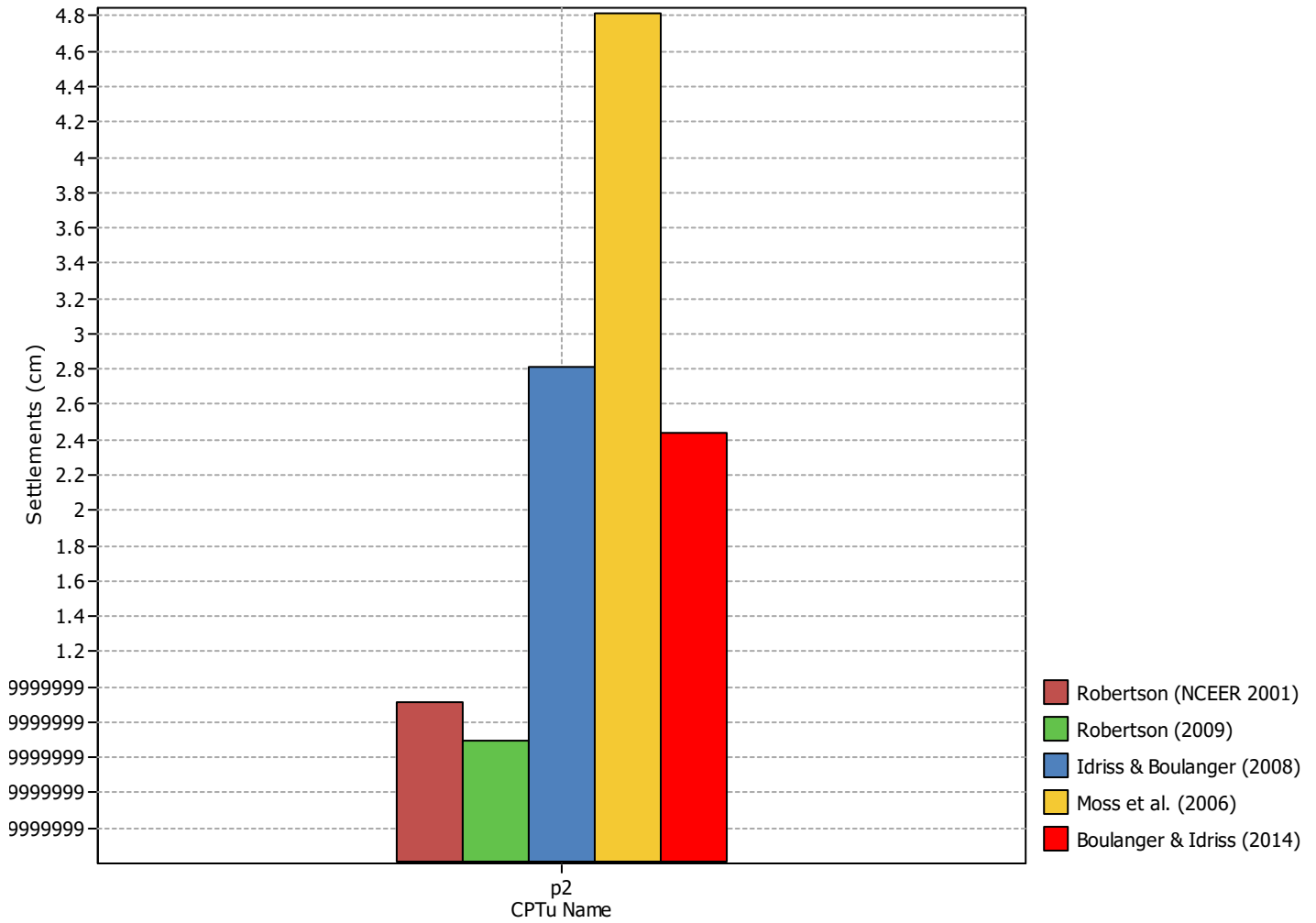
- Lunne, T., Robertson, P.K., and Powell, J.J.M 1997. Cone penetration testing in geotechnical practice, E & FN Spon Routledge, 352 p, ISBN 0-7514-0393-8.
- Boulanger, R.W. and Idriss, I. M., 2007. Evaluation of Cyclic Softening in Silts and Clays. ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering June, Vol. 133, No. 6 pp 641-652
- Boulanger, R.W. and Idriss, I. M., 2014. CPT AND SPT BASED LIQUEFACTION TRIGGERING PROCEDURES. DEPARTMENT OF CIVIL & ENVIRONMENTAL ENGINEERING COLLEGE OF ENGINEERING UNIVERSITY OF CALIFORNIA AT DAVIS
- Robertson, P.K. and Cabal, K.L., 2007, Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering. Available at no cost at <http://www.geologismiki.gr/>
- Robertson, P.K. 1990. Soil classification using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal, 27 (1), 151-8.
- Robertson, P.K. and Wride, C.E., 1998. Cyclic Liquefaction and its Evaluation based on the CPT Canadian Geotechnical Journal, 1998, Vol. 35, August.
- Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Arango, I., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, W.D.L., Harder, L.F., Hynes, M.E., Ishihara, K., Koester, J., Liao, S., Marcuson III, W.F., Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R., and Stokoe, K.H., Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, ASCE, Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, Vol. 127, October, pp 817-833
- Zhang, G., Robertson. P.K., Brachman, R., 2002, Estimating Liquefaction Induced Ground Settlements from the CPT, Canadian Geotechnical Journal, 39: pp 1168-1180
- Zhang, G., Robertson. P.K., Brachman, R., 2004, Estimating Liquefaction Induced Lateral Displacements using the SPT and CPT, ASCE, Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, Vol. 130, No. 8, 861-871
- Pradel, D., 1998, Procedure to Evaluate Earthquake-Induced Settlements in Dry Sandy Soils, ASCE, Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, Vol. 124, No. 4, 364-368
- Iwasaki, T., 1986, Soil liquefaction studies in Japan: state-of-the-art, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 5, No. 1, 2-70
- Papathanassiou G., 2008, LPI-based approach for calibrating the severity of liquefaction-induced failures and for assessing the probability of liquefaction surface evidence, Eng. Geol. 96:94–104
- P.K. Robertson, 2009, Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Canadian Geotechnical Journal, Vol. 46, No. 11, pp 1337-1355
- P.K. Robertson, 2009. "Performance based earthquake design using the CPT", Keynote Lecture, International Conference on Performance-based Design in Earthquake Geotechnical Engineering - from case history to practice, IS-Tokyo, June 2009
- Robertson, P.K. and Lisheng, S., 2010, "Estimation of seismic compression in dry soils using the CPT" FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES IN GEOTECHNICAL EARTHQUAKE ENGINEERING AND SOIL DYNAMICS, *Symposium in honor of professor I. M. Idriss*, SAN diego, CA
- R. E. S. Moss, R. B. Seed, R. E. Kayen, J. P. Stewart, A. Der Kiureghian, K. O. Cetin, CPT-Based Probabilistic and Deterministic Assessment of In Situ Seismic Soil Liquefaction Potential, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 132, No. 8, August 1, 2006
- I. M. Idriss and R. W. Boulanger, 2008. Soil liquefaction during earthquakes, Earthquake Engineering Research Institute MNO-12
- Jonathan D. Bray & Jorge Macedo, Department of Civil & Environmental Engineering, Univ. of California, Berkeley, CA, USA, Simplified procedure for estimating liquefaction-induced building settlement, *Proceedings of the 19th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Seoul 201*

### Overall Parametric Assessment Method



:: CPT main liquefaction parameters details ::				
CPT Name	Earthquake Mag.	Earthquake Accel.	GWT in situ (m)	GWT earthq. (m)
p2	6.00	0.18	1.00	2.40

### Overall Parametric Assessment Method



**:: CPT main liquefaction parameters details ::**

CPT Name	Earthquake Mag.	Earthquake Accel.	GWT in situ (m)	GWT earthq. (m)
p2	6.00	0.18	1.00	2.40





256050

256060

256090

256100

GAMBETTOLA

GATTEO

S. MAURO PASCOLI

SAN MAURO PASCOLI

SAVIGNANO S. RUBICONE

SP 97

SP 62

SP 62

SP 10

SS 9

SS 9

SP 33

SP 33

SS 9

SP 92

SP 63

SP 63

SP 93

SP 108

A 14

A 14

A 14

C. Spada

C. Zandoli

Branchisa

C. Giorgetti

Staggetto

Boschetti

Rigossa

C. Sarrieri

C. Marconi

Di Bagno

C. Pasini

Spino Bianco II

C. Nonato

C. Belletti

Ca' Borghesa

C. Zanelli

C. Pajucchi

C. Collini

C. Turchi

C. Viole

C. Ronconi

C. Placucci

C. Cacciaguerra

Casetti Rigossa

Sant'Angelo

C. Zamagni

C. Rocchi

C. Bilancioni

Case Vecchie

C. Longhitano

C. Maioli

C. Cusinello

C. Ambrosini

C. Nuova

C. Robartina

Fornace

C. Rioni

C. Pascucci

C. Moretti

C. Campivese

Molino Antonelli

C. Pagliughi

C. Zolatta

C. Guzzi

Case Violetto

C. Zolatta

C. Scarpellini

C. Nicolini

C. Ronchina

C. Casale

C. Casale

C. Casale

C. Pedrelli

C. Malbona

C. Guidi

C. Sopra Rigossa

C. Comandini

C. Gori

C. Comandini

C. Gori

C. Comandini

C. Gori

C. Comandini

C. Gori

C. Comandini

C. Gori

C. Comandini

C. Gori

C. Comandini

C. Gori

C. Torrioni

C. Benedettini

C. Turchi

C. Cacciaguerra

C. Mazzotti

C. Lucchi

C. Zanotti

C. Lucchi

C. Zanotti

C. Lucchi

C. Zanotti

C. Lucchi

C. Zanotti

C. Lucchi

C. Zanotti

C. Moretti

C. Maestri

C. Gobbi

C. Pigna

C. Montali

C. Colaroni

C. Colaroni

C. Colaroni

C. Colaroni

C. Colaroni

C. Colaroni

C. Colaroni

C. Colaroni

C. Colaroni

C. Colaroni

C. Colaroni

C. Colaroni

C. Colaroni

C. Colaroni

C. Colaroni

C. Masona

Comune

Roncolo

C. Pigna

C. Pigna

C. Pigna

C. Pigna

C. Pigna

C. Pigna

C. Pigna

C. Pigna

C. Pigna

C. Pigna

C. Pigna

C. Pigna

C. Pigna

C. Pigna

C. Pigna

C. Pigna

C. Pigna

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

Ponte Ospedaletto

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta

La Crocetta





GATTEO

Municipio

VIA GARIBOLDI

VIA S. ROCCO

Mazzotti

C. Lucchi

