

# COMUNE DI SOLIERA

## PROVINCIA DI MODENA

### RELAZIONE GEOLOGICA

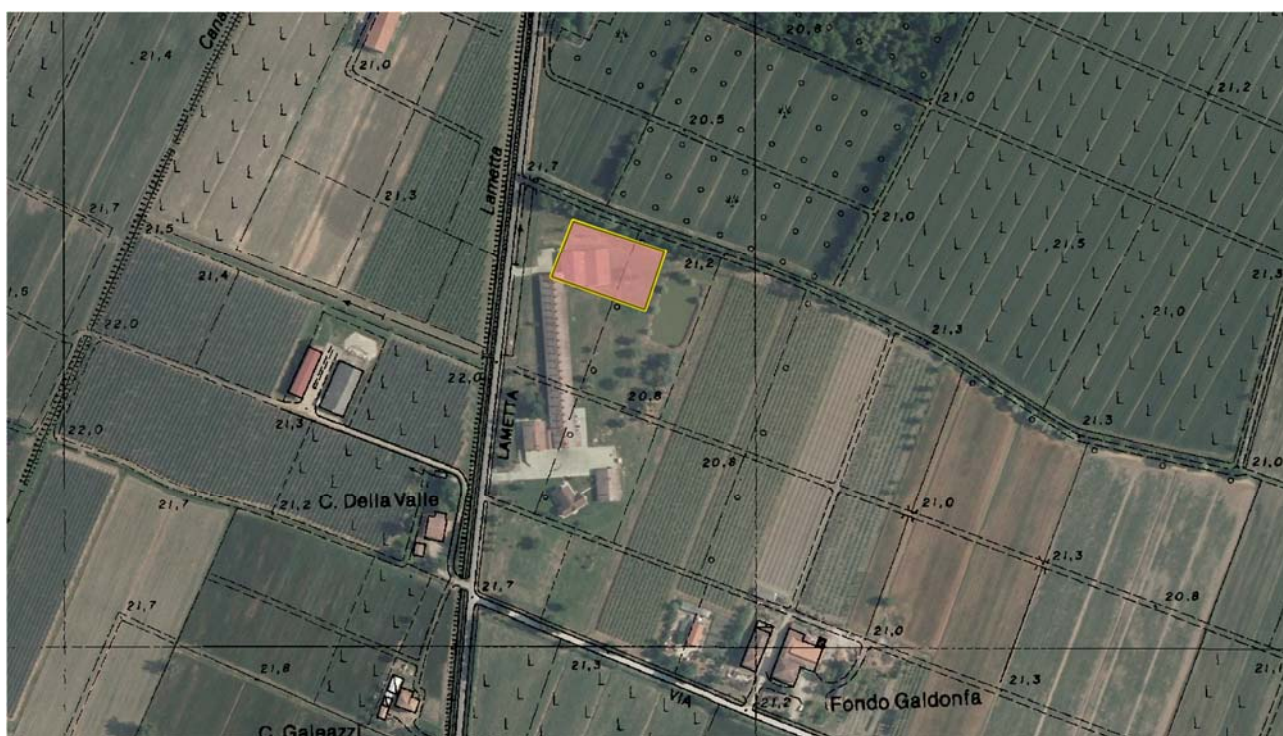
inerente alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1 NTC 2018);

### RELAZIONE GEOTECNICA

Relativa alle indagini, alla caratterizzazione e alla modellazione geotecnica a supporto della progettazione strutturale (6.2.2. NTC 2018) nonché relativa alla verifica delle opere di fondazione (6.4.NTC 2018);

### ANALISI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Relativa alla caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno (3.2.2 NTC 2018), valutazione dell'azione sismica di riferimento (3.2.3. NTC 2018), Risposta sismica locale e verifica della stabilità nei confronti della liquefazione (7.11.3. NTC 2018).



### OGGETTO

Caratterizzazione geologica geotecnica e sismica inerente al progetto di demolizione e ricostruzione con ampliamento e cambio d'uso da Magazzino/Deposito a Laboratorio di miscelazione di granaglie nella porzione di fabbricato a Limidi, in via Lametta n. 140 -146 - Comune di Soliera (MO).

**Rif. n. 660/2020**

Novembre 2020



Dott. Geol. Pier Luigi Dallari



GEO GROUP s.r.l.  
UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO)  
SEDE LEGALE: via C. Costa, 182 - 41123 Modena (MO)  
tel. 059/3967169; 059/828367 - p. Iva e C.F. 02981500362  
Email: [info@geogroupmodena.it](mailto:info@geogroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito:  
[www.geogroupmodena.it](http://www.geogroupmodena.it)



# RELAZIONE TECNICA

comprendente:

## RELAZIONE GEOLOGICA

inerente alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito (6.2.1 NTC 2018)

## RELAZIONE GEOTECNICA

Relativa alle indagini, alla caratterizzazione e alla modellazione geotecnica a supporto della progettazione strutturale (6.2.2. NTC 2018) nonché relativa alla verifica delle opere di fondazione (6.4.NTC 2018)

## ANALISI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Relativa alla caratterizzazione geofisica del volume significativo di terreno (3.2.2 NTC 2018), valutazione dell'azione sismica di riferimento (3.2.3. NTC 2018), Risposta sismica locale e verifica della stabilità nei confronti della liquefazione (7.11.3. NTC 2018)

## OGGETTO

**Caratterizzazione geologica geotecnica e sismica inerente al progetto di demolizione e ricostruzione con ampliamento e cambio d'uso da Magazzino/Deposito a Laboratorio di miscelazione di granaglie nella porzione di fabbricato a Limidi, in via Lametta n. 140 -146 - Comune di Soliera (MO).**

**Rif. n. 660/2020**



UFFICI: via Per Modena, 12 - 41051 Castelnuovo R. (MO)

SEDE LEGALE: via C. Costa, 182 - 41123 Modena (MO)

tel. 059/3967169; 059/828367 - p. Iva e C.F. 02981500362

Email: [info@geoqgroupmodena.it](mailto:info@geoqgroupmodena.it) Pec: [geo.group@winpec.it](mailto:geo.group@winpec.it) Sito: [www.geoqgroupmodena.it](http://www.geoqgroupmodena.it)



## INDICE DEL CONTENUTO

1	PREMESSE.....	3
2	INQUADRAMENTO GENERALE.....	5
2.1	Inquadramento geografico .....	5
2.2	Elementi geologici e geomorfologici .....	6
2.3	Inquadramento sismico .....	7
3	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	8
3.1	Indagini Geotecniche .....	8
3.1.1	Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT.....	8
3.2	Indagini Geofisiche.....	9
3.2.1	Indagine sismica passiva a stazione singola (analisi HVSR) .....	9
3.2.2	Indagine sismica attiva con metodo MASW .....	10
4	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO.....	11
4.1	Pericolosità sismica di base .....	11
4.2	Categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC2018).....	13
4.3	Azione sismica e risposta sismica del sito – Approccio semplificato .....	14
5	MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEL SITO.....	15
5.1	Modello geotecnico del sottosuolo.....	15
5.2	Tipologia di fondazioni e calcolo della capacità portante .....	15
5.2.1	Verifica nei confronti degli SLU (6.4 NTC 2018) .....	16
5.2.2	Verifica dei cedimenti .....	17
5.2.3	Modulo di sottofondo .....	17
5.3	Stabilità nei confronti della liquefazione (§ A2.2. DGR 630/2019).....	17
6	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	20

## TAVOLE

**Tav. n. 1:** "Carta Topografica"  
**Tav. n. 2:** "Ripresa Satellitare"  
**Tav. n. 3:** "Ubicazione indagini"

scala 1: 5.000;  
 scala 1: 5.000;  
 scala 1: 1.000.

## ALLEGATI

**ALL. n. 1** Prove penetrometriche statiche CPT;  
**ALL. n. 2** Verifiche geotecniche;  
**ALL. n. 3** Indagini sismiche;  
**ALL. n. 4** Verifica alla liquefazione.

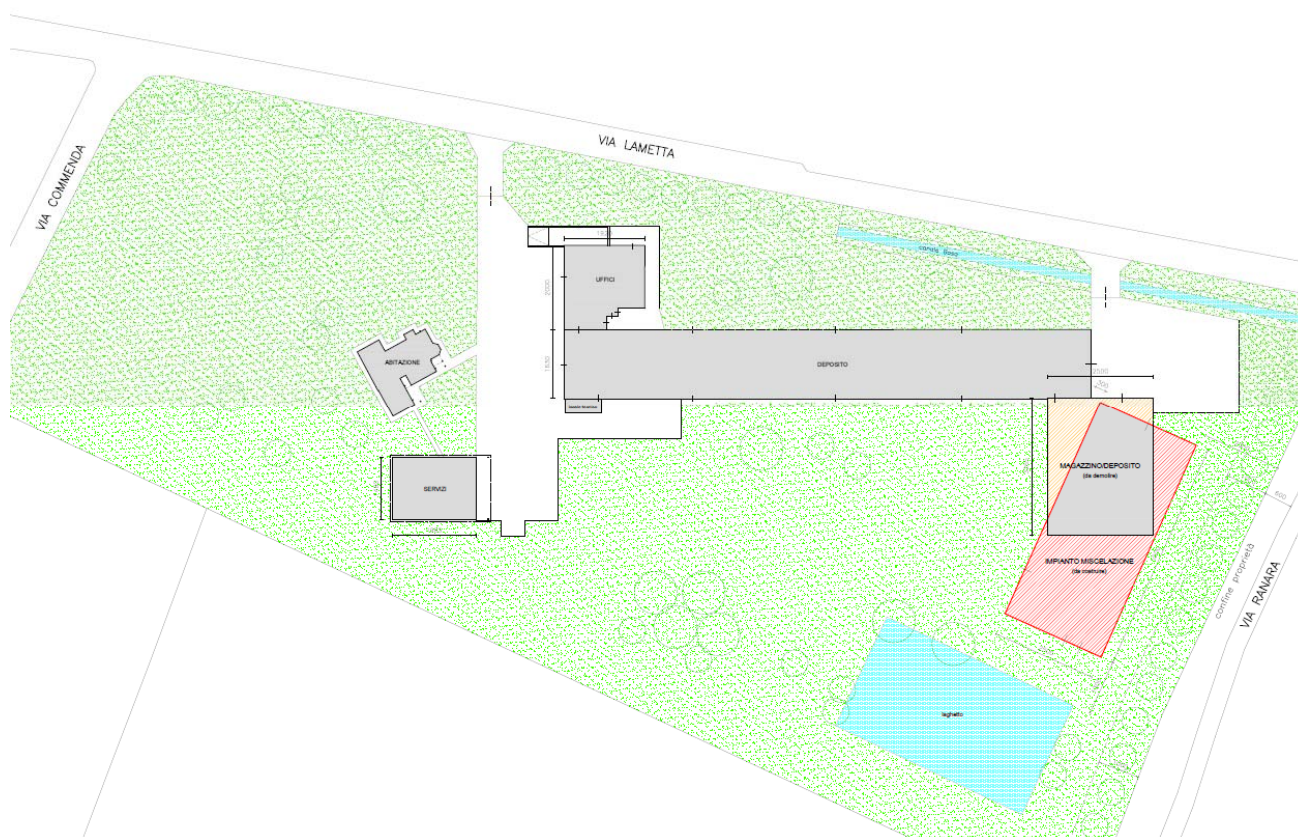
# 1 PREMESSE

Nei mesi di ottobre e novembre 2020 è stato eseguito il presente studio geologico, geotecnico e sismico inerente al progetto di demolizione e ricostruzione con ampliamento e cambio d'uso da Magazzino/Deposito a Laboratorio di miscelazione di granaglie, nella porzione di fabbricato a Limidi (Fig.1.2), in via Lametta n. 140 -146 - Comune di Soliera (MO) (Fig.1.1).



**Fig.1.1 - Ubicazione del sito in studio.**





**Fig.1.2 – Stato di progetto.**

La presente relazione fa riferimento alle disposizioni normative contenute in:

- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 – D.M. 17/01/2018;
- DGR 630/2019.

## 2 INQUADRAMENTO GENERALE

### 2.1 Inquadramento geografico

L'area in esame è collocata in ambiente di pianura, a nord del territorio comunale di Soliera (Fig.2.1). Le coordinate specifiche dell'area sono le seguenti:

SITO IN ESAME	
COORDINATE GEOGRAFICHE	
LATITUDINE	LONGITUDINE
44.780605	10.920263



**Fig.2.1 – Ubicazione geografica del sito in studio.**

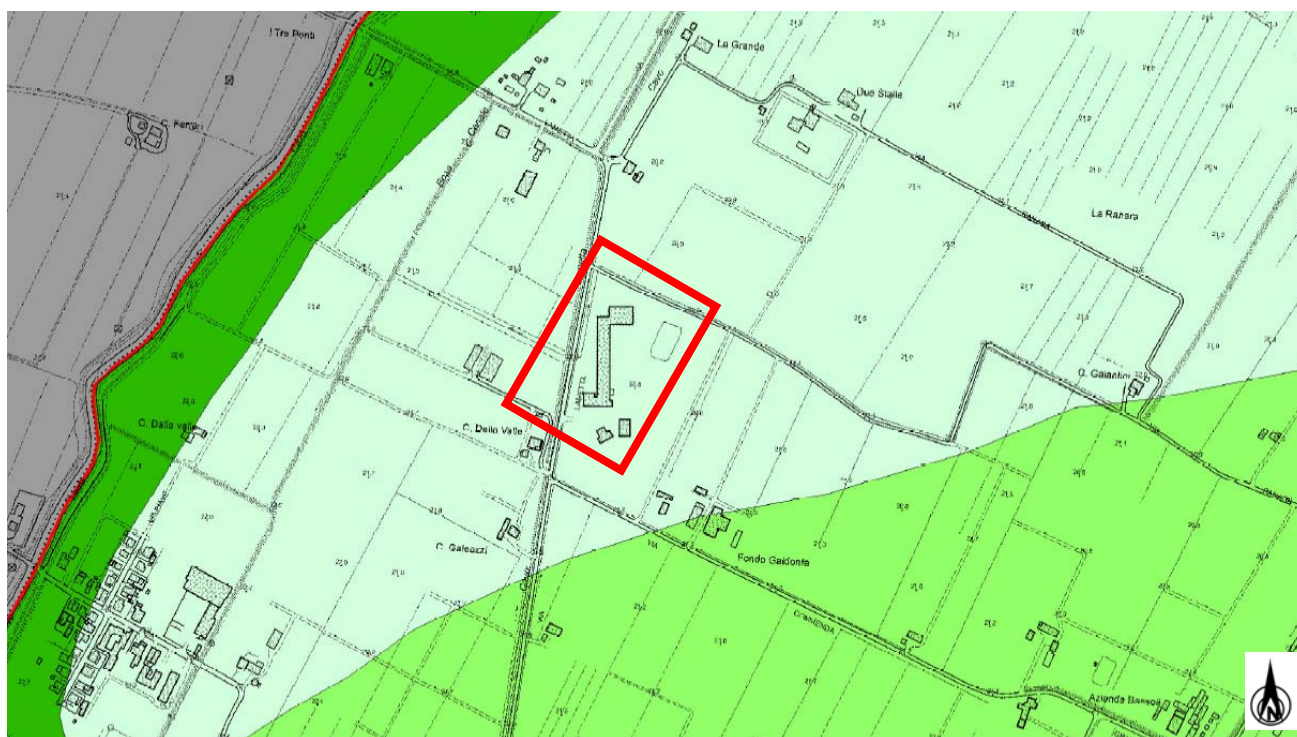
Per un completo inquadramento geografico dell'area si rimanda dalla cartografia allegata alla presente relazione, in particolare alla "Carta topografica", alla scala 1: 5.000 (tav. n. 1) e alla "Ripresa satellitare" alla scala 1: 5.000 (tav. n. 2).





## 2.3 Inquadramento sismico

A supporto dell'analisi sismica e della valutazione della stabilità del sito, successivamente descritta nei paragrafi seguenti, per quel che concerne i fenomeni co-sismici è stata preliminarmente consultata la cartografia relativa allo studio di Microzonazione Sismica del Comune di Soliera (Mo), ed in particolare dalla "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica", un cui estratto è riportato in figura (Fig. 2.3), si nota come l'area in studio ricada in zona Z1, in un'area stabile suscettibile di amplificazioni locali.



### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- |  |   |
|--|---|
|  | <p>Z1 Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità<br/>Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche<br/>Studi previsti: Approfondimenti di II° livello</p>  |
|  | <p>Z2 Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose, limi argillosi di bassa plasticità<br/>Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche<br/>Studi previsti: Approfondimenti di III° livello</p>   |
|  | <p>Z3 Argille organiche di media plasticità, con intercalazioni composte da limi-sabbiosi e sabbie limose (spessore massimo 2.00 m) a medio - elevato addensamento<br/>Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche<br/>Studi previsti: Approfondimenti di III° Livello</p>  |
|  | <p>Z4 Sabbie limose e miscele di sabbia e limo, raccolte in banchi superficiali con spessore variabile da 4.00 a 10.00 m, con al tetto sottili depositi argilloso limosi (Area golenale - Fiume Secchia).<br/>Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e potenziali fenomeni di liquefazione dei livelli incoerenti<br/>Studi previsti: Approfondimenti di III° livello per la stima del potenziale di liquefazione</p>                    |
|  | <p>Z5 Sabbie argillose, intercalazioni di orizzonti argillosi ad alta plasticità e livelli sabbiosi da scarso a medio addensamento. Fascia di trasgressione fluviale (Fiume Secchia e canalizzazioni secondarie)<br/>Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e potenziali fenomeni di liquefazione dei livelli incoerenti<br/>Studi previsti: Approfondimenti di III° per stima del potenziale di liquefazione e cedimenti co-sismici</p> |

**Fig.2.3 – Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – Comune di Soliera (Mo).**

## 3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

### 3.1 Indagini Geotecniche

In relazione alla litologia presente nell'area e in base alla tipologia di intervento in progetto, sono state eseguite nel sito in studio, le seguenti indagini geognostiche:

- **n. 2 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT.**

I risultati delle suddette indagini sono riportati nell'allegato n. 1.

#### 3.1.1 Prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT

Nell'Allegato n. 1 sono riportati i grafici e le tabelle riguardanti le prove eseguite, corredate dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica. Le prove sono state eseguite con un penetrometro Pagani dotato di punta Begemann. Le caratteristiche tecniche dello strumento impiegato sono le seguenti:

<b>Spinta</b>	S	200 kN
<b>Punta conica meccanica</b>		
Diametro	$\Phi$	35.7 mm
Area punta	A	10 cm <sup>2</sup>
Angolo di apertura	$\alpha$	60°
<b>Manicotto laterale di attrito</b>		
Diametro	$\Phi$	35.7 mm
Altezza	h	133 mm
Area	A	150 cm <sup>2</sup>
<b>Velocità di avanzamento costante</b>	V	2 cm/sec
<b>Intervallo di misura</b>		20 cm

Le prove sono state elaborate mediante un software che restituisce l'interpretazione litologica dei terreni indagati effettuata sulla base del rapporto qc/fs (Begemann, 1965; A.G.I. 1977) e la stima dei parametri geotecnici in condizioni non drenate tramite correlazioni.

#### **Correlazioni utilizzate per la stima dei parametri geotecnici**

Coesione non drenata (terreni coesivi) *Cu*

RACCOMANDAZIONI AGI 1977 – RICCI ET AL. 1974 – MARSLAND ET AL. 1974/1979

Modulo di deformazione non drenato *Eu*

DUNCAN-BUCHIGANI 1976

Modulo edometrico *Mo*

SANGLERAT 1972 – MITCHELL/GARDNER 1975 – RICCI ET AL. 1974 – HOLDEN 1973)

Peso unità di volume  $\gamma_{sat}$  (saturo sotto falda) –  $\gamma$  (umido sopra falda)

IN BASE ALLA NATURA LITOLOGICA TERZAGHI-PECK 1967 – BOWELS 1982

Velocità delle onde di taglio *Vs*

YOSHIDA MOTONORI 1988



## 3.2 Indagini Geofisiche

Per la caratterizzazione sismica dell'area di studio, sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

- **n. 1 indagine sismica passiva HVSR;**
- **n. 1 indagine sismica attiva MASW.**

I risultati delle indagini sismiche sopra citate sono riportati integralmente nell'allegato n. 3.

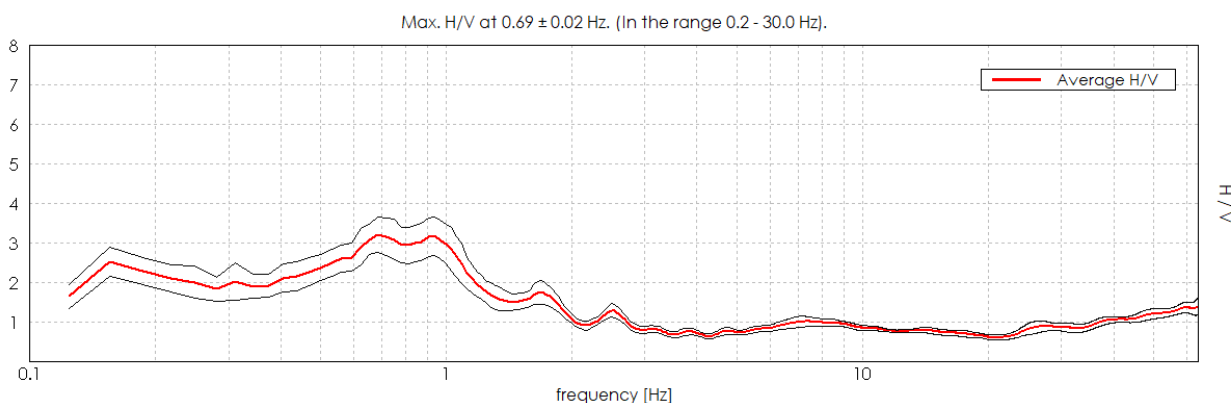
### 3.2.1 Indagine sismica passiva a stazione singola (*analisi HVSR*)

La misura sismica passiva a stazione singola è stata eseguita mediante un tomografo digitale dotato di tre canali velocimetrici, modello Tromino® prodotto da Moho srl (Marghera (VE), Italia). Per l'acquisizione è stata adottata una frequenza di campionamento di 128 Hz per una durata totale di 20 minuti (Fig.3.1).

Lo scopo dell'indagine è la misura della frequenza di risonanza del terreno, la quale è legata alla velocità delle onde di taglio  $V_s$  nel terreno dalla formula:

$$f = \frac{V_s}{4h}$$

dove  $h$  è lo spessore dello strato.



**Fig.3.1 - Curva HVSR che identifica un picco a 0.69 Hz.**

### 3.2.2 Indagine sismica attiva con metodo MASW

Per misurare le velocità delle onde di taglio si possono eseguire prospezioni sismiche mediante stendimenti superficiali, utilizzando geofoni verticali da 4,5 Hz ed acquisendo attivamente i segnali delle onde rifratte alla superficie mediante una sorgente artificialmente provocata. Questa tecnica, nota con la sigla **MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves), permette di ricostruire il profilo verticale delle Vs con procedimenti di modellazione diretta delle velocità di fase delle onde, rifratte alla superficie. Partendo dal sismogramma registrato mediante sorgente energizzante in asse con lo stendimento, viene eseguita un'analisi spettrale che ha consentito di elaborare un'immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono. Da tale elaborazione, tramite una fase di "picking" del segnale ad elevata intensità è stata ottenuta la "**curva di dispersione**", dalla cui inversione è stato calcolato il **modello sismo-stratigrafico** espresso in termini di velocità delle onde di taglio (Vs). I dati sono stati registrati mediante un sismografo *Geode Geometrics* 24 bit con filtri disinseriti, velocità di campionamento (sample rate) di 0.25 millisecondi e lunghezza delle acquisizioni di 2 secondi. Si effettuano battute poste ad offset diversi (10 m e 15 m di distanza dal primo geofono) mediante grave da 8,0 kg di massa. Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh,  $V(\text{fase})/\text{freq.}$ , può essere convertito nel profilo Vs/profondità. Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura (come nel caso specifico) onde ricavare il modello reale.

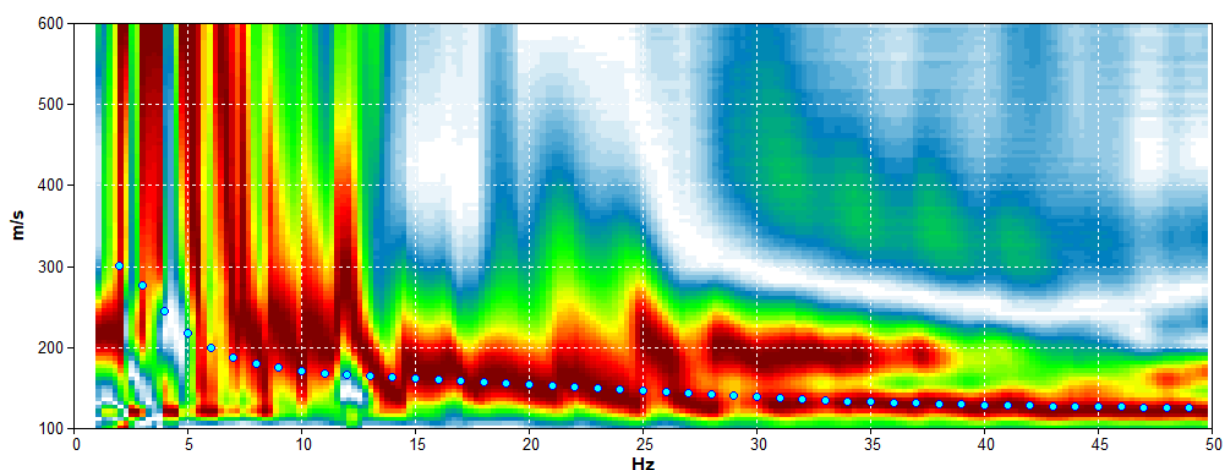
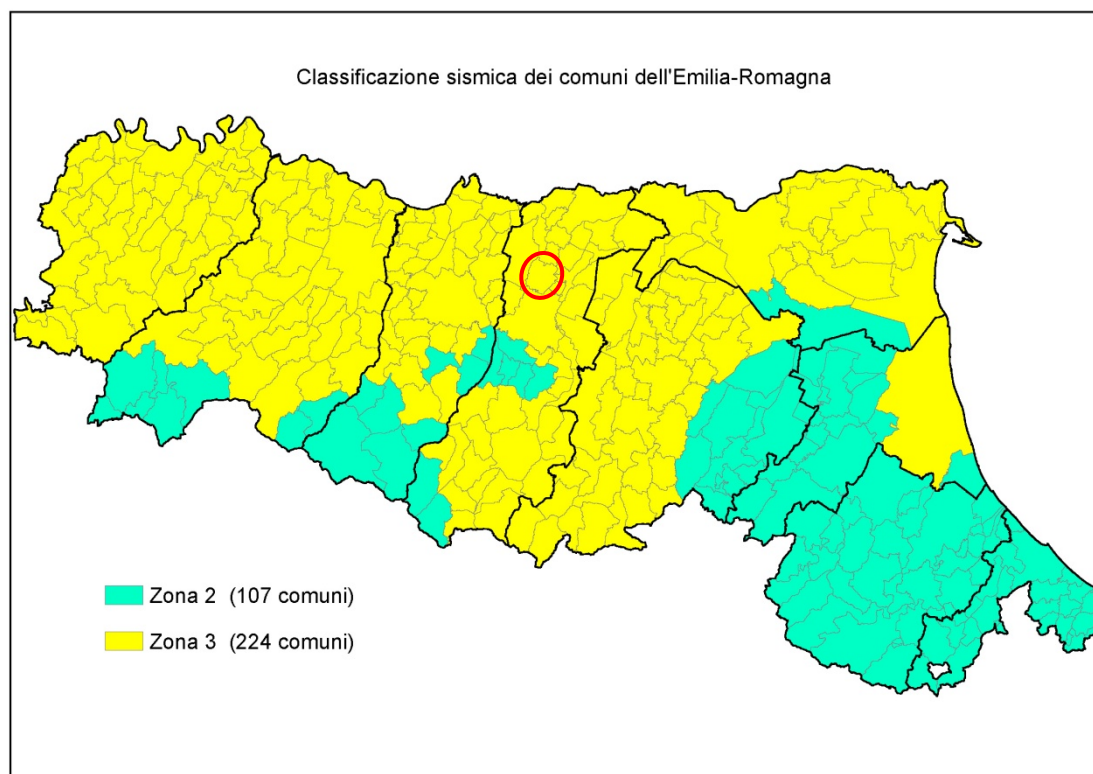


Fig.3.2 - Curva di dispersione MASW.

## 4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

### 4.1 Pericolosità sismica di base

Secondo la classificazione sismica del territorio nazionale proposta a partire dall'O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche, il **Comune di Soliera (MO)** risulta appartenente alla **classe di sismicità 3** (Fig. 4.1).




**Fig.4.1 - Classificazione sismica e dei comuni della regione Emilia-Romagna a partire dall'O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche (aggiornamento luglio 2018) e ubicazione del territorio comunale di Soliera (MO).**


La suddivisione del territorio nazionale in zone a diversa classe di sismicità, caratterizzate da un valore di accelerazione di picco ed un corrispondente spettro di risposta elastico da utilizzare nella progettazione, risulta in realtà superata dall'entrata in vigore del D.M. 14/01/2008. Sulla base dei contenuti delle NNTC 2008 e delle successive NTC 2018, per ogni costruzione deve essere definita un'accelerazione di riferimento propria, in funzione delle coordinate geografiche dell'area e della vita nominale dell'opera.


Per ciascuna area in oggetto, in relazione a un periodo di riferimento  $T_R$  stimato di 475 anni, è stato definito un parametro di accelerazione massima attesa  $a_g$  definita in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido e con superficie topografica orizzontale. L'accelerazione  $a_g$  rappresenta uno dei parametri principali che definisce la **pericolosità sismica di base**, insieme ai parametri  $F_0$  e  $T_c^*$  dello spettro di risposta elastico, desumibili nelle tabelle riportate sotto (Tab. 4.1).

## Stati limite

 Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

 Vita Nominale 50

 Interpolazione Media ponderata

**CU = 1**

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo	$T_c^*$ [s]
Operatività (SLO)	30	0.043	2.516	0.250
Danno (SLD)	50	0.054	2.510	0.266
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.154	2.586	0.270
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.206	2.526	0.278
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

## Coefficienti sismici

 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

 1  0.1

 Cat. Sottosuolo C

 Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,46	1,39
CC Coeff. funz categoria	1,66	1,63	1,62	1,60
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>]  0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.054	0.080
kv	0.006	0.008	0.027	0.040
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.627	0.791	2.208	2.815
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

**Tab.4.1 - Tabella riassuntiva dei parametri sismici del sito in esame secondo NTC18.**

## 4.2 Categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC2018)

Per determinare il parametro  $V_{30}$  e definire quindi la categoria di sottosuolo dell'area indagata (§ 3.2.2 NTC 2018) sono state eseguite in sito le indagini sismiche sopra descritte nel paragrafo precedente. Il valore di  $V_{30}$  si calcola attraverso la formula 3.2.1 delle NTC 2018:

$$V_{sEq} = \frac{H}{\sum_i \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove H è la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Dall'elaborazione delle indagini sismiche HVSR e MASW, si è ottenuto il valore di  $V_{s,30}$  e di frequenza naturale del terreno  $f_0$  riportati nelle seguenti tabelle:

HVSR	<b>0.69 ± 0.02 HZ</b>	RISPETTA I CRITERI SESAME
MASW	<b>VS30</b>	<b>216 M/S</b>

Pertanto, secondo la classificazione del sottosuolo imposta dal NTC 2018, si definisce il sottosuolo indagato come appartenente alla appartenente alla **categoria C**, corrispondente a

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**.



### 4.3 Azione sismica e risposta sismica del sito – Approccio semplificato

Per la definizione dell'azione sismica, sulla base di quanto previsto dalle NTC si può fare riferimento ad un approccio semplificato che **si basa sull'individuazione della categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche del sito**, in funzione delle quali si definiscono l'entità dell'amplificazione stratigrafica e topografica. Sulla base delle NTC 2018, e tenendo conto dei dati ottenuti **dalle indagini geofisiche eseguite in sito**, si **classifica** il terreno di fondazione in oggetto, come appartenente alla **categoria C**.

Si ricava quindi il **fattore stratigrafico  $S_s$** , mediante la seguente relazione, valida suoli in classe C:

$$1.00 \leq S_s = 1.70 - (0.60 \cdot F_o \cdot a_g/g) \leq 1.50 \quad (4.1.1)$$

dove:

- $F_o$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;
- $a_g/g$  = accelerazione orizzontale del sito, con tempo di ritorno pari a **475 anni**/accelerazione di gravità;
- $S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica o fattore stratigrafico, calcolato tramite la relazione sopra riportata.

Successivamente, sulla base delle condizioni topografiche del sito studiato, si considera un valore di un fattore topografico  $S_T$  sulla base della seguente tabella:

Categoria topografica	Ubicazione opera/intervento	$S_T$
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$	1.4

Per l'area studiata si riportano in tabella i parametri della pericolosità di base.

PARAMETRI PERICOLOSITÀ DI BASE - SLV				
$a_g(g)$	$F_o$	$T_c^*(s)$	$S_s$	$S_T$
0.154	2.586	0.270	1.46	1.00

Si calcola infine per ciascuna area l'accelerazione massima orizzontale  $A_{max}$  con la seguente formula:

$$A_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1.46 \cdot 1.0 \cdot 0.154 = 0.225g$$

## 5 MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEL SITO

### 5.1 Modello geotecnico del sottosuolo

Sulla base dei dati emersi dall'elaborazione geotecnica e litostratigrafica delle indagini geotecniche eseguite nel sito in oggetto, si può riassumere il seguente modello geotecnico schematico del terreno investigato.

Modello geotecnico medio										
Prof.	Deposito	$\gamma_{\text{NAT}} / \gamma_{\text{SAT}}$	$c'$	$C_u$	$D_r$	$\phi'$	$E_s$	$M$	$D_w$	
A	0.0 – 1.4	Argilla limosa sovraconsolidata	18.5/21.5	10.0	100.0	/	25	14000	10000	
B	1.4 – 4.6	Argilla limosa a media consistenza	18.0/21.0	6.0	60.0	/	23	8400	4500	-2.75
C	4.6 – 8.2	Argilla limosa a media elevata consistenza	18.5/21.5	7.0	70.0	/	24	9800	5000	
D	8.2 – 9.4	Sabbia limosa poco addensata	18.0/21.0	/	/	23	28	7000	/	
E	9.4 – 10.4	Argilla limosa a media consistenza	18.0/21.0	5.5	55.0	/	23	7700	4500	
F	10.4 -14.0	Sabbia limosa poco addensata	18.0/21.0	/	/	31	29	10000	/	
G	14.0 – 15.2	Argilla limosa a media scarsa consistenza	18.0/21.0	4.5	45.0	/	22	6300	3800	
H	15.2 – 20.0	Argilla limosa a elevata consistenza	18.5/21.5	8.0	80.0	/	25	11200	6000	
M da p.c.		Descrizione litologica	Peso di volume naturale e saturo	Coesione efficace	Coesione non drenata	Densità relativa	Angolo d'attrito efficace di picco	Modulo di Young	Modulo edometrico	Soggiacenza
			(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(%)	(°)	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(m da p.c.)

### 5.2 Tipologia di fondazioni e calcolo della capacità portante

Per il calcolo della capacità portante del terreno si sono utilizzati i parametri geotecnici emersi dall'elaborazione delle prove penetrometriche eseguite in studio, in particolare sono stati considerati cautelativamente i parametri del secondo strato. Al fine di calcolare la capacità portante del terreno per l'intervento in progetto, si sono ipotizzate fondazioni superficiali **nastriformi in c.a.**

larghezza della fondazione	<b>B</b>	=	1.2 m
lunghezza della fondazione	<b>B'</b>	=	5.0 m
profondità della quota di imposta	<b>D</b>	=	-1.0 m da p.c.

#### Parametri di resistenza e deformabilità:

Profondità	Deposito	$\gamma_{\text{NAT}} / \gamma_{\text{SAT}}$	$c'$	$C_u$	$\phi'$	$E_s$	$M$	$D_w$	
<b>B</b>	1.4 – 4.6	Argilla limosa a media consistenza	18.0/21.0	6.0	60.0	23	8400	4500	-2.75
M da p.c.		Descrizione litologica	Peso di volume naturale e saturo	Coesione efficace	Coesione non drenata	Angolo d'attrito efficace di picco	Modulo di Young	Modulo edometrico	Soggiacenza
			(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(°)	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(m da p.c.)

## 5.2.1 Verifica nei confronti degli SLU (6.4 NTC 2018)

In relazione a quanto esposto nella normativa tecnica nazionale NTC 2018, si procede alla verifica nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) di resistenza del terreno (GEO) relativamente alle opere di fondazione in oggetto, di **tipo superficiale**, fornendo il valore di resistenza offerta dal sistema geotecnico ( $R_{d\text{ GEO}}$ ). Il valore di progetto della resistenza  $R_d$  può essere determinato:

- in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale  $\gamma_M$  specificato nella Tab. 6.2.II (NTC 2018) e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera.

Le verifiche sono effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

### Fattori correttivi sismici: Paolucci e Pecker (1997)

Per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma nei riguardi della determinazione del  $q_{lim}$  vengono introdotti, all'interno della formula di Terzaghi, i fattori correttivi  $z$ :

$$z_q = 1 - 0.32 \cdot K_h \quad z_q = \left(1 - \frac{k_q}{1500 \cdot \rho}\right)^{0.95} \quad z_y = z_q$$

Dove il  $K_h$  è il coefficiente sismico orizzontale. Le verifiche sono state effettuate considerando quindi i seguenti parametri sismici:

- $a_{MAX}$  (ag/g): **0.225g** (calcolata con approccio semplificato NTC18, relativa a SLV ;  $T_r = 475$  anni);
- coefficiente intensità sismica del terreno  $K_h$ : 0.054

La determinazione della resistenza  $R_d$  GEO è stata svolta nella condizione sia a breve che a lungo termine per l'intervento in progetto.

La resistenza  $R_d$  calcolata in condizioni "non drenate" dove  $C_u \neq 0$  e  $\phi = 0$ , applicando il coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata secondo la seguente relazione  $C_{ud} = C_{uk} / 1.0$ , per cui si avrà  $C_{ud} = C_{uk}$ , dove  $C_{ud}$  = coesione non drenata di progetto e  $C_{uk}$  = coesione non drenata caratteristica, sarà pari a:

CONDIZIONE STATICA – CONDIZIONI NON DRENATE – A1+M1+R3		
Profondità di imposta	Larghezza della fondazione	Carico limite ultimo SLU - F.S. = 2.3
D=-1.0 m da p.c.	B= 1.2 m X L= 5.0 m	1.56 kg/cm <sup>2</sup> $\approx$ 156 kN/m <sup>2</sup>

La resistenza  $R_d$  calcolata in condizioni "drenate" seguendo l'Approccio 2, combinazione (A1 + M1 + R3), applicando il coefficiente di riduzione parziale per la tangente dell'angolo di attrito secondo la relazione:  $t_g$

$\phi'd = \text{tg } \phi'k / 1,0$ , dove  $\phi'd$  è l'angolo d'attrito di progetto, ne deriva, essendo  $\phi'k = \phi'd$ . Quindi secondo la formula di Terzaghi si ottiene, per l'intervento in progetto uno stato limite ultimo pari a:

CONDIZIONE STATICA – CONDIZIONI DRENATE – A1+M1+R3		
Profondità di imposta	Larghezza della fondazione	Carico limite ultimo SLU F.S. = 2.3
D=-1.0 m da p.c.	B= 1.2 m X L= 5.0 m	1.70 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 170 kN/m <sup>2</sup>

CONDIZIONE PSEUDO-STATICA – CONDIZIONI DRENATE – A1+M1+R3		
Profondità di imposta	Larghezza della fondazione	Carico limite ultimo SLU F.S. = 2.3
D=-1.0 m da p.c.	B= 1.2 m X L= 5.0 m	1.64 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 164 kN/m <sup>2</sup>

## 5.2.2 Verifica dei cedimenti

È stato eseguito il calcolo del cedimento edometrico del terreno di fondazione mediante il metodo di consolidazione monodimensionale di Terzaghi.

Profondità di imposta	B x L	Carico considerato	Cedimento per consolidazione
D=-1.0 m da p.c.	B= 1.2 m X L= 5.0 m	100 kN/m <sup>2</sup>	1.723 cm

## 5.2.3 Modulo di sottofondo

Il modello di Winkler considera il terreno come formato da una distribuzione di vincoli semplici bilaterali elastici. La relazione che ne regola il comportamento è di tipo lineare tra il cedimento ( $w$ ) e la pressione di contatto ( $p$ ):  $p = kw$ .

Il parametro  $k$  è detto costante di sottofondo. Come è noto,  $k$  non dipende solo dal terreno ma anche dai carichi applicati, dalle proprietà del terreno, dalla forma e le dimensioni della fondazione.

Utilizzando la Formula di Bowles (1974):

$$k \text{ (kN/mc)} = 40 * Q_{lim} * F_c,$$

dove  $F_c = 2.54/\text{cedimento della fondazione (cm)}$ ; è stato considerato un cedimento di riferimento pari a  $S = 1.723 \text{ cm}$  ed un carico applicato al terreno di fondazione pari a  $P = 1.00 \text{ kg/cm}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2$ , il modulo di sottofondo o costante di Winkler è risultato pari a  $K = 1.77 \text{ kg/cm}^3 \approx 17690 \text{ kN/m}^3$ ;

## 5.3 Stabilità nei confronti della liquefazione (§ A2.2. DGR 630/2019)

In accordo con la normativa regionale DGR 630/19 si è proceduto alla verifica della liquefazione per la verticale di prova CPT1.

La valutazione del fenomeno della liquefazione viene svolta attraverso il calcolo del fattore di sicurezza di ciascun livello che compone il sottosuolo analizzato nei confronti del fenomeno stesso. Il fattore di sicurezza è derivato secondo la seguente formulazione:

$$F_L(z) = \frac{CRR_{M=7.5; \sigma'_v=1atm}}{CSR} \cdot MSF \cdot K_\sigma$$

Dove:

**CRR** è rappresentato dal rapporto di resistenza ciclica

**MSF** rappresenta il fattore di scala della magnitudo che è funzione della magnitudo stessa, della PGA e del valore di CRR

**K<sub>σ</sub>** è il fattore di correzione che tiene conto della pressione efficace alla profondità a cui la resistenza viene valutata

**CSR** è il rapporto di tensione ciclica, ovvero la tensione di taglio indotta dall'azione sismica, normalizzata rispetto alla tensione verticale efficace. Tale parametro è derivabile secondo la seguente formulazione:

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \cdot \frac{a_{maxs}}{g} \cdot \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \cdot r_d$$

I termini che compongono la seguente relazione sono rappresentati da  $a_{max}/g$  che descrive il valore dell'accelerazione orizzontale a  $T = 0.00$  s, il rapporto della tensione litostatica totale ed efficace, e il coefficiente riduttivo  $r_d$ . Quest'ultimo, in accordo con la predetta normativa è stato stimato secondo la seguente formulazione:

$$r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z) \cdot M]$$

$$\alpha(z) = -1.012 - 1.126 \cdot \text{sen}\left(\frac{z}{11.73} + 5.133\right)$$

$$\beta(z) = 0.106 + 0.118 \cdot \text{sen}\left(\frac{z}{11.28} + 5.142\right)$$

dove  $M$  rappresenta il valore di magnitudo di riferimento per il sito in analisi.

Il valore **CRR** è stato ricavato attraverso la metodologia di calcolo proposta da **Boulanger&Idriss 2014**. Per le specifiche della procedura di calcolo adottata si faccia riferimento all'allegato **A2.2** della DGR 630/2019 della Regione Emilia-Romagna. L'analisi di liquefazione è stata eseguita entro i -20.00 m rispetto al piano campagna come prescritto dalla normativa di riferimento.

Le verifiche sono state svolte considerando una magnitudo di riferimento **M = 6.14** (derivante dalla zonazione sismogenetica) e una accelerazione massima al suolo **A<sub>max</sub> = 0.225g** (NTC18).

A seguito dell'identificazione del fattore di sicurezza  $F_L$  è stato determinato l'indice potenziale di liquefazione IL (LPI) attraverso il quale è possibile definire l'esposizione del sito al rischio di liquefazione. Il potenziale di liquefazione LPI è stato determinato secondo la seguente formulazione:



$$I_L = \int_0^{z_{crit}} F(z) \cdot w(z) \cdot dz \quad \text{in cui} \quad w(z) = \frac{200}{z_{crit}} \cdot \left(1 - \frac{z}{z_{crit}}\right)$$

Dove  $F(z)$  viene determinato secondo le formulazioni proposte da Somnez (2003)

$$\begin{array}{ll} F(z) = 0 & \text{per } F_L \geq 1.2 \\ F(z) = 2 \cdot 10^6 \cdot \exp(-18.427 \cdot F_L) & \text{per } 1.2 > F_L \geq 0.95 \\ F(z) = 1 - F_L & \text{per } F_L \leq 0.95 \end{array}$$

In base al valore di LPI ottenuto è possibile fornire un'indicazione del rischio di liquefazione. In considerazione delle linee guida emesse dalla Regione Emilia-Romagna, a seguito degli eventi sismici di Maggio e Giugno 2012, si considera la classificazione di rischio definita da **Somnez 2003**:

INDICE DI LIQUEFAZIONE	Rischio di liquefazione
LPI=0	Nulla
0 < LPI ≤ 2	Basso
2 < LPI ≤ 5	Moderato
5 < LPI ≤ 10	Alto
15 > LPI	Molto alto

Si illustra successivamente il valore di LPI derivato dalla verticale di prova CPT1 considerando un'accelerazione massima al suolo  $A_{max} = 0.225g$  (calcolata secondo approccio semplificato NTC2018), la soggiacenza della falda freatica è stata considerata alla profondità  $D_w = -2.75$  m (misurata in data **30/10/2020**) e una magnitudo di riferimento pari a  $M=6.14$ .

A seguito della verifica, in riferimento alla verticale CPT1, è stato ottenuto il seguente valore di LPI:

INDAGINE	INDICE DI LIQUEFAZIONE	RISCHIO
CPT1	0.2	BASSO

## 6 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente elaborato riassume e illustra le caratteristiche geologico-stratigrafiche, geotecniche e sismiche relative al volume significativo di sottosuolo indagato a supporto del progetto di demolizione e ricostruzione con ampliamento e cambio d'uso da Magazzino/Deposito a Laboratorio di miscelazione di granaglie, nella porzione di fabbricato a Limidi, in via Lametta n. 140 -146 - Comune di Soliera (MO).

Sulla base dei dati emersi dalle indagini geotecniche eseguite (§ 3.1), si fornisce per il terreno di fondazione indagato, il modello geotecnico medio riportato nel § 5.1 della presente relazione.

In relazione a quanto esposto nelle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni in zona sismica del 2018, si è proceduto alla verifica nei confronti degli stati limite ultimi (SLU). Nel nostro caso specifico, per quanto riguarda le opere di fondazione, nelle verifiche di sicurezza agli stati limite ultimi è stato calcolato lo SLU sia a breve che a lungo termine per l'intervento in progetto, utilizzando il seguente approccio di calcolo:

- a) Approccio 2 combinazione (A1 + M1 + R3).

I risultati sono visibili nel § 5.3.1.

Si riassumono nella seguente tabella i valori di portanza del terreno di fondazione calcolati agli stati limite ultimi SLU relativamente alle fondazioni ipotizzate e sopra descritte.

Verifica nei confronti degli SLU		
APPROCCIO 2 – COMBINAZIONE 1		
CONDIZIONE NON DRENATE	CONDIZIONI DRENATE	CONDIZIONI SISMICHE DRENATE Paolucci & Pecker
1.56 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 156 kN/m <sup>2</sup>	1.70 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 170 kN/m <sup>2</sup>	1.64 kg/cm <sup>2</sup> ≈ 164 kN/m <sup>2</sup>

In ottemperanza alla normativa tecnica nazionale (NTC 2018) e in accordo con i risultati ottenuti a seguito delle indagini geofisiche espletate per il sito in oggetto è possibile classificare il terreno di fondazione come appartenente alla **categoria C**, depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o a 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 equivalentemente compresi tra **180 m/s** e **360 m/s**.

Per la definizione dell'azione sismica, è stato utilizzato l'approccio semplificato delle NTC 2018. I risultati sono ottenuti i seguenti risultati:

	Approccio semplificato NTC18	
ag	FA	A <sub>max</sub>
0.154	1.46	0.225

È stata eseguita la verifica della suscettibilità al fenomeno della liquefazione sulla base della prova penetrometrica CPT1 eseguita in sito, considerando una accelerazione massima al suolo **A<sub>max</sub> = 0.225g** (calcolata da NTC18), la soggiacenza della falda freatica alla profondità **Dw=-2.75 m da p.c.**, e una **magnitudo**

Pag. 20

**di riferimento** pari a **M=6.14**. Dall'analisi della suscettibilità nei confronti del fenomeno della liquefazione così eseguita si è ottenuto un valore di LPI corrispondente a un **rischio di liquefazione basso** (§ 5.4).

**In generale, dalla consultazione dei dati bibliografici, dalle cartografie e dalle caratteristiche geologico-stratigrafiche geotecniche e sismiche dell'area in studio emerse dalla nostra indagine in sito, non si sono riscontrati elementi ostativi che possano compromettere l'intervento in progetto.**

A disposizione per ulteriori chiarimenti, cogliamo l'occasione per porgere cordiali saluti.

Modena, 19 novembre 2020

**Dott. Geol. Pier Luigi Dallari**

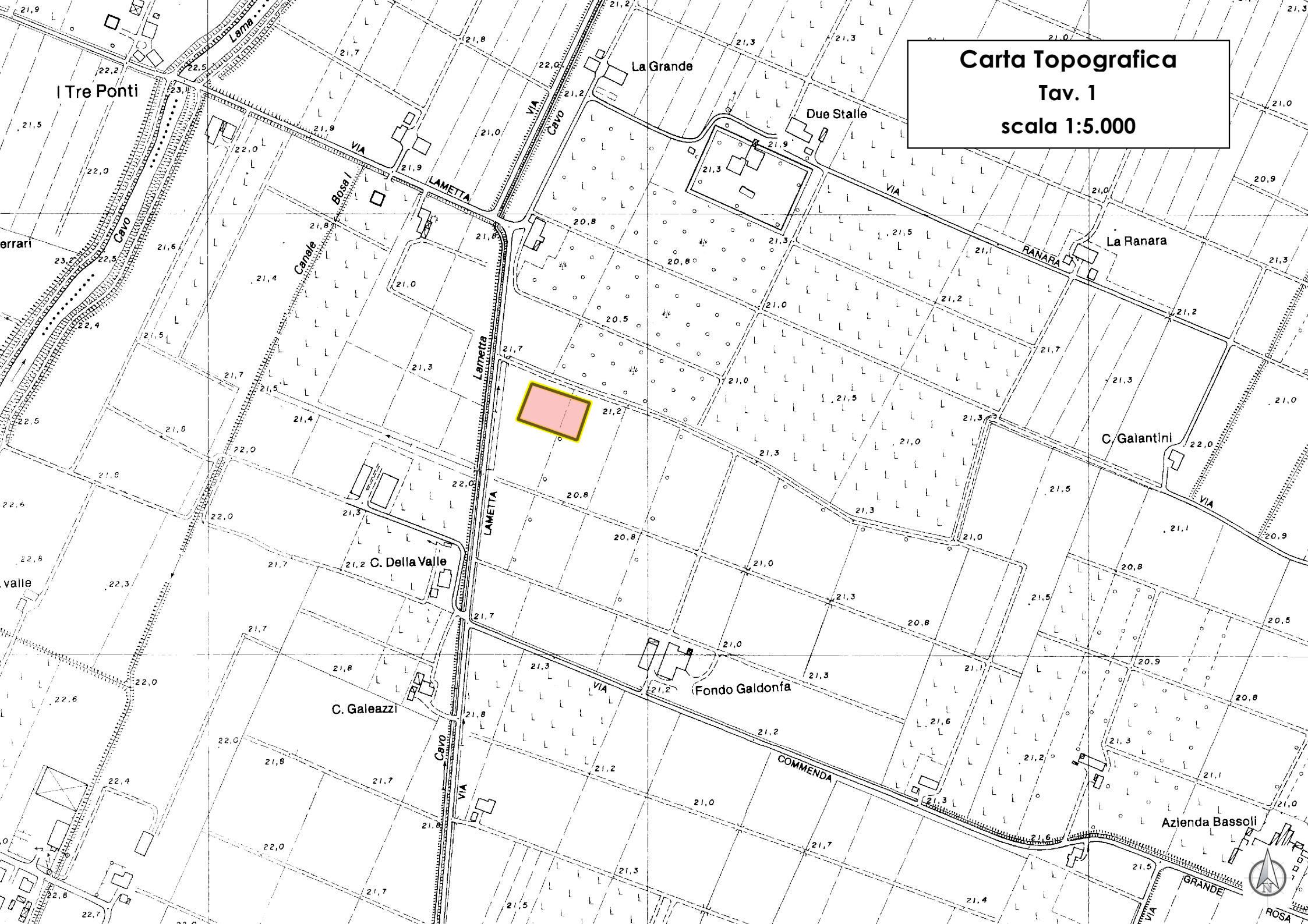


# TAVOLE

# Carta Topografica

Tav. 1

scala 1:5.000





# Ripresa Satellitare

Tav. 2

scala 1:5.000

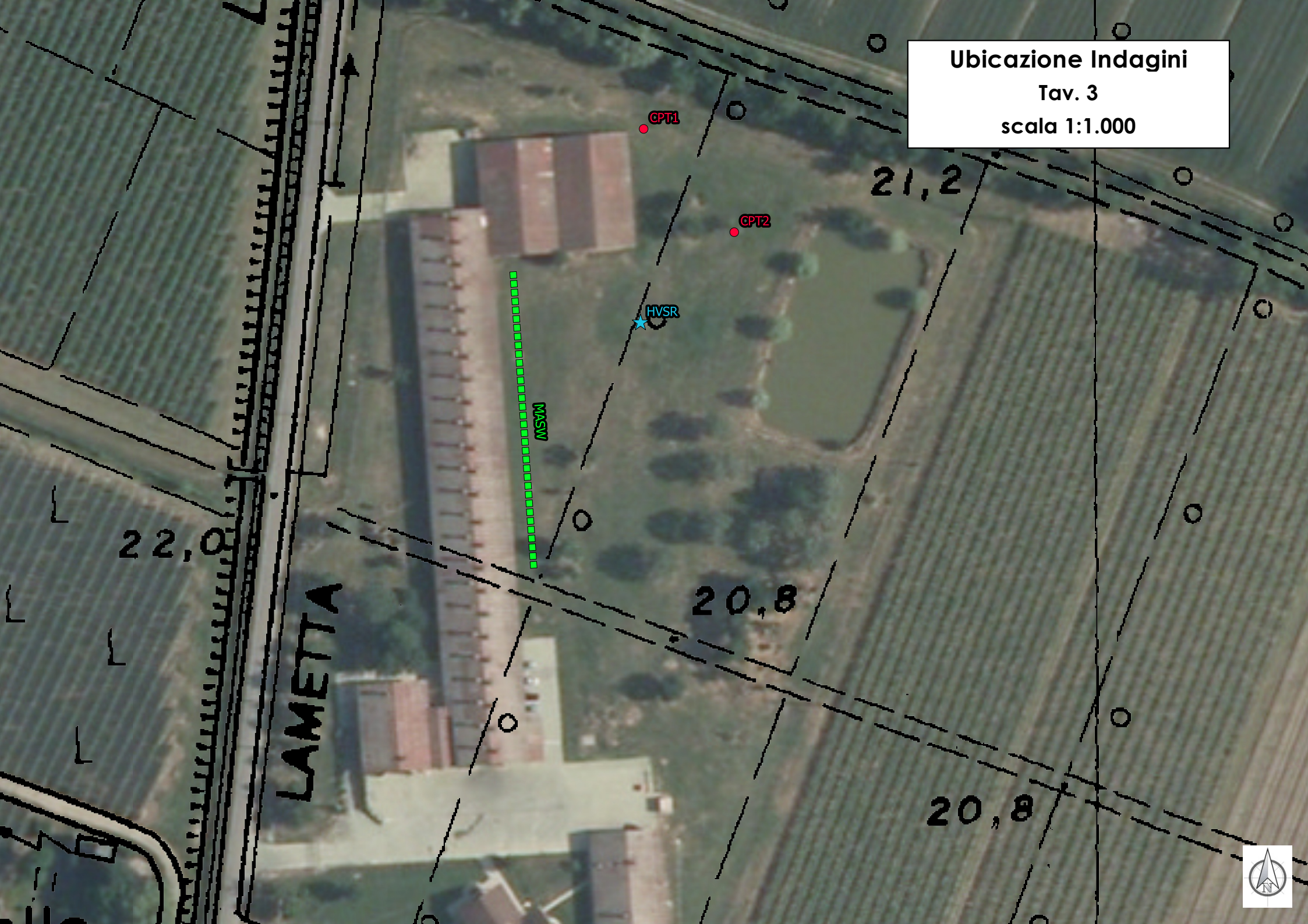




# Ubicazione Indagini

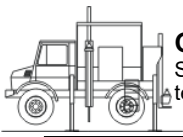
Tav. 3

scala 1:1.000



# ALLEGATO 1

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPT



## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

**Strumento utilizzato:****TG63-200Stat - Pagani - Piacenza**

## Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura:  $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ( $\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm/sec}$  ( $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$ )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione  $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$   
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

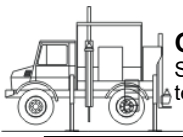
fase 1 - resistenza alla punta:  $q_c \text{ (MPa)} = (L_1) \times CT / 10$ fase 2 - resistenza laterale locale:  $f_s \text{ (kPa)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$ fase 3 - resistenza totale :  $R_t \text{ (kPa)} = (L_t) \times CT$ 

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S \text{ (Kg)}$ , corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $CT$ .

N.B. : nonostante la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale  $f_s$  viene computata alla stessa quota della punta.

**CONVERSIONI**1 kN (kiloNewton) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N  $\approx$  100 t1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1.000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>1 kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 MPa1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN



## LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

**Valutazioni in base al rapporto:  $F = (q_c / f_s)$**

**Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977**

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 1470 \text{ kPa}$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$1470 \text{ kPa} < F \leq 2940 \text{ kPa}$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$2940 \text{ kPa} < F \leq 5880 \text{ kPa}$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 5880 \text{ kPa}$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

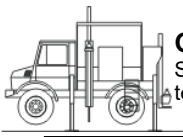
**Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978),  
ricavabili in base ai valori di  $q_c$  e di  $FR = (f_s / q_c) \%$  :**

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$  di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.



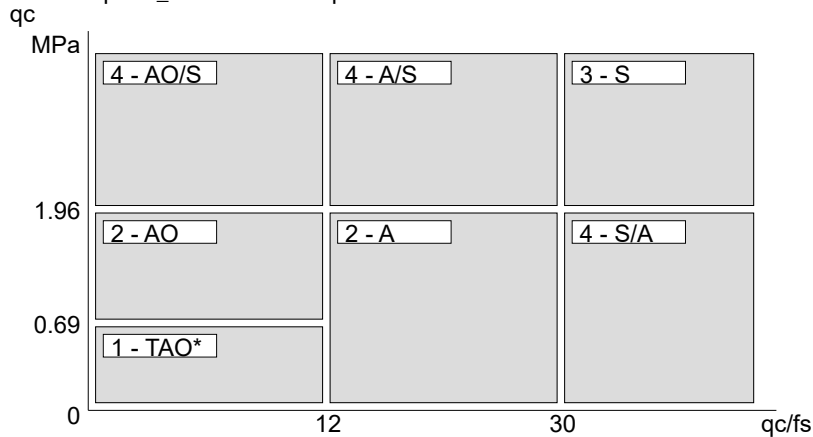


# LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

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

$qc \leq 1.96$  MPa : possibili terreni COESIVI anche se  $(qc / fs) > 30$

$qc \geq 1.96$  MPa : possibili terreni GRANULARI anche se  $(qc / fs) < 30$

**NATURA LITOLOGICA**

1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIM.

2 - COESIVA IN GENERE

3 - GRANULARE

4 - COESIVA / GRANULARE

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

$\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno immerso in falda [ correlaz.:  $\gamma'$  - qc - natura ]  
( Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982 )

$\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )

$C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi ) [ correlazioni :  $C_u$  - qc ]

OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi ) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ]  
( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )

$E_u$  = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [ correl. :  $E_u$  -  $C_u$  - OCR -  $I_p$   $I_p$ = ind.plast.]  
 $E_{u50}$  -  $E_{u25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )

$E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  - qc ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente )  
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983 )

$M_o$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. :  $M_o$  - qc - natura ]  
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )

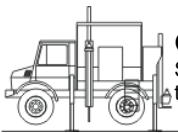
$D_r$  = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)  
[ correlazioni :  $D_r$  -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  (Schmertmann 1976 )]

$\emptyset'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\emptyset'$  -  $D_r$  - qc  $\sigma'_{vo}$  )

 $\emptyset_{Ca}$  - Caquot (1948) $\emptyset_{Ko}$  - Koppejan (1948) $\emptyset_{DB}$  - De Beer (1965) $\emptyset_{Sc}$  - Schmertmann (1978) $\emptyset_{DM}$  - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) $\emptyset_{Me}$  - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)

F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)

$V_s$  = velocità di propagazione delle onde sismiche ( Iyisan 1996 )

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI****CPT****1**

Riferimento

**008-2020**Committente **STUDIO TECNICO**  
Cantiere **STUDIO DEL TERRENO DI FONDAZIONE**  
Località **SOLIERA - LIMIDI VIA LAMETTA**U.M.: **MPa** Data esec. 30/10/2020  
Pagina 1/17  
Elaborato Falda -2.75 m

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00			15.20	15.00	23.00		1.47	53.00	28	3.5
0.40	40.00	53.00		3.92	87.00	46	2.2	15.40	17.00	31.00		1.67	93.00	18	5.5
0.60	80.00	170.00		7.84	600.00	13	7.5	15.60	20.00	33.00		1.96	87.00	23	4.4
0.80	25.00	53.00		2.45	187.00	13	7.5	15.80	20.00	39.00		1.96	127.00	16	6.4
<b>1.00</b>	<b>28.00</b>	<b>31.00</b>		<b>2.74</b>	<b>20.00</b>	<b>140</b>	<b>0.7</b>	<b>16.00</b>	<b>23.00</b>	<b>43.00</b>		<b>2.25</b>	<b>133.00</b>	<b>17</b>	<b>5.8</b>
1.20	27.00	63.00		2.65	240.00	11	8.9	16.20	25.00	47.00		2.45	147.00	17	5.9
1.40	33.00	48.00		3.23	100.00	33	3.0	16.40	26.00	48.00		2.55	147.00	18	5.7
1.60	14.00	40.00		1.37	173.00	8	12.4	16.60	21.00	47.00		2.06	173.00	12	8.2
1.80	14.00	23.00		1.37	60.00	23	4.3	16.80	22.00	49.00		2.16	180.00	12	8.2
<b>2.00</b>	<b>15.00</b>	<b>25.00</b>		<b>1.47</b>	<b>67.00</b>	<b>22</b>	<b>4.5</b>	<b>17.00</b>	<b>21.00</b>	<b>42.00</b>		<b>2.06</b>	<b>140.00</b>	<b>15</b>	<b>6.7</b>
2.20	13.00	23.00		1.27	67.00	19	5.2	17.20	13.00	29.00		1.27	107.00	12	8.2
2.40	16.00	27.00		1.57	73.00	22	4.6	17.40	13.00	24.00		1.27	73.00	18	5.6
2.60	20.00	29.00		1.96	60.00	33	3.0	17.60	14.00	23.00		1.37	60.00	23	4.3
2.80	10.00	20.00		0.98	67.00	15	6.7	17.80	15.00	25.00		1.47	67.00	22	4.5
<b>3.00</b>	<b>8.00</b>	<b>15.00</b>		<b>0.78</b>	<b>47.00</b>	<b>17</b>	<b>5.9</b>	<b>18.00</b>	<b>43.00</b>	<b>64.00</b>		<b>4.21</b>	<b>140.00</b>	<b>31</b>	<b>3.3</b>
3.20	8.00	14.00		0.78	40.00	20	5.0	18.20	32.00	36.00		3.14	27.00	119	0.8
3.40	14.00	22.00		1.37	53.00	26	3.8	18.40	18.00	32.00		1.76	93.00	19	5.2
3.60	14.00	22.00		1.37	53.00	26	3.8	18.60	14.00	25.00		1.37	73.00	19	5.2
3.80	14.00	25.00		1.37	73.00	19	5.2	18.80	13.00	21.00		1.27	53.00	25	4.1
<b>4.00</b>	<b>19.00</b>	<b>28.00</b>		<b>1.86</b>	<b>60.00</b>	<b>32</b>	<b>3.2</b>	<b>19.00</b>	<b>14.00</b>	<b>27.00</b>		<b>1.37</b>	<b>87.00</b>	<b>16</b>	<b>6.2</b>
4.20	16.00	28.00		1.57	80.00	20	5.0	19.20	16.00	28.00		1.57	80.00	20	5.0
4.40	15.00	27.00		1.47	80.00	19	5.3	19.40	18.00	35.00		1.76	113.00	16	6.3
4.60	16.00	27.00		1.57	73.00	22	4.6	19.60	23.00	31.00		2.25	53.00	43	2.3
4.80	15.00	27.00		1.47	80.00	19	5.3	19.80	14.00	26.00		1.37	80.00	18	5.7
<b>5.00</b>	<b>16.00</b>	<b>29.00</b>		<b>1.57</b>	<b>87.00</b>	<b>18</b>	<b>5.4</b>	<b>20.00</b>	<b>19.00</b>	<b>35.00</b>		<b>1.86</b>	<b>107.00</b>	<b>18</b>	<b>5.6</b>
5.20	18.00	30.00		1.76	80.00	23	4.4	20.20	13.00	25.00		1.27	80.00	16	6.2
5.40	21.00	35.00		2.06	93.00	23	4.4	20.40	20.00	34.00		1.96	93.00	22	4.7
5.60	17.00	32.00		1.67	100.00	17	5.9	20.60	15.00	31.00		1.47	107.00	14	7.1
5.80	16.00	31.00		1.57	100.00	16	6.3	20.80	13.00	23.00		1.27	67.00	19	5.2
<b>6.00</b>	<b>25.00</b>	<b>39.00</b>		<b>2.45</b>	<b>93.00</b>	<b>27</b>	<b>3.7</b>	<b>21.00</b>	<b>93.00</b>	<b>117.00</b>		<b>9.11</b>	<b>160.00</b>	<b>58</b>	<b>1.7</b>
6.20	21.00	41.00		2.06	133.00	16	6.3	21.20	69.00	77.00		6.76	53.00	130	0.8
6.40	21.00	37.00		2.06	107.00	20	5.1	21.40	63.00	71.00		6.17	53.00	119	0.8
6.60	20.00	37.00		1.96	113.00	18	5.7	21.60	61.00	77.00		5.98	107.00	57	1.8
6.80	16.00	29.00		1.57	87.00	18	5.4								
<b>7.00</b>	<b>15.00</b>	<b>29.00</b>		<b>1.47</b>	<b>93.00</b>	<b>16</b>	<b>6.2</b>								
7.20	18.00	29.00		1.76	73.00	25	4.1								
7.40	17.00	28.00		1.67	73.00	23	4.3								
7.60	11.00	23.00		1.08	80.00	14	7.3								
7.80	11.00	18.00		1.08	47.00	23	4.3								
<b>8.00</b>	<b>10.00</b>	<b>15.00</b>		<b>0.98</b>	<b>33.00</b>	<b>30</b>	<b>3.3</b>								
8.20	11.00	16.00		1.08	33.00	33	3.0								
8.40	13.00	29.00		1.27	107.00	12	8.2								
8.60	22.00	23.00		2.16	7.00	314	0.3								
8.80	26.00	33.00		2.55	47.00	55	1.8								
<b>9.00</b>	<b>39.00</b>	<b>41.00</b>		<b>3.82</b>	<b>13.00</b>	<b>300</b>	<b>0.3</b>								
9.20	23.00	35.00		2.25	80.00	29	3.5								
9.40	21.00	31.00		2.06	67.00	31	3.2								
9.60	17.00	35.00		1.67	120.00	14	7.1								
9.80	12.00	22.00		1.18	67.00	18	5.6								
<b>10.00</b>	<b>11.00</b>	<b>20.00</b>		<b>1.08</b>	<b>60.00</b>	<b>18</b>	<b>5.5</b>								
10.20	10.00	17.00		0.98	47.00	21	4.7								
10.40	12.00	19.00		1.18	47.00	26	3.9								
10.60	29.00	30.00		2.84	7.00	414	0.2								
10.80	21.00	31.00		2.06	67.00	31	3.2								
<b>11.00</b>	<b>21.00</b>	<b>28.00</b>		<b>2.06</b>	<b>47.00</b>	<b>45</b>	<b>2.2</b>								
11.20	39.00	40.00		3.82	7.00	557	0.2								
11.40	17.00	33.00		1.67	107.00	16	6.3								
11.60	17.00	27.00		1.67	67.00	25	3.9								
11.80	23.00	31.00		2.25	53.00	43	2.3								
<b>12.00</b>	<b>15.00</b>	<b>28.00</b>		<b>1.47</b>	<b>87.00</b>	<b>17</b>	<b>5.8</b>								
12.20	15.00	30.00		1.47	100.00	15	6.7								
12.40	39.00	47.00		3.82	53.00	74	1.4								
12.60	33.00	40.00		3.23	47.00	70	1.4								
12.80	29.00	30.00		2.84	7.00	414	0.2								
<b>13.00</b>	<b>57.00</b>	<b>72.00</b>		<b>5.59</b>	<b>100.00</b>	<b>57</b>	<b>1.8</b>								
13.20	61.00	73.00		5.98	80.00	76	1.3								
13.40	74.00	80.00		7.25	40.00	185	0.5								
13.60	61.00	70.00		5.98	60.00	102	1.0								
13.80	45.00	48.00		4.41	20.00	225	0.4								
<b>14.00</b>	<b>48.00</b>	<b>59.00</b>		<b>4.70</b>	<b>73.00</b>	<b>66</b>	<b>1.5</b>								
14.20	14.00	25.00		1.37	73.00	19	5.2								
14.40	11.00	22.00		1.08	73.00	15	6.6								
14.60	11.00	18.00		1.08	47.00	23	4.3								
14.80	11.00	18.00		1.08	47.00	23	4.3								
<b>15.00</b>	<b>10.00</b>	<b>19.00</b>		<b>0.98</b>	<b>60.00</b>	<b>17</b>	<b>6.0</b>								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10.00 costante di trasformazione

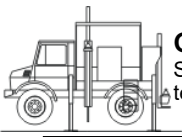
qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

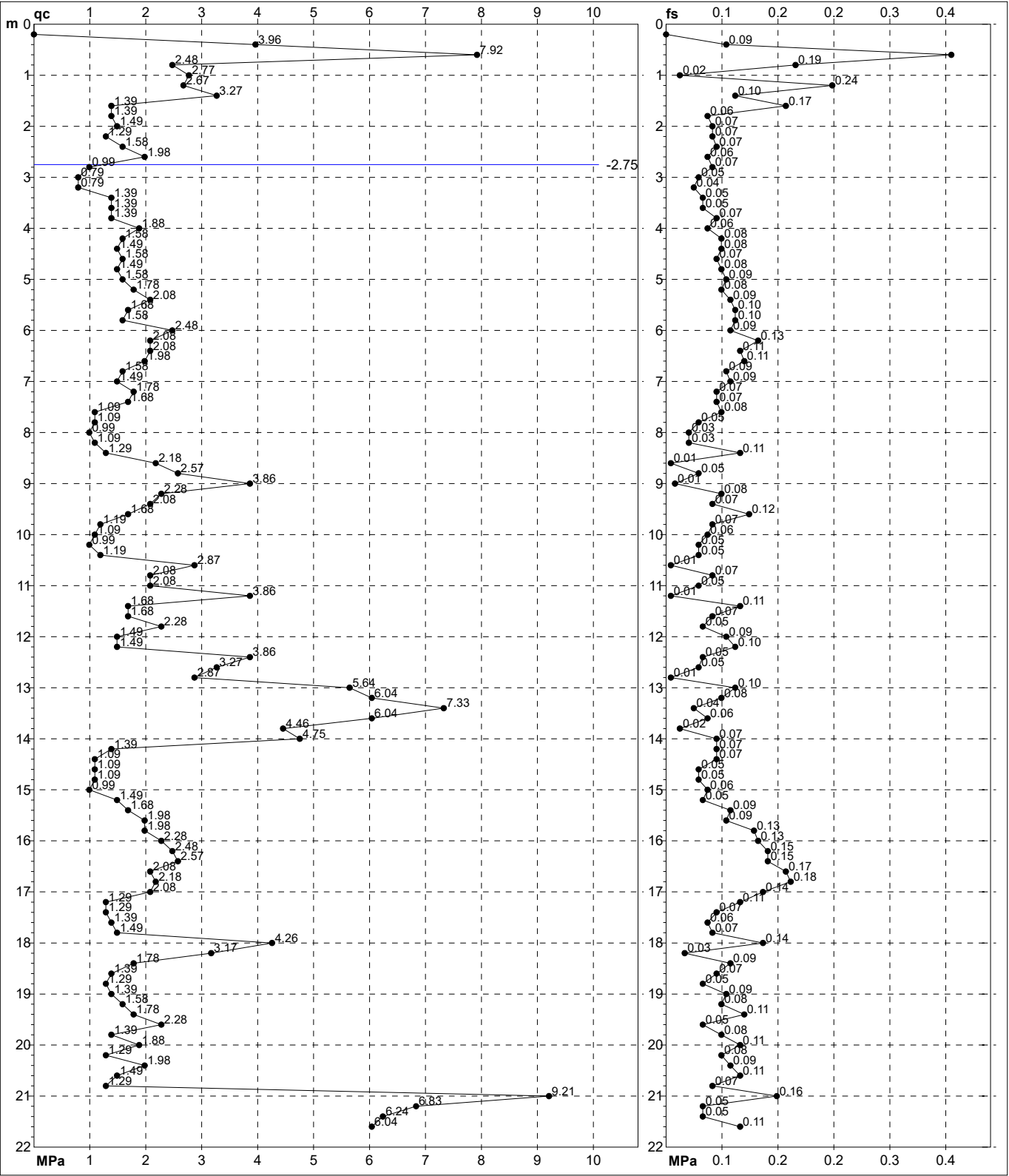


# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

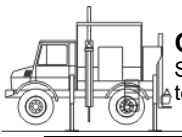
<b>CPT</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>008-2020</b>

Committente **STUDIO TECNICO**  
 Cantiere **STUDIO DEL TERRENO DI FONDAZIONE**  
 Località **SOLIERA - LIMIDI VIA LAMETTA**

U.M.: **MPa**      Data exec. 30/10/2020  
 Scala: 1:110  
 Pagina 2/17  
 Elaborato      Quota inizio: Falda -2.75 m



Penetrometro: TG63-200Stat	preforo m
Responsabile: Dr. Geol. Diego Merlin	Corr.astine: kN/ml
Assistente:	Cod. tip:

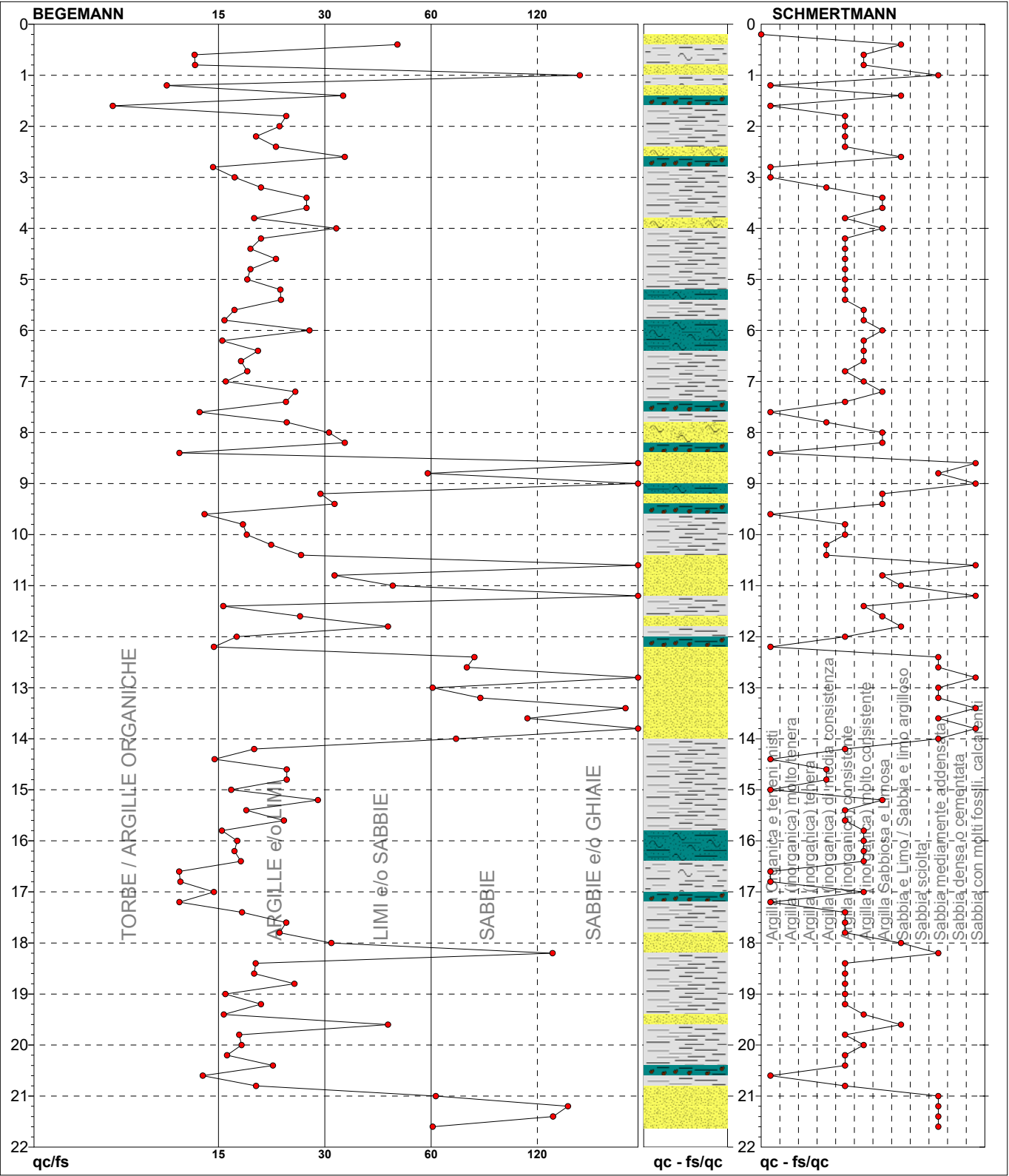


**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>1</b>
Riferimento	<b>008-2020</b>

Committente **STUDIO TECNICO**  
Cantiere **STUDIO DEL TERRENO DI FONDAZIONE**  
Località **SOLIERA - LIMIDI VIA LAMETTA**

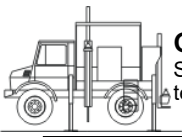
U.M.: **MPa**  
Scala: **1:110**  
Pagina **3/17**  
Elaborato  
Data exec. **30/10/2020**  
Falda **-2.75 m**



TORBE / ARGILLE OR	15 punti, 13.76%	Argilla Organica e terreni misti	14 punti, 12.84%	Argilla Sabbiosa e Limosa	12 punti, 11.01%
ARGILLE e/o LIMI	61 punti, 55.96%	Argilla (inorganica) di media consistenza	6 punti, 5.50%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	7 punti, 6.42%
LIMI e/o SABBIE	16 punti, 14.68%	Argilla (inorganica) consistente	32 punti, 29.36%	Sabbia mediamente addensata	13 punti, 11.93%
SABBIE	7 punti, 6.42%	Argilla (inorganica) molto consistente	16 punti, 14.68%	Sabbia con molti fossili, calcareniti	7 punti, 6.42%
SABBIE e/o GHIAIE	9 punti, 8.26%				







**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**PARAMETRI GEOTECNICI**

**CPT**

**1**

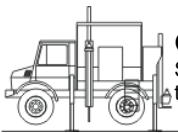
Riferimento

**008-2020**

Committente **STUDIO TECNICO**  
Cantiere **STUDIO DEL TERRENO DI FONDAZIONE**  
Località **SOLIERA - LIMIDI VIA LAMETTA**

U.M.: **MPa** Data esec. 30/10/2020  
Pagina 4/17  
Elaborato Falda -2.75 m

H m	qc U.M.	qc/fs	zone	$\gamma'$ t/m <sup>3</sup>	$\sigma'_{vo}$ kPa	Vs m/s	NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE														
							Cu kPa	OCR %	Eu50 U.M.	Eu25 U.M.	Mo U.M.	Dr %	Sc (°)	Ca (°)	Ko (°)	DB (°)	DM (°)	Me (°)	E'50 U.M.	E'25 U.M.	Mo U.M.	FL1	FL2			
20.00	1.86	17.76	2	0.99	206.9	168	76.0	1.8	43.3	65.0	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20.20	1.27	16.25	2	0.93	208.7	145	59.3	1.3	35.0	52.5	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20.40	1.96	21.51	4	0.93	210.5	171	78.4	1.8	44.6	66.9	5.9	--	31	21	17	17	25	27	3.3	4.9	5.9	--	--	--	--	--
20.60	1.47	14.02	2	0.95	212.4	154	65.3	1.4	38.3	57.4	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20.80	1.27	19.40	2	0.93	214.2	145	59.3	1.3	35.1	52.6	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
21.00	9.11	58.13	3	0.99	216.2	305	--	--	--	--	--	50	37	28	25	24	32	33	15.2	22.8	27.3	--	--	--	--	--
21.20	6.76	130.19	3	0.95	218.0	273	--	--	--	--	--	40	36	27	24	22	30	32	11.3	16.9	20.3	--	--	--	--	--
21.40	6.17	118.87	3	0.94	219.9	264	--	--	--	--	--	36	36	26	23	22	30	32	10.3	15.4	18.5	--	--	--	--	--
21.60	5.98	57.01	3	0.94	221.7	260	--	--	--	--	--	35	35	26	23	22	30	32	10.0	14.9	17.9	--	--	--	--	--

**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI****CPT****2**

Riferimento

**008-2020**Committente **STUDIO TECNICO**  
Cantiere **STUDIO DEL TERRENO DI FONDAZIONE**  
Località **SOLIERA - LIMIDI VIA LAMETTA**U.M.: **MPa**

Data esec. 30/10/2020

Pagina 1/17  
Elaborato

Falda -2.75 m

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc MPa	fs kPa	F -	Rf %
0.20	0.00	0.00		0.00	0.00			15.20	14.00	21.00		1.37	47.00	30	3.4
0.40	22.00	29.00		2.16	47.00	47	2.1	15.40	19.00	30.00		1.86	73.00	26	3.8
0.60	21.00	37.00		2.06	107.00	20	5.1	15.60	23.00	42.00		2.25	127.00	18	5.5
0.80	34.00	54.00		3.33	133.00	26	3.9	15.80	23.00	43.00		2.25	133.00	17	5.8
<b>1.00</b>	<b>34.00</b>	<b>63.00</b>		<b>3.33</b>	<b>193.00</b>	<b>18</b>	<b>5.7</b>	<b>16.00</b>	<b>24.00</b>	<b>41.00</b>		<b>2.35</b>	<b>113.00</b>	<b>21</b>	<b>4.7</b>
1.20	66.00	100.00		6.47	227.00	29	3.4	16.20	21.00	40.00		2.06	127.00	17	6.0
1.40	51.00	104.00		5.00	353.00	14	6.9	16.40	28.00	42.00		2.74	93.00	30	3.3
1.60	43.00	83.00		4.21	267.00	16	6.2	16.60	27.00	43.00		2.65	107.00	25	4.0
1.80	36.00	74.00		3.53	253.00	14	7.0	16.80	22.00	39.00		2.16	113.00	19	5.1
<b>2.00</b>	<b>32.00</b>	<b>67.00</b>		<b>3.14</b>	<b>233.00</b>	<b>14</b>	<b>7.3</b>								
2.20	17.00	43.00		1.67	173.00	10	10.2								
2.40	17.00	40.00		1.67	153.00	11	9.0								
2.60	17.00	37.00		1.67	133.00	13	7.8								
2.80	12.00	25.00		1.18	87.00	14	7.3								
<b>3.00</b>	<b>7.00</b>	<b>16.00</b>		<b>0.69</b>	<b>60.00</b>	<b>12</b>	<b>8.6</b>								
3.20	11.00	14.00		1.08	20.00	55	1.8								
3.40	10.00	17.00		0.98	47.00	21	4.7								
3.60	16.00	22.00		1.57	40.00	40	2.5								
3.80	16.00	24.00		1.57	53.00	30	3.3								
<b>4.00</b>	<b>17.00</b>	<b>27.00</b>		<b>1.67</b>	<b>67.00</b>	<b>25</b>	<b>3.9</b>								
4.20	15.00	26.00		1.47	73.00	21	4.9								
4.40	13.00	25.00		1.27	80.00	16	6.2								
4.60	14.00	23.00		1.37	60.00	23	4.3								
4.80	16.00	26.00		1.57	67.00	24	4.2								
<b>5.00</b>	<b>17.00</b>	<b>29.00</b>		<b>1.67</b>	<b>80.00</b>	<b>21</b>	<b>4.7</b>								
5.20	18.00	31.00		1.76	87.00	21	4.8								
5.40	20.00	35.00		1.96	100.00	20	5.0								
5.60	19.00	32.00		1.86	87.00	22	4.6								
5.80	16.00	30.00		1.57	93.00	17	5.8								
<b>6.00</b>	<b>24.00</b>	<b>38.00</b>		<b>2.35</b>	<b>93.00</b>	<b>26</b>	<b>3.9</b>								
6.20	27.00	43.00		2.65	107.00	25	4.0								
6.40	25.00	46.00		2.45	140.00	18	5.6								
6.60	24.00	43.00		2.35	127.00	19	5.3								
6.80	23.00	42.00		2.25	127.00	18	5.5								
<b>7.00</b>	<b>15.00</b>	<b>27.00</b>		<b>1.47</b>	<b>80.00</b>	<b>19</b>	<b>5.3</b>								
7.20	16.00	28.00		1.57	80.00	20	5.0								
7.40	17.00	30.00		1.67	87.00	20	5.1								
7.60	18.00	30.00		1.76	80.00	23	4.4								
7.80	10.00	22.00		0.98	80.00	13	8.0								
<b>8.00</b>	<b>6.00</b>	<b>11.00</b>		<b>0.59</b>	<b>33.00</b>	<b>18</b>	<b>5.5</b>								
8.20	12.00	14.00		1.18	13.00	92	1.1								
8.40	17.00	21.00		1.67	27.00	63	1.6								
8.60	31.00	37.00		3.04	40.00	78	1.3								
8.80	24.00	27.00		2.35	20.00	120	0.8								
<b>9.00</b>	<b>23.00</b>	<b>32.00</b>		<b>2.25</b>	<b>60.00</b>	<b>38</b>	<b>2.6</b>								
9.20	21.00	29.00		2.06	53.00	40	2.5								
9.40	33.00	43.00		3.23	67.00	49	2.0								
9.60	24.00	45.00		2.35	140.00	17	5.8								
9.80	18.00	35.00		1.76	113.00	16	6.3								
<b>10.00</b>	<b>13.00</b>	<b>24.00</b>		<b>1.27</b>	<b>73.00</b>	<b>18</b>	<b>5.6</b>								
10.20	34.00	54.00		3.33	133.00	26	3.9								
10.40	23.00	36.00		2.25	87.00	26	3.8								
10.60	56.00	63.00		5.49	47.00	119	0.8								
10.80	57.00	77.00		5.59	133.00	43	2.3								
<b>11.00</b>	<b>48.00</b>	<b>59.00</b>		<b>4.70</b>	<b>73.00</b>	<b>66</b>	<b>1.5</b>								
11.20	48.00	63.00		4.70	100.00	48	2.1								
11.40	20.00	26.00		1.96	40.00	50	2.0								
11.60	21.00	30.00		2.06	60.00	35	2.9								
11.80	23.00	30.00		2.25	47.00	49	2.0								
<b>12.00</b>	<b>17.00</b>	<b>27.00</b>		<b>1.67</b>	<b>67.00</b>	<b>25</b>	<b>3.9</b>								
12.20	14.00	24.00		1.37	67.00	21	4.8								
12.40	16.00	23.00		1.57	47.00	34	2.9								
12.60	21.00	37.00		2.06	107.00	20	5.1								
12.80	36.00	62.00		3.53	173.00	21	4.8								
<b>13.00</b>	<b>70.00</b>	<b>107.00</b>		<b>6.86</b>	<b>247.00</b>	<b>28</b>	<b>3.5</b>								
13.20	71.00	79.00		6.96	53.00	134	0.7								
13.40	61.00	71.00		5.98	67.00	91	1.1								
13.60	38.00	43.00		3.72	33.00	115	0.9								
13.80	37.00	41.00		3.63	27.00	137	0.7								
<b>14.00</b>	<b>35.00</b>	<b>40.00</b>		<b>3.43</b>	<b>33.00</b>	<b>106</b>	<b>0.9</b>								
14.20	10.00	23.00		0.98	87.00	11	8.7								
14.40	8.00	14.00		0.78	40.00	20	5.0								
14.60	9.00	13.00		0.88	27.00	33	3.0								
14.80	8.00	14.00		0.78	40.00	20	5.0								
<b>15.00</b>	<b>8.00</b>	<b>14.00</b>		<b>0.78</b>	<b>40.00</b>	<b>20</b>	<b>5.0</b>								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT = 10.00 costante di trasformazione

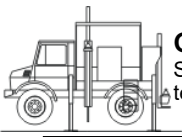
qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

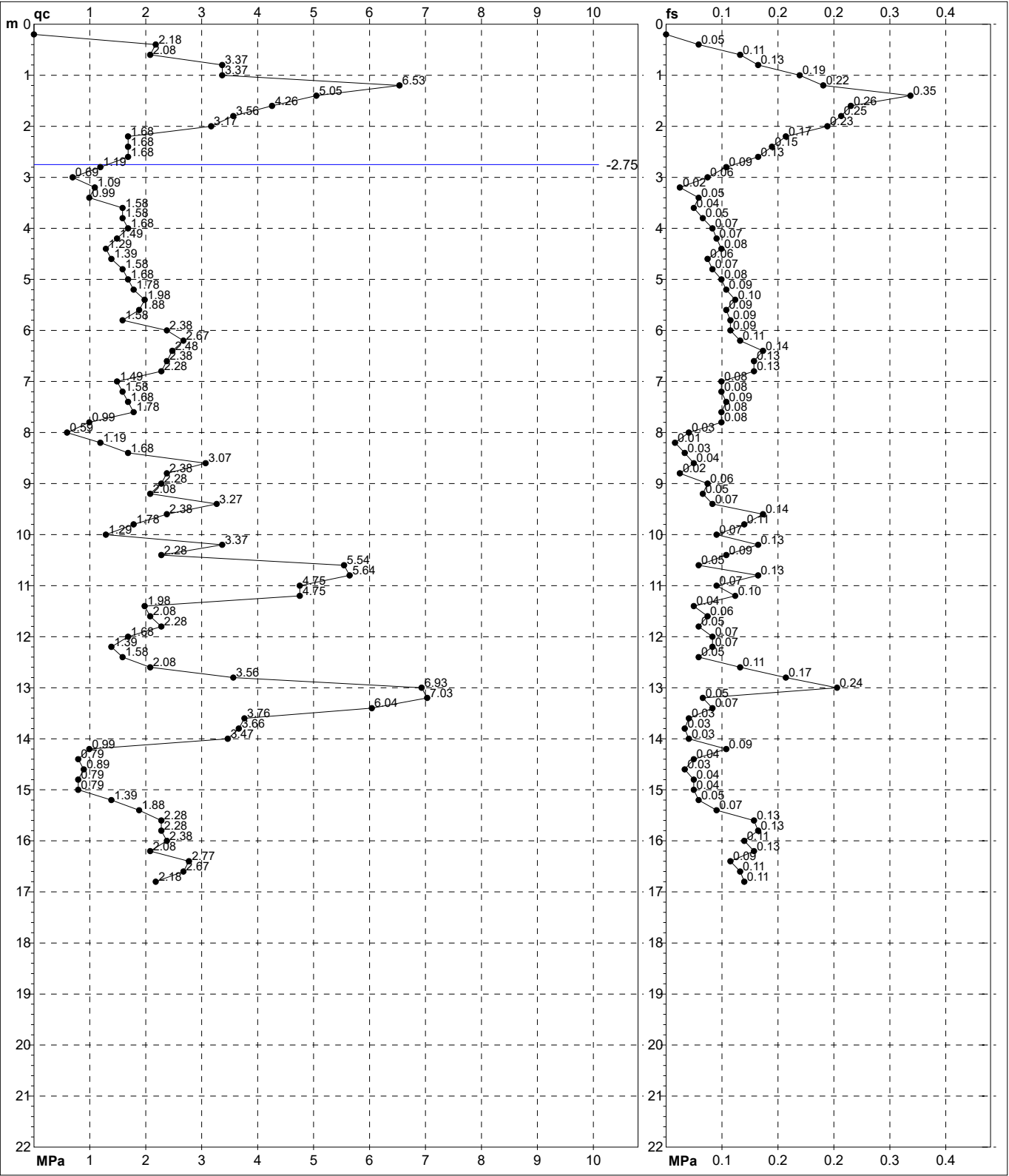


# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

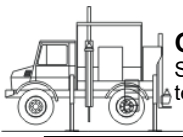
<b>CPT</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>008-2020</b>

Committente **STUDIO TECNICO**  
 Cantiere **STUDIO DEL TERRENO DI FONDAZIONE**  
 Località **SOLIERA - LIMIDI VIA LAMETTA**

U.M.: **MPa**      Data eseg. 30/10/2020  
 Scala: 1:110  
 Pagina 2/17      Quota inizio:  
 Elaborato      Falda -2.75 m



	Penetrometro: TG63-200Stat	preforo m
	Responsabile: Dr. Geol. Diego Merlin	Corr.astine: kN/ml
	Assistente:	Cod. tip:

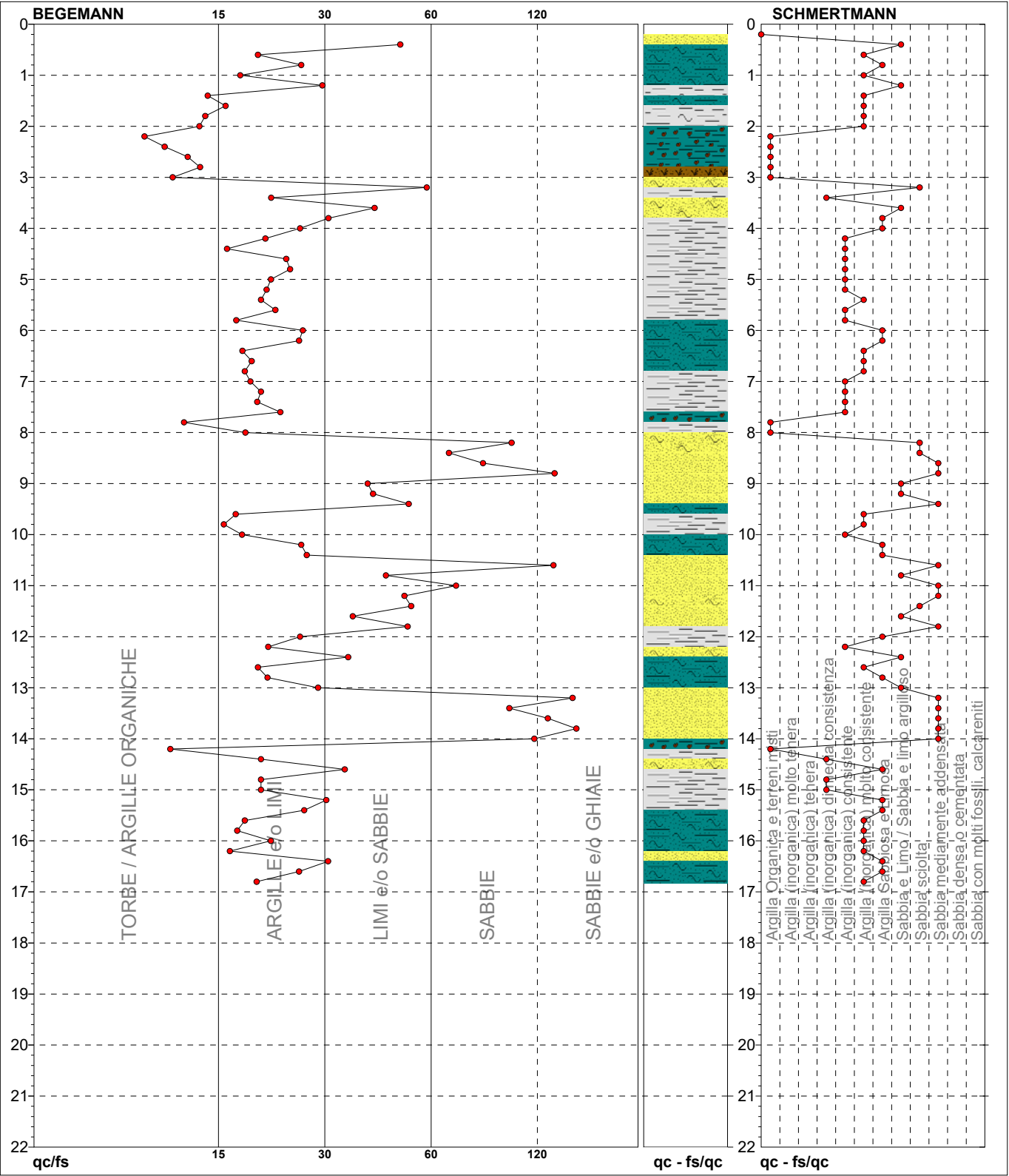


**PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA**  
**DIAGRAMMI LITOLOGIA**

<b>CPT</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>008-2020</b>

Committente **STUDIO TECNICO**  
Cantiere **STUDIO DEL TERRENO DI FONDAZIONE**  
Località **SOLIERA - LIMIDI VIA LAMETTA**

U.M.: **MPa**  
Scala: **1:110**  
Pagina **3/17**  
Elaborato  
Data eseg. **30/10/2020**  
Falda **-2.75 m**



TORBE / ARGILLE OR	11 punti, 12.94%	Argilla Organica e terreni misti	8 punti, 9.41%	Argilla Sabbiosa e Limosa	14 punti, 16.47%
ARGILLE e/o LIMI	47 punti, 55.29%	Argilla (inorganica) di media consistenza	4 punti, 4.71%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo argilloso	9 punti, 10.59%
LIMI e/o SABBIE	15 punti, 17.65%	Argilla (inorganica) consistente	14 punti, 16.47%	Sabbia sciolta	4 punti, 4.71%
SABBIE	9 punti, 10.59%	Argilla (inorganica) molto consistente	18 punti, 21.18%	Sabbia mediamente addensata	12 punti, 14.12%
SABBIE e/o GHIAIE	2 punti, 2.35%				



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI

<b>CPT</b>	<b>2</b>
Riferimento	<b>008-2020</b>

Committente	<b>STUDIO TECNICO</b>	U.M.:	<b>MPa</b>	Data esec.	<b>30/10/2020</b>
Cantiere	<b>STUDIO DEL TERRENO DI FONDAZIONE</b>	Pagina	<b>4/17</b>	Falda	<b>-2.75 m</b>
Località	<b>SOLIERA - LIMIDI VIA LAMETTA</b>	Elaborato			

											NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE									
H	qc	qc/fs	zone	$\gamma'$	$\sigma'_{vo}$	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2		
m	U.M.			t/m <sup>3</sup>	kPa	m/s	kPa	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.				
0.20	--	--	3	1.85	3.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
0.40	2.16	46.81	4	1.85	7.3	177	--	--	--	--	--	83	41	38	35	33	42	28	3.6	5.4	6.5	--	--		
0.60	2.06	19.63	4	1.85	10.9	174	80.7	76.9	13.7	20.6	6.2	72	40	36	33	31	40	27	3.4	5.1	6.2	--	--		
0.80	3.33	25.56	4	1.85	14.5	209	111.1	80.0	18.9	28.3	10.0	82	41	37	34	32	41	29	5.6	8.3	10.0	--	--		
1.00	3.33	17.62	4	1.85	18.1	209	111.1	60.5	18.9	28.3	10.0	76	40	36	33	31	40	29	5.6	8.3	10.0	--	--		
1.20	6.47	29.07	4	1.85	21.8	268	215.6	99.9	36.7	55.0	19.4	94	43	38	35	33	42	32	10.8	16.2	19.4	--	--		
1.40	5.00	14.45	4	1.85	25.4	243	166.6	66.0	28.3	42.5	15.0	82	41	36	33	31	40	31	8.3	12.5	15.0	--	--		
1.60	4.21	16.10	4	1.85	29.0	228	140.5	45.1	23.9	35.8	12.6	73	40	34	32	30	39	30	7.0	10.5	12.6	--	--		
1.80	3.53	14.23	4	1.85	32.6	214	117.6	31.2	20.0	30.0	10.6	64	39	33	30	28	37	30	5.9	8.8	10.6	--	--		
2.00	3.14	13.73	4	1.85	36.3	204	104.5	23.6	17.8	26.7	9.4	57	38	32	29	27	36	29	5.2	7.8	9.4	--	--		
2.20	1.67	9.83	2	1.85	39.9	161	70.9	12.9	12.1	18.1	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
2.40	1.67	11.11	2	1.85	43.5	161	70.9	11.6	12.1	18.1	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
2.60	1.67	12.78	2	1.85	47.1	161	70.9	10.5	12.1	18.1	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
2.80	1.18	13.79	2	0.92	48.9	141	56.0	7.4	12.0	18.0	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3.00	0.69	11.67	1	0.46	49.8	115	34.3	3.9	2.5	3.7	1.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3.20	1.08	55.00	4	0.87	51.5	137	52.6	6.4	13.3	20.0	4.2	12	33	25	22	20	28	26	1.8	2.7	3.2	--	--		
3.40	0.98	21.28	2	0.90	53.3	132	49.0	5.7	14.4	21.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
3.60	1.57	40.00	4	0.90	55.1	157	68.2	8.2	13.1	19.7	5.1	23	34	26	23	22	30	27	2.6	3.9	4.7	--	--		
3.80	1.57	30.19	4	0.90	56.8	157	68.2	7.9	13.7	20.6	5.1	22	34	26	23	22	30	27	2.6	3.9	4.7	--	--		
4.00	1.67	25.37	2	0.97	58.7	161	70.9	7.9	14.1	21.2	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4.20	1.47	20.55	2	0.95	60.6	154	65.3	6.9	15.3	22.9	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4.40	1.27	16.25	2	0.93	62.4	145	59.3	5.9	16.6	24.9	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4.60	1.37	23.33	2	0.94	64.3	150	62.4	6.0	17.0	25.5	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
4.80	1.57	23.88	2	0.96	66.2	157	68.2	6.5	17.0	25.5	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5.00	1.67	21.25	2	0.97	68.1	161	70.9	6.6	17.4	26.2	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5.20	1.76	20.69	2	0.98	70.0	164	73.5	6.7	17.9	26.8	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5.40	1.96	20.00	4	0.93	71.8	171	78.4	7.0	18.0	27.0	5.9	24	34	26	23	22	30	27	3.3	4.9	5.9	--	--		
5.60	1.86	21.84	2	0.99	73.7	168	76.0	6.5	19.0	28.5	5.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
5.80	1.57	17.20	2	0.96	75.6	157	68.2	5.5	20.5	30.7	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
6.00	2.35	25.81	4	0.94	77.4	183	87.1	7.3	19.2	28.7	7.1	29	35	27	24	22	30	28	3.9	5.9	7.1	--	--		
6.20	2.65	25.23	4	0.95	79.3	192	92.8	7.6	19.3	28.9	7.9	32	35	27	24	23	31	28	4.4	6.6	7.9	--	--		
6.40	2.45	17.86	4	0.94	81.2	186	89.1	7.1	20.3	30.5	7.4	29	35	27	24	22	30	28	4.1	6.1	7.4	--	--		
6.60	2.35	18.90	4	0.94	83.0	183	87.1	6.7	21.2	31.8	7.1	27	34	26	23	22	30	28	3.9	5.9	7.1	--	--		
6.80	2.25	18.11	4	0.94	84.8	180	85.1	6.3	22.1	33.2	6.8	25	34	26	23	22	30	28	3.8	5.6	6.8	--	--		
7.00	1.47	18.75	2	0.95	86.7	154	65.3	4.4	24.2	36.3	4.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7.20	1.57	20.00	2	0.96	88.6	157	68.2	4.5	24.7	37.0	5.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7.40	1.67	19.54	2	0.97	90.5	161	70.9	4.6	25.2	37.8	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7.60	1.76	22.50	2	0.98	92.4	164	73.5	4.7	25.7	38.5	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
7.80	0.98	12.50	2	0.90	94.2	132	49.0	2.8	25.0	37.5	3.9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8.00	0.59	18.18	2	0.82	95.8	109	29.4	1.4	17.2	25.8	2.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8.20	1.18	92.31	4	0.88	97.5	141	56.0	3.1	27.0	40.5	4.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
8.40	1.67	62.96	4	0.91	99.3	161	70.9	4.1	27.7	41.6	5.3	11	31	22	19	18	25	26	2.0	2.9	3.5	--	--		
8.60	3.04	77.50	3	0.88	101.0	202	--	--	--	--	--	31	35	27	24	22	30	29	5.1	7.6	9.1	--	--		
8.80	2.35	120.00	3	0.86	102.7	183	--	--	--	--	--	22	34	25	22	21	29	28	3.9	5.9	7.1	--	--		
9.00	2.25	38.33	3	0.86	104.4	180	--	--	--	--	--	20	34	25	22	21	28	28	3.8	5.6	6.8	--	--		
9.20	2.06	39.62	3	0.85	106.0	174	--	--	--	--	--	16	33	25	21	20	28	27	3.4	5.1	6.2	--	--		
9.40	3.23	49.25	3	0.88	107.8	207	--	--	--	--	--	32	35	27	23	22	30	29	5.4	8.1	9.7	--	--		
9.60	2.35	17.14	4	0.94	109.6	183	87.1	4.7	30.5	45.7	7.1	20	34	25	22	20	28	28	3.9	5.9	7.1	--	--		
9.80	1.76	15.93	2	0.98	111.5	164	73.5	3.7	31.5	47.2	5.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
10.00	1.27	17.81	2	0.93	113.3	145	59.3	2.8	30.2	45.3	4.6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
10.20	3.33	25.56	4	0.98	115.3	209	111.1	6.0	30.5	45.8	10.0	31	35	26	23	22	30	29	5.6	8.3	10.0	--	--		
10.40	2.25	26.44	4	0.94	117.1	180	85.1	4.2	32.7	49.1	6.8	17	33	24	21	20	28	28	3.8	5.6	6.8	--	--		
10.60	5.49	119.15	3	0.93	118.9	252	--	--	--	--	--	47	37	29	26	24	33	31	9.1	13.7	16.5	--	--		
10.80	5.59	42.86	3	0.93	120.7	254	--	--	--	--	--	48	37	29	26	24	33	31	9.3	14.0	16.8	--	--		
11.00	4.70	65.75	3	0.91	122.5	238	--	--	--	--	--	41	36	28	25	23	32	31	7.8	11.8	14.1	--	--		
11.20	4.70	48.00	3	0.91	124.3	238	--	--	--	--	--	41	36	28	25	23	32	31	7.8	11.8	14.1	--	--		
11.40	1.96	50.00	4	0.93	126.1	171	78.4	3.5	35.5	53.3	5.9	11	33	23	20	19	27	27	3.3	4.9	5.9	--	--		
11.60	2.06	35.00	3	0.85	127.8	174	--	--	--	--	--	12	33	24	20	19	27	27	3.4	5.1	6.2	--	--		
11.80	2.25	48.94	3	0.86	129.5	180	--	--	--	--	--	15	33	24	21	19	27	28	3.8	5.6	6.8	--	--		
12.00	1.67	25.37	2	0.97	131.4	161	70.9	2.9	35.5	53.3	5.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
12.20	1.37	20.90	2	0.94	133.2	150	62.4	2.4	33.3	50.0	4.7	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
12.40	1.57	34.04	4	0.90	135.0	157	68.2	2.7	35.3	53.0	5.1	1	31	22	19	18	25	27	2.6	3.9	4.7	--	--		
12.60	2.06	19.63	4	0.93	136.8	174	80.7	3.2	38.2	57.2	6.2	10	32	23	20	19	26	27	3.4	5.1	6.2	--	--		
12.80	3.53	20.81	4	0.99	138.7	214	117.6	5.1	38.2																



# ALLEGATO 2

## VERIFICHE GEOTECNICHE

## DATI GENERALI

Larghezza fondazione	1.2 m
Lunghezza fondazione	5.0 m
Profondità piano di posa	1.0 m

## STRATIGRAFIA TERRENO

Spessore strato [m]	Peso unità di volume [kN/m <sup>3</sup> ]	Peso unità di volume saturo [kN/m <sup>3</sup> ]	Angolo di attrito [°]	Coesione [kN/m <sup>2</sup> ]	Coesione non drenata [kN/m <sup>2</sup> ]	Modulo Elastico [kN/m <sup>2</sup> ]	Modulo Edometrico [kN/m <sup>2</sup> ]	Descrizione
1.4	18.5	21.5	25.0	10.0	100.0	14000.0	10000.0	A
3.2	18.0	21.0	23.0	6.0	60.0	8400.0	4500.0	B
3.6	18.5	21.5	24.0	7.0	70.0	9800.0	5000.0	C
1.2	18.0	21.0	28.0	0.0	0.0	7000.0	0.0	D
1.0	18.0	21.0	23.0	5.5	55.0	7700.0	4500.0	E
3.6	18.0	21.0	29.0	0.0	0.0	10000.0	0.0	F
1.2	18.0	21.0	22.0	4.5	45.0	6300.0	3800.0	G
4.8	18.5	21.5	25.0	8.0	80.0	11200.0	6000.0	H

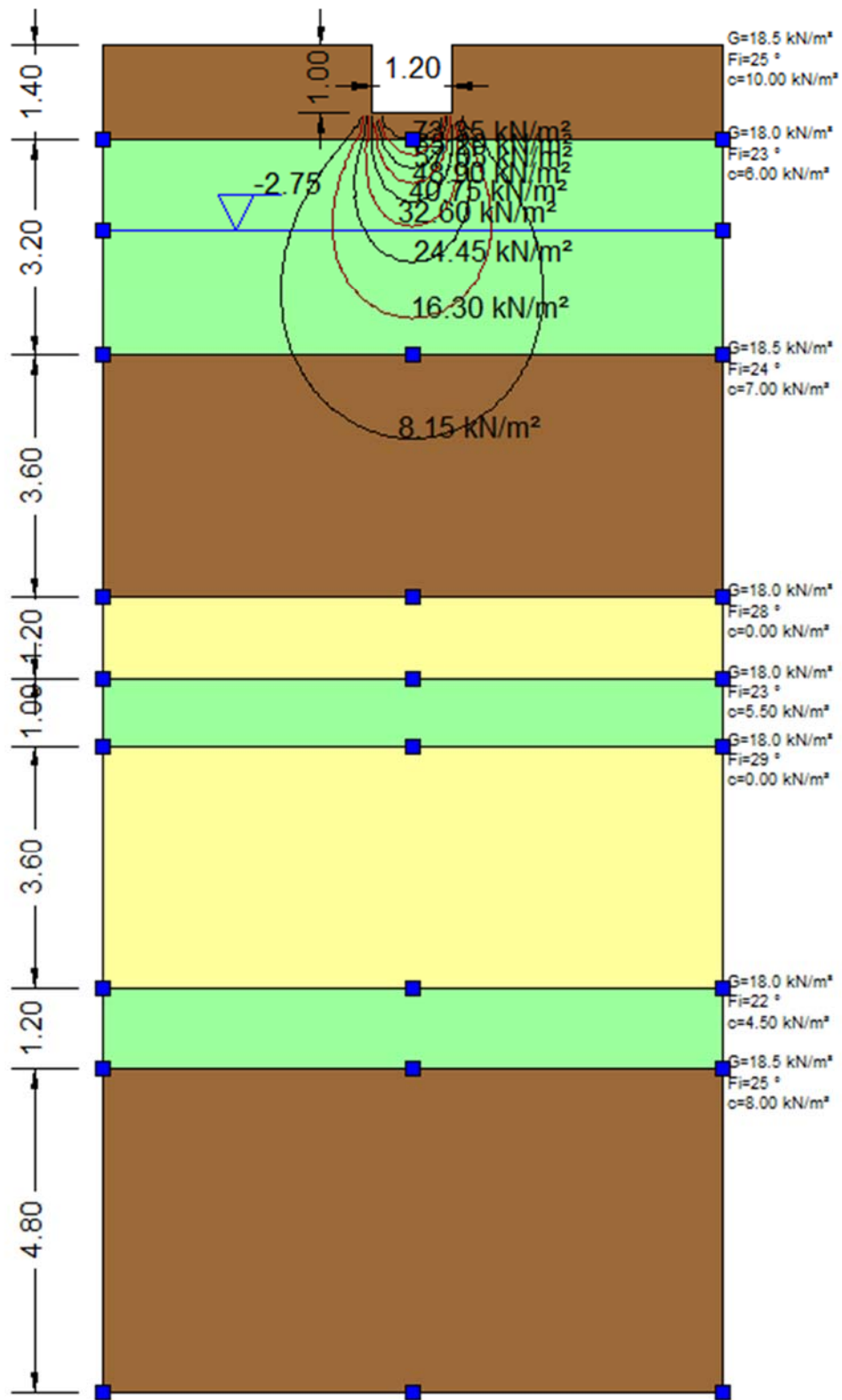
### CEDIMENTI PER OGNI STRATO

\*Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi

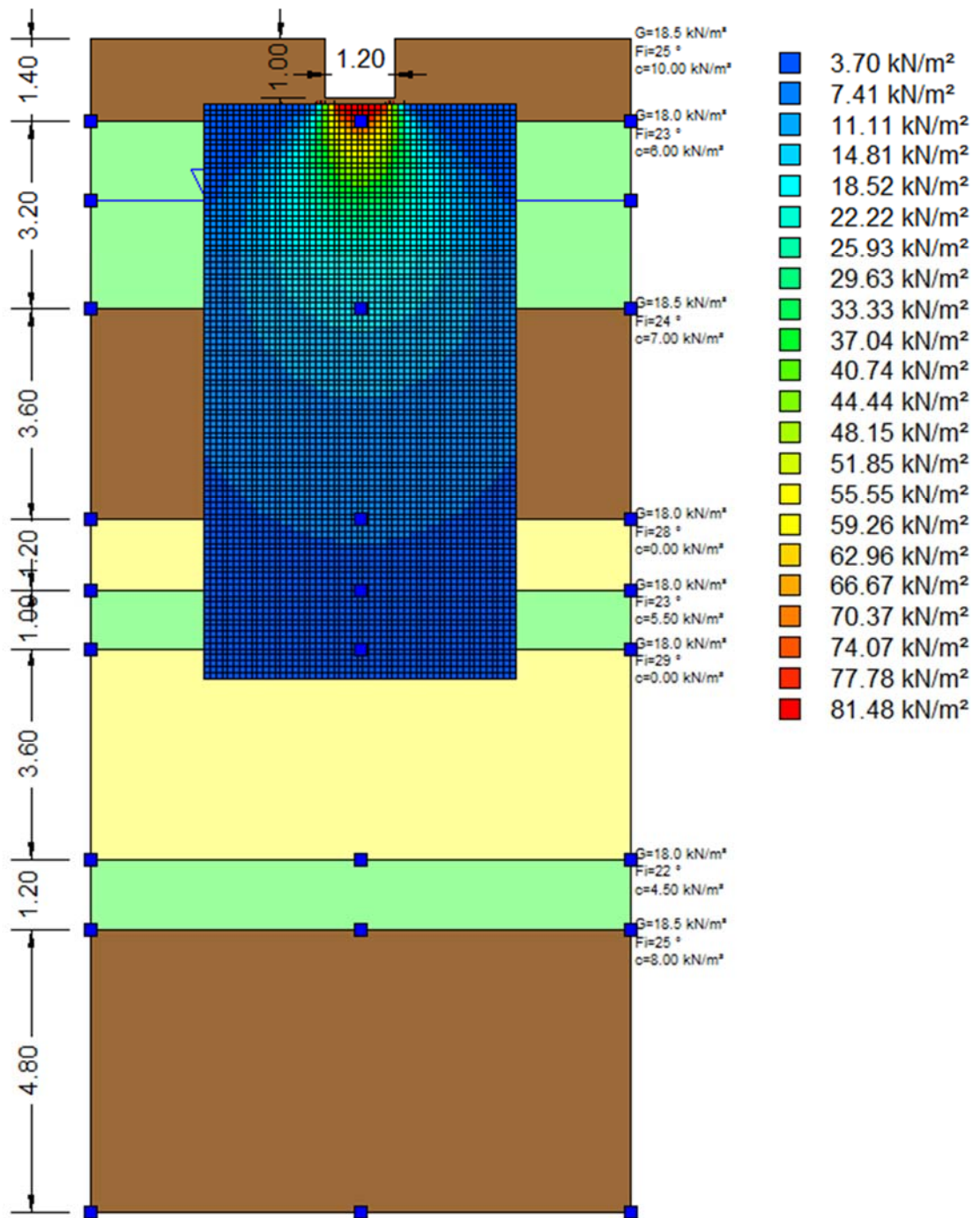
Pressione normale di progetto	100.0 kN/m <sup>2</sup>
Cedimento totale	1.723 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m <sup>2</sup> )	Dp (kN/m <sup>2</sup> )	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
1	1.2	22.2	42.766	Edometrico	0.1711	--	0.1711
2	3	52.998	14.693	Edometrico	1.0449	--	1.0449
3	6.4	91.954	4.94	Edometrico	0.3557	--	0.3557
4	8.8	0	0	Schmertman	0	--	0
5	9.9	132.03	2.359	Edometrico	0.0524	--	0.0524
6	12.2	0	0	Schmertman	0	--	0
7	14.6	184.637	1.137	Edometrico	0.0359	--	0.0359
8	17.6	219.416	0.788	Edometrico	0.0631	--	0.0631



*Bulbi dei cedimenti*



Mappa delle tensioni

# ALLEGATO 3

## INDAGINI SISMICHE



## HVSR

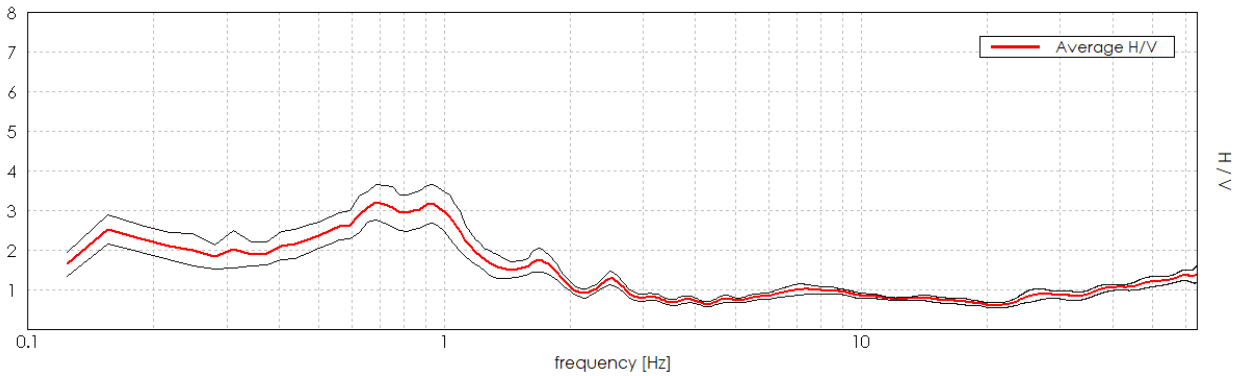
### SOLIERA – LIMIDI - VIA LAMETTA

Instrument: TE3-0303/01-17  
Data format: 32 byte  
Full scale [mV]: 51  
Start recording: 29/10/20 11:56:03      End recording: 29/10/20 12:16:03  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

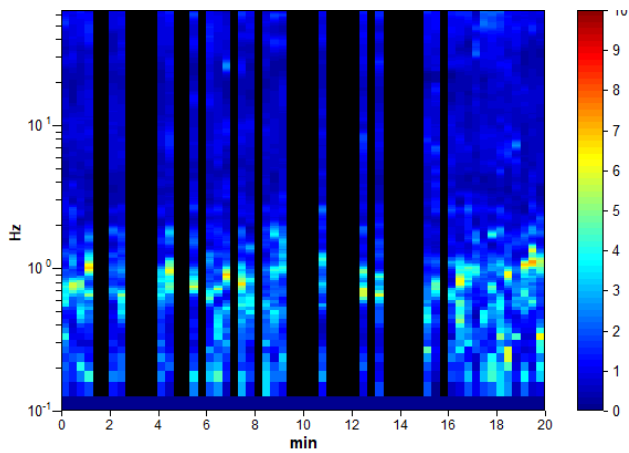
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 57% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

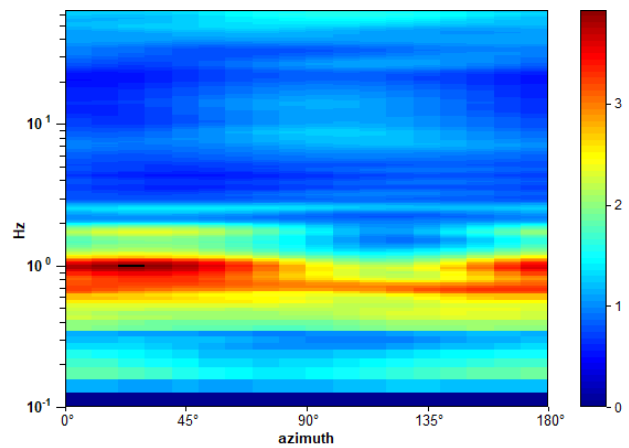
Max. H/V at  $0.69 \pm 0.02$  Hz. (In the range 0.2 - 30.0 Hz).



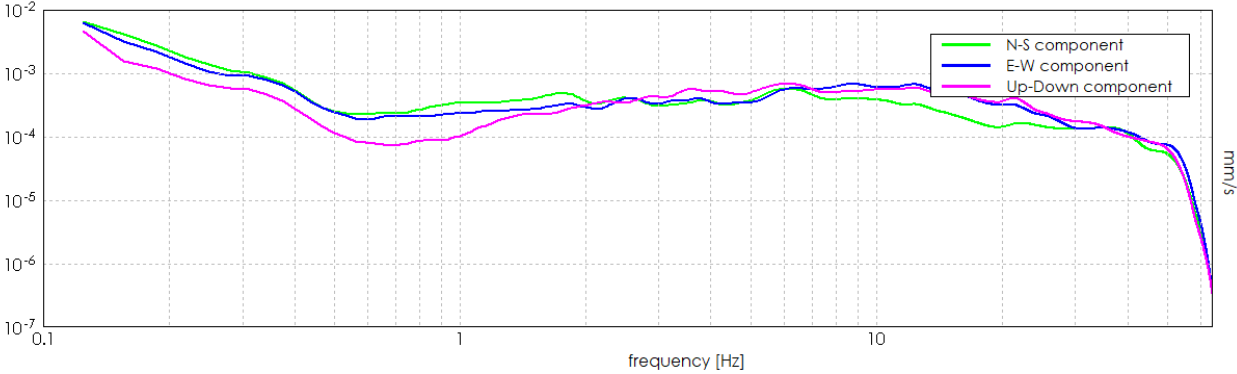
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

**Max. H/V at  $0.69 \pm 0.02$  Hz (in the range 0.2 - 30.0 Hz).**

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

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.69 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$467.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 34 times	OK	

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

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.344 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.21 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02917  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02005 < 0.10313$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4387 < 2.0$	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

## MASW

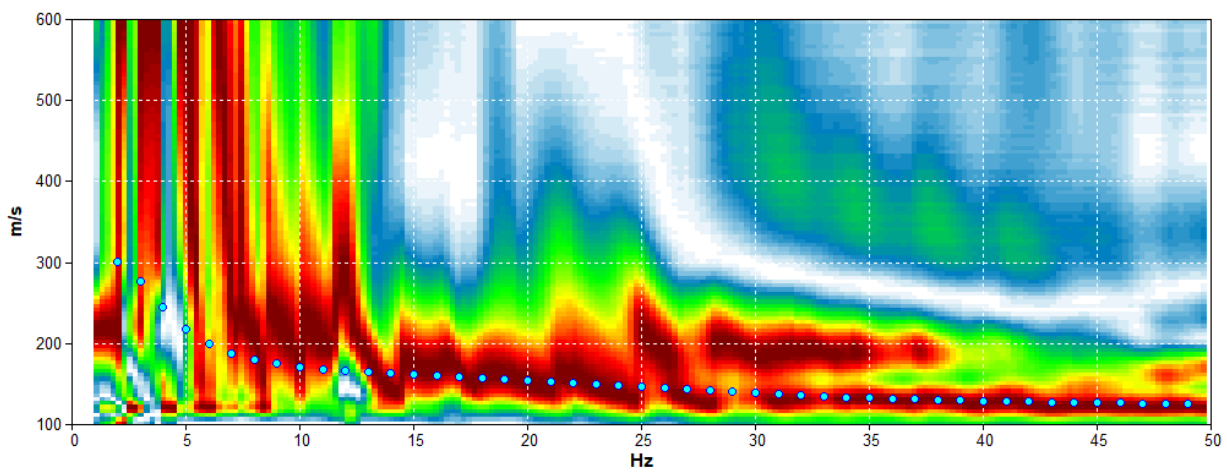
### SOLIERA – LIMIDI - VIA LAMETTA

Start recording: 29/10/20 12:04:16      End recording: 29/10/20 12:04:18  
Trace length: 0h00'02".      Analyzed 57% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 4000 Hz

Channel labels: CH01 ; CH02 ; CH03 ; CH04 ; CH05 ; CH06 ; CH07 ;  
CH08 ; CH09 ; CH10 ; CH11 ; CH12

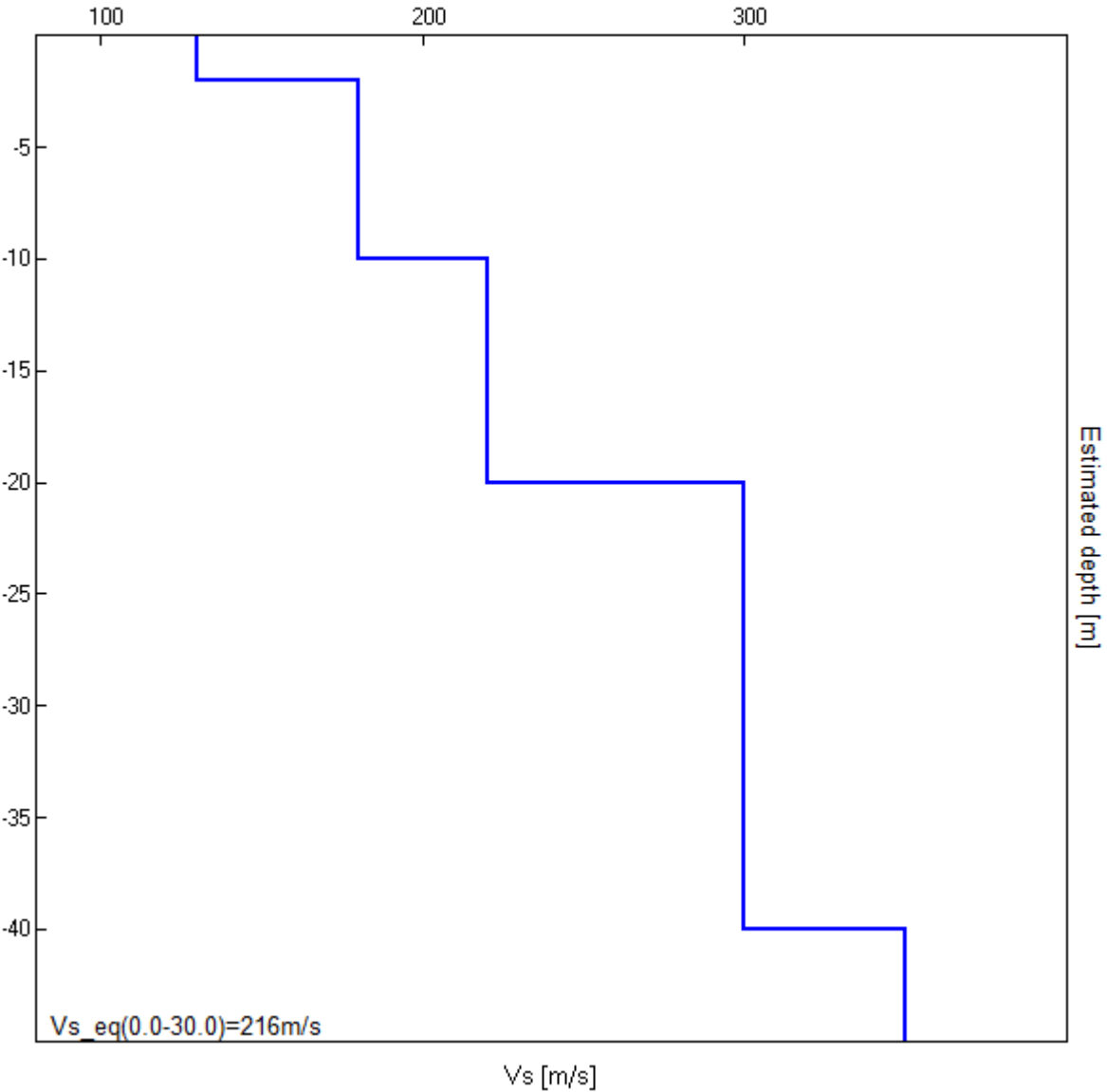
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 m.

#### MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.00	2.00	130	0.42
10.00	8.00	180	0.42
20.00	10.00	220	0.42
40.00	20.00	300	0.42
inf.	inf.	350	0.42

**Vs (0.0-30.0) = 216 m/s**

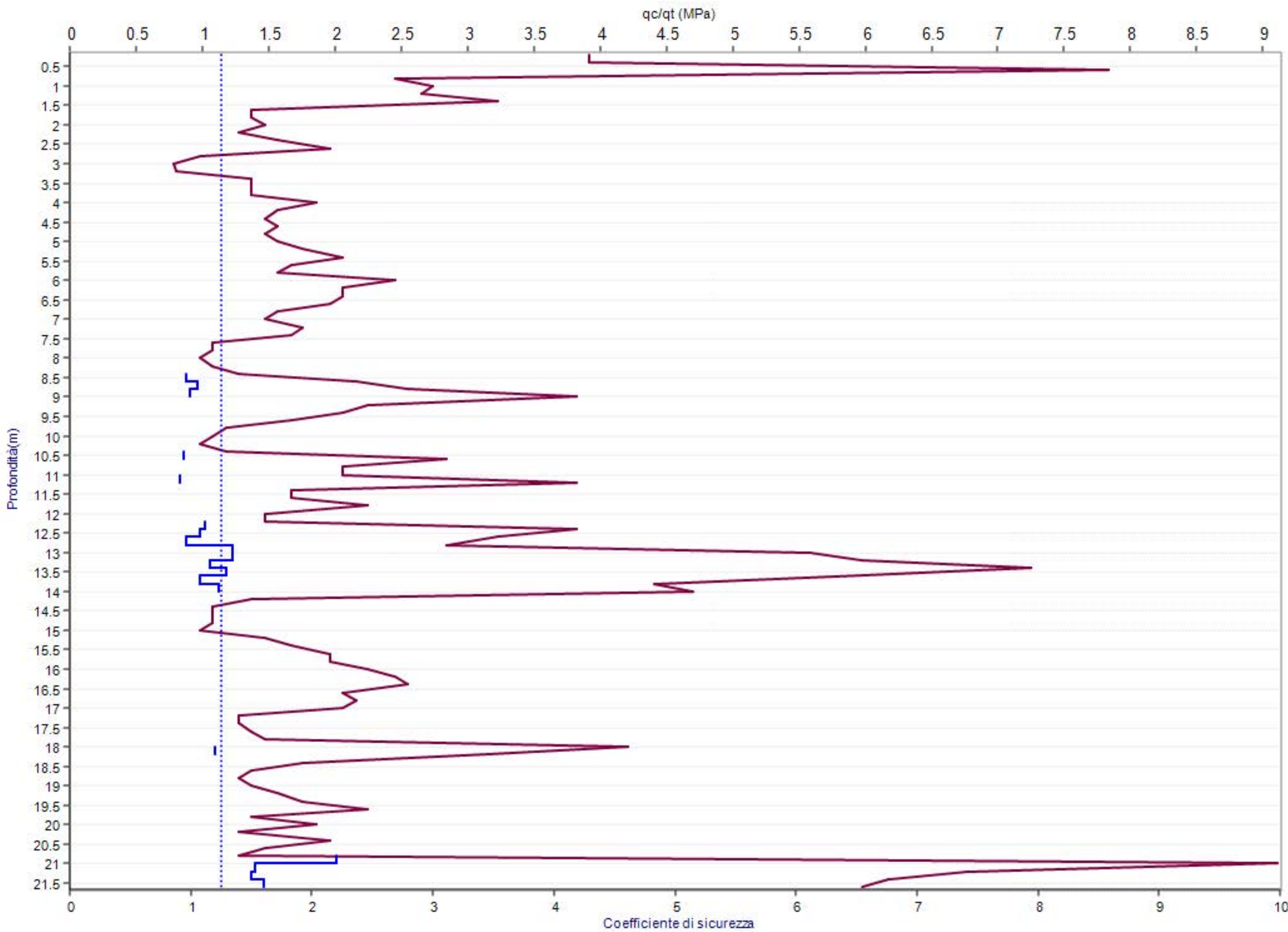


# ALLEGATO 4

VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE



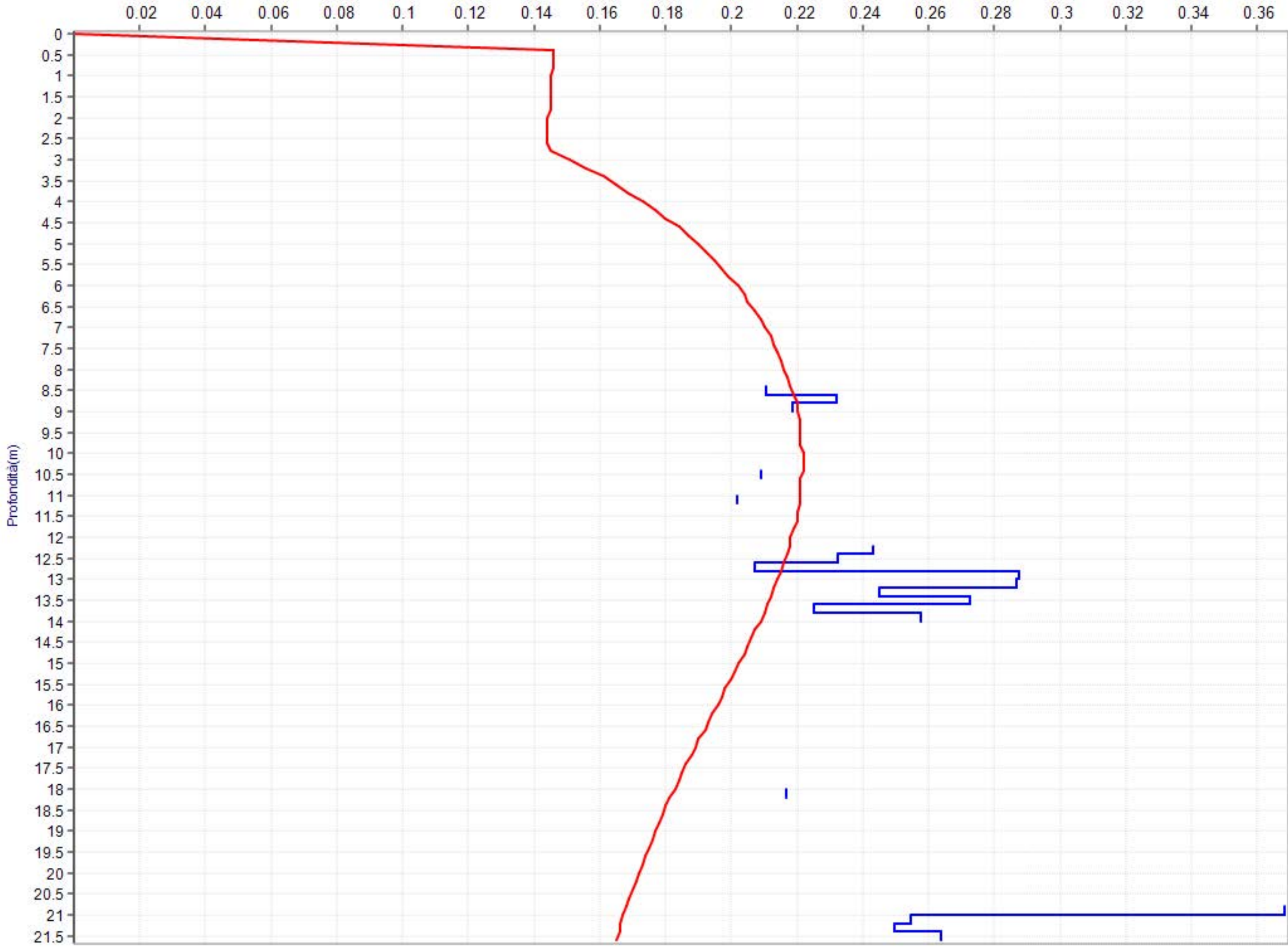
— Profilo qc/qt    — Fs    ···· Fs limite



Indice potenziale di liquefazione=0.2 rischio basso

CRR CSR

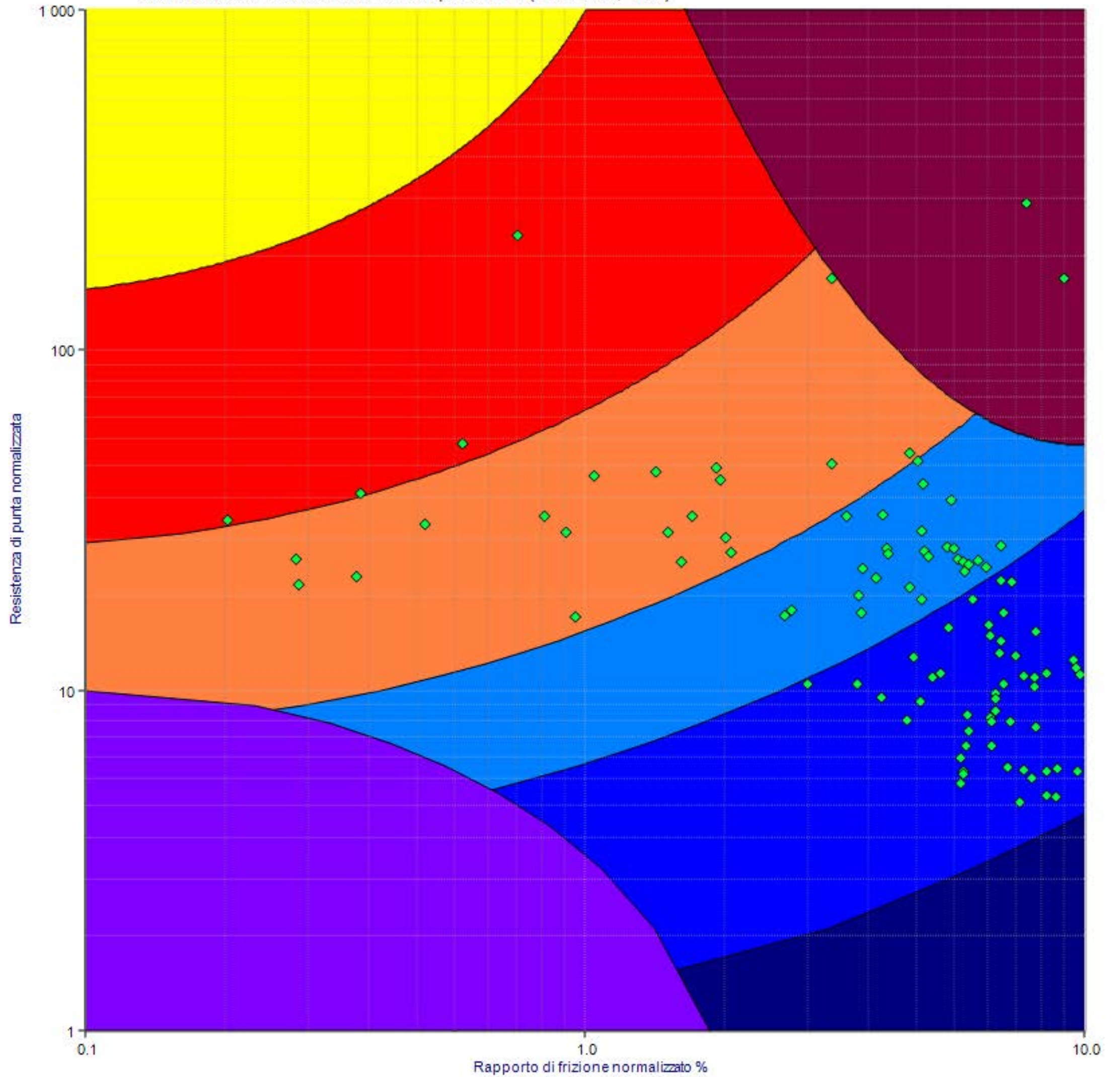
CRR/CSR





Carta di classificazione dei terreni da prove CPT (Robertson, 1990)

- Terreni con OCR>5
- Da sabbie ghiaiose a sabbie
- Da sabbie a sabbie limose
- Da sabbie limose a limi sabbiosi
- Da limi argillosi a argille limose
- Da argille a argille limose
- Torbe
- Terreni fini sensibili
- misura



Andamento di Ic e Fs

