



COMUNE DI SAN GIULIANO TERME
PROVINCIA DI PISA



Committente / Proprietà :
FONDAZIONE CASA CARDINALE MAFFI ONLUS
Sede Legale : Via Don Pietro Parducci, n.1 - 57023 - San Pietro in Palazzi - Cecina (LI)

PROGETTO : REALIZZAZIONE DI UNA RESIDENZA SANITARIA
ASSISTENZIALE NELLA FRAZIONE DI MEZZANA, IN VIA TONIOLO
SCHEDA NORMA COMPARTO N.18 - UTOE 35 : COLIGNOLA-MEZZANA

PERMESSO DI COSTRUIRE



APPENDICE SEPARATA DELLA RELAZIONE GEOLOGICA,
GEOTECNICA SULLE INDAGINI E SISMICA

Dott. Geol. Luca Pignatelli

Luglio 2020



APPENDICE SEPARATA	Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI) Comparto n.18 – UTOE 35 Colignola – Mezzana	Luca Pignatelli - geologo
Relazione Geologica, Geotecnica sulle Indagini e Sismica		
Luglio 2020		Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

CONTENUTI DELL'APPENDICE SEPARATA

- PROFILI LITO-STRATIGRAFICI DEI SONDAGGI S1 E S2 CON DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DELLE RISPETTIVE CAROTE DI TERRENO NELLE CASSETTE CATALOGATRICI;
- ELABORATI DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE CPTU (CPTU1, CPTU2, CPTU3) E CPT (CPT1, CPT2);
- CERTIFICATI DEL LABORATORIO GEOTECNICO;
- RAPPORTO SULL'INDAGINE SISMICA DOWN HOLE NEL FORO DEL SONDAGGIO S1;
- RAPPORTO SUL'INDAGINE DI SISMICA PASSIVA HVSR A STAZIONE SINGOLA;
- REPORT RIEPILOGATIVO DEI PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI DI RIFERIMENTO PER IL SITO D'INTERVENTO (da software on line Parametri Sismici di Geostru – Geostru.com);

APPENDICE SEPARATA

PROFILO LITO-STRATIGRAFICO DEL SONDAGGIO S1 E FOTO DELLE CAROTE DEI TERRENI NELLE CASSETTE CATALOGATRICI

Committente : FONDAZIONE CASA CARDINALE MAFFI ONLUS Cantiere : Mezzana -Via Toniolo - Comune San Giuliano Terme (PI) Data : inizio 08/06/2020 - fine 09/06/2020 Tecnico redattore della stratigrafia : Dott. Geol. Luca Pignatelli										Sondaggio "S1" : dal piano campagna (p.c.) a -33.80 m Tipo di sondaggio : carotaggio continuo Ditta esecutrice : GAIA Servizi s.n.c - Sonda utilizzata : FRASTE - MULTIDRILL ML Quota piano campagna : circa 4.7 m s.l.m.m (da C.T.R. scala 1 : 2.000)									
Perforazione	Rivestimento	Quota dal p.c. (m)	Spessore strati (m)	Campioni	Quota campioni (m dal p.c.)	Recupero carotaggio (%)	Scala (m da p.c.)	LITOLOGIA	PROFILO LITO-STRATIGRAFICO	SPT	Piezometro	Quota falda (m dal p.c.)							
									DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI	NOTE			Profondità (m dal p.c.)	N° di colpi (Nsp)					
Carotaggio continuo - diametro di perforazione $\phi = 101$ mm Utilizzato per tutto il tratto perforato (15 m) - diametro $\phi = 126$ mm C1, C2, C3, C4 (Ind.) : campioni indisturbati prelevati con campionatore Shelby		0.90							Terreno vegetale/agricolo limo sabbioso nocciola-beige con raro riporto (frammenti di laterizi rossi).	Indurito per essiccamento stagionale									
		1.60							Limi \pm sabbiosi e argillosi beige-nocciola con variegature grigiastre e marroni-ocra. Più argillosi tra -2.30 e -2.50 m	Consistenza da molto bassa a bassa									
		2.50	Ind. C1	2.50					Limi argillosi \pm sabbiosi, beige-nocciola con inclusioni millimetriche nerastre di materia organica/torbosa e variegature grigiastre.	Consistenza molto bassa Prelevato campione : C1 indisturbato (shelby) tra -2.50 e -3.00 m									
		3.00																	
		4.00	Ind. C2	4.50					Argille limose beige-nocciola, beige-nocciola con inclusioni di dimensioni millimetriche, talora fino a 1 cm, nerastre e marrone scuro di materia organica/torbosa e variegature grigiastre e ocra-arancio. Più limose tra -4.00 e -4.50 m.	Consistenza da media a medio bassa. Tra -5.40 e -6.40 m media consistenza Prelevato campione : C2 indisturbato (shelby) tra -4.50 e -5.00 m									
		5.00																	
		7.00																	
		8.00							Argille limose grigio-azzurre, plastiche-molto plastiche, con inclusioni di materia organica/torbosa fibrosa/spugnosa bruna e nerasta, di dimensioni da pochi mm fino a 1 cm, più frequenti tra -10.00 e -10.50 m.	Fino a -9.00 m consistenza molto bassa Tra -9.00 e -11.00 m consistenza bassa Prelevato campione : C3 indisturbato (shelby) tra -10.50 e -11.00 m									
		9.00																	
		11.00	Ind. C3	10.5					Limi argillosi \pm sabbiosi grigio scuro con inclusioni di materia organica/torbosa nerastra e bruna, a tratti in grumi.	Consistenza da bassa a molto bassa									
		12.40							Argille limose \pm sabbiose grigio scuro con inclusioni torbose nerastre e brune.	Consistenza molto bassa									
		13.30							Sabbie fini - medio fini limose, a tratti argillose, grigio scuro, con inclusioni torbose nerastre.	Addensamento da medio basso a medio.									
		14.40							Limi argillosi \pm sabbiosi grigio scuro con valve di Lamellibranchi e inclusioni torbose nerastre. Più sabbioso limosi tra -14.40 e -15.00 m.	Consistenza molto bassa									
		15.80																	
		16.00																	
		17.00							Argille limose grigio scuro - molto scuro con resti conchigliari (valve) di Lamellibranchi e inclusioni di materia organica/torbosa nerastra e concrezioni grigiastre-biancastre.	Consistenza bassa - molto bassa fino a -20.50 m. Al di sotto consistenza media									
		18.00																	
		21.35							Abbondante contenuto di materia organica/ torbosa spugnosa/fibrosa da bruna a nerastra, talora in grumi e organizzata in orizzonti ben definiti con assenza di matrice argillo limosa/limo argillosa.	Tra circa -21 e -22 m verificatasi una piccola eruzione di gas con fuoriuscita di modesta quantità di acqua e sabbia per trascinamento. Si apprezza inizialmente un odore tipo gas metano e poi di tipo gas zolfo.									
		22.20																	
		22.60																	
		24.00							Limi sabbiosi \pm argillosi e/o sabbie fini limose a tratti argillose, grigio scuro, con bioclasti (resti di valve di Lamellibranchi), particolarmente abbondanti tra -24.80 e -25.00 m.	Consistenza da medio buona a buona									
		25.00							Argille limose grigio scure con concrezioni biancastre e rare inclusioni millimetriche di materia organica/torbosa nerastra-bruna e variegature ocra e grigio azzurro. Tra -26.00 e -27.50 m grigio-beige. A circa -27.00 m sottile orizzonte di limo argilloso sabbioso verdastro.	Prelevato campione : C4 indisturbato (shelby) tra -27.00 e -27.50 m									
		27.00	Ind. C4	27.0					Argille limose \pm sabbiose beige-nocciola chiaro, con variegature ocra-arancio e abbondanti concrezioni calcaree biancastre, in diminuzione verso la base (letto). Intorno a -29.00 m intercalazione di un sottile orizzonte di limo sabbioso argilloso grigio-verdastro (10 cm).	Consistenza buona									
		27.50																	
		29.70							Limi sabbiosi \pm argillosi beige-nocciola, con variegature ocra-arancio e grigiastre, più argillosi tra -29.80 e -30.00 m.	Consistenza da medio buona a buona									
		32.00							Argille limose grigie con rare variegature beige-nocciola e resti di valve di Lamellibranchi interi e frammentati \pm abbondanti.	Consistenza da media a medio buona									
		32.80																	

Foto S1 attrezzato con tubazione dica in PVC, con tappo conico all'base, per prova sismica in foro Down Hole (diametro $\phi = 3$ pollici - lunghezza 33.00 m, più 1.00 m fuori dal piano campagna)

Foro S1 attrezzato con tubazione cieca in PVC con tappo conico alla base, per prova sismica in foro Down Hole (diametro $\phi = 3$ pollici - lunghezza 33.00 m, più 1.00 m fuori dal piano campagna)



Foto n.1 : Cassetta n.1 sondaggio S1. Carote di terreno da p.c. (0.00 m) a -5.00 m



Foto n.2 : Cassetta n.2 sondaggio S1. Carote di terreno da -5.00 a -10.00 m



Foto n.3 : Cassetta n.3 sondaggio S1. Carote di terreno da -10.00 a -15.00 m



Foto n.4 : Cassetta n.4 sondaggio S1. Carote di terreno da -15.00 a -20.00 m



Foto n.7 : Cassetta n.7 sondaggio S1. Carote di terreno da -30.00 a -32.80 m



Foto n.10 : Tubazione cementata per la prova sismica Down Hole. Lunghezza 33 m, di cui 1 m fuori terra.

PROFILO LITO-STRATIGRAFICO DEL SONDAGGIO S2 E FOTO DELLE CAROTE DEI TERRENI NELLE CASSETTE CATALOGATRICI

Committente : FONDAZIONE CASA CARDINALE MAFFI ONLUS Cantiere : Mezzana - Via Toniolo - Comune San Giuliano Terme (PI) Data : inizio e fine 11/06/2020 Tecnico redattore della stratigrafia : Dott. Geol. Luca Pignatelli										Sondaggio "S2" : dal piano campagna (p.c.) a -15.00 m Tipo di sondaggio : carotaggio continuo Ditta esecutrice : GAIA Servizi s.n.c. - Sonda utilizzata : FRASTE - MULTIDRILL ML Quota piano campagna : circa 4.7 m s.l.m.m (da C.T.R. scala 1 : 2.000)									
Perforazione	Rivestimento	Quota dal p.c. (m)	Spessore strat. (m)	Campioni	Quota campioni (m dal p.c.)	Recupero carotaggio (%)	Scala (m da p.c.)	LITOLOGIA	PROFILO LITO-STRATIGRAFICO	NOTE	SPT	Profondità (m dal p.c.)	N° di colpi (Nsp)	Piezometro	Quota falda (m dal p.c.)				
								DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI											
Carotaggio continuo - diametro di perforazione $\phi = 101$ mm Utilizzato per tutto il tratto perforato (15 m) - diametro $\phi = 126$ mm C1 (Ind.) = campione indisturbato prelevato con campionatore Shelby		0.80	0.80																
			2.20																
		3.00		Ind. C1	2.50														
		4.00	1.00																
		5.00	1.00																
		6.30	1.30																
		7.00	0.70																
		8.10	1.10																
			1.90																
		10.00																	
			3.20																
		13.20																	
		14.20	1.00																
		15.00	0.80																



Foto n.4 : Protezione testa del tubo piezometrico in S2.



Foto n.5 : Postazione sondaggio S2.



Foto n.1 : Cassetta n.1 sondaggio S2. Carote di terreno da p.c. (0.00 m) a -5.00 m



Foto n.2 : Cassetta n.2 sondaggio S2. Carote di terreno da -5.00 a -10.00 m



Foto n.3 : Cassetta n.3 sondaggio S2. Carote di terreno da -10.00 a -15.00 m. Cerchiato in rosso orizzonte di materia organica/torbosa fibrosa/spugnosa nerastra-bruna.



Foto n.5 : Cassetta n.5 sondaggio S1. Carote di terreno da -20.00 a -25.00 m. Cerchiato in rosso orizzonte di materia torbosa fibrosa/spugnosa bruno-nerastra.

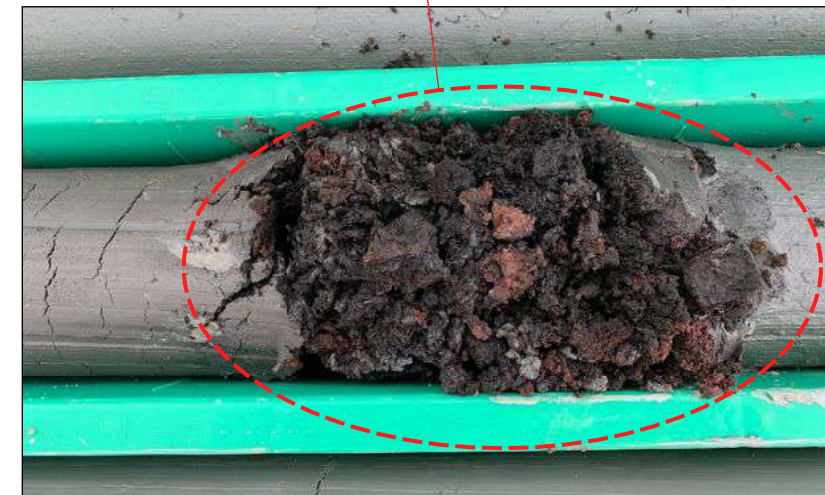


Foto n.8 : Particolare dell'orizzonte di materia torbosa fibrosa/spugnosa bruno-nerastra, intorno alla profondità di -21.35 m (vedi foto n.5 soprastante).



Foto n.6 : Cassetta n.6 sondaggio S1. Carote di terreno da -25.00 a -30.00 m



Foto n.9 : Postazione S1 e calo tubazione nel foro di S1 per la prova sismica Down Hole.



COMUNE DI SAN GIULIANO TERME
PROVINCIA DI PISA



Committente / Proprietà :
FONDAZIONE CASA CARDINALE MAFFI ONLUS
Sede Legale : Via Don Pietro Parducci, n.1 - 57023 - San Pietro in Palazzi - Cecina (LI)

PROGETTO : REALIZZAZIONE DI UNA RESIDENZA SANITARIA ASSISTENZIALE NELLA FRAZIONE DI MEZZANA, IN VIA TONIOLO
SCHEDA NORMA COMPARTO N.18 - UTOE 35 : COLIGNOLA-MEZZANA
PERMESSO DI COSTRUIRE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA SULLE INDAGINI E SISMICA
(D.M.17/01/2018, D.P.G.R.T. n.36/R del 09/07/2009, Piano Operativo e Regolamento Urbanistico del Comune di San Giuliano Terme, Piano di Gestione del Rischio Alluvioni Fluviali "P.G.R.A." del Distretto Idrografico Appennino Settentrionale - D.P.C.M. 27/10/2016, L.R.T. n.41 del 24/07/2018)

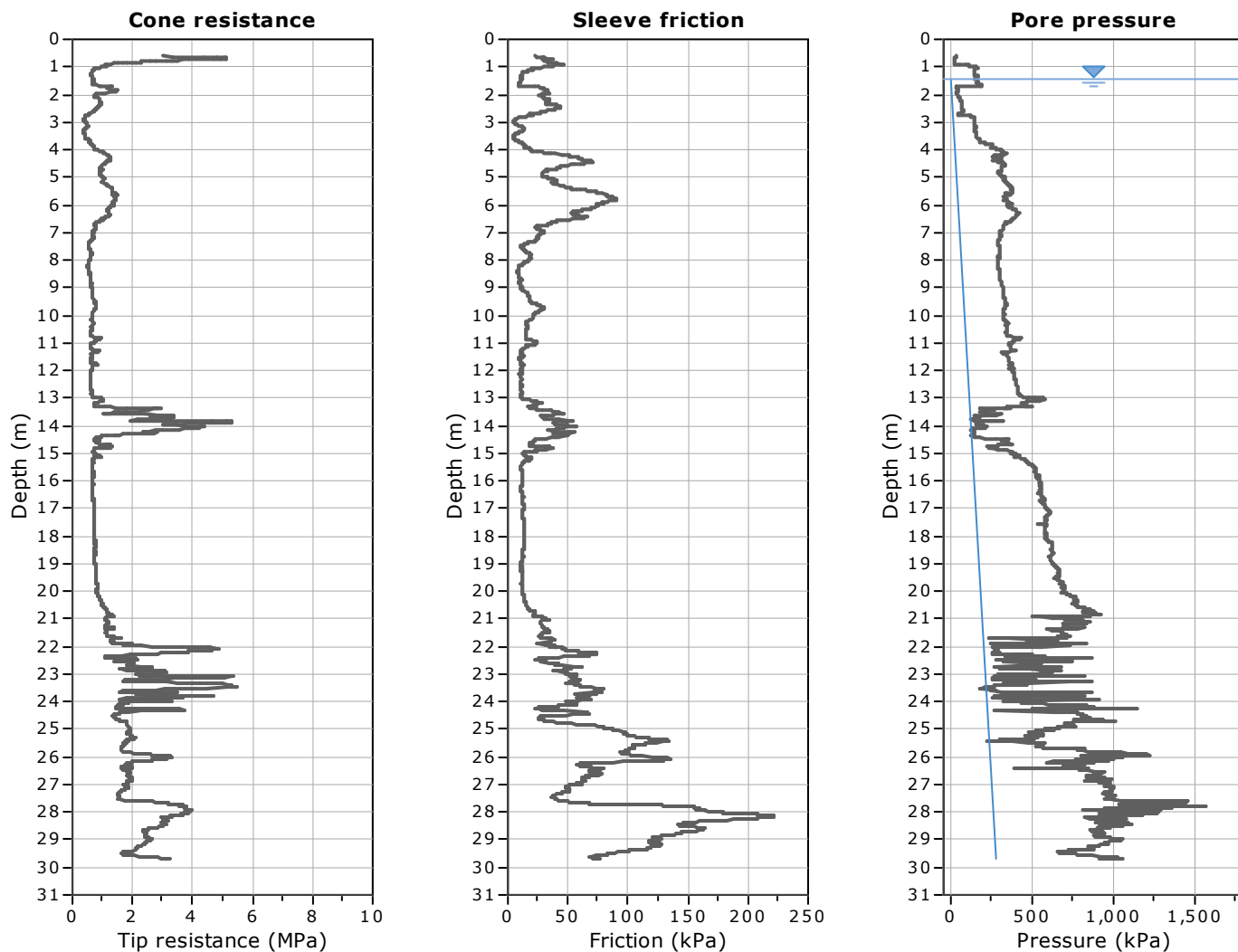
PROFILI LITO-STRATIGRAFICI DEI SONDAGGI S1, S2, E FOTO DELLE RISPETTIVE CAROTE DI TERRENO NELLE CASSETTE CATALOGATRICI

Luglio 2020

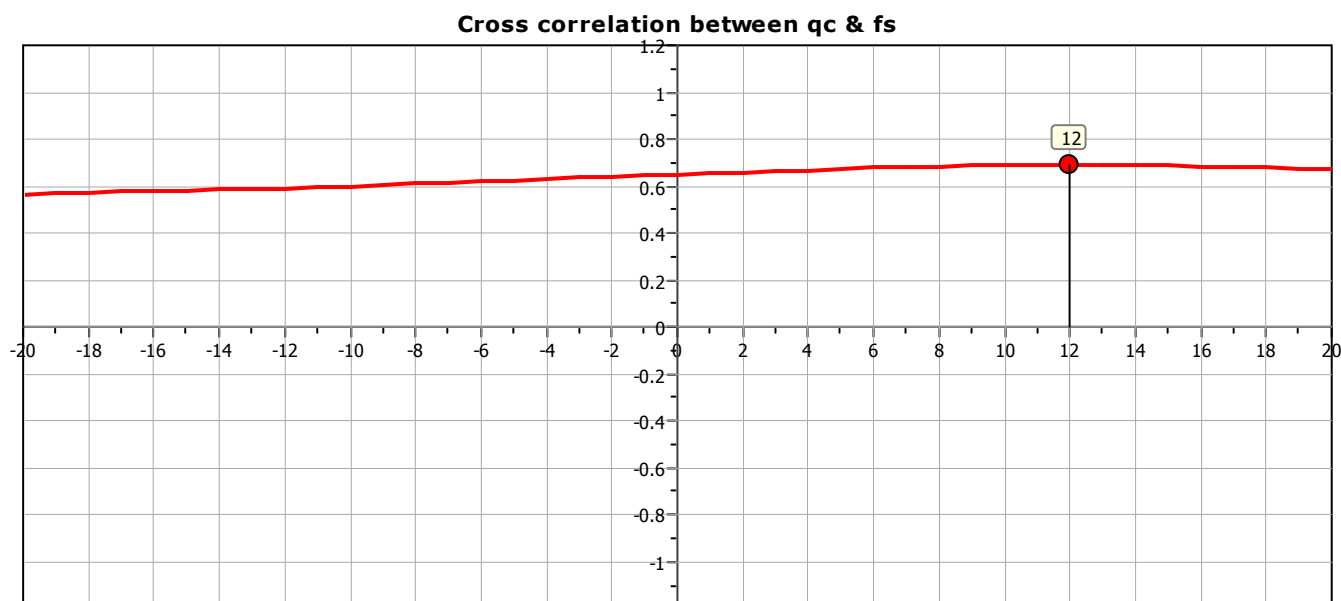
Luca Pignatelli - geologo
Via Caduti del Lavoro, n°9 - 56122 - Pisa
Tel. : 050 525458 - Cell. : 338 6472126
email : luca.geo.pig@gmail.com
pec : luca.geo.pig@epap.sicurezzaapostale.it



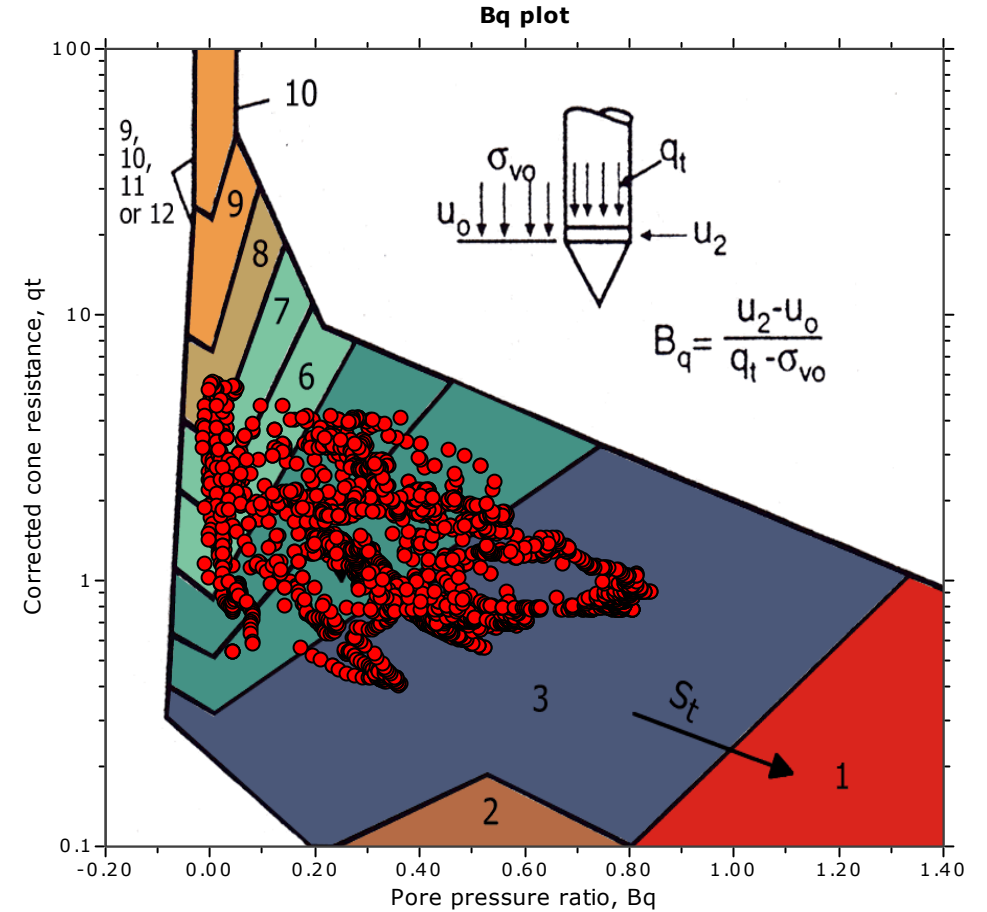
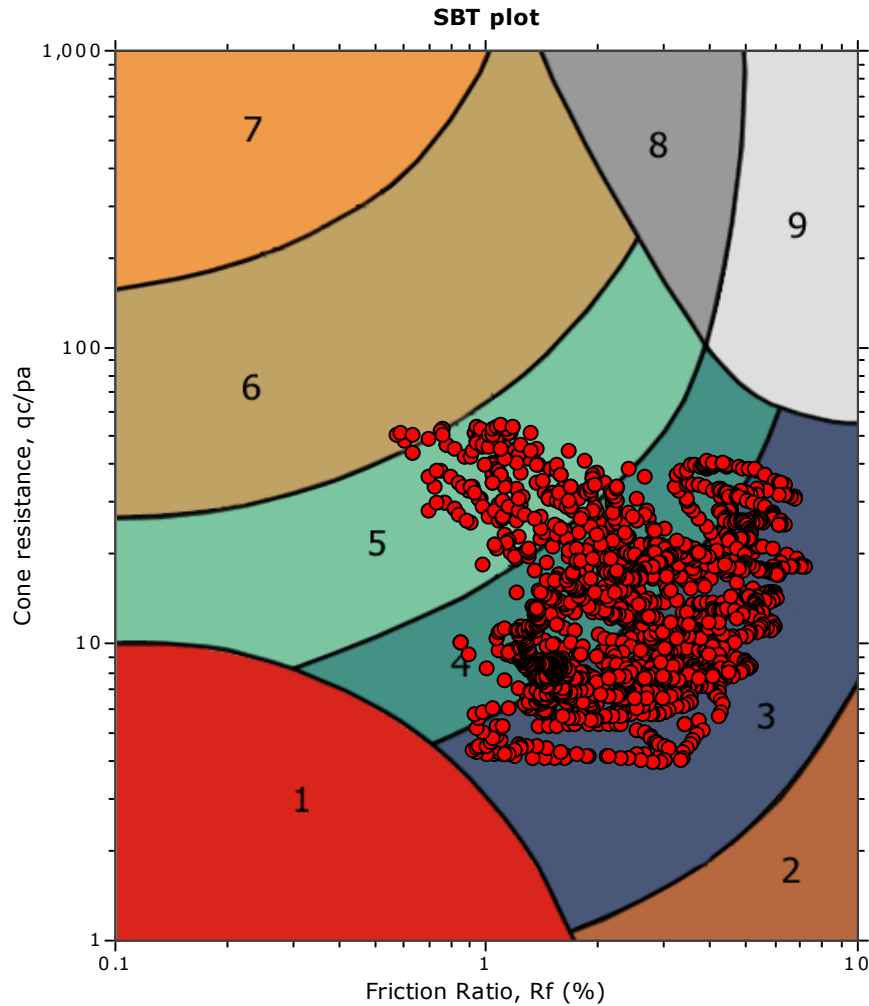
Luca Pignatelli



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).



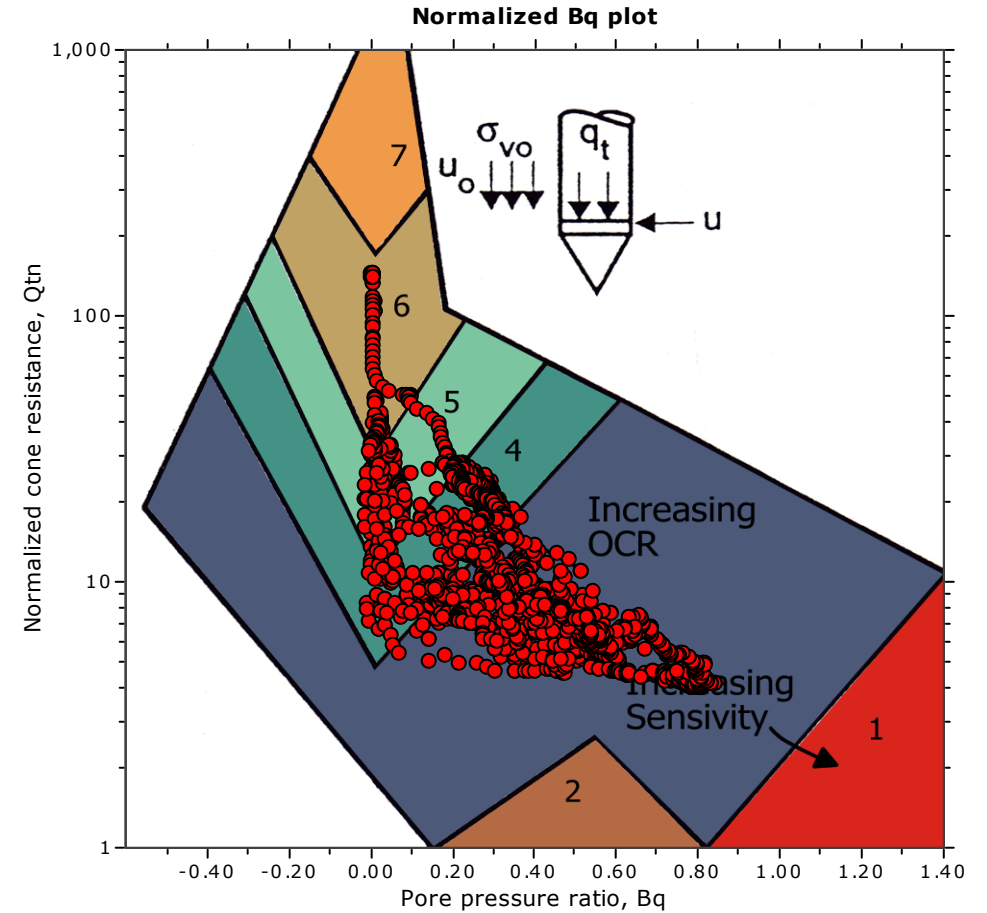
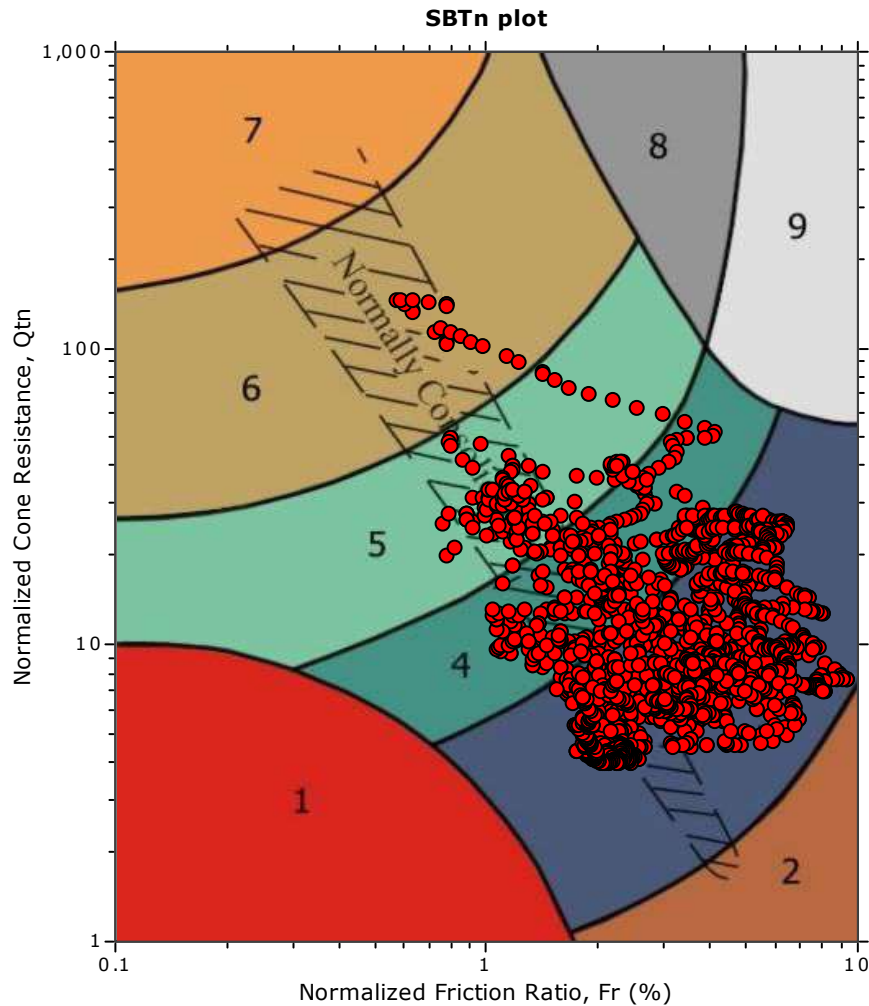
SBT - Bq plots



SBT legend

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

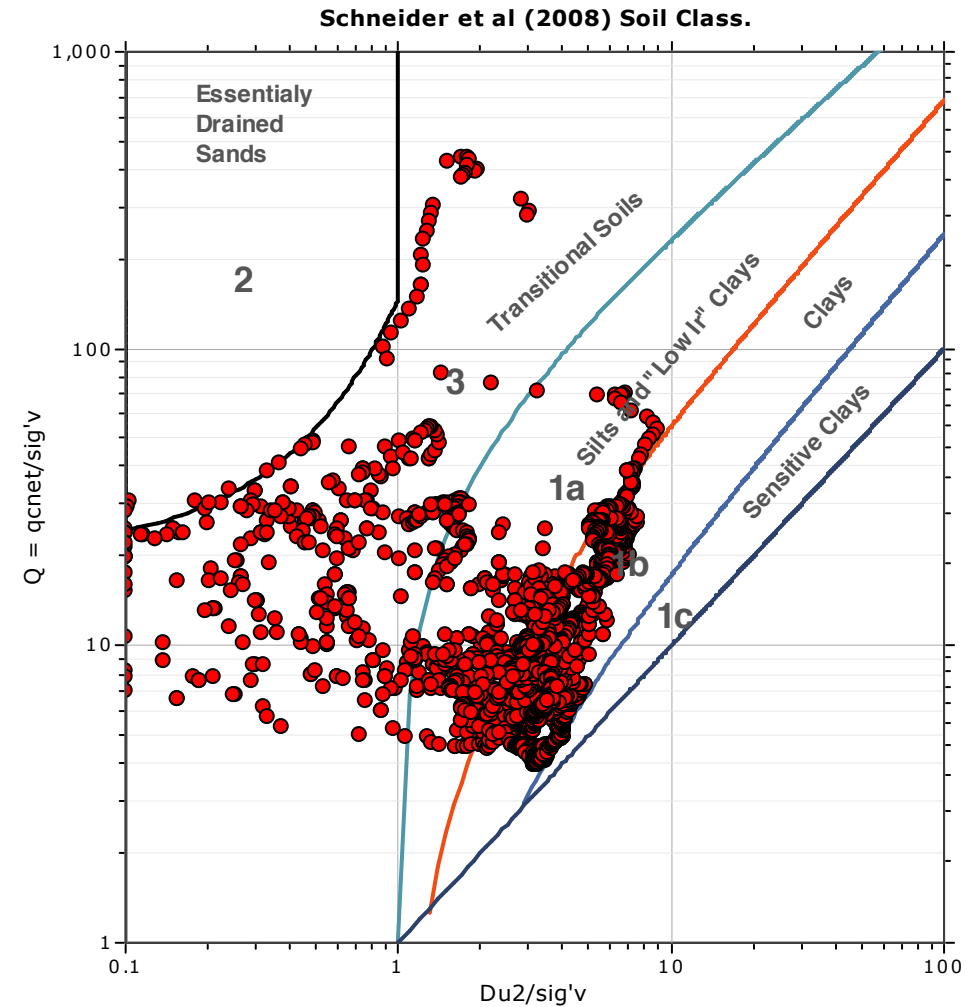
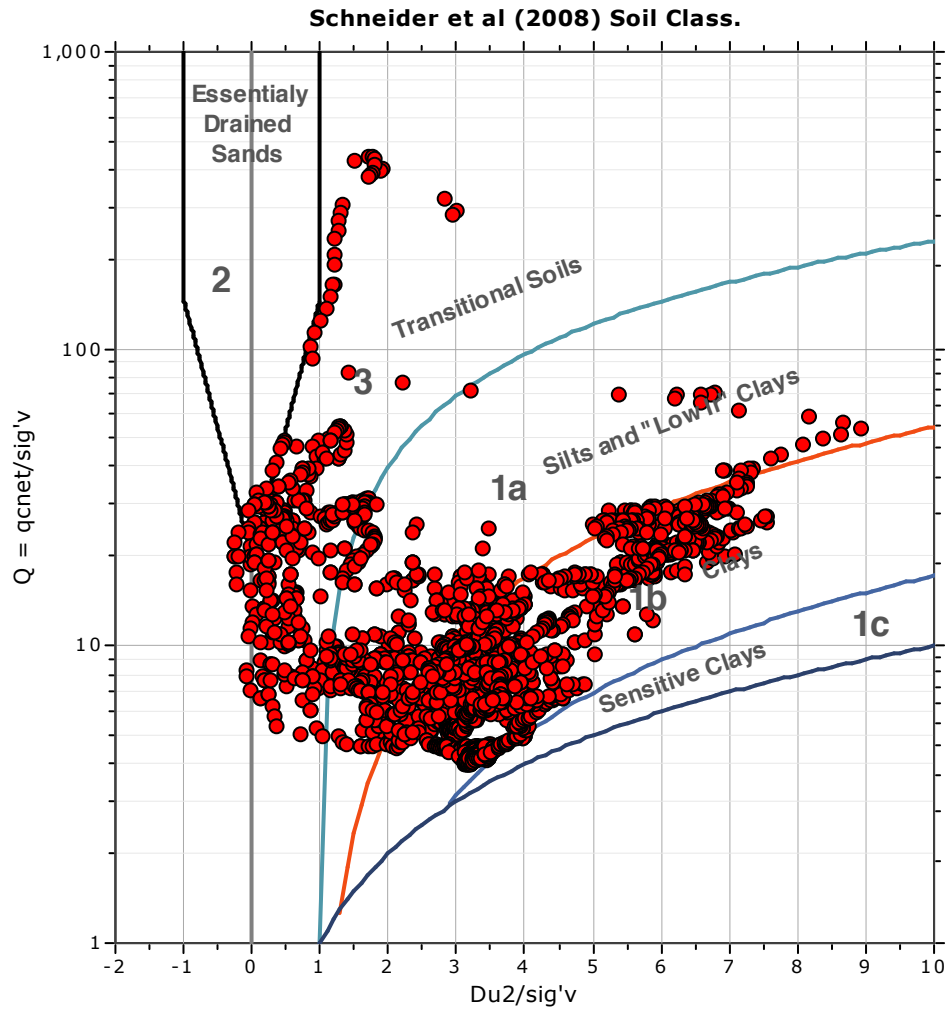
SBT - Bq plots (normalized)

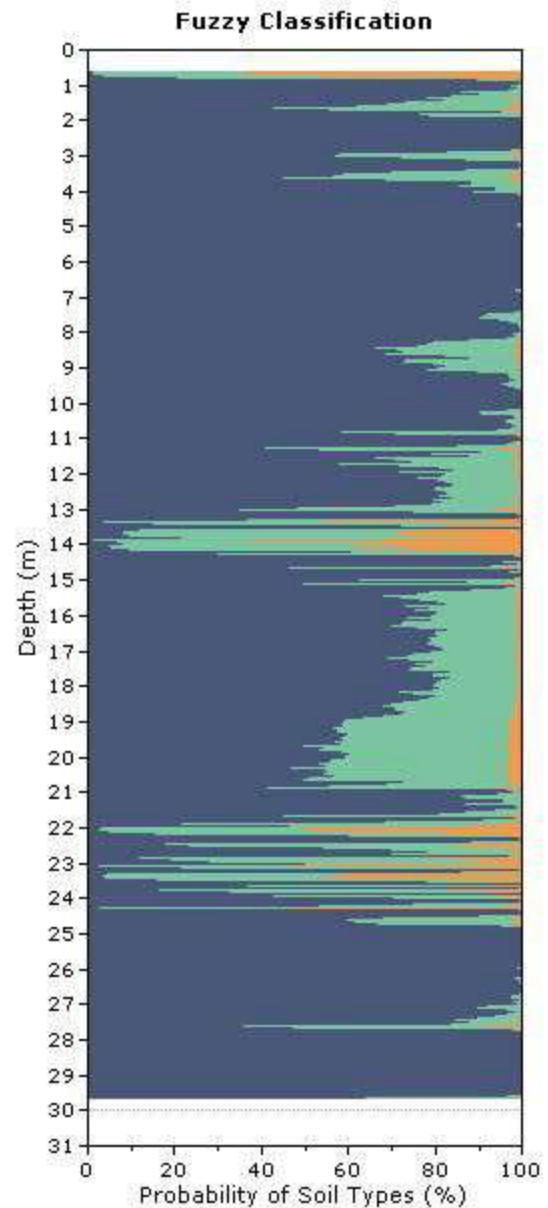
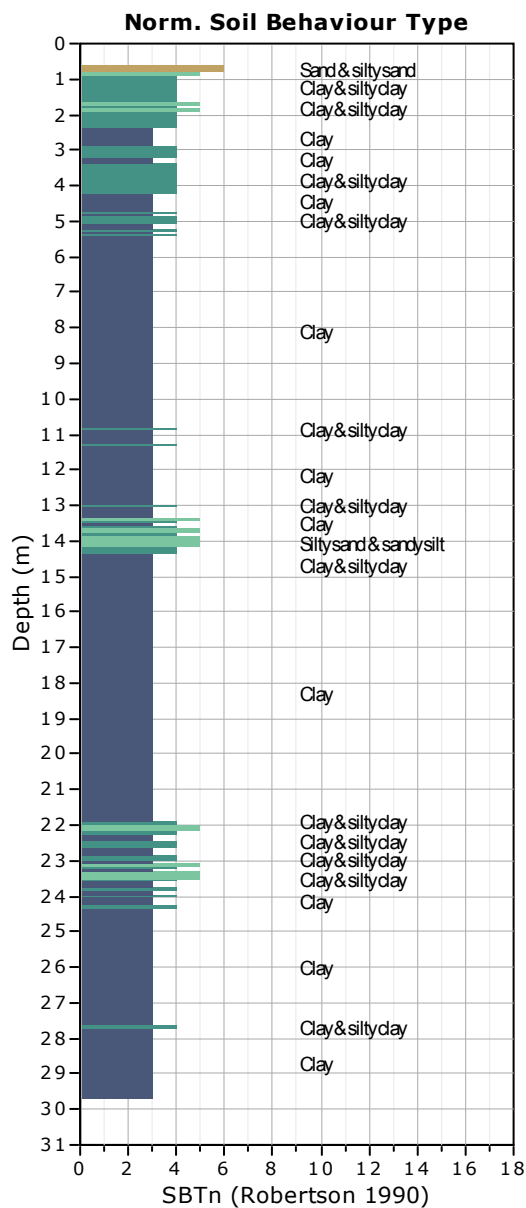


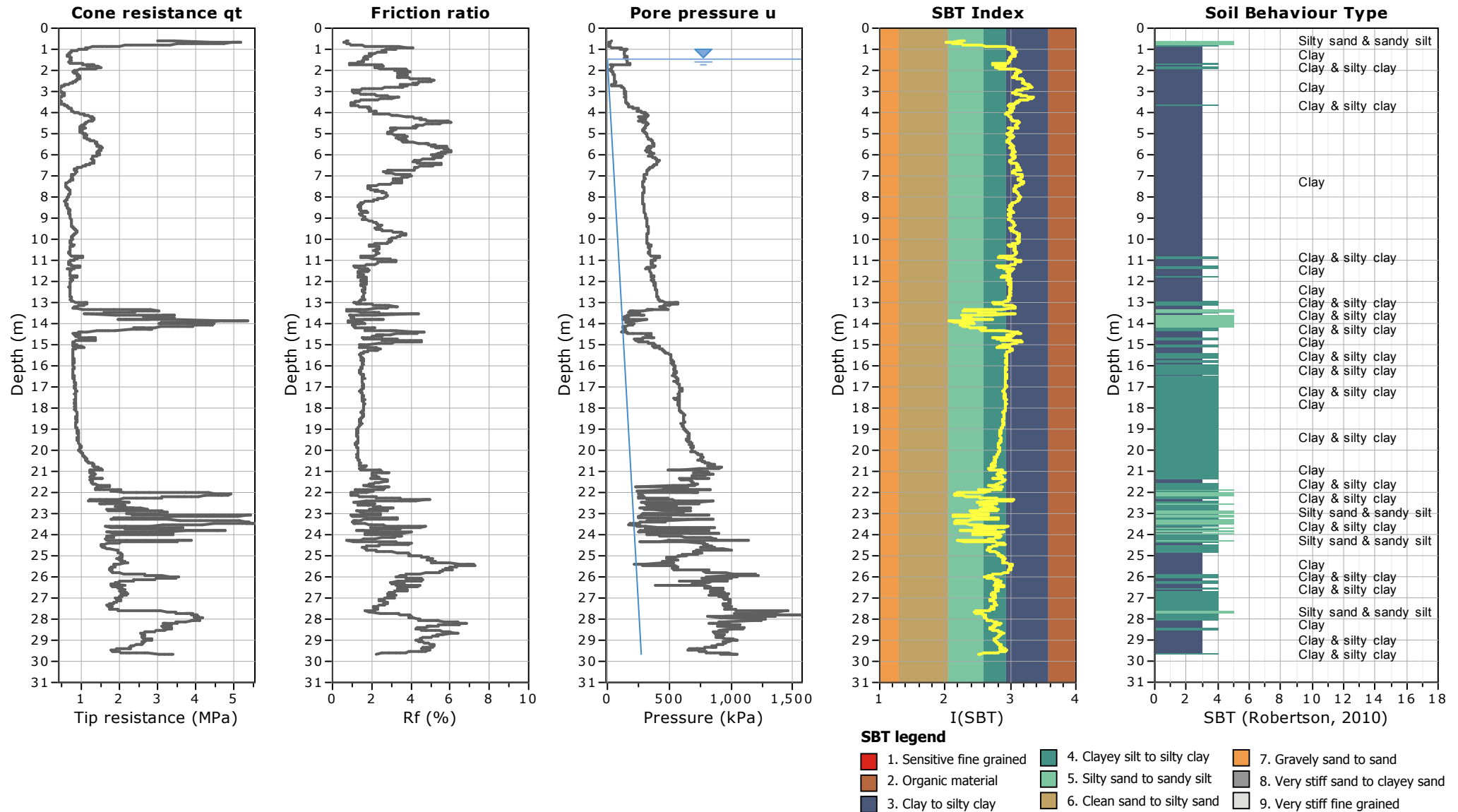
SBTn legend

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

Bq plots (Schneider)

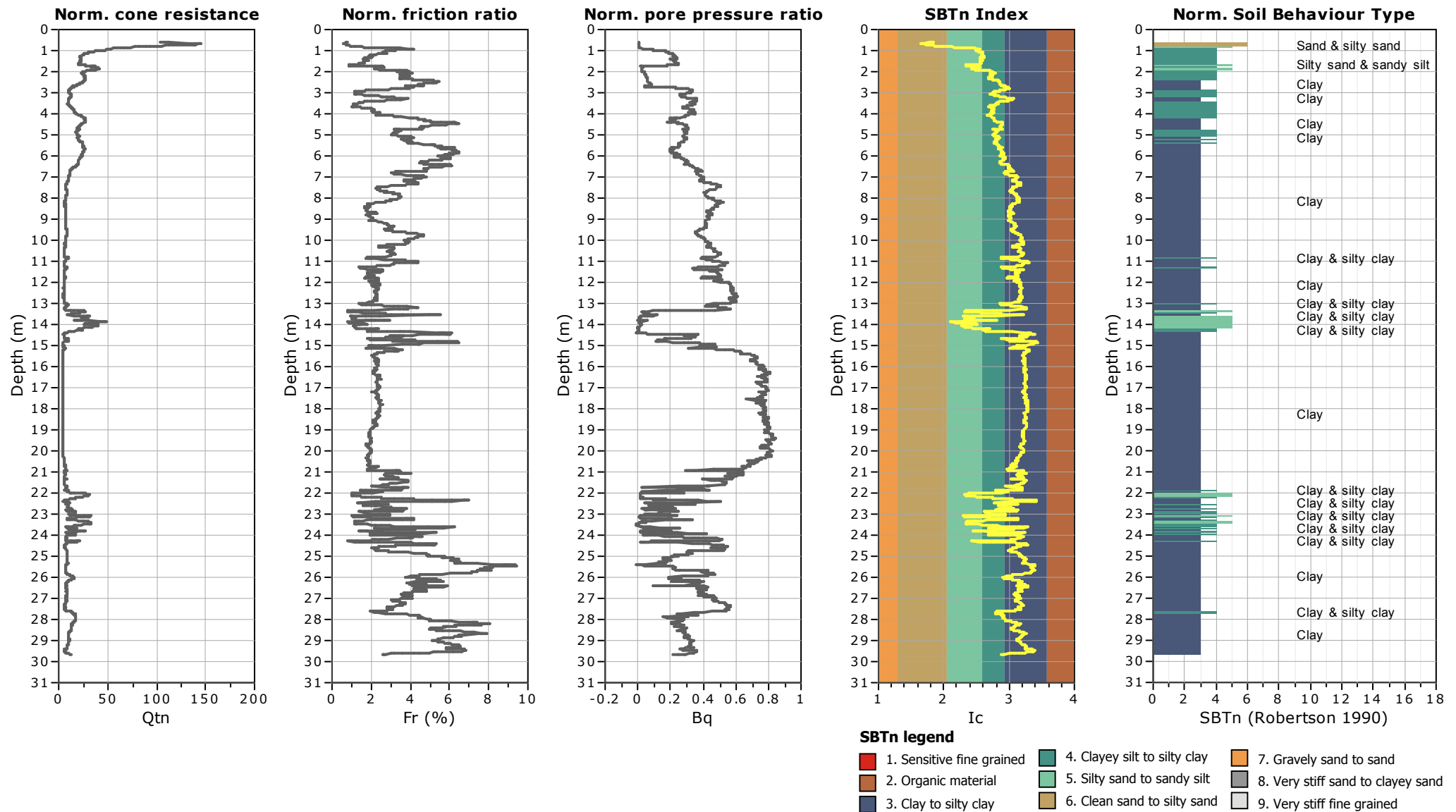






Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus

Location: Mezzana-Via Toniolo



GEOSERVIZI SNC

Via E.Calabresi-56121 Montacchiello (PI)

Cell.339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

CPT: CPTU 1

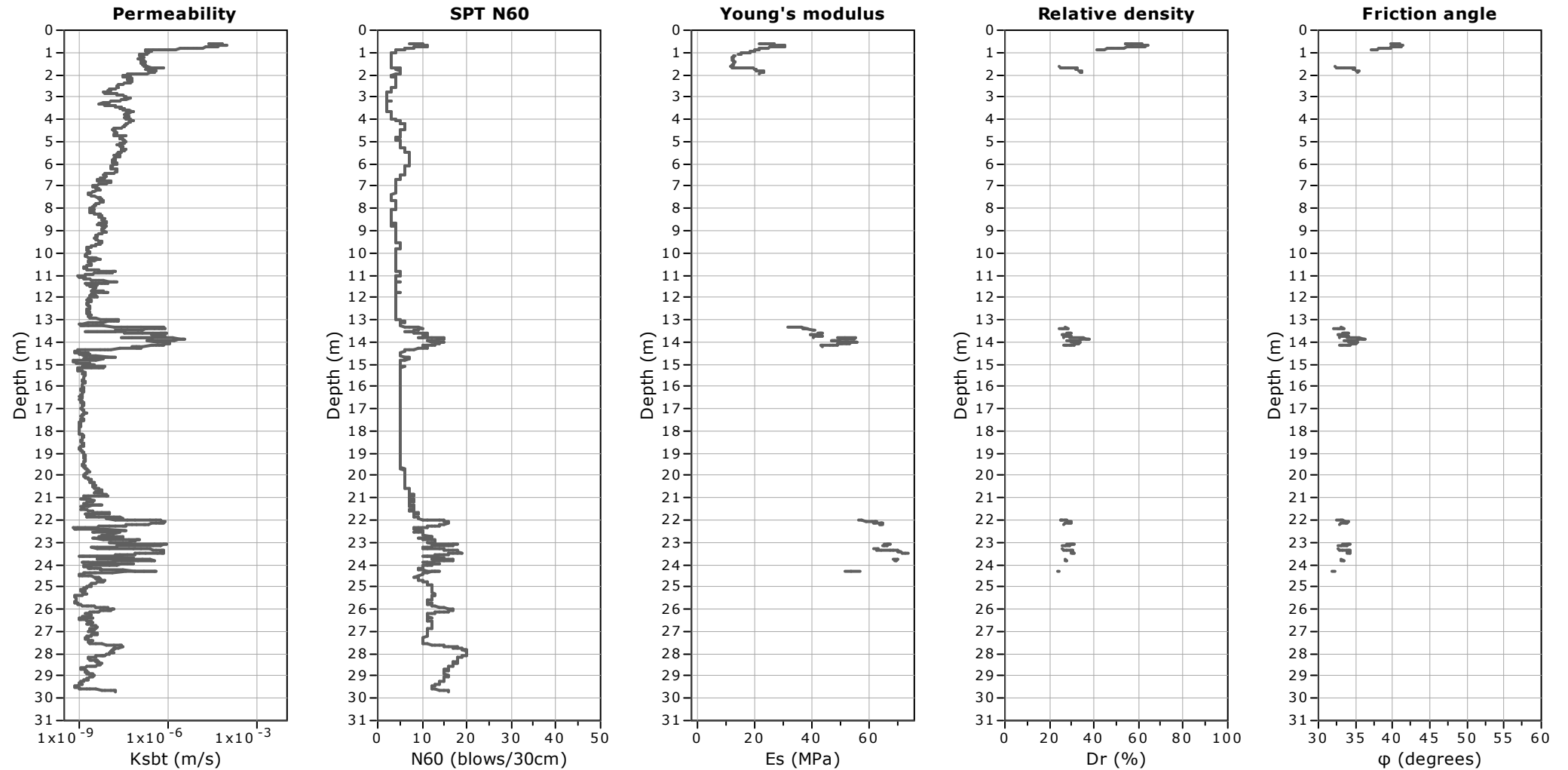
Total depth: 29.69 m, Date: 27/05/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Pagani

Cone Operator: Geoservizi

Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus**Location: Mezzana-Via Toniolo****Calculation parameters**Permeability: Based on SBT_n SPT N_{60} : Based on I_c and q_t Young's modulus: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)

—●— User defined estimation data

GEOSERVIZI SNC

Via E.Calabresi-56121 Montacchiello (PI)

Cell.339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

CPT: CPTU 1

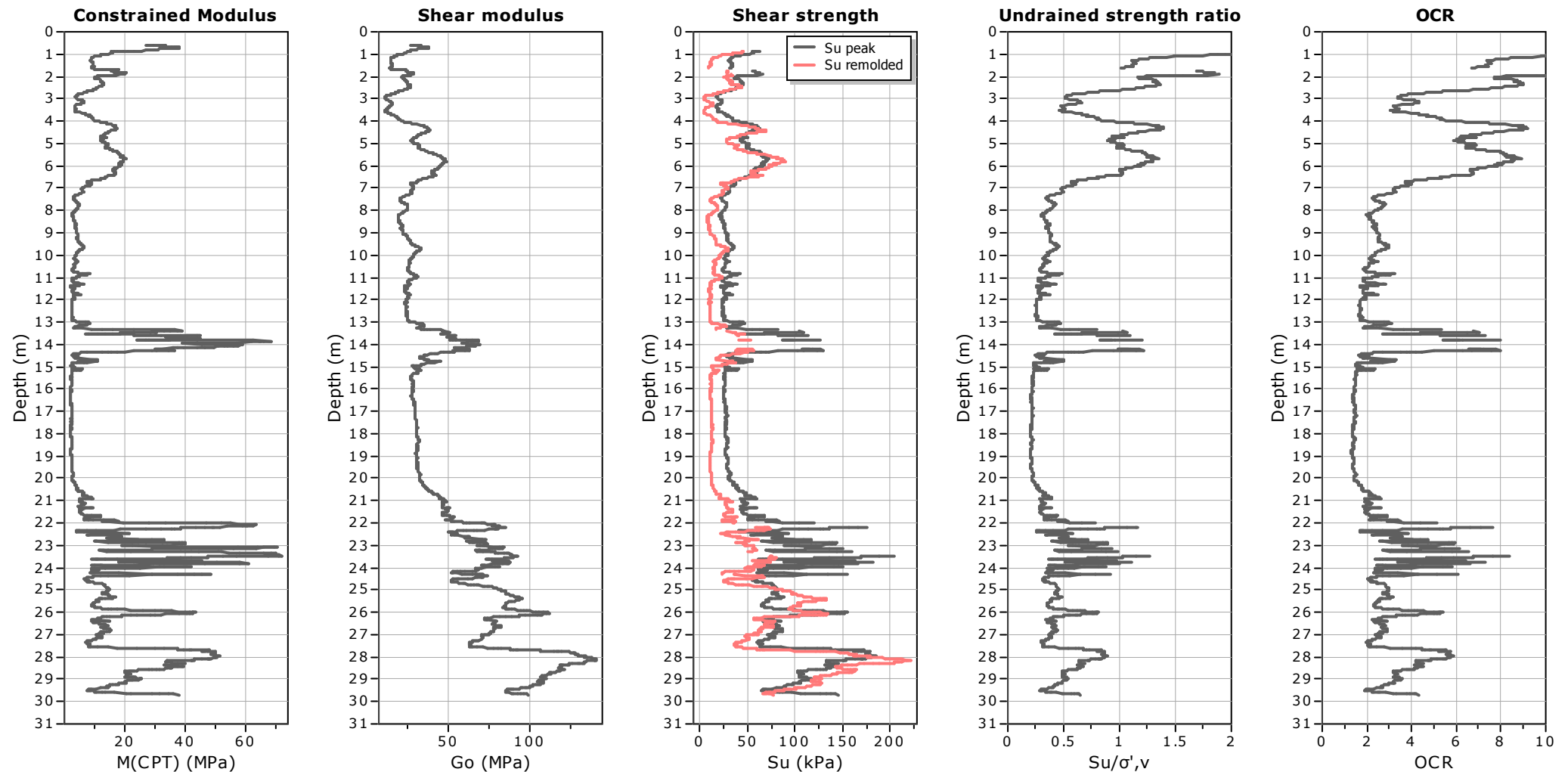
Total depth: 29.69 m, Date: 27/05/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Pagani

Cone Operator: Geoservizi

Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus**Location: Mezzana-Via Toniolo****Calculation parameters**Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 20OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● User defined estimation data

GEOSERVIZI SNC

Via E.Calabresi-56121 Montacchiello (PI)

Cell.339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

CPT: CPTU 1

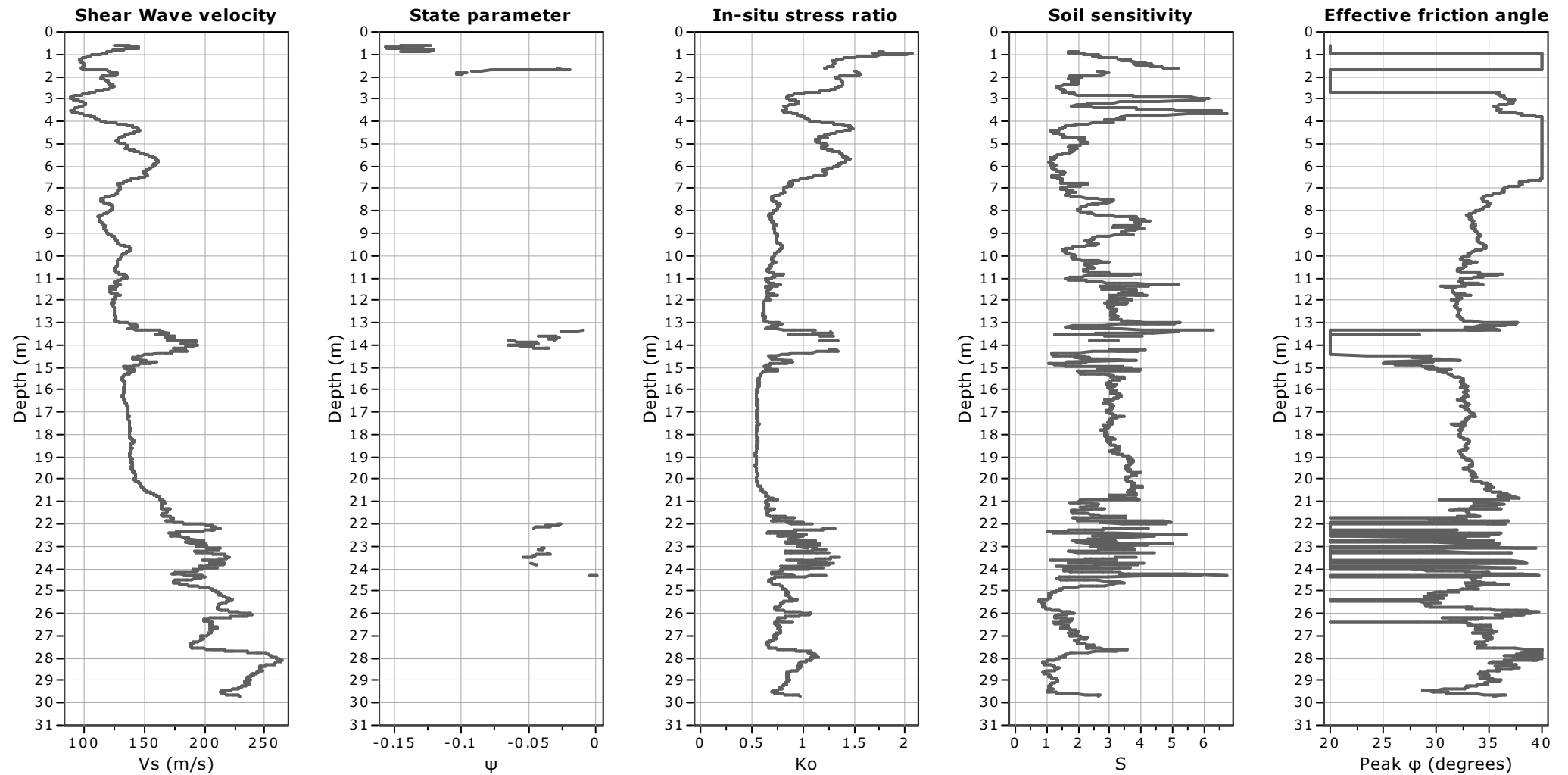
Total depth: 29.69 m, Date: 27/05/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Pagani

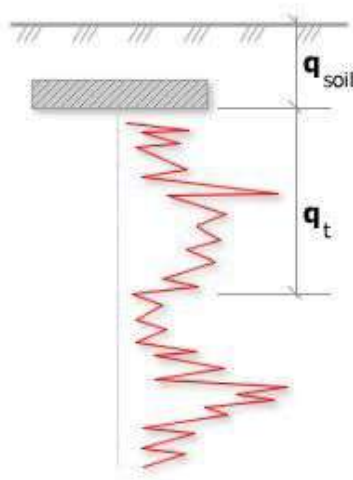
Cone Operator: Geoservizi

Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus**Location: Mezzana-Via Toniolo****Calculation parameters**Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus

Location: Mezzana-Via Toniolo



Bearing Capacity calculation is performed based on the formula:

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

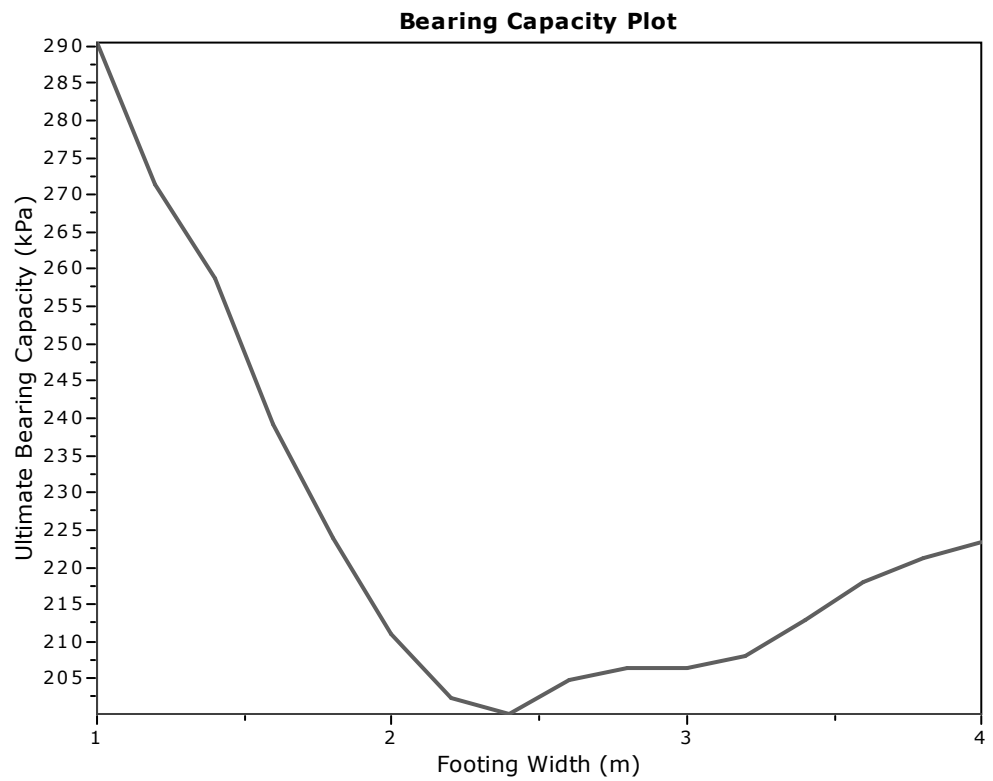
where:

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	1.40	0.20	9.50	290.44
2	1.20	0.50	2.30	1.31	0.20	9.50	271.44
3	1.40	0.50	2.60	1.25	0.20	9.50	258.69
4	1.60	0.50	2.90	1.15	0.20	9.50	239.18
5	1.80	0.50	3.20	1.07	0.20	9.50	223.97
6	2.00	0.50	3.50	1.01	0.20	9.50	210.89
7	2.20	0.50	3.80	0.96	0.20	9.50	202.48
8	2.40	0.50	4.10	0.95	0.20	9.50	200.28
9	2.60	0.50	4.40	0.98	0.20	9.50	204.96
10	2.80	0.50	4.70	0.98	0.20	9.50	206.33
11	3.00	0.50	5.00	0.98	0.20	9.50	206.47
12	3.20	0.50	5.30	0.99	0.20	9.50	208.16
13	3.40	0.50	5.60	1.02	0.20	9.50	212.77
14	3.60	0.50	5.90	1.04	0.20	9.50	217.92
15	3.80	0.50	6.20	1.06	0.20	9.50	221.33
16	4.00	0.50	6.50	1.07	0.20	9.50	223.32

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/m³) ::

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

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 (%) ::

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

:: State Parameter, ψ ::

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

:: Peak drained friction angle, ϕ (°) ::

$$\phi = 17.60 + 11 \cdot \log(Q_{tn})$$

(applicable only to $SBT_n: 5, 6, 7 \text{ and } 8$)

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

If $I_c > 2.20$

$$a = 14 \text{ for } Q_{tn} > 14$$

$$a = Q_{tn} \text{ for } Q_{tn} \leq 14$$

$$M_{CPT} = a \cdot (q_t - \sigma_v)$$

If $I_c \leq 2.20$

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

:: 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 $SBT_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9$ or $I_c > I_{c_cutoff}$)

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

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

:: 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 $SBT_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9$ or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: In situ Stress Ratio, K_0 ::

$$K_0 = 0.1 \cdot \left(\frac{q_t - \sigma_v}{\sigma'_{vo}} \right)$$

(applicable only to $SBT_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9$ or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Soil Sensitivity, S_t ::

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

(applicable only to $SBT_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9$ or $I_c > I_{c_cutoff}$)

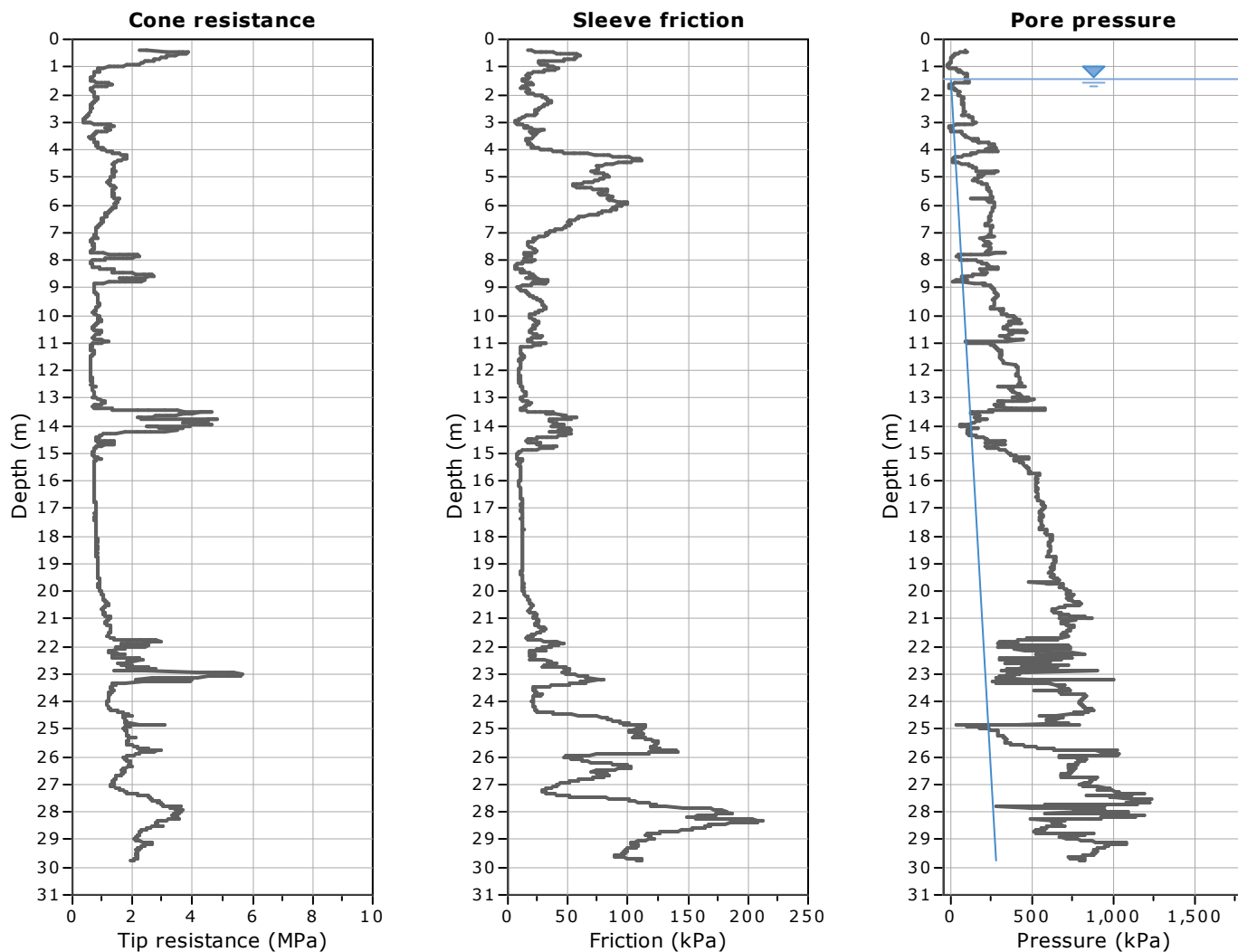
:: Effective Stress Friction Angle, ϕ' (°) ::

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

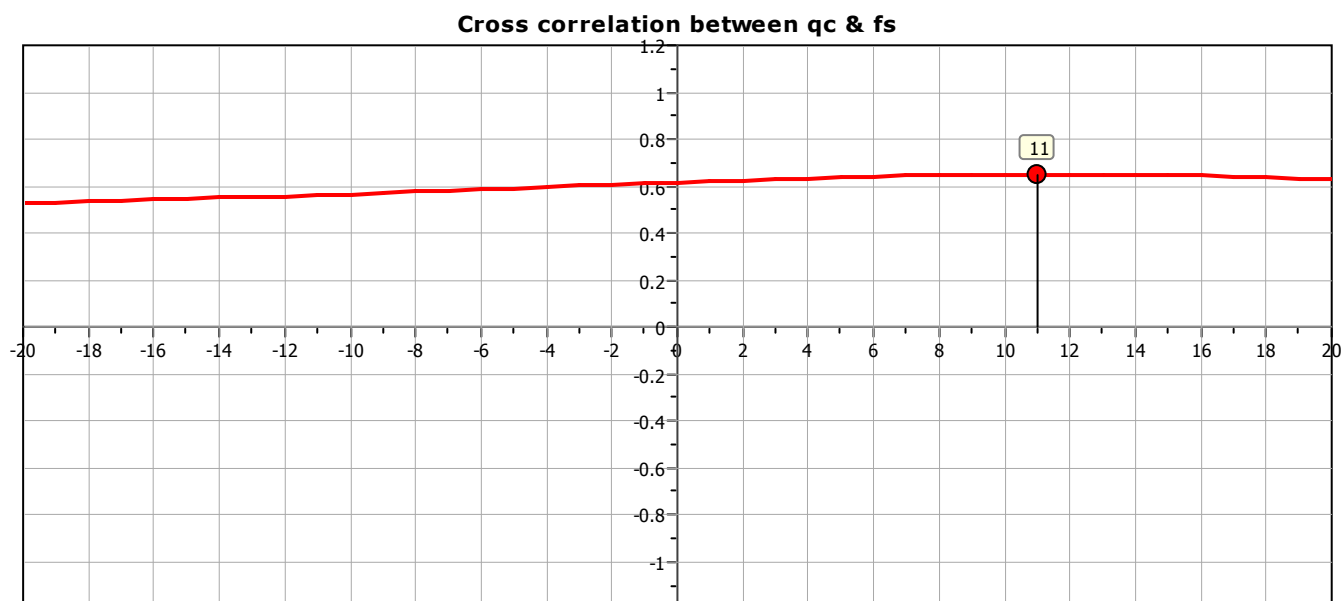
(applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)

References

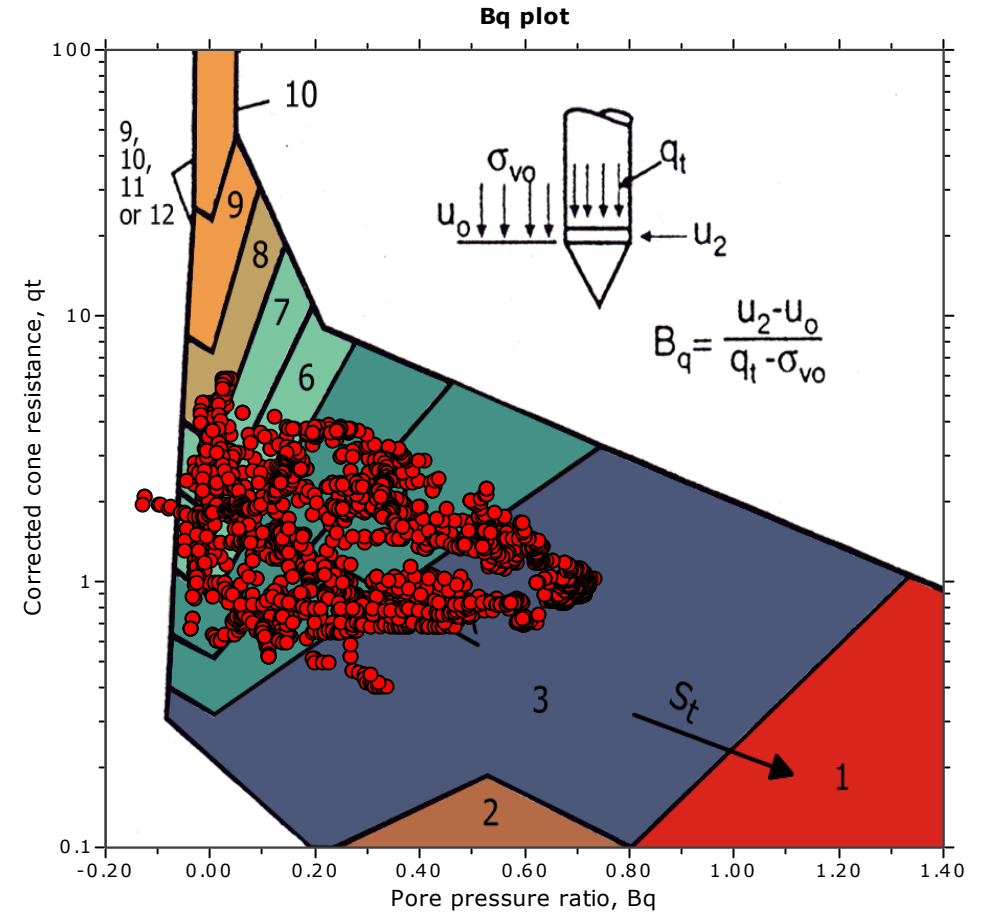
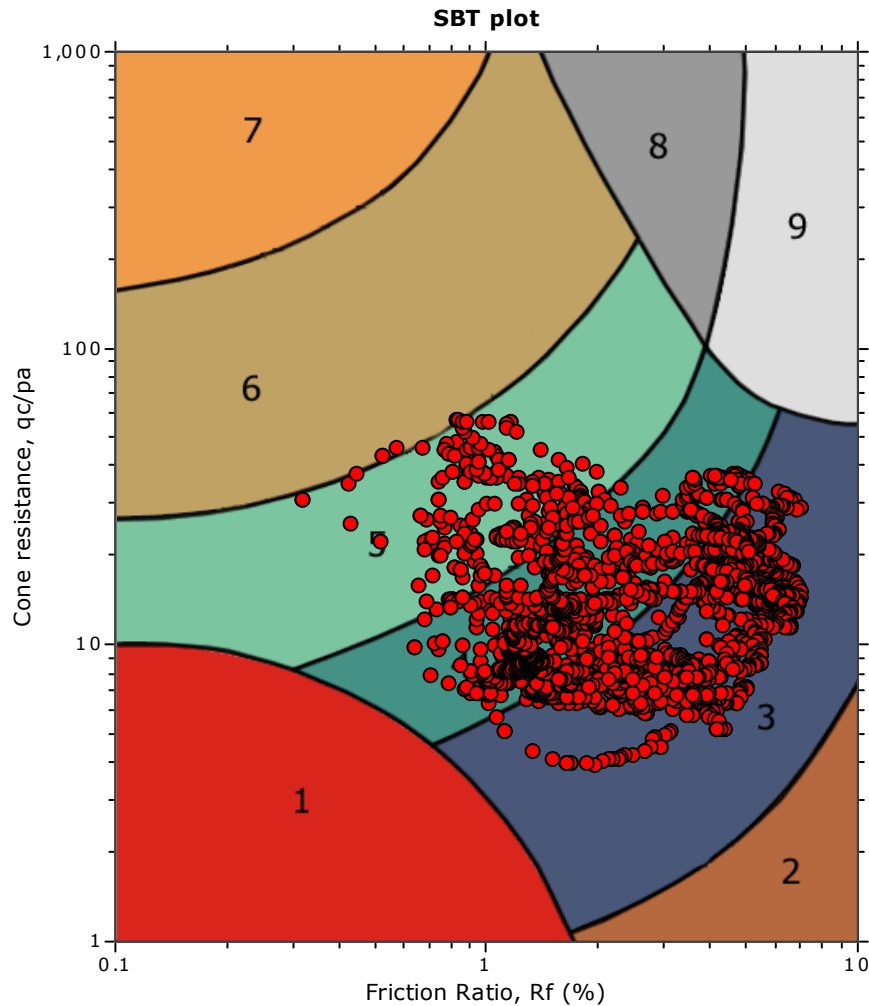
- Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 4th Edition, July 2010
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)



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).



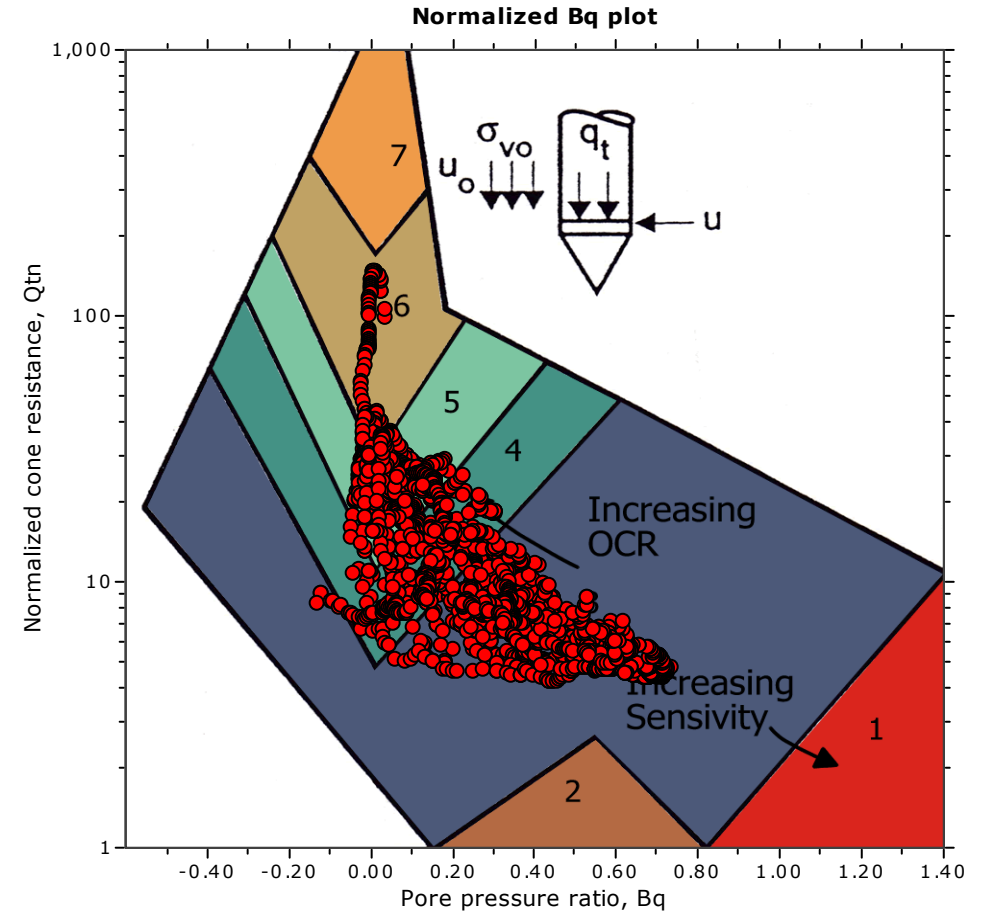
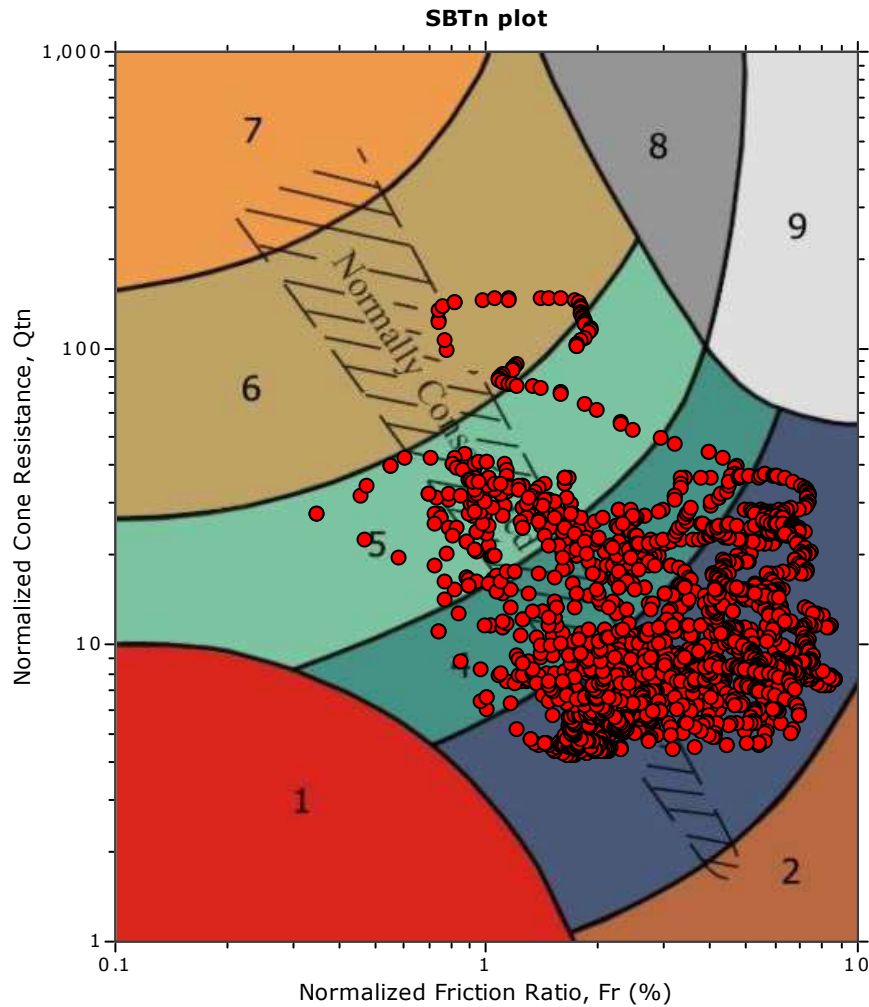
SBT - Bq plots



SBT legend

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

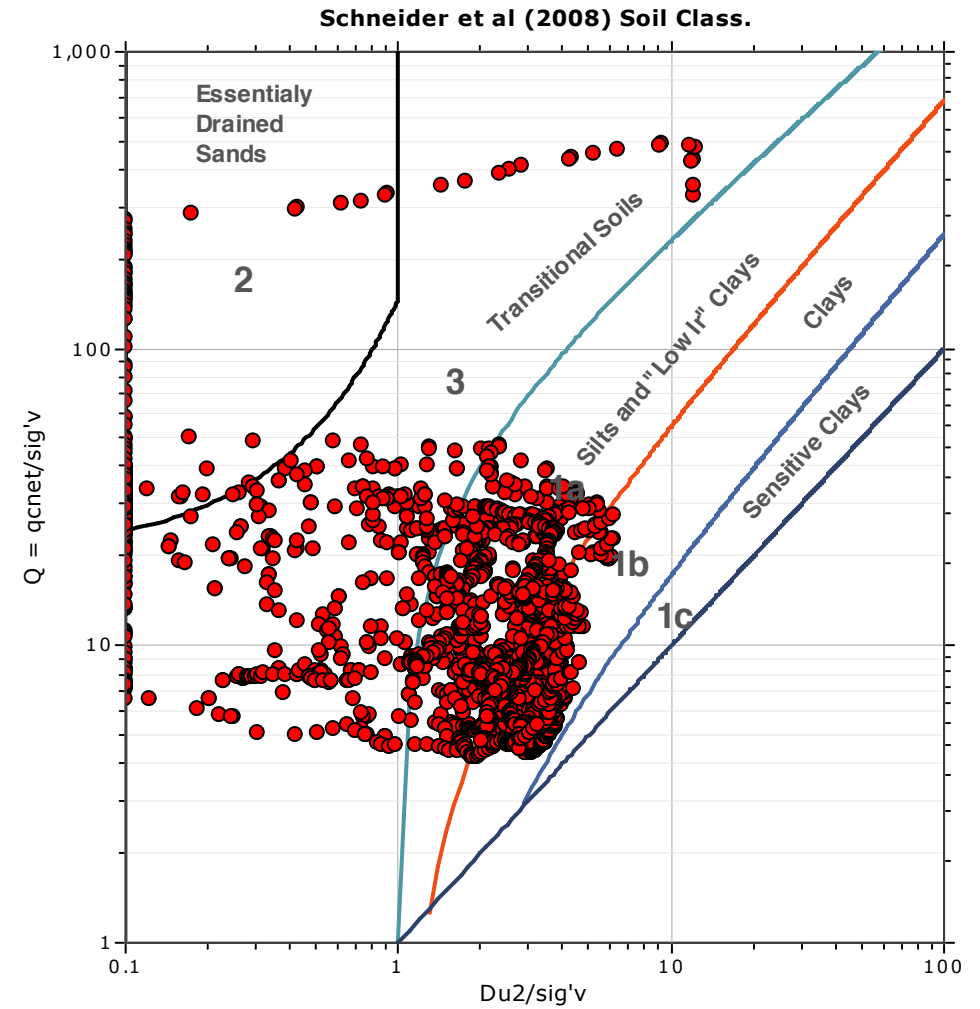
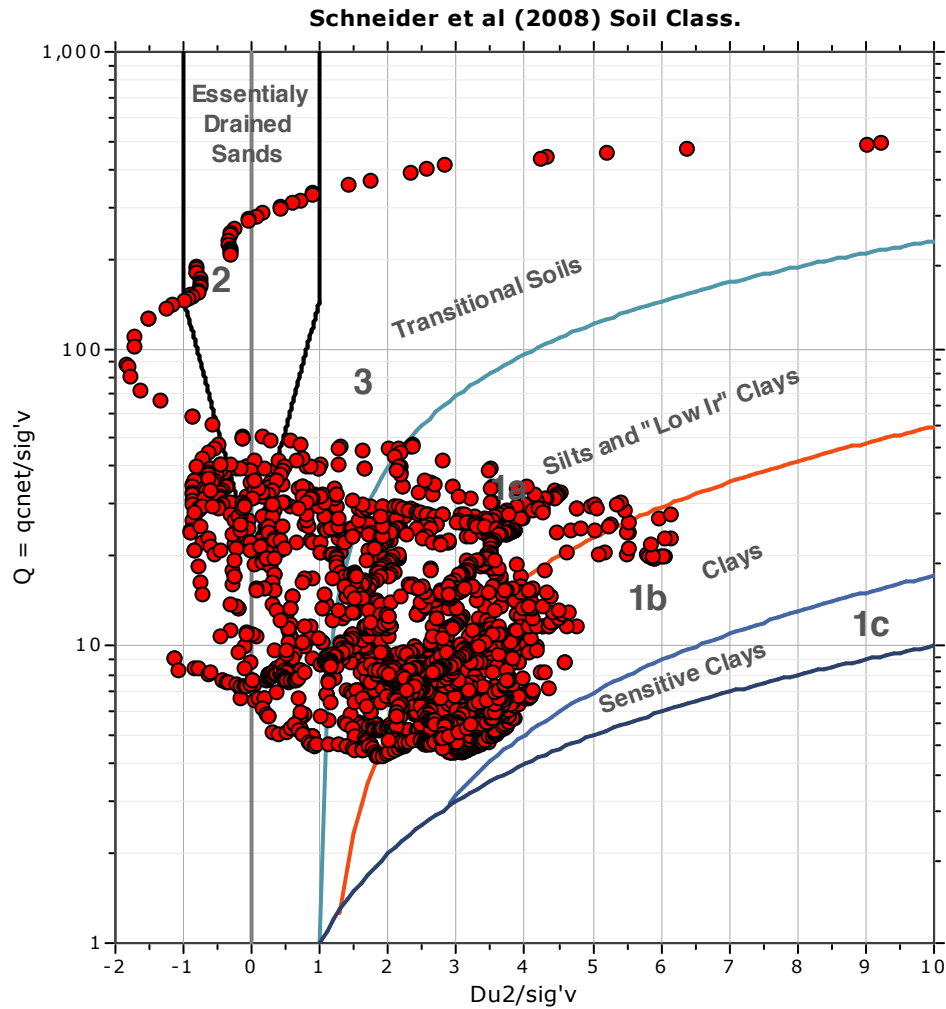
SBT - Bq plots (normalized)

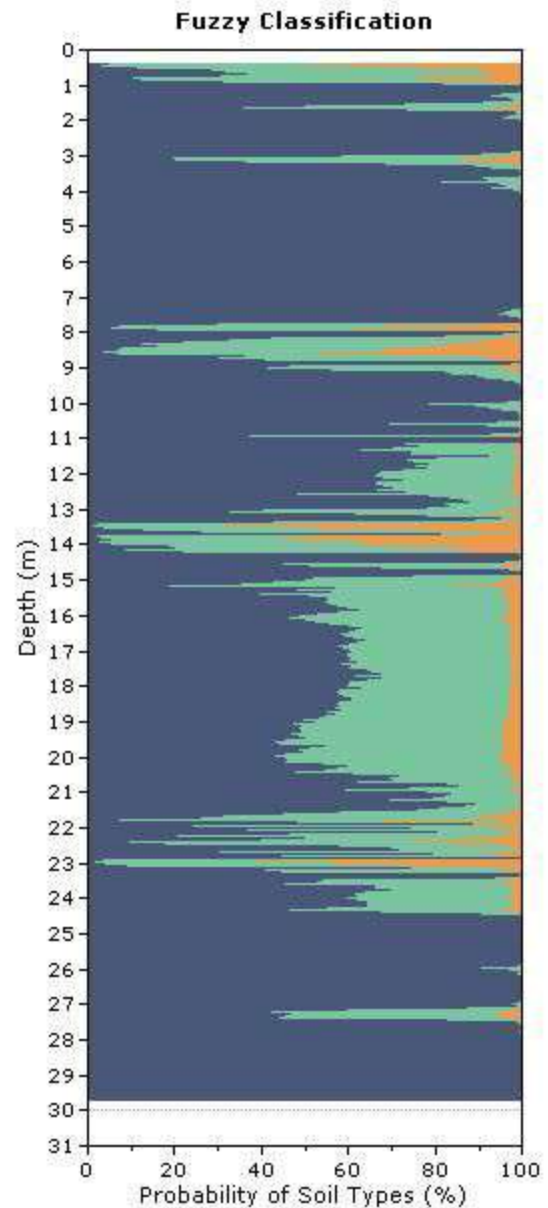
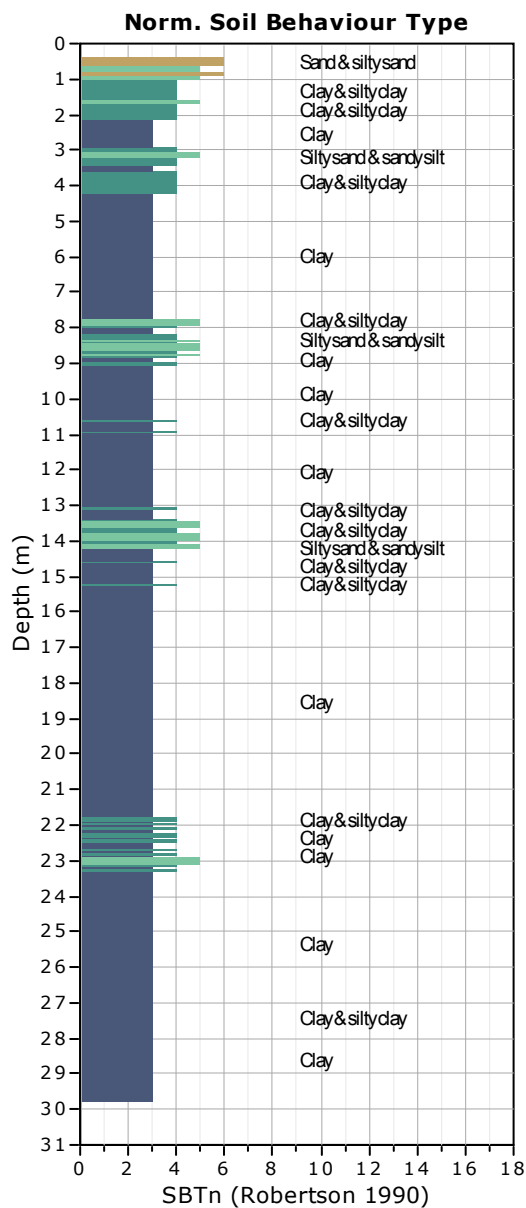


SBTn legend

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

Bq plots (Schneider)





GEOSERVIZI SNC

Via E.Calabresi-56121 Montacchiello (PI)

Cell.339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

CPT: CPTU 2

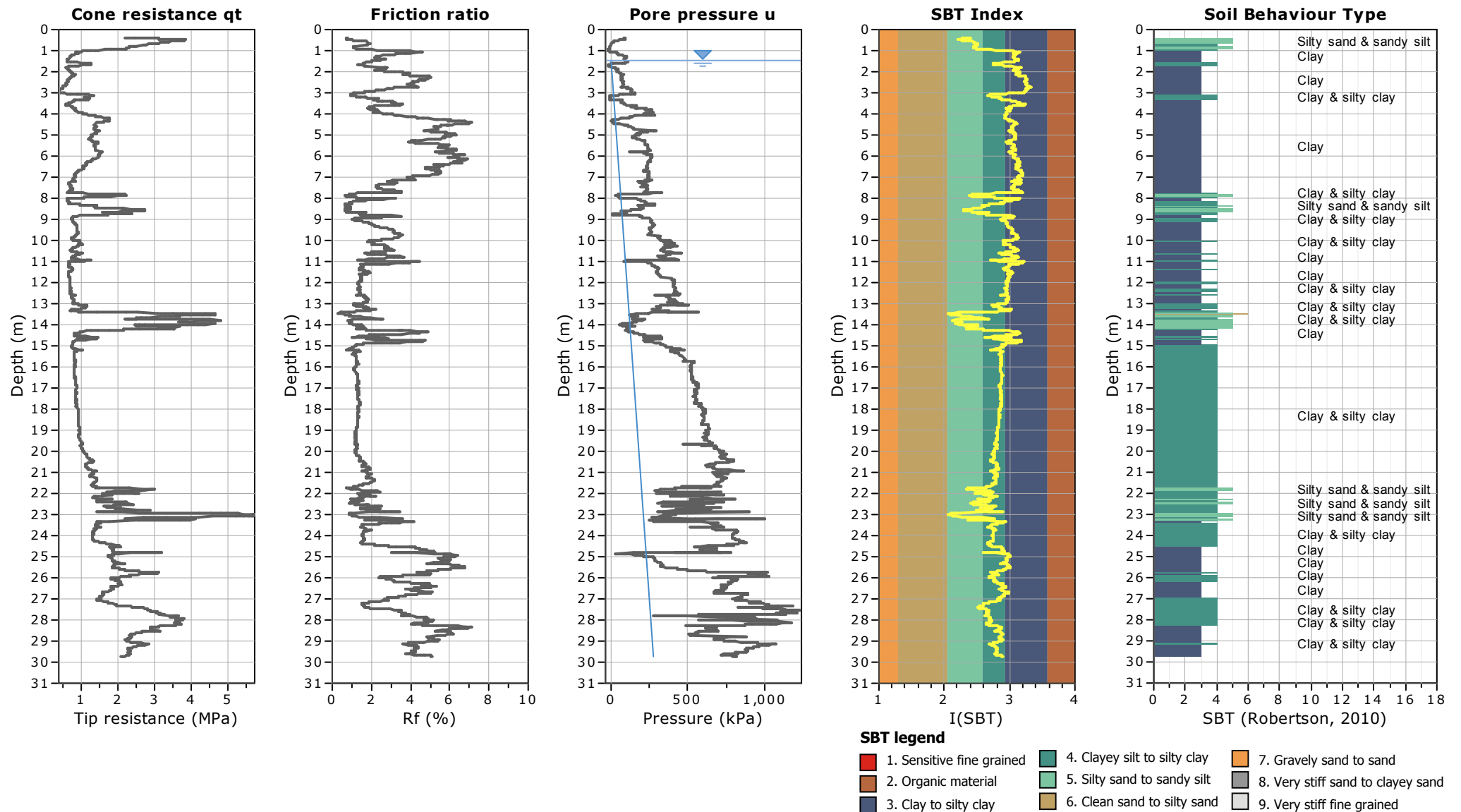
Total depth: 29.75 m, Date: 28/05/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

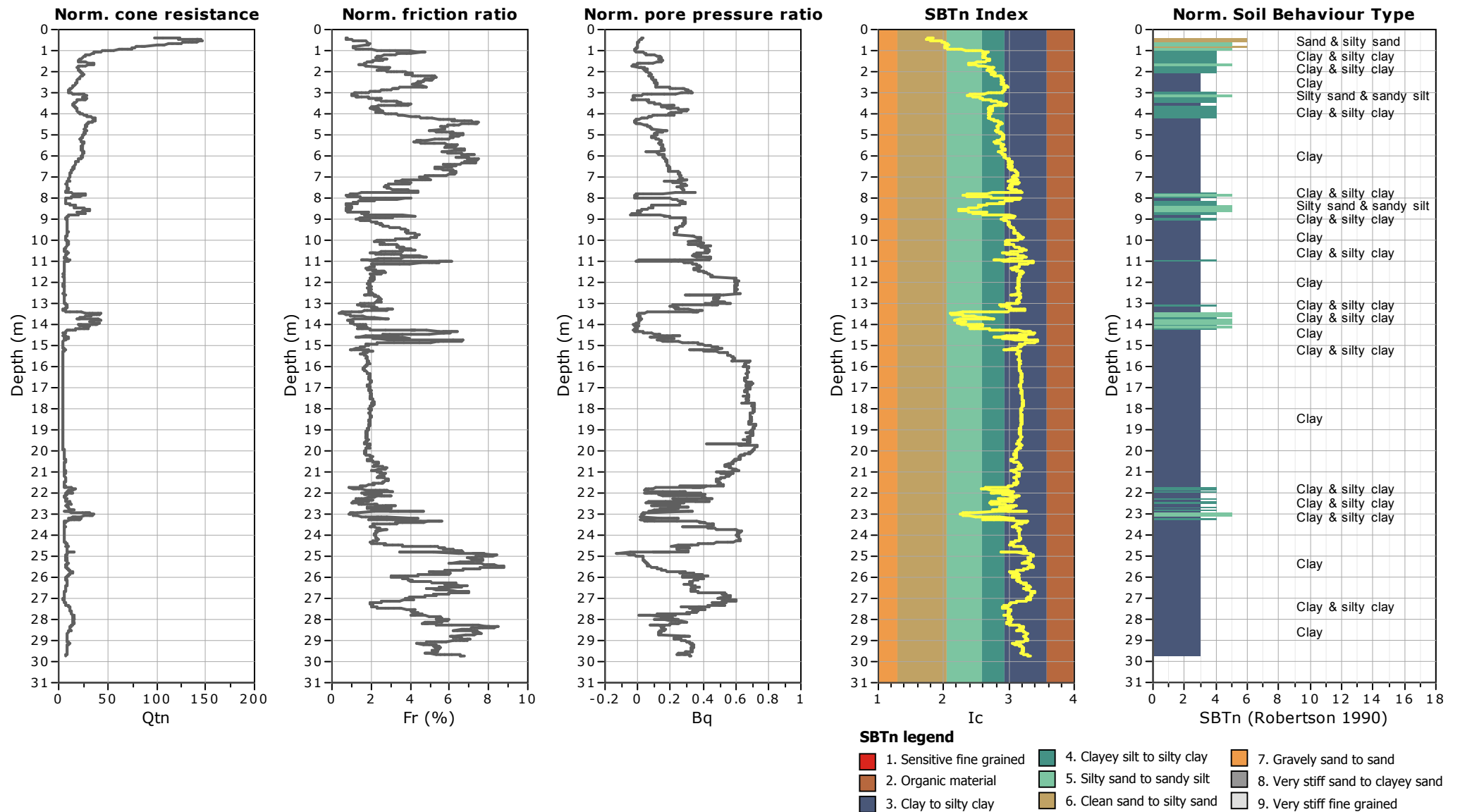
Cone Type: Pagani

Cone Operator: Geoservizi

Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus**Location: Mezzana-Via Toniolo**

Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus

Location: Mezzana-Via Toniolo



GEOSERVIZI SNC

Via E.Calabresi-56121 Montacchiello (PI)

Cell.339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

CPT: CPTU 2

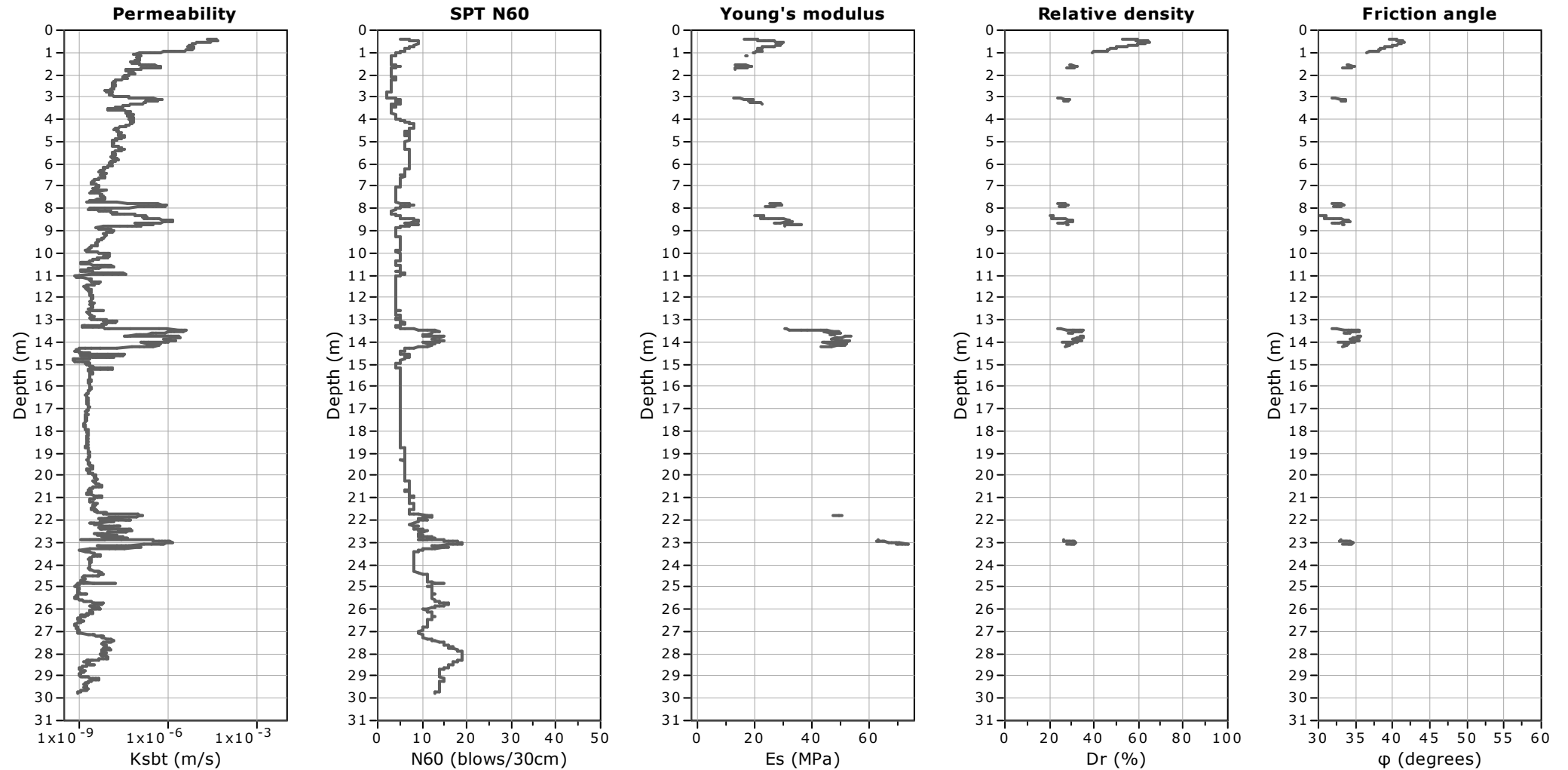
Total depth: 29.75 m, Date: 28/05/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Pagani

Cone Operator: Geoservizi

Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus**Location: Mezzana-Via Toniolo****Calculation parameters**Permeability: Based on SBT_n SPT N_{60} : Based on I_c and q_t Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)

—●— User defined estimation data

GEOSERVIZI SNC

Via E.Calabresi-56121 Montacchiello (PI)

Cell.339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

CPT: CPTU 2

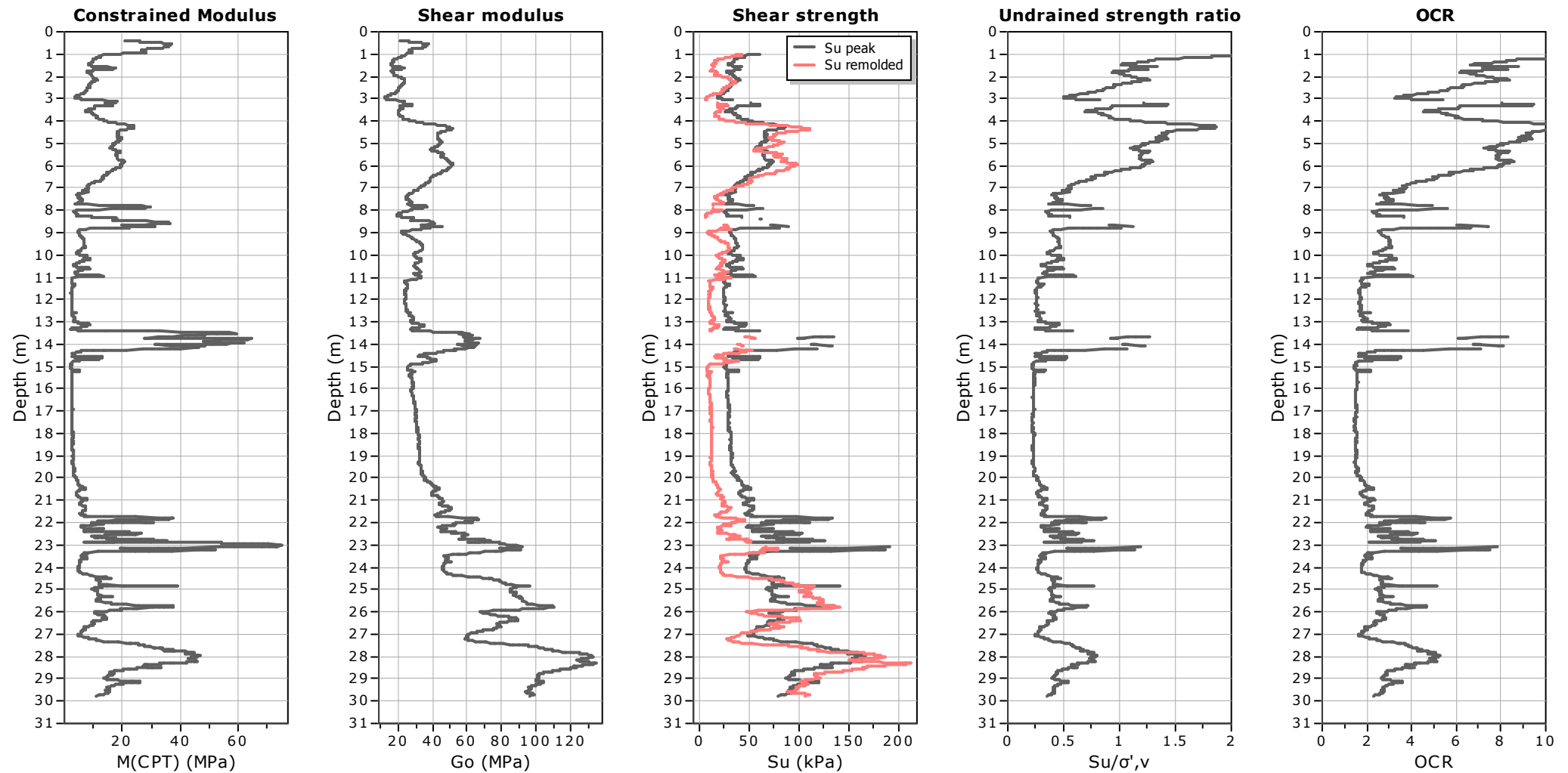
Total depth: 29.75 m, Date: 28/05/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Pagani

Cone Operator: Geoservizi

Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus**Location: Mezzana-Via Toniolo****Calculation parameters**Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{in} (Robertson, 2009)Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 20OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● User defined estimation data

GEOSERVIZI SNC

Via E.Calabresi-56121 Montacchiello (PI)

Cell.339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

CPT: CPTU 2

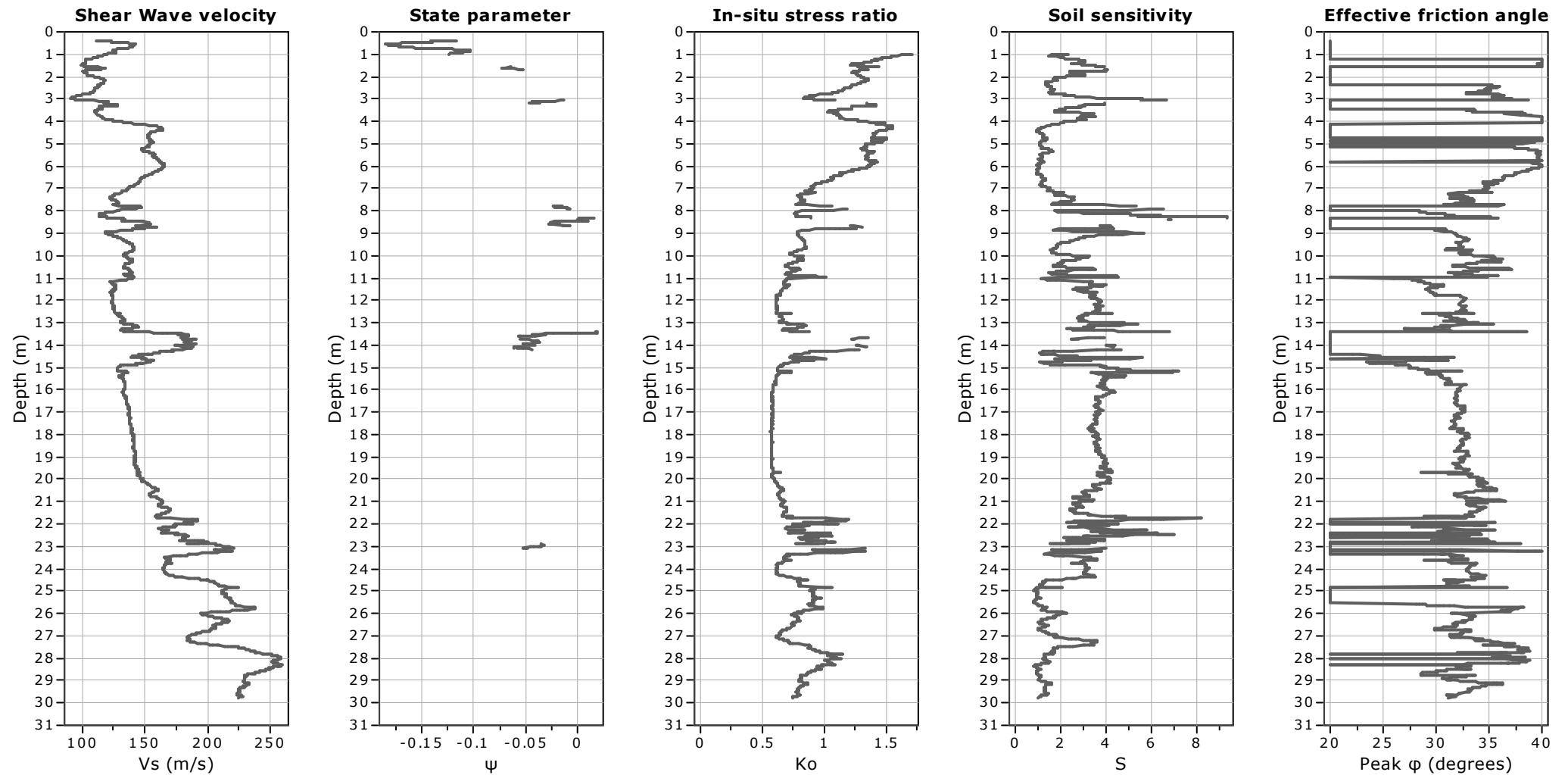
Total depth: 29.75 m, Date: 28/05/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Pagani

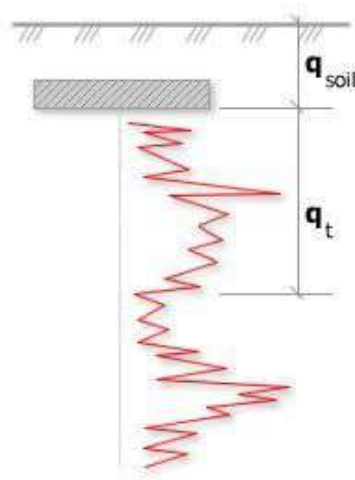
Cone Operator: Geoservizi

Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus**Location: Mezzana-Via Toniolo****Calculation parameters**Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus

Location: Mezzana-Via Toniolo



Bearing Capacity calculation is performed based on the formula:

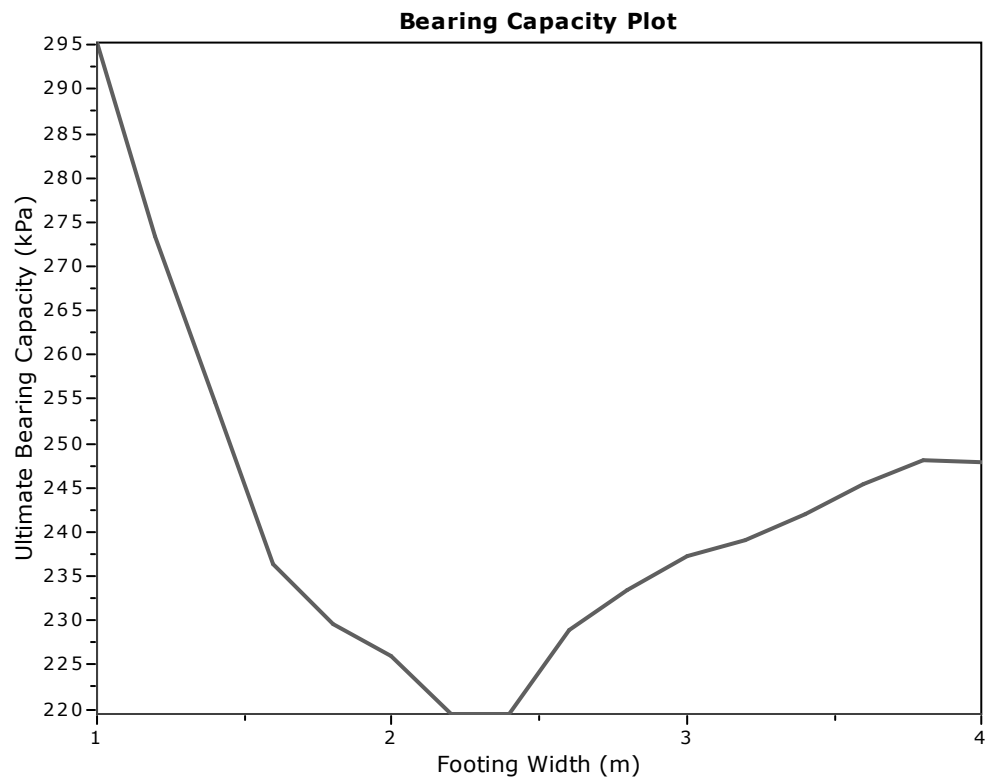
$$Q_{ult} = R_k \times q_t + q_{soil}$$

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	1.43	0.20	9.50	295.29
2	1.20	0.50	2.30	1.32	0.20	9.50	273.44
3	1.40	0.50	2.60	1.23	0.20	9.50	254.76
4	1.60	0.50	2.90	1.13	0.20	9.50	236.38
5	1.80	0.50	3.20	1.10	0.20	9.50	229.69
6	2.00	0.50	3.50	1.08	0.20	9.50	225.92
7	2.20	0.50	3.80	1.05	0.20	9.50	219.53
8	2.40	0.50	4.10	1.05	0.20	9.50	219.44
9	2.60	0.50	4.40	1.10	0.20	9.50	228.99
10	2.80	0.50	4.70	1.12	0.20	9.50	233.44
11	3.00	0.50	5.00	1.14	0.20	9.50	237.27
12	3.20	0.50	5.30	1.15	0.20	9.50	239.01
13	3.40	0.50	5.60	1.16	0.20	9.50	241.98
14	3.60	0.50	5.90	1.18	0.20	9.50	245.45
15	3.80	0.50	6.20	1.19	0.20	9.50	248.18
16	4.00	0.50	6.50	1.19	0.20	9.50	247.94

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/m³) ::

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

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 (%) ::

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

:: State Parameter, ψ ::

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

:: Peak drained friction angle, ϕ (°) ::

$$\phi = 17.60 + 11 \cdot \log(Q_{tn})$$

(applicable only to $SBT_n: 5, 6, 7 \text{ and } 8$)

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

If $I_c > 2.20$

$$a = 14 \text{ for } Q_{tn} > 14$$

$$a = Q_{tn} \text{ for } Q_{tn} \leq 14$$

$$M_{CPT} = a \cdot (q_t - \sigma_v)$$

If $I_c \leq 2.20$

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

:: 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 $SBT_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9$ or $I_c > I_{c_cutoff}$)

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

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

:: 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 $SBT_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9$ or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: In situ Stress Ratio, K_0 ::

$$K_0 = 0.1 \cdot \left(\frac{q_t - \sigma_v}{\sigma'_{vo}} \right)$$

(applicable only to $SBT_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9$ or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Soil Sensitivity, S_t ::

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

(applicable only to $SBT_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9$ or $I_c > I_{c_cutoff}$)

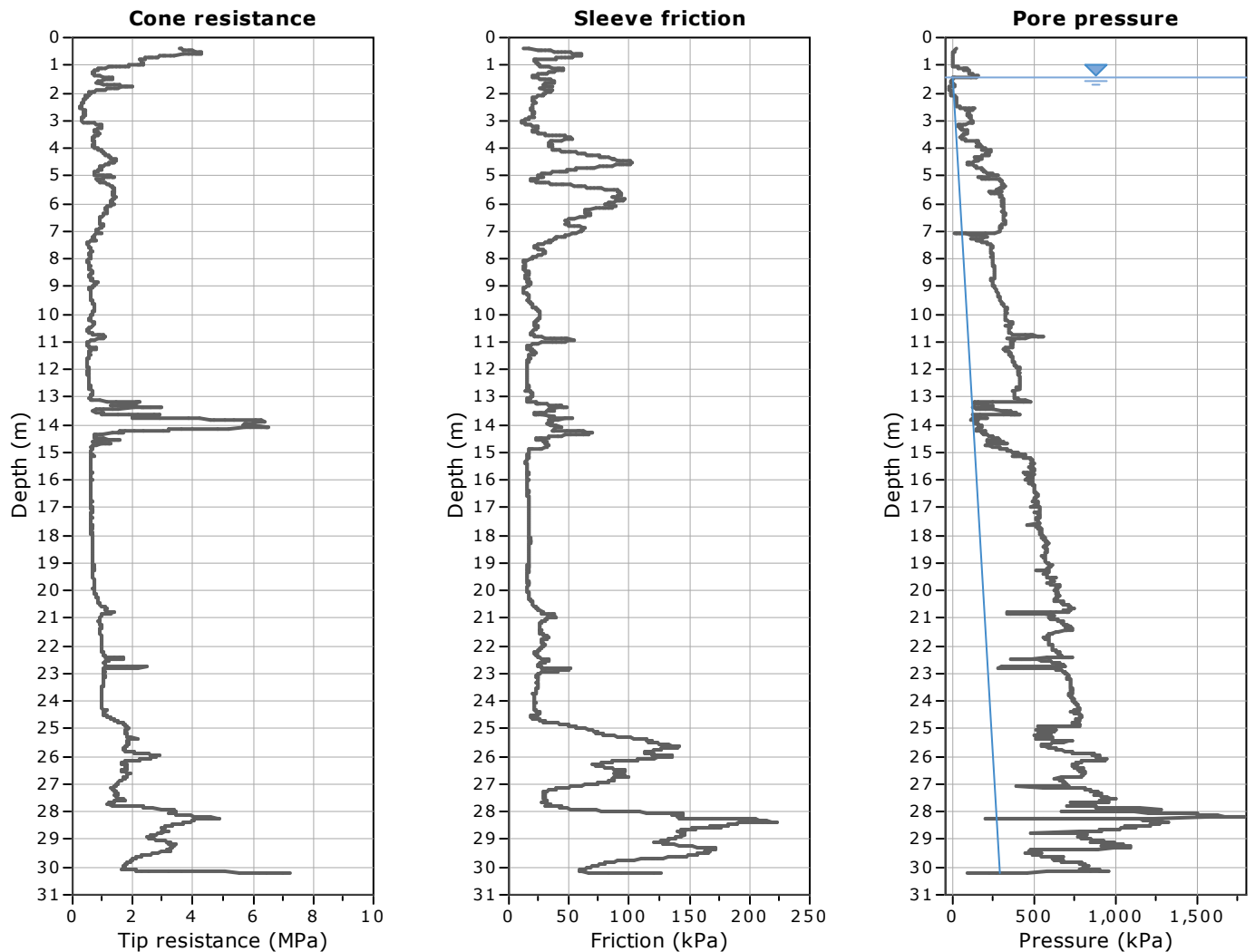
:: Effective Stress Friction Angle, ϕ' (°) ::

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

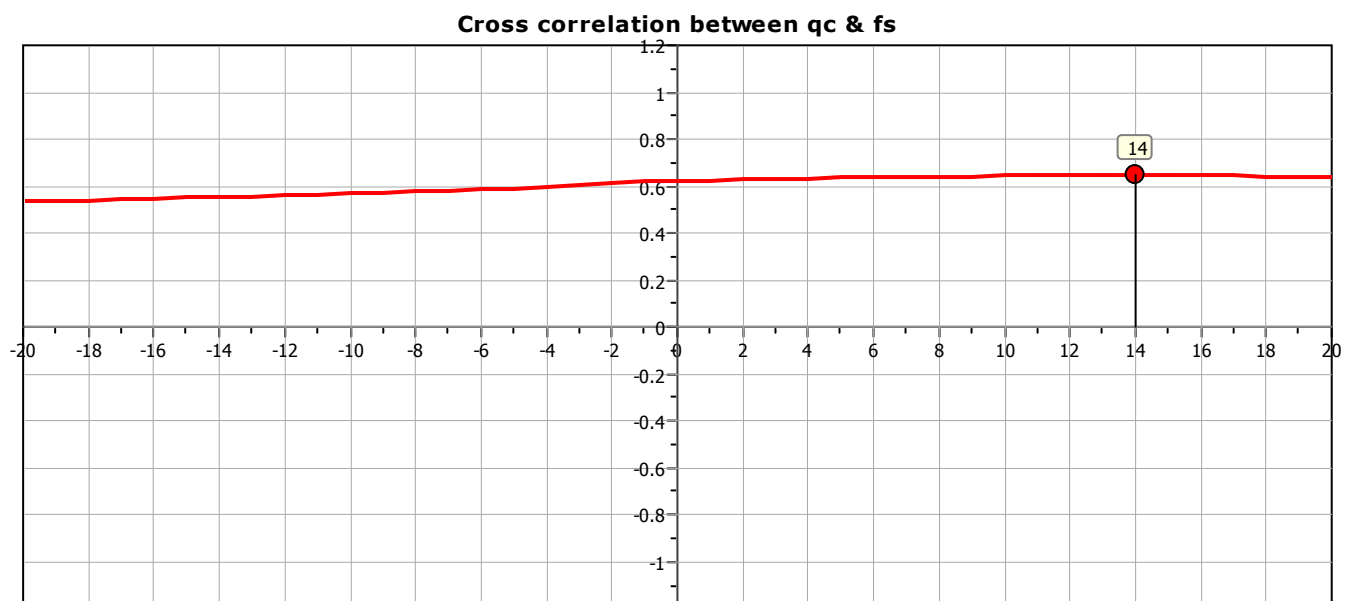
(applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)

References

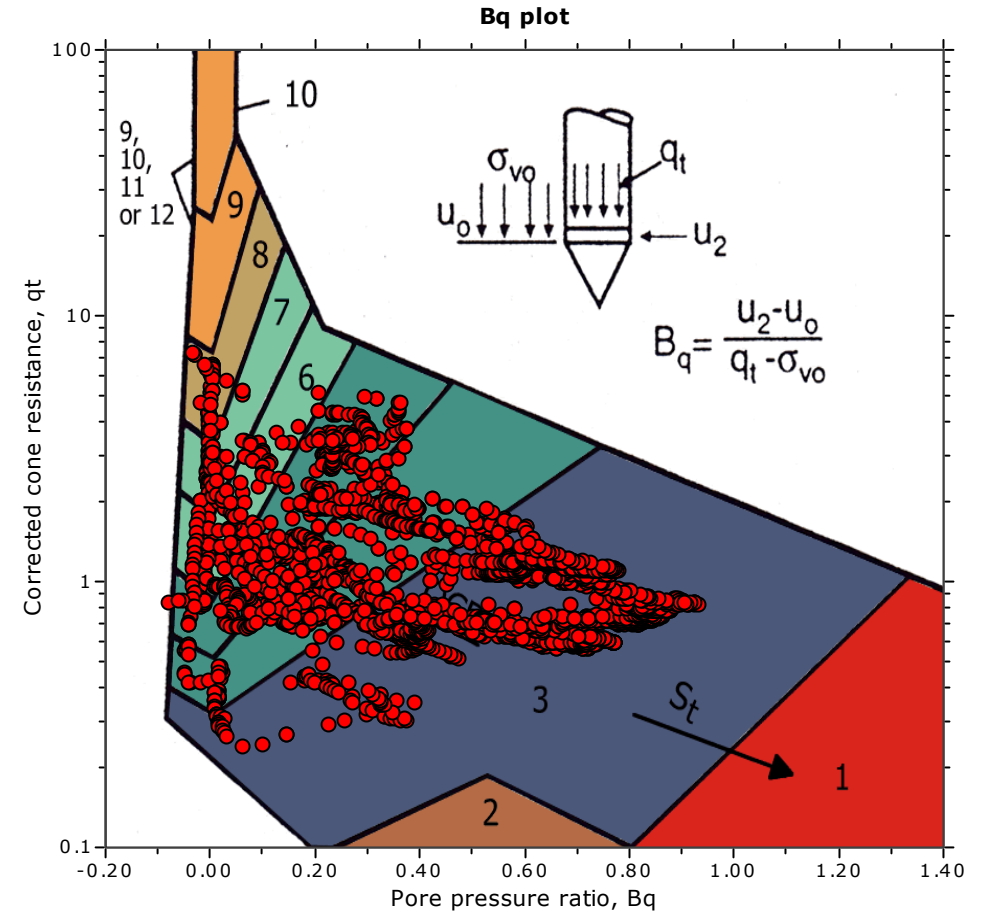
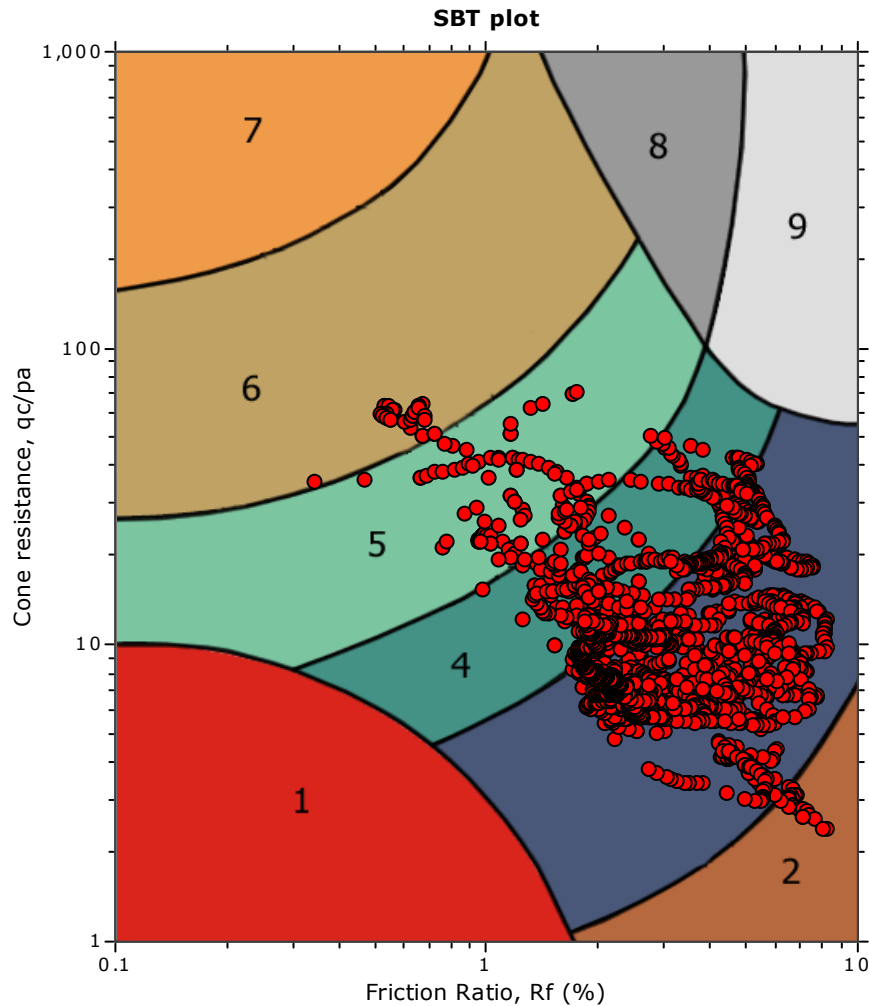
- Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 4th Edition, July 2010
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)



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).



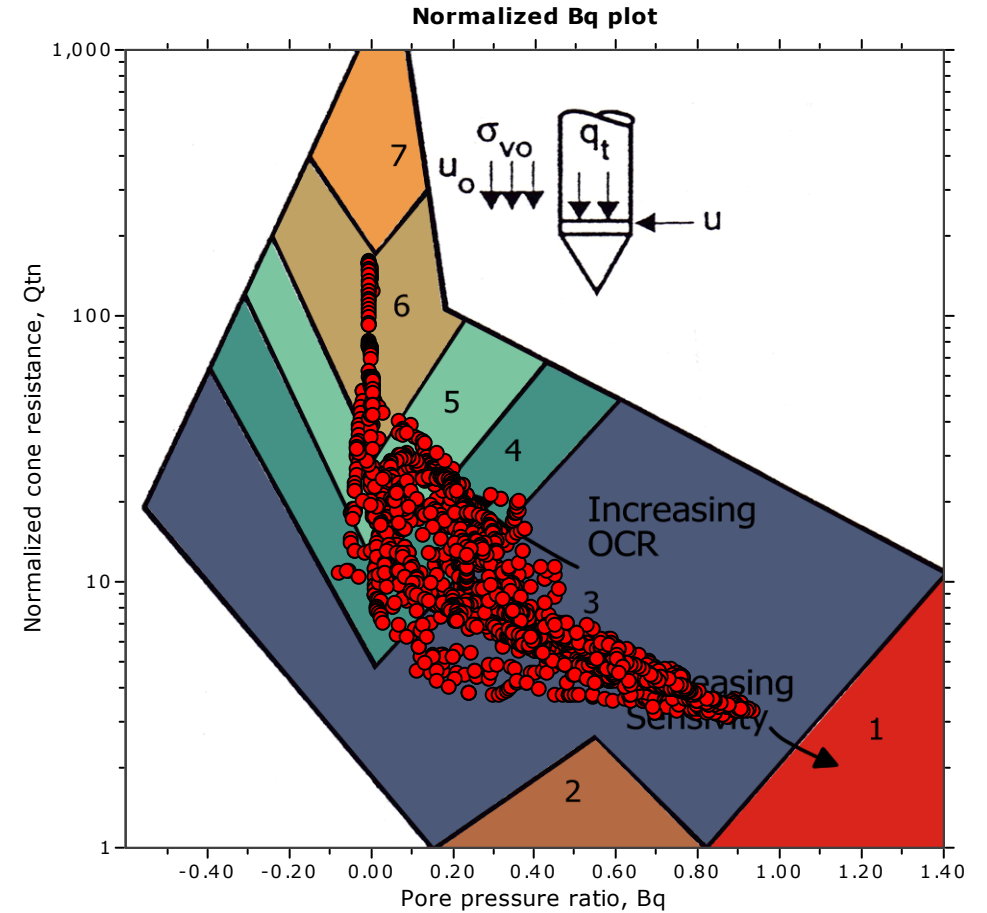
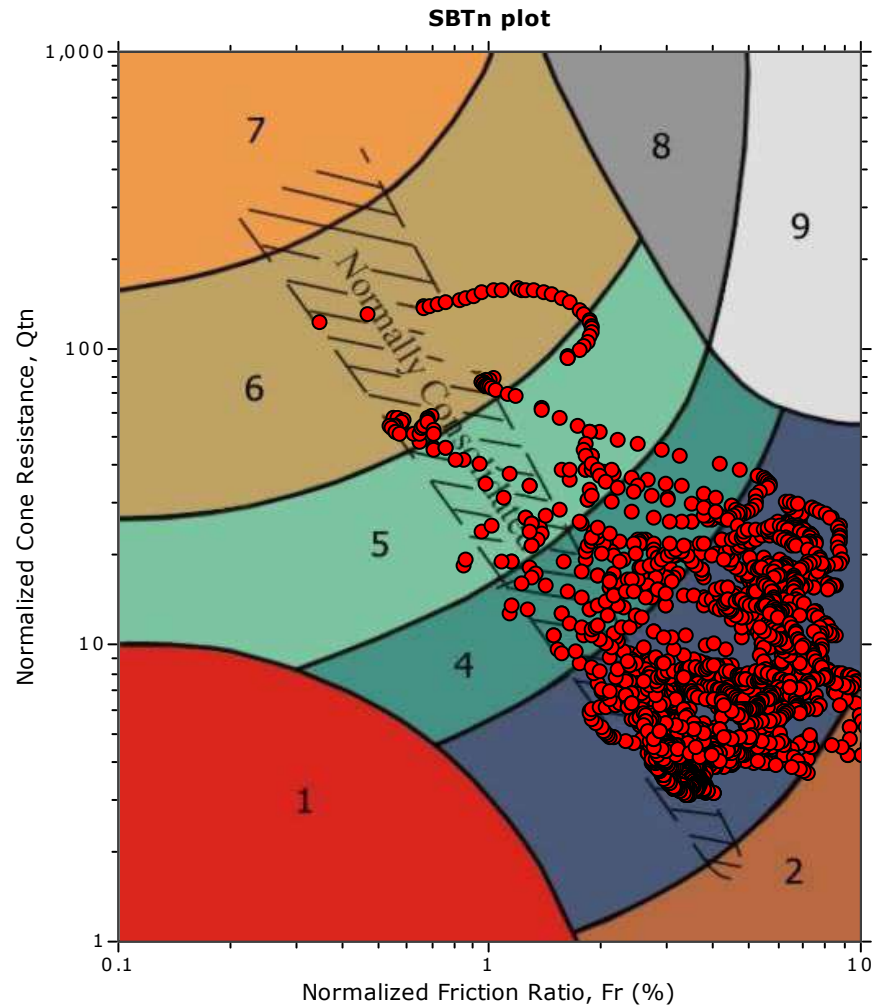
SBT - Bq plots



SBT legend

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

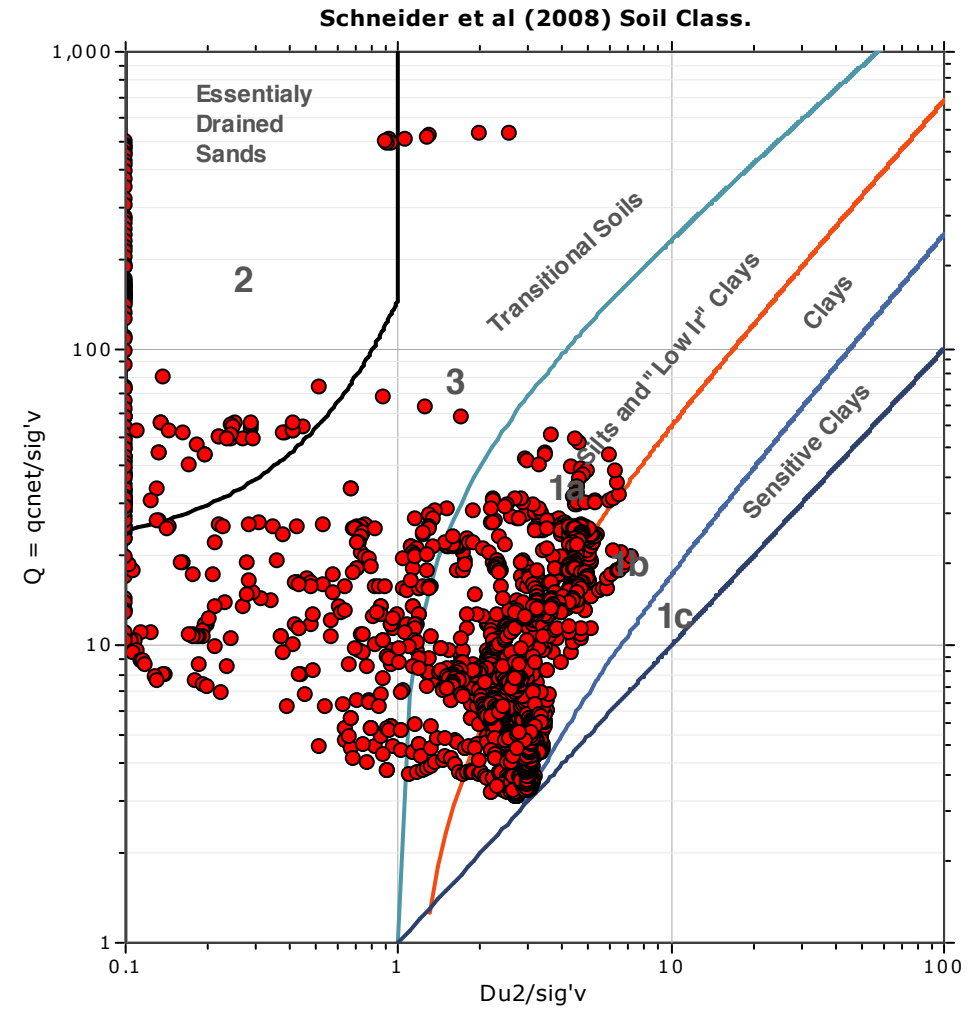
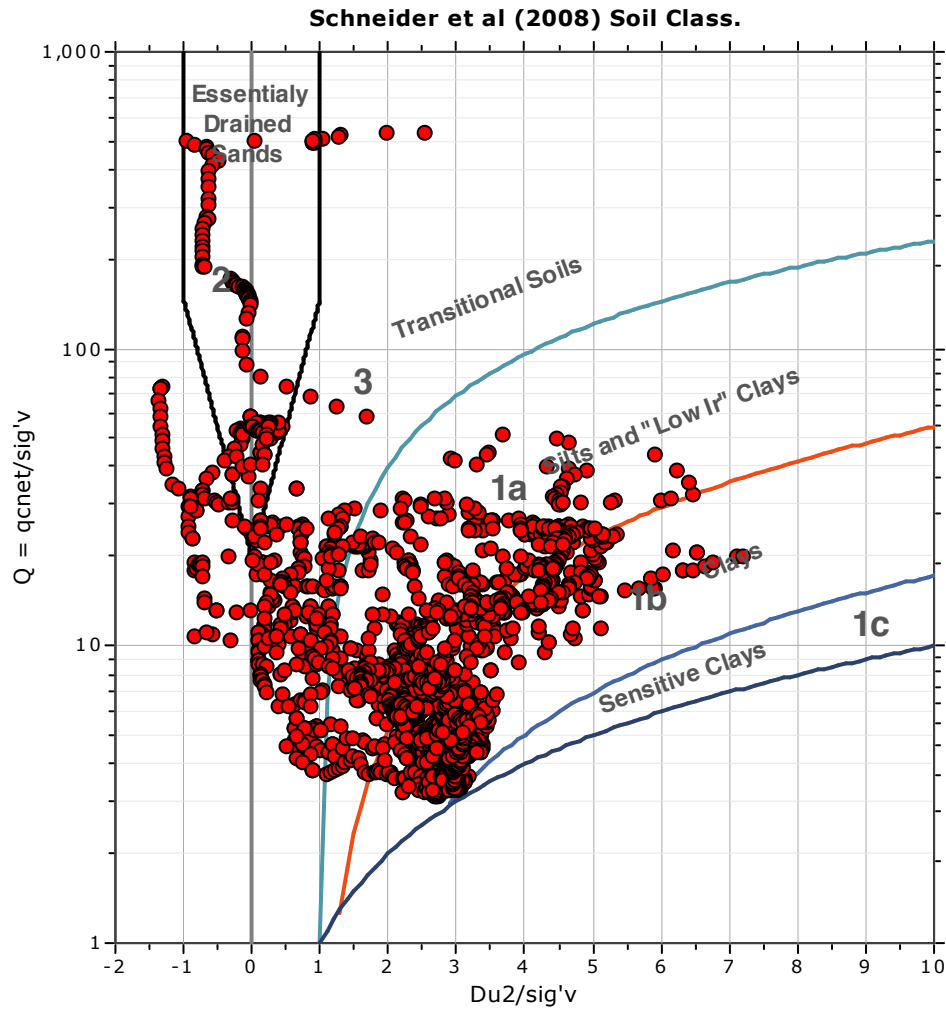
SBT - Bq plots (normalized)

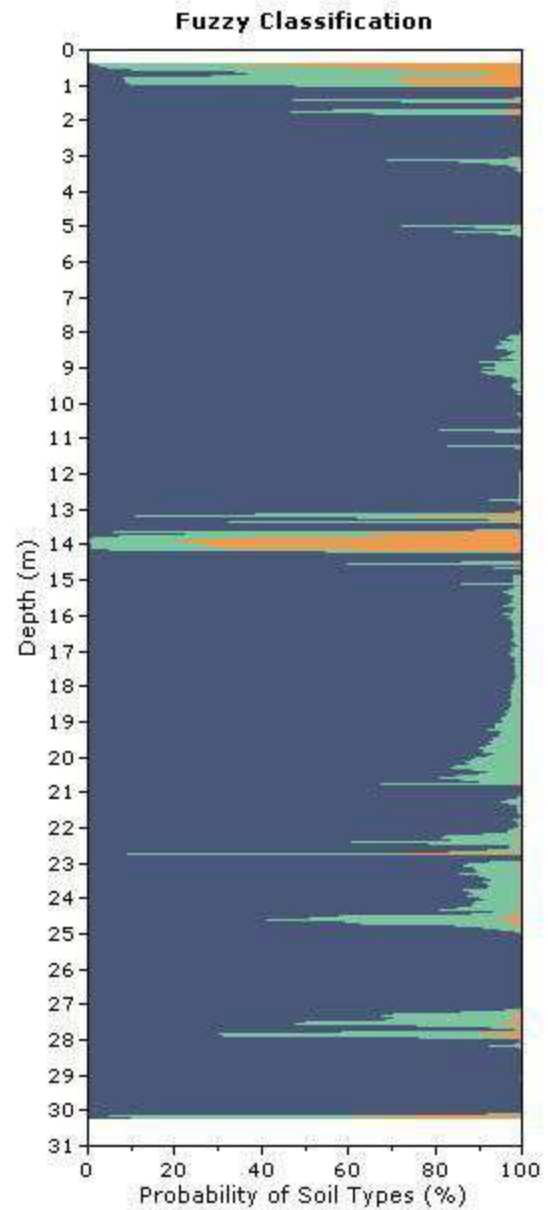
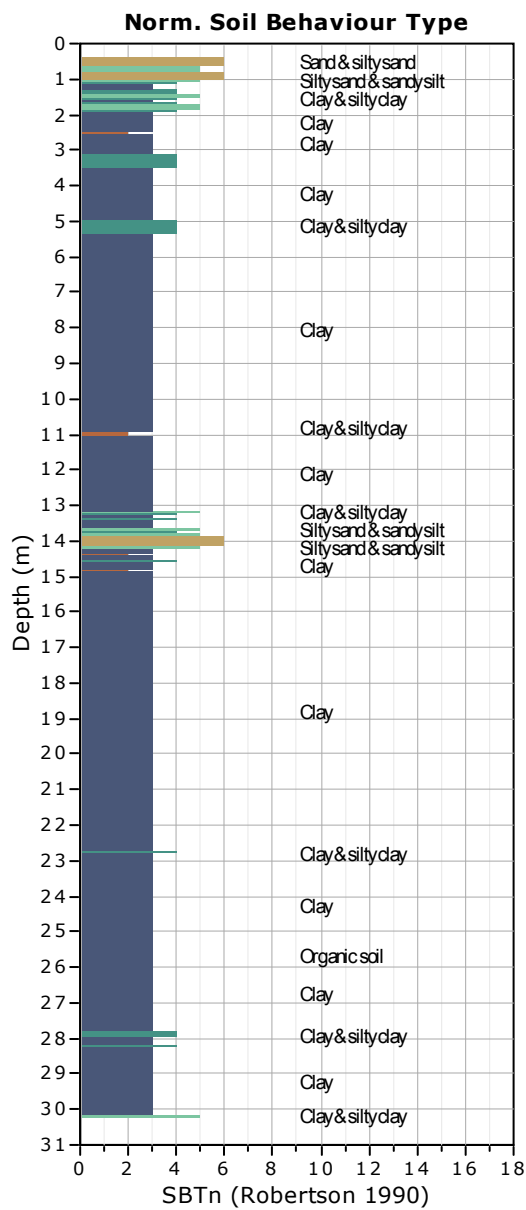


SBTn legend

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

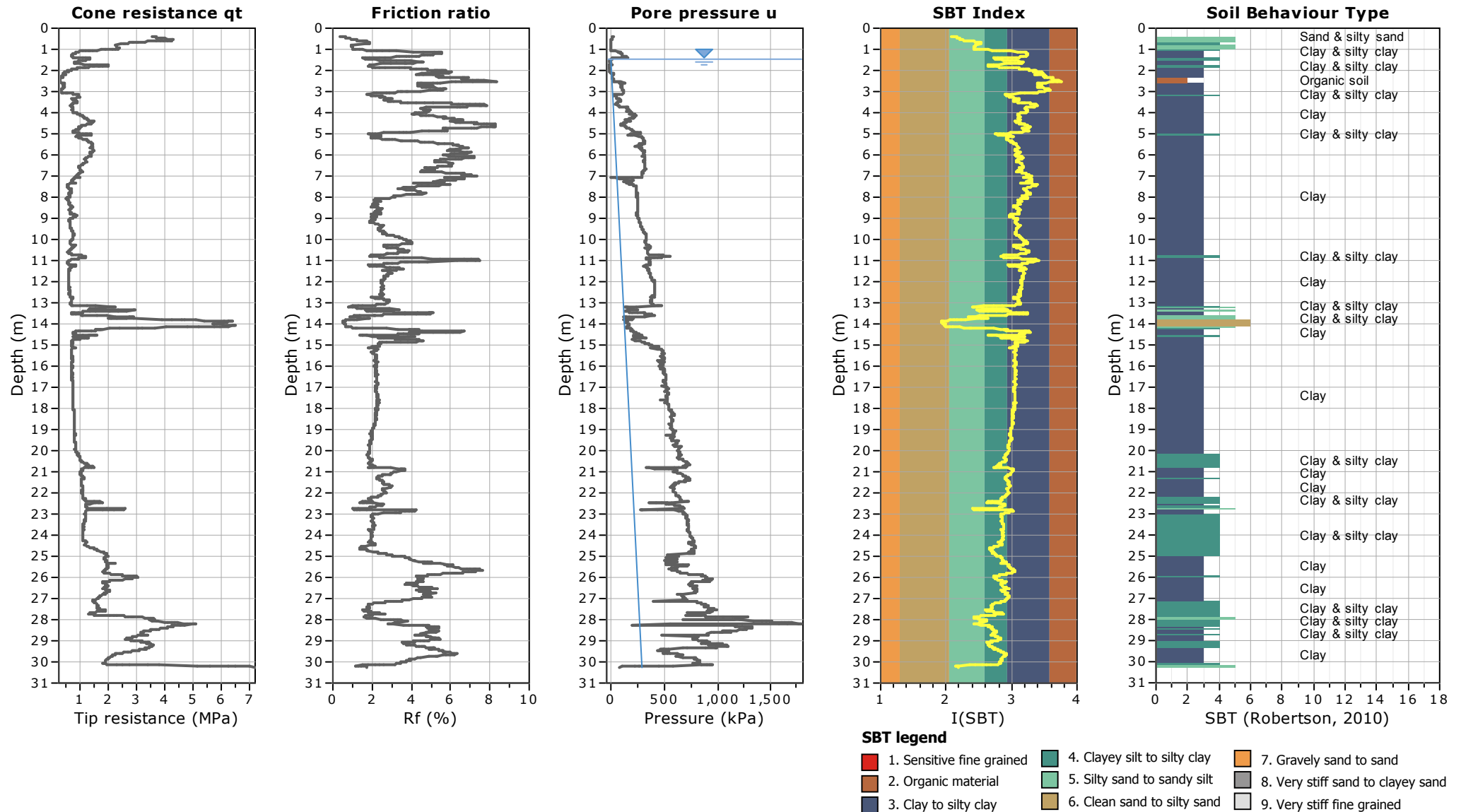
Bq plots (Schneider)





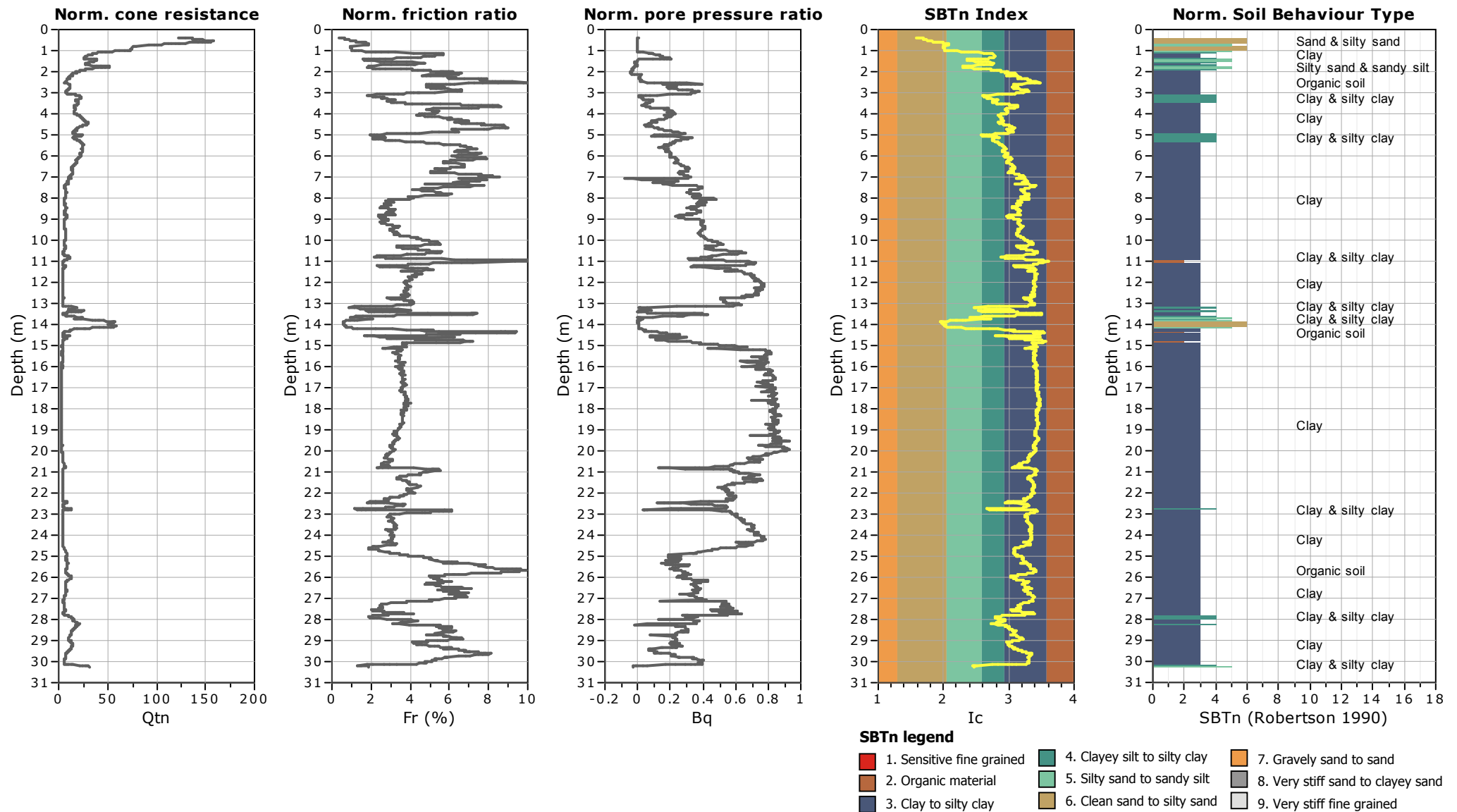
Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus

Location: Mezzana-Via Toniolo



Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus

Location: Mezzana-Via Toniolo



GEOSERVIZI SNC

Via E.Calabresi-56121 Montacchiello (PI)

Cell.339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

CPT: CPTU 3

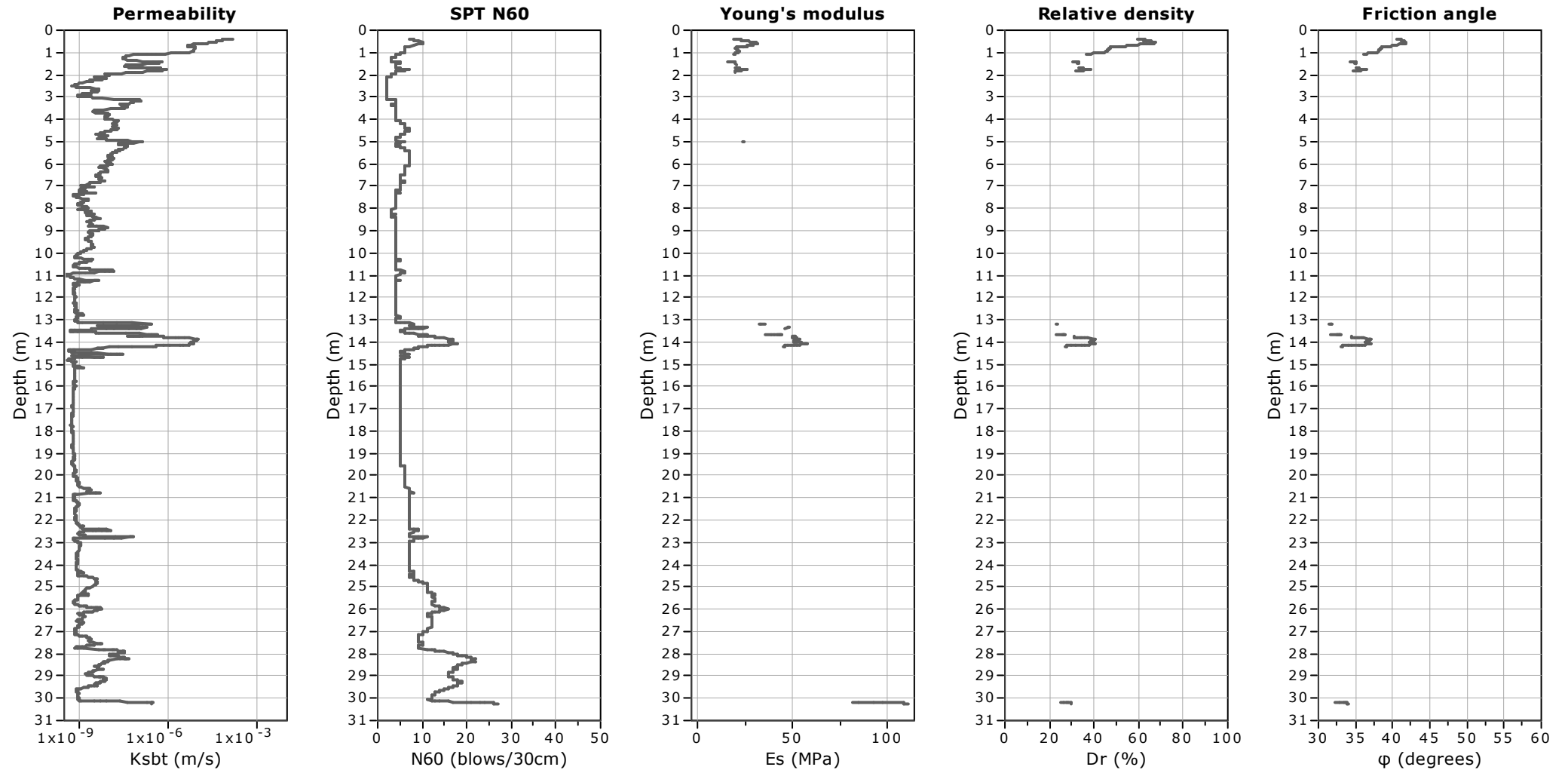
Total depth: 30.24 m, Date: 29/05/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Pagani

Cone Operator: Geoservizi

Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus**Location: Mezzana-Via Toniolo****Calculation parameters**Permeability: Based on SBT_n SPT N_{60} : Based on I_c and q_t Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhavy & Mayne (1990)

—●— User defined estimation data

GEOSERVIZI SNC

Via E.Calabresi-56121 Montacchiello (PI)

Cell.339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

CPT: CPTU 3

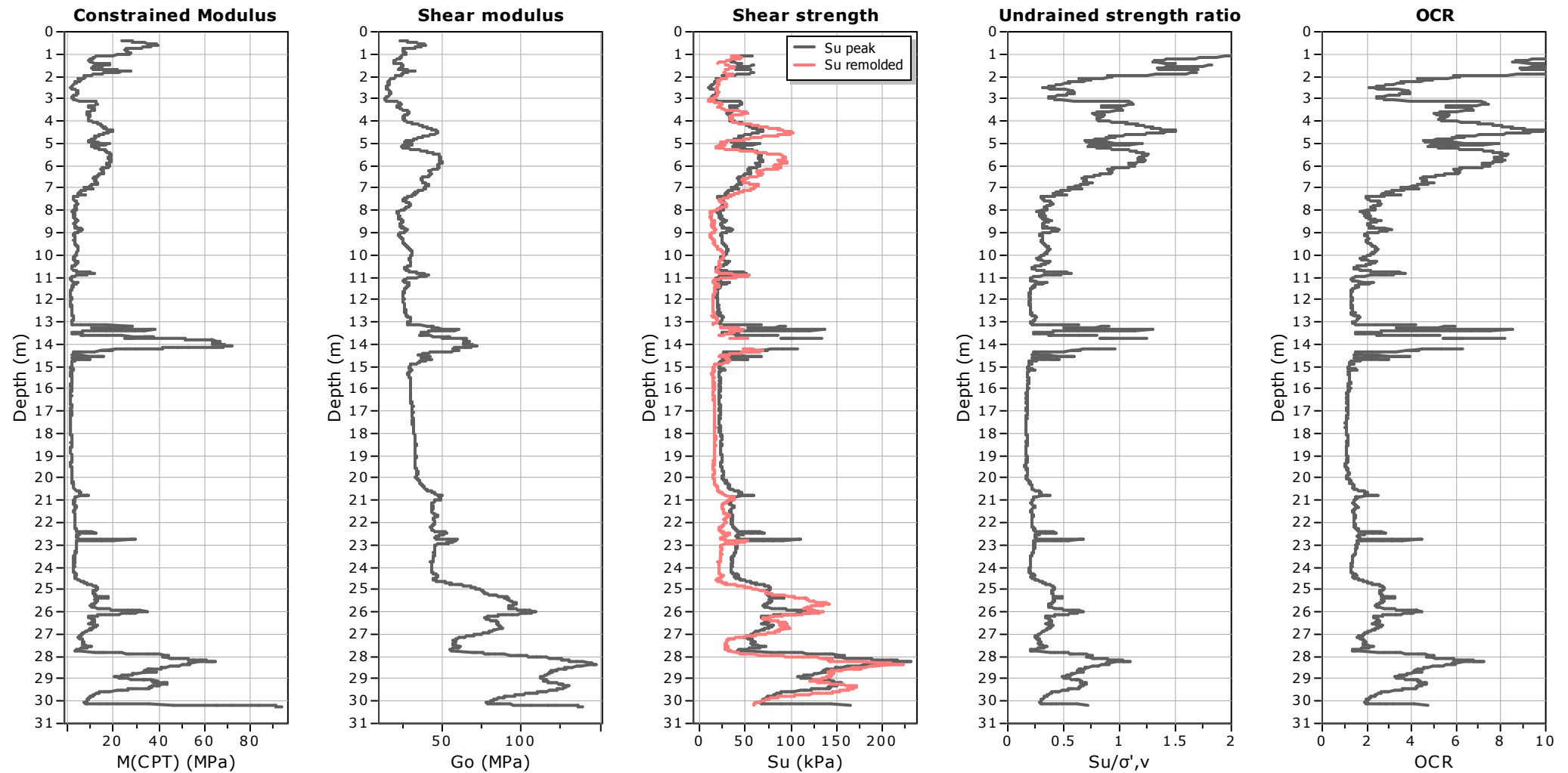
Total depth: 30.24 m, Date: 29/05/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Pagani

Cone Operator: Geoservizi

Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus**Location: Mezzana-Via Toniolo****Calculation parameters**Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 20OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● User defined estimation data

GEOSERVIZI SNC

Via E.Calabresi-56121 Montacchiello (PI)

Cell.339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

CPT: CPTU 3

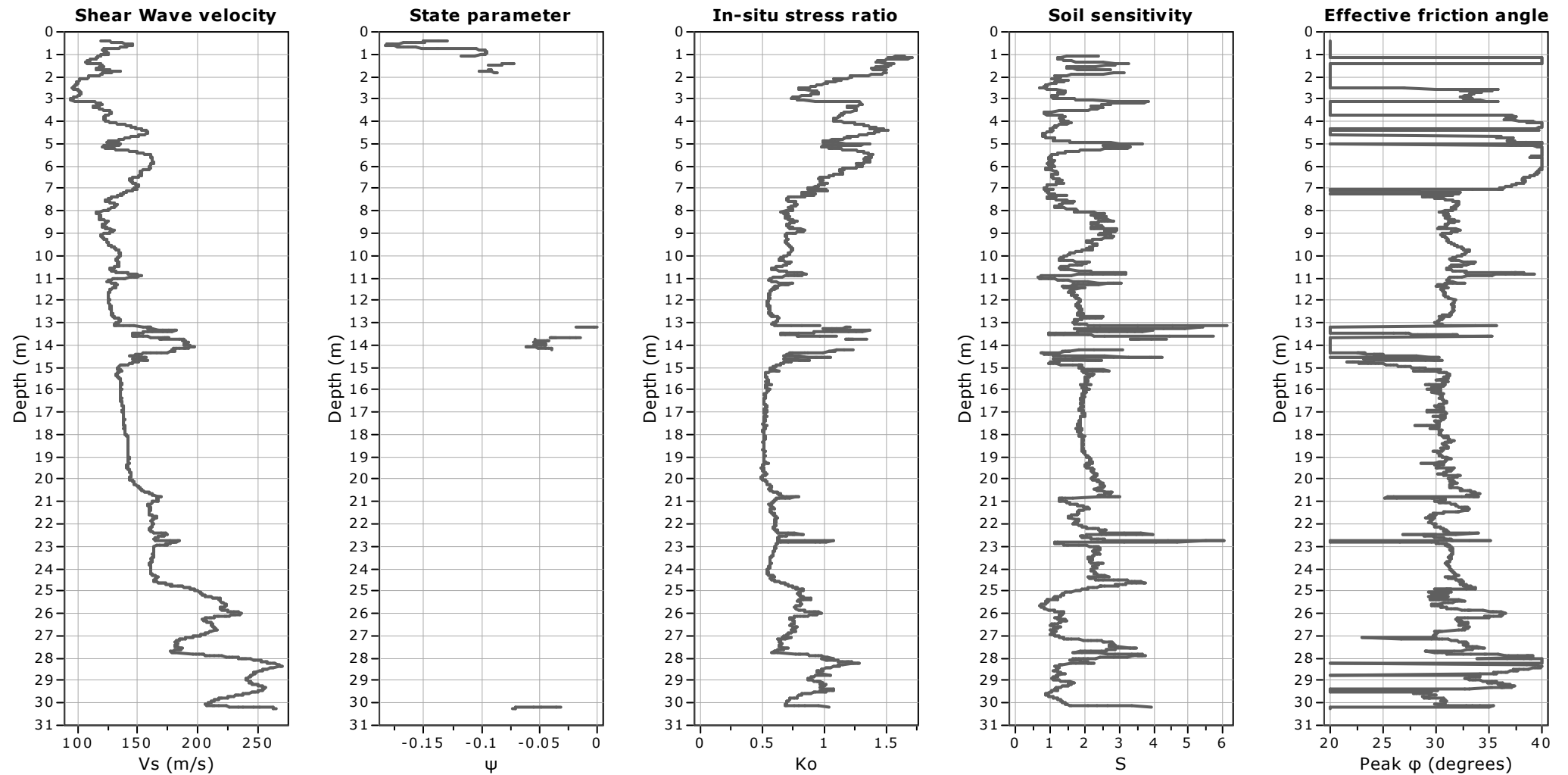
Total depth: 30.24 m, Date: 29/05/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Pagani

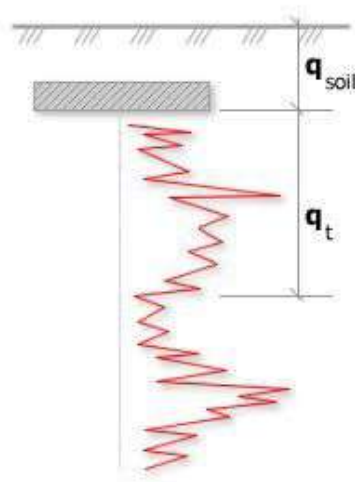
Cone Operator: Geoservizi

Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus**Location: Mezzana-Via Toniolo****Calculation parameters**Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

—●— User defined estimation data

Project: Fond.ne Casa Cardinale Maffi Onlus

Location: Mezzana-Via Toniolo



Bearing Capacity calculation is performed based on the formula:

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

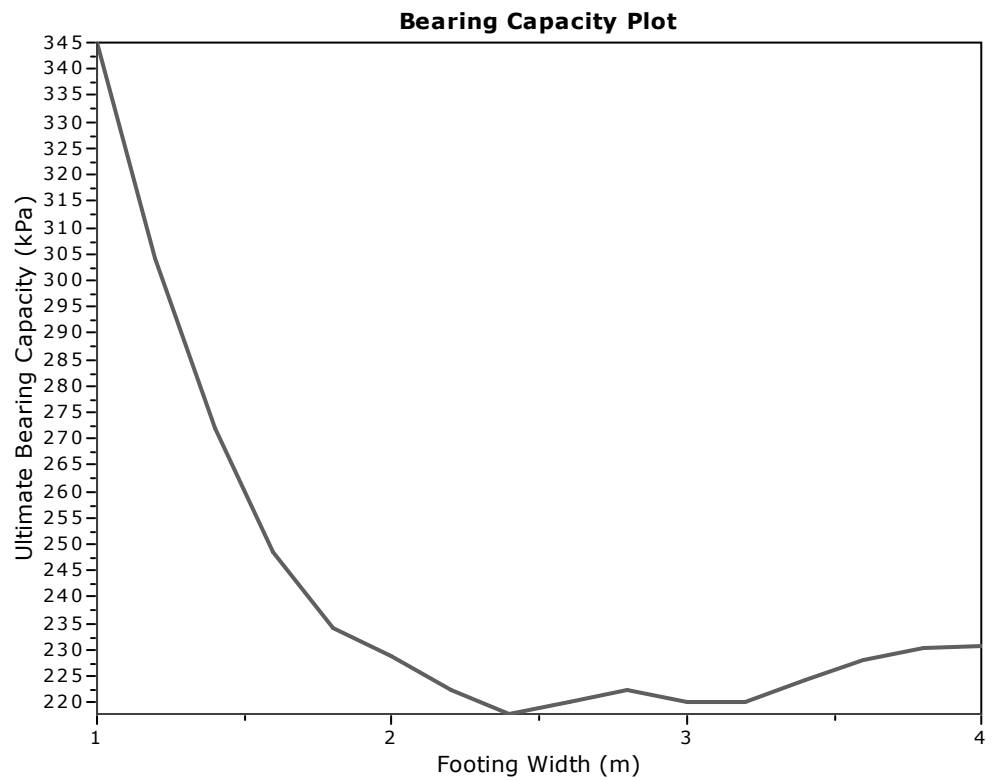
where:

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	1.68	0.20	9.50	345.04
2	1.20	0.50	2.30	1.47	0.20	9.50	304.19
3	1.40	0.50	2.60	1.31	0.20	9.50	271.89
4	1.60	0.50	2.90	1.19	0.20	9.50	248.37
5	1.80	0.50	3.20	1.12	0.20	9.50	234.12
6	2.00	0.50	3.50	1.10	0.20	9.50	228.85
7	2.20	0.50	3.80	1.06	0.20	9.50	222.19
8	2.40	0.50	4.10	1.04	0.20	9.50	217.77
9	2.60	0.50	4.40	1.05	0.20	9.50	219.90
10	2.80	0.50	4.70	1.06	0.20	9.50	222.39
11	3.00	0.50	5.00	1.05	0.20	9.50	220.05
12	3.20	0.50	5.30	1.05	0.20	9.50	220.18
13	3.40	0.50	5.60	1.07	0.20	9.50	224.03
14	3.60	0.50	5.90	1.09	0.20	9.50	227.87
15	3.80	0.50	6.20	1.10	0.20	9.50	230.12
16	4.00	0.50	6.50	1.11	0.20	9.50	230.50

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/m³) ::

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

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 (%) ::

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

:: State Parameter, ψ ::

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

:: Peak drained friction angle, ϕ (°) ::

$$\phi = 17.60 + 11 \cdot \log(Q_{tn})$$

(applicable only to $SBT_n: 5, 6, 7 \text{ and } 8$)

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

If $I_c > 2.20$

$$a = 14 \text{ for } Q_{tn} > 14$$

$$a = Q_{tn} \text{ for } Q_{tn} \leq 14$$

$$M_{CPT} = a \cdot (q_t - \sigma_v)$$

If $I_c \leq 2.20$

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

:: 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 $SBT_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9$ or $I_c > I_{c_cutoff}$)

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

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

:: 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 $SBT_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9$ or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: In situ Stress Ratio, K_0 ::

$$K_0 = 0.1 \cdot \left(\frac{q_t - \sigma_v}{\sigma'_{vo}} \right)$$

(applicable only to $SBT_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9$ or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Soil Sensitivity, S_t ::

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

(applicable only to $SBT_n: 1, 2, 3, 4 \text{ and } 9$ or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Effective Stress Friction Angle, ϕ' (°) ::

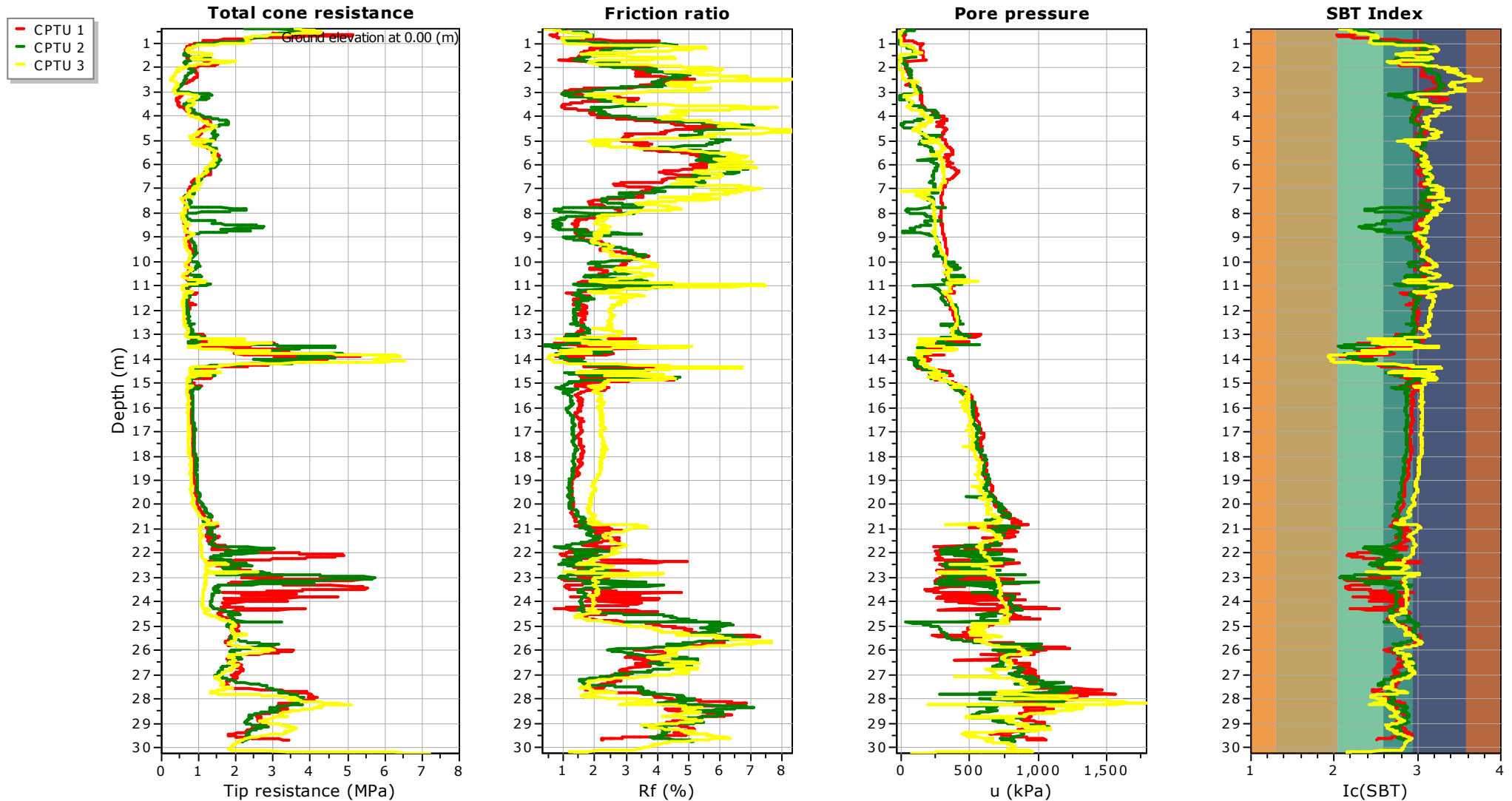
$$\phi' = 29.5^\circ \cdot B_q^{0.121} \cdot (0.256 + 0.336 \cdot B_q + \log Q_t)$$

(applicable for $0.10 < B_q < 1.00$)

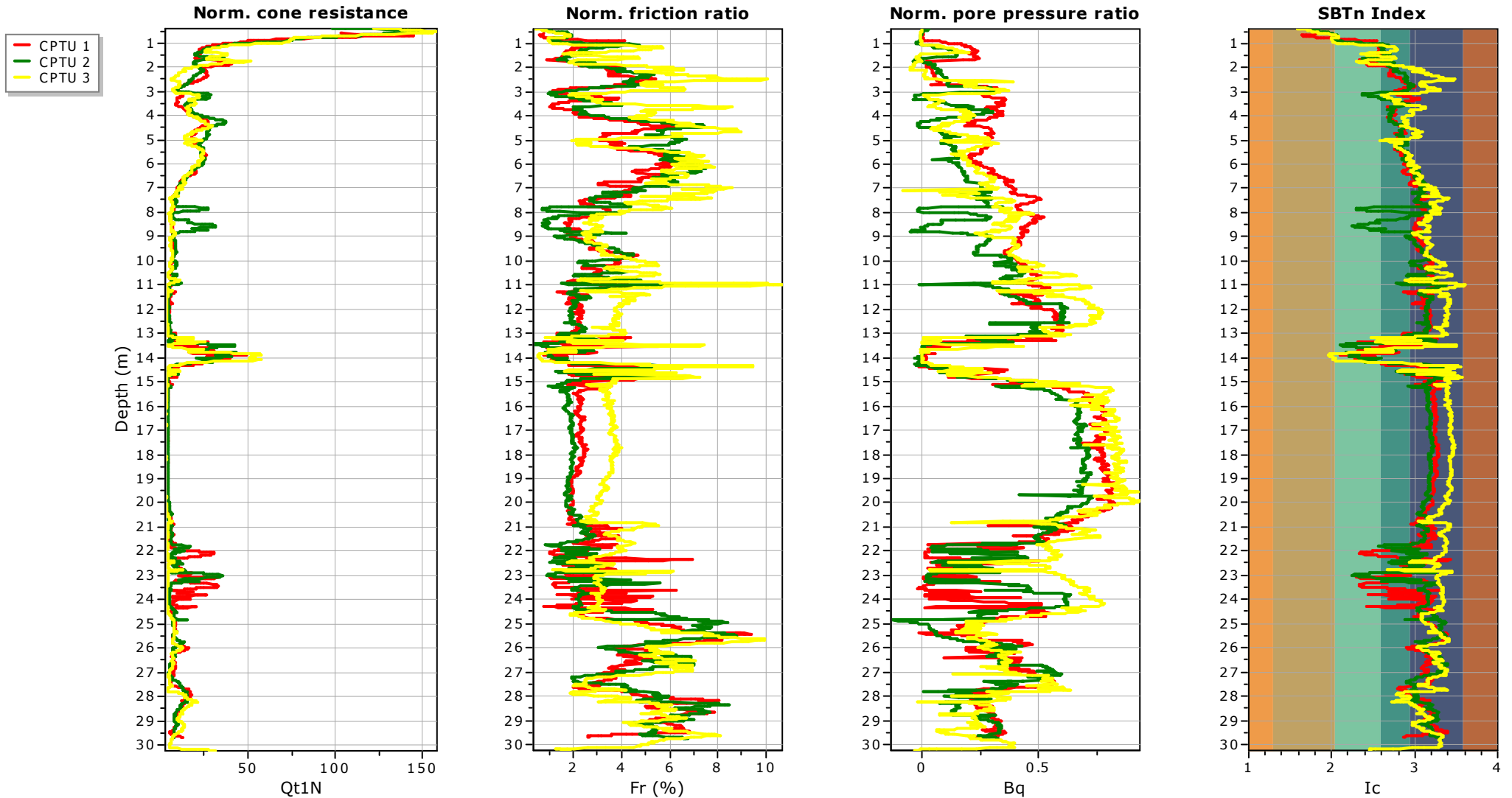
References

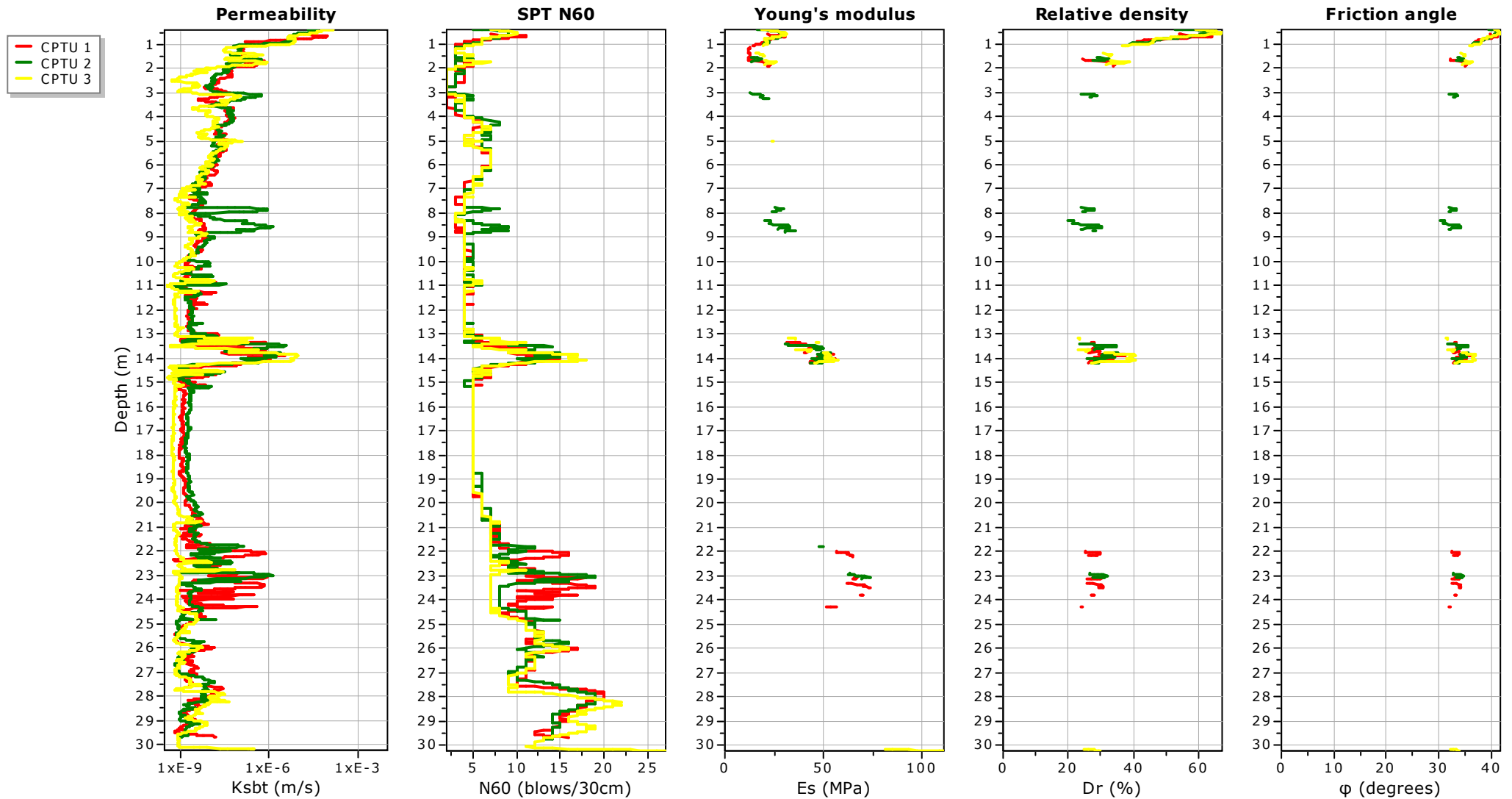
- Robertson, P.K., Cabal K.L., Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering, Gregg Drilling & Testing, Inc., 4th Edition, July 2010
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337–1355 (2009)

Overlay basic interpretation plots

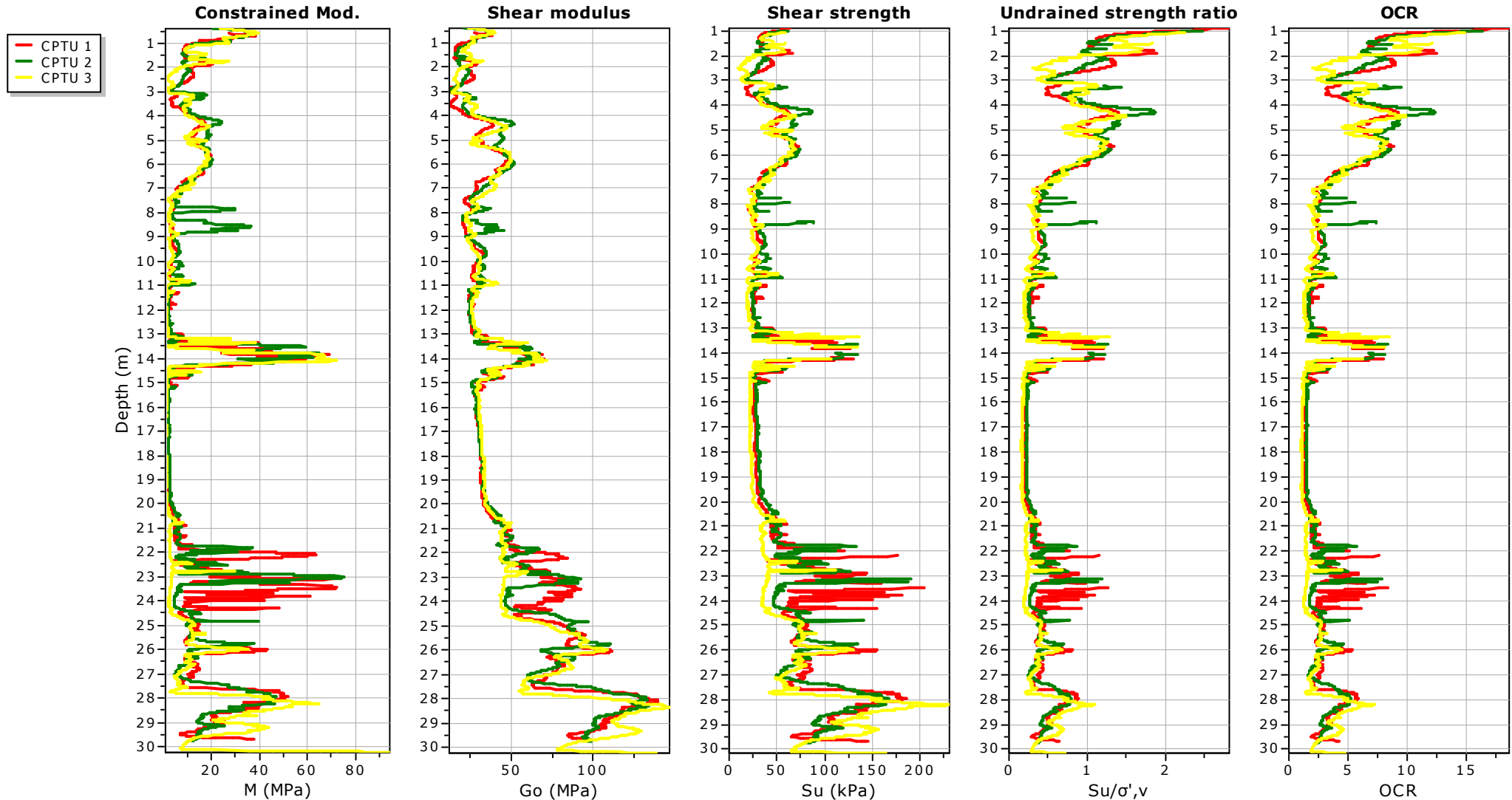


Normalized basic plots

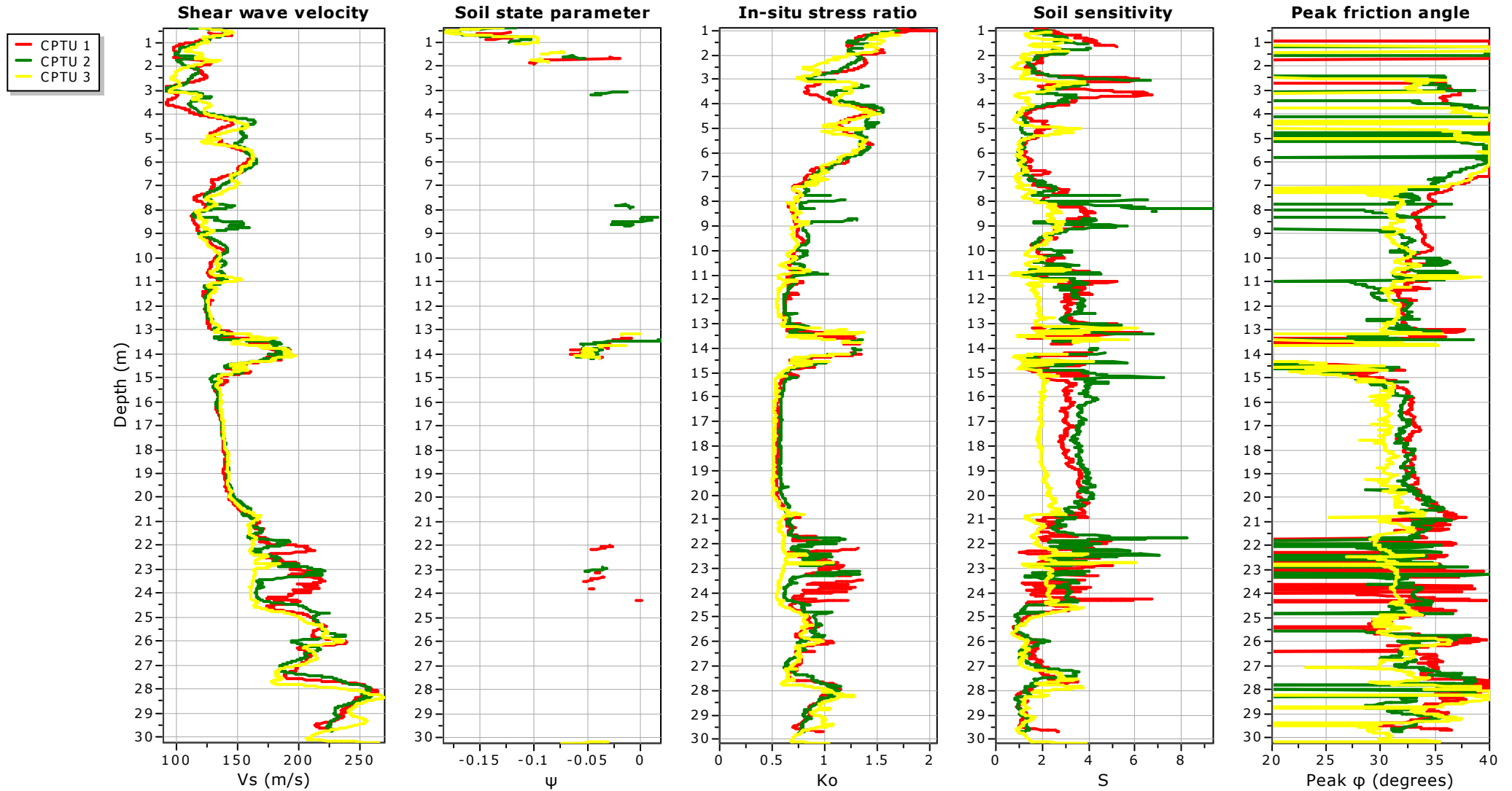


Overlay estimation plots (1)

Overlay estimation plots (2)



Overlay estimation plots (3)





GEOSERVIZI S.N.C. di Cosco e Spadaro

Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)

Cell. 339-1344492

geoservizipisa@gmail.com

PROVA PENETROMETRICA STATICA

ELABORAZIONE NUMERICA DEI RISULTATI

Committente: Fond.ne Cardinale Maffi Onlus
Località: Mezzana
Cantiere: Via Toniolo
Data: 27/5/20
N. prove: 2


Caratteristiche del sistema

Penetrometro statico TG 73 200KN Pagani
Punta meccanica tipo "Begemann"
Diametro = 35,7 mm; Angolo di apertura = 60°
Ap=10 cm²; At=20 cm²; Am=150 cm²
Velocità di avanzamento = 2 cm/sec
peso aste interne: 0,130 Kg
passo di lettura: 20 cm


LEGENDA

#####	aot	argilla organica e/o torba	Qc	Resistenza alla Punta (Kg/cm ²)
=====	a	argilla	Fs	Attrito laterale unitario (Kg/cm ²)
=====	al	argilla limosa	Qc/Fs	Rapporto Begemann
~~~~~	l	limo	Rt	Spinta totale (rivest.+punta)
~~~~~	sl	sabbia e limo	$\gamma$	Peso di volume
~~~~~	ss	sabbia sciolta	$\sigma'_{vo}$	Pressione verticale efficace
~~~~~	sm	sabbia mediamente addensata	$\phi$	Angolo di attrito interno
~~~~~	sdg	sabbia densa e/o ghiaia	Dr	Densità relativa
*****	rip	riporto	Cu	Coesione non drenata
			m _v	Coeff. di compressibilità volum.

# TABELLA DATI DI CAMPAGNA

<div>  <p> <b>prove totali:</b> 2  <b>Prova numero:</b> 1  <b>Committente:</b> Fond.ne Cardinale Maffi Onlus  <b>Località:</b> Mezzana  <b>Cantiere:</b> Via Toniolo  <b>Data:</b> 27/5/20  <b>profondità massima:</b> 20  <b>quota falda:</b> 1,44  <b>quota piano campagna:</b> </p> </div>			
<div> <p> <b>certificato num:</b> 71/2020 </p> </div>			
PROF.	punta	punta+manicotto	Rt
0,2			11
0,4			20
0,6	20	24	38
0,8	28	40	47
1	21	31	48
1,2	10	22	38
1,4	11	16	19
1,6	12	18	20
1,8	13	19	29
2	11	17	22
2,2	8	17	25
2,4	10	16	25
2,6	8	17	27
2,8	6	13	27
3	4	10	27
3,2	5	10	29
3,4	7	11	32
3,6	6	12	34
3,8	8	13	40
4	11	16	45
4,2	14	21	65
4,4	22	35	85
4,6	22	41	91
4,8	21	39	110
5	21	39	128
5,2	19	36	135
5,4	13	28	140
5,6	17	25	160
5,8	20	34	171
6	19	36	188
6,2	17	32	199
6,4	16	29	208
6,6	13	27	223
6,8	14	25	230
7	11	23	238
7,2	11	22	241
7,4	9	18	249
7,6	7	16	252
7,8	6	11	266
8	5	11	272
8,2	8	13	275
8,4	5	11	274
8,6	5	8	163
8,8	5	7	258
9	4	7	258
9,2	3	8	255
9,4	6	10	252
9,6	9	14	256
9,8	8	15	260
10	7	14	262

# TABELLA DATI DI CAMPAGNA

 <p> <b>prove totali:</b> 2  <b>Prova numero:</b> 1  <b>Committente:</b> Fond.ne Cardinale Maffi Onlus  <b>Località:</b> Mezzana  <b>Cantiere:</b> Via Toniolo  <b>Data:</b> 27/5/20  <b>profondità massima:</b> 20  <b>quota falda:</b> 1,44  <b>quota piano campagna:</b> </p>			
<p> <b>certificato num:</b> 71/2020         </p>			
PROF.	punta	punta+manicotto	Rt
10,2	8	15	261
10,4	5	11	262
10,6	5	9	259
10,8	9	12	259
11	4	11	259
11,2	4	8	257
11,4	4	8	245
11,6	5	9	231
11,8	4	9	231
12	3	8	220
12,2	3	8	226
12,4	3	8	230
12,6	4	8	235
12,8	3	8	237
13	4	10	232
13,2	4	10	237
13,4	7	13	238
13,6	4	9	241
13,8	24	32	288
14	53	73	278
14,2	42	58	274
14,4	12	23	261
14,6	5	9	257
14,8	6	11	252
15	4	12	254
15,2	3	8	259
15,4	4	8	266
15,6	4	8	267
15,8	4	8	269
16	4	8	266
16,2	3	8	262
16,4	4	8	251
16,6	4	8	256
16,8	3	8	249
17	3	8	253
17,2	3	9	266
17,4	3	9	272
17,6	4	9	268
17,8	3	9	272
18	3	8	269
18,2	3	8	270
18,4	4	10	281
18,6	4	9	285
18,8	4	8	285
19	4	9	286
19,2	4	9	290
19,4	4	10	291
19,6	5	10	294
19,8	5	10	298
20	5	10	231



**GEOSERVIZI S. N. C.**  
di Cosco e Spadaro  
Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)  
Cell. 339-1344492  
geoservizipisa@gmail.com

Prova numero: 1

Data: 27/5/20

Committente: Fond.ne Cardinale Maffei Onlus

Località: Mezzana

Cantiere: Via Toniolo

Profondità massima: 20,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 1,4 m dal p.c.

parametri geotecnici stimati												
Prof.	Qc	Fs	Qc/Fs	Rt	$\gamma$	$\sigma'_{vo}$	$\phi$	Dr	Cu	m _v	Colonna	lito_
[metri]	[Kg/cm ² ]	[Kg/cm ² ]		[Kg]	[Kg/dmc]	[Kg/cm ² ]	[gradi]	[%]	[Kg/cm ² ]	[cm ² /t]	stratig.	logia
0,2				121	1,80	0,04	-	-	-	-	non ril.	
0,4				211	1,80	0,07	-	-	-	-	non ril.	
0,6	21,1	0,27	79	391	1,71	0,11	40	65	-	15,8		sm
0,8	29,3	0,80	37	483	1,75	0,14	28	-	-	11,4		sl
1	22,3	0,67	33	493	1,71	0,18	27	-	-	15,0		sl
1,2	11,3	0,80	14	393	1,54	0,21	-	-	0,44	32,9	#####	aot
1,4	12,3	0,33	37	203	1,66	0,24	-	-	0,48	19,6	~~~~~	l
1,6	13,3	0,40	33	213	1,91	0,26	-	-	0,52	20,4	=====	al
1,8	14,4	0,40	36	304	1,67	0,27	-	-	0,56	18,1	~~~~~	l
2	12,4	0,40	31	234	1,91	0,29	-	-	0,48	20,9	=====	al
2,2	9,4	0,60	16	264	1,87	0,31	-	-	0,36	24,3	=====	a
2,4	11,4	0,40	28	264	1,90	0,32	-	-	0,44	21,8	=====	al
2,6	9,4	0,60	16	284	1,87	0,34	-	-	0,36	24,3	=====	a
2,8	7,5	0,47	16	285	1,51	0,35	-	-	0,29	44,0	#####	aot
3	5,5	0,40	14	285	1,49	0,36	-	-	0,21	55,2	#####	aot
3,2	6,5	0,33	20	305	1,73	0,38	-	-	0,25	31,3	=====	a
3,4	8,5	0,27	32	335	1,83	0,39	-	-	0,33	25,8	=====	al
3,6	7,5	0,40	19	355	1,78	0,41	-	-	0,28	28,2	=====	a
3,8	9,7	0,33	29	417	1,88	0,43	-	-	0,37	23,9	=====	al
4	12,7	0,33	38	467	1,66	0,44	-	-	0,49	19,3	~~~~~	l
4,2	15,7	0,47	34	667	1,68	0,45	-	-	0,61	17,5	~~~~~	l
4,4	23,7	0,87	27	867	1,93	0,47	-	-	0,93	16,9	=====	al
4,6	23,7	1,27	19	927	1,93	0,49	-	-	0,93	16,9	=====	a
4,8	22,8	1,20	19	1118	1,93	0,51	-	-	0,89	17,6	=====	a
5	22,8	1,20	19	1298	1,93	0,53	-	-	0,89	17,6	=====	a
5,2	20,8	1,13	18	1368	1,92	0,55	-	-	0,81	19,2	=====	a
5,4	14,8	1,00	15	1418	1,91	0,56	-	-	0,57	19,7	=====	a
5,6	18,8	0,53	35	1618	1,69	0,58	-	-	0,73	16,7	~~~~~	l
5,8	21,9	0,93	23	1729	1,93	0,60	-	-	0,85	18,3	=====	a
6	20,9	1,13	18	1899	1,92	0,61	-	-	0,81	19,1	=====	a
6,2	18,9	1,00	19	2009	1,92	0,63	-	-	0,73	19,6	=====	a
6,4	17,9	0,87	21	2099	1,92	0,65	-	-	0,69	19,4	=====	a
6,6	14,9	0,93	16	2249	1,91	0,67	-	-	0,57	19,7	=====	a
6,8	16,0	0,73	22	2320	1,91	0,69	-	-	0,61	19,5	=====	a
7	13,0	0,80	16	2400	1,91	0,71	-	-	0,49	20,5	=====	a
7,2	13,0	0,73	18	2430	1,91	0,72	-	-	0,49	20,5	=====	a
7,4	11,0	0,60	18	2510	1,90	0,74	-	-	0,41	22,1	=====	a
7,6	9,0	0,60	15	2540	1,52	0,75	-	-	0,33	39,2	#####	aot
7,8	8,2	0,33	25	2682	1,81	0,77	-	-	0,30	26,6	=====	a
8	7,2	0,40	18	2742	1,76	0,78	-	-	0,26	29,2	=====	a
8,2	10,2	0,33	31	2772	1,90	0,80	-	-	0,37	23,1	=====	al
8,4	7,2	0,40	18	2762	1,76	0,82	-	-	0,25	29,2	=====	a
8,6	7,2	0,20	36	1652	1,76	0,83	-	-	0,25	29,2	=====	al
8,8	7,3	0,13	55	2603	1,64	0,85	28	2	-	45,7		ss
9	6,3	0,20	32	2603	1,72	0,86	-	-	0,22	32,2	=====	al
9,2	5,3	0,33	16	2573	1,48	0,87	-	-	0,18	57,0	#####	aot
9,4	8,3	0,27	31	2543	1,82	0,89	-	-	0,30	26,3	=====	al
9,6	11,3	0,33	34	2583	1,90	0,90	-	-	0,42	21,9	=====	al
9,8	10,4	0,47	22	2624	1,90	0,92	-	-	0,38	22,8	=====	a
10	9,4	0,47	20	2644	1,87	0,94	-	-	0,34	24,2	=====	a





**GEOSERVIZI S.N.C.**  
di Cosco e Spadaro  
Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)  
Cell. 339-1344492  
geoservizipisa@gmail.com

Prova numero: 1

Data: 27/5/20

Committente: Fond.ne Cardinale Maffei Onlus

Località: Mezzana

Cantiere: Via Toniolo

Profondità massima: 20,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 1,4 m dal p.c.

parametri geotecnici stimati												
Prof.	Qc	Fs	Qc/Fs	Rt	$\gamma$	$\sigma'_{vo}$	$\phi$	Dr	Cu	m _v	Colonna	lito_
[metri]	[Kg/cmq]	[Kg/cmq]		[Kgf]	[Kg/dmc]	[Kg/cmq]	[gradi]	[%]	[Kg/cmq]	[cmq/t]	stratig.	logia
10,2	10,4	0,47	22	2634	1,90	0,96	-	-	0,38	22,8	=====	a
10,4	7,4	0,40	19	2644	1,77	0,97	-	-	0,26	28,4	=====	a
10,6	7,4	0,27	28	2614	1,77	0,99	-	-	0,26	28,4	=====	al
10,8	11,6	0,20	58	2616	1,66	1,00	28	2	-	28,8	=====	ss
11	6,6	0,47	14	2616	1,50	1,01	-	-	0,22	48,4	#####	aot
11,2	6,6	0,27	25	2596	1,73	1,03	-	-	0,22	31,2	=====	a
11,4	6,6	0,27	25	2476	1,73	1,04	-	-	0,22	31,2	=====	a
11,6	7,6	0,27	28	2336	1,78	1,06	-	-	0,26	28,1	=====	al
11,8	6,7	0,33	20	2337	1,73	1,07	-	-	0,22	30,7	=====	a
12	5,7	0,33	17	2227	1,49	1,08	-	-	0,18	53,9	#####	aot
12,2	5,7	0,33	17	2287	1,49	1,09	-	-	0,18	53,9	#####	aot
12,4	5,7	0,33	17	2327	1,49	1,10	-	-	0,18	53,9	#####	aot
12,6	6,7	0,27	25	2377	1,73	1,11	-	-	0,22	30,7	=====	a
12,8	5,8	0,33	17	2398	1,49	1,12	-	-	0,19	53,0	#####	aot
13	6,8	0,40	17	2348	1,74	1,14	-	-	0,23	30,3	=====	a
13,2	6,8	0,40	17	2398	1,74	1,15	-	-	0,23	30,3	=====	a
13,4	9,8	0,40	25	2408	1,89	1,17	-	-	0,35	23,6	=====	a
13,6	6,8	0,33	20	2438	1,74	1,19	-	-	0,23	30,3	=====	a
13,8	27,0	0,53	51	2910	1,73	1,20	28	19	-	12,4	=====	sm
14	56,0	1,33	42	2810	1,88	1,22	31	-	-	6,0	=====	sl
14,2	45,0	1,07	42	2770	1,82	1,23	30	-	-	7,4	=====	sl
14,4	15,0	0,73	20	2640	1,91	1,25	-	-	0,55	19,7	=====	a
14,6	8,0	0,27	30	2600	1,80	1,27	-	-	0,27	27,1	=====	al
14,8	9,1	0,33	27	2551	1,85	1,29	-	-	0,31	24,8	=====	al
15	7,1	0,53	13	2571	1,50	1,30	-	-	0,23	45,9	#####	aot
15,2	6,1	0,33	18	2621	1,70	1,31	-	-	0,19	33,1	=====	a
15,4	7,1	0,27	27	2691	1,75	1,33	-	-	0,23	29,4	=====	a
15,6	7,1	0,27	27	2701	1,75	1,34	-	-	0,23	29,4	=====	a
15,8	7,2	0,27	27	2722	1,76	1,36	-	-	0,23	29,1	=====	a
16	7,2	0,27	27	2692	1,76	1,37	-	-	0,23	29,1	=====	a
16,2	6,2	0,33	19	2652	1,71	1,38	-	-	0,19	32,5	=====	a
16,4	7,2	0,27	27	2542	1,76	1,40	-	-	0,23	29,1	=====	a
16,6	7,2	0,27	27	2592	1,76	1,42	-	-	0,23	29,1	=====	a
16,8	6,3	0,33	19	2523	1,72	1,43	-	-	0,20	32,0	=====	a
17	6,3	0,33	19	2563	1,72	1,44	-	-	0,20	32,0	=====	a
17,2	6,3	0,40	16	2693	1,49	1,45	-	-	0,20	49,7	#####	aot
17,4	6,3	0,40	16	2753	1,49	1,46	-	-	0,20	49,7	#####	aot
17,6	7,3	0,33	22	2713	1,77	1,48	-	-	0,23	28,7	=====	a
17,8	6,5	0,40	16	2755	1,49	1,49	-	-	0,20	48,9	#####	aot
18	6,5	0,33	19	2725	1,72	1,50	-	-	0,20	31,5	=====	a
18,2	6,5	0,33	19	2735	1,72	1,52	-	-	0,20	31,5	=====	a
18,4	7,5	0,40	19	2845	1,77	1,53	-	-	0,24	28,3	=====	a
18,6	7,5	0,33	22	2885	1,77	1,55	-	-	0,24	28,3	=====	a
18,8	7,6	0,27	29	2886	1,78	1,56	-	-	0,24	28,0	=====	al
19	7,6	0,33	23	2896	1,78	1,58	-	-	0,24	28,0	=====	a
19,2	7,6	0,33	23	2936	1,78	1,60	-	-	0,24	28,0	=====	a
19,4	7,6	0,40	19	2946	1,78	1,61	-	-	0,24	28,0	=====	a
19,6	8,6	0,33	26	2976	1,83	1,63	-	-	0,28	25,7	=====	a
19,8	8,7	0,33	26	3017	1,84	1,64	-	-	0,28	25,4	=====	a
20	8,7	0,33	26	2347	1,84	1,66	-	-	0,28	25,4	=====	a



**GEOSERVIZI S.N.C.**

di Cosco e Spadaro

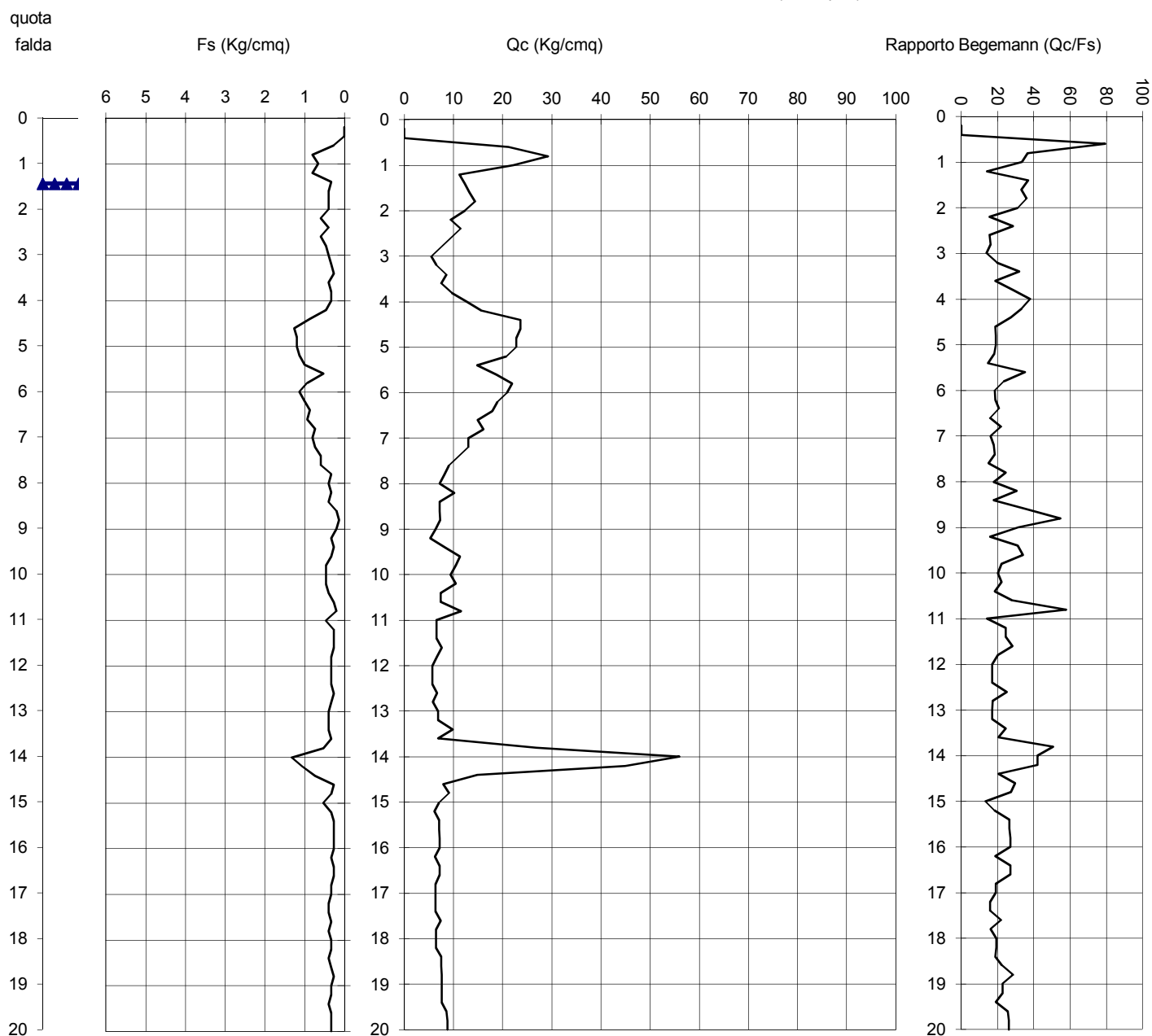
Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello(PI)

Cell. 339-1344492

Prova numero	1
Committente	Fond.ne Cardinale Maffi Onlus
Località	Mezzana
Cantiere	Via Toniolo
Data	27/5/20


Profondità massima (m): 20

Quota falda (m dal p.c.): 1,44




PENETROMETRO STATICO: TG 73 200 KN PAGANI

# TABELLA DATI DI CAMPAGNA

<div>  <p> <b>prove totali:</b> 2  <b>Prova numero:</b> 2  <b>Committente:</b> Fond.ne Cardinale Maffi Onlus  <b>Località:</b> Mezzana  <b>Cantiere:</b> Via Toniolo  <b>Data:</b> 27/5/20  <b>profondità massima:</b> 20  <b>quota falda:</b> 1,44  <b>quota piano campagna:</b> </p> </div>			
<div> <p> <b>certificato num:</b> 72/2020 </p> </div>			
PROF.	punta	punta+manicotto	Rt
0,2			18
0,4			30
0,6	27	30	40
0,8	24	32	46
1	17	28	40
1,2	7	19	23
1,4	6	15	22
1,6	8	14	15
1,8	6	11	15
2	5	10	14
2,2	6	11	14
2,4	7	11	16
2,6	6	13	18
2,8	6	12	17
3	4	10	16
3,2	5	11	28
3,4	6	8	24
3,6	8	10	30
3,8	10	17	31
4	11	19	36
4,2	14	21	43
4,4	16	20	52
4,6	5	12	61
4,8	11	27	64
5	9	18	67
5,2	9	18	73
5,4	13	21	63
5,6	16	28	95
5,8	17	27	102
6	16	33	112
6,2	13	30	120
6,4	17	26	130
6,6	1	30	141
6,8	14	26	156
7	10	22	160
7,2	7	18	162
7,4	5	13	160
7,6	3	9	163
7,8	5	10	166
8	5	12	169
8,2	5	12	168
8,4	5	11	168
8,6	7	9	166
8,8	4	9	170
9	5	7	169
9,2	5	9	171
9,4	6	12	173
9,6	7	14	184
9,8	8	12	183
10	8	16	184

# TABELLA DATI DI CAMPAGNA

 <p> <b>prove totali:</b> 2  <b>Prova numero:</b> 2  <b>Committente:</b> Fond.ne Cardinale Maffi Onlus  <b>Località:</b> Mezzana  <b>Cantiere:</b> Via Toniolo  <b>Data:</b> 27/5/20  <b>profondità massima:</b> 20  <b>quota falda:</b> 1,44  <b>quota piano campagna:</b> </p>			
<p> <b>certificato num:</b> 72/2020         </p>			
PROF.	punta	punta+manicotto	Rt
10,2	7	14	185
10,4	16	31	184
10,6	8	16	190
10,8	5	12	195
11	11	15	195
11,2	9	12	198
11,4	5	10	195
11,6	5	9	197
11,8	4	9	196
12	4	9	194
12,2	4	9	194
12,4	4	9	192
12,6	4	9	197
12,8	5	11	197
13	5	11	200
13,2	6	11	209
13,4	20	23	200
13,6	5	13	233
13,8	24	30	242
14	57	74	275
14,2	41	60	260
14,4	12	28	246
14,6	6	16	231
14,8	6	11	228
15	5	9	226
15,2	4	9	223
15,4	4	9	218
15,6	5	9	218
15,8	5	10	222
16	5	10	225
16,2	5	9	227
16,4	5	8	230
16,6	5	8	231
16,8	5	10	233
17	5	10	233
17,2	5	10	233
17,4	5	10	231
17,6	5	10	238
17,8	5	10	235
18	5	10	237
18,2	5	11	241
18,4	5	10	241
18,6	6	11	251
18,8	5	10	255
19	5	10	256
19,2	5	10	251
19,4	5	10	250
19,6	6	11	250
19,8	5	11	260
20	5	11	261



**GEOSERVIZI S. N. C.**  
di Cosco e Spadaro  
Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)  
Cell. 339-1344492  
geoservizipisa@gmail.com

Prova numero: 2

Data: 27/5/20

Committente: Fond.ne Cardinale Maffei Onlus

Località: Mezzana

Cantiere: Via Toniolo

Profondità massima: 20,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 1,4 m dal p.c.

parametri geotecnici stimati												
Prof.	Qc	Fs	Qc/Fs	Rt	$\gamma$	$\sigma'_{vo}$	$\phi$	Dr	Cu	m _v	Colonna	lito_
[metri]	[Kg/cmq]	[Kg/cmq]		[Kgf]	[Kg/dmc]	[Kg/cmq]	[gradi]	[%]	[Kg/cmq]	[cmq/t]	stratig.	logia
0,2				191	1,80	0,04	-	-	-	-	non ril.	
0,4				311	1,80	0,07	-	-	-	-	non ril.	
0,6	28,1	0,20	141	411	1,74	0,11	41	75	-	11,8		sm
0,8	25,3	0,53	47	473	1,73	0,14	28	-	-	13,2		sl
1	18,3	0,73	25	413	1,92	0,18	-	-	0,72	19,5		al
1,2	8,3	0,80	10	243	1,51	0,21	-	-	0,32	41,4		aot
1,4	7,3	0,60	12	233	1,50	0,24	-	-	0,28	45,1		aot
1,6	9,3	0,40	23	163	1,86	0,26	-	-	0,36	24,5		a
1,8	7,4	0,33	22	164	1,77	0,27	-	-	0,28	28,5		a
2	6,4	0,33	19	154	1,72	0,29	-	-	0,24	31,8		a
2,2	7,4	0,33	22	154	1,77	0,30	-	-	0,28	28,5		a
2,4	8,4	0,27	31	174	1,82	0,32	-	-	0,32	26,1		al
2,6	7,4	0,47	16	194	1,50	0,33	-	-	0,28	44,5		aot
2,8	7,5	0,40	19	185	1,78	0,34	-	-	0,29	28,2		a
3	5,5	0,40	14	175	1,49	0,35	-	-	0,21	55,2		aot
3,2	6,5	0,40	16	295	1,50	0,36	-	-	0,25	48,7		aot
3,4	7,5	0,13	56	255	1,64	0,38	28	2	-	44,3		ss
3,6	9,5	0,13	71	315	1,65	0,39	29	9	-	35,0		ss
3,8	11,7	0,47	25	327	1,90	0,41	-	-	0,45	21,5		a
4	12,7	0,53	24	377	1,91	0,43	-	-	0,49	20,8		a
4,2	15,7	0,47	34	447	1,68	0,44	-	-	0,61	17,5		l
4,4	17,7	0,27	66	537	1,69	0,45	32	27	-	18,9		ss
4,6	6,7	0,47	14	627	1,50	0,46	-	-	0,25	48,0		aot
4,8	12,8	1,07	12	658	1,56	0,47	-	-	0,49	29,0		aot
5	10,8	0,60	18	688	1,90	0,49	-	-	0,41	22,4		a
5,2	10,8	0,60	18	748	1,90	0,51	-	-	0,41	22,4		a
5,4	14,8	0,53	28	648	1,91	0,53	-	-	0,57	19,7		al
5,6	17,8	0,80	22	968	1,92	0,55	-	-	0,69	19,4		a
5,8	18,9	0,67	28	1039	1,92	0,57	-	-	0,73	19,6		al
6	17,9	1,13	16	1139	1,92	0,58	-	-	0,69	19,4		a
6,2	14,9	1,13	13	1219	1,58	0,60	-	-	0,57	24,8		aot
6,4	18,9	0,60	32	1319	1,69	0,61	-	-	0,73	16,7		l
6,6	2,9	1,93	2	1429	1,46	0,62	-	-	0,09	94,9		aot
6,8	16,0	0,80	20	1580	1,91	0,64	-	-	0,62	19,5		a
7	12,0	0,80	15	1620	1,90	0,65	-	-	0,46	21,2		a
7,2	9,0	0,73	12	1640	1,52	0,67	-	-	0,33	39,2		aot
7,4	7,0	0,53	13	1620	1,50	0,68	-	-	0,25	46,0		aot
7,6	5,0	0,40	13	1650	1,48	0,68	-	-	0,17	59,3		aot
7,8	7,2	0,33	22	1682	1,76	0,70	-	-	0,26	29,2		a
8	7,2	0,47	15	1712	1,50	0,71	-	-	0,26	45,5		aot
8,2	7,2	0,47	15	1702	1,50	0,72	-	-	0,26	45,5		aot
8,4	7,2	0,40	18	1702	1,76	0,74	-	-	0,26	29,2		a
8,6	9,2	0,13	69	1682	1,65	0,75	28	2	-	36,4		ss
8,8	6,3	0,33	19	1723	1,72	0,76	-	-	0,22	32,2		a
9	7,3	0,13	55	1713	1,64	0,78	28	2	-	45,7		ss
9,2	7,3	0,27	27	1733	1,77	0,79	-	-	0,26	28,8		a
9,4	8,3	0,40	21	1753	1,82	0,81	-	-	0,30	26,3		a
9,6	9,3	0,47	20	1863	1,87	0,82	-	-	0,34	24,4		a
9,8	10,4	0,27	39	1854	1,65	0,84	-	-	0,38	21,6		l
10	10,4	0,53	20	1864	1,90	0,86	-	-	0,38	22,8		a





**GEOSERVIZI S. N. C.**  
di Cosco e Spadaro  
Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello (PI)  
Cell. 339-1344492  
geoservizipisa@gmail.com

Prova numero: 2

Data: 27/5/20

Committente: Fond.ne Cardinale Maffei Onlus

Località: Mezzana

Cantiere: Via Toniolo

Profondità massima: 20,0 m dal p. c.

Quota piano camp.: m

Quota falda: 1,4 m dal p.c.

parametri geotecnici stimati												
Prof.	Qc	Fs	Qc/Fs	Rt	$\gamma$	$\sigma'_{vo}$	$\phi$	Dr	Cu	m _v	Colonna	lito_
[metri]	[Kg/cmq]	[Kg/cmq]		[Kgf]	[Kg/dmc]	[Kg/cmq]	[gradi]	[%]	[Kg/cmq]	[cmq/t]	stratig.	logia
10,2	9,4	0,47	20	1874	1,87	0,87	-	-	0,34	24,2	=====	a
10,4	18,4	1,00	18	1864	1,92	0,89	-	-	0,70	19,5	=====	a
10,6	10,4	0,53	20	1924	1,90	0,91	-	-	0,38	22,8	=====	a
10,8	7,6	0,47	16	1976	1,51	0,92	-	-	0,27	43,8	#####	aot
11	13,6	0,27	51	1976	1,67	0,93	28	2	-	24,6	=====	ss
11,2	11,6	0,20	58	2006	1,66	0,95	28	2	-	28,8	=====	ss
11,4	7,6	0,33	23	1976	1,78	0,96	-	-	0,26	28,1	=====	a
11,6	7,6	0,27	28	1996	1,78	0,98	-	-	0,26	28,1	=====	al
11,8	6,7	0,33	20	1987	1,73	0,99	-	-	0,23	30,7	=====	a
12	6,7	0,33	20	1967	1,73	1,01	-	-	0,23	30,7	=====	a
12,2	6,7	0,33	20	1967	1,73	1,02	-	-	0,23	30,7	=====	a
12,4	6,7	0,33	20	1947	1,73	1,04	-	-	0,23	30,7	=====	a
12,6	6,7	0,33	20	1997	1,73	1,05	-	-	0,23	30,7	=====	a
12,8	7,8	0,40	20	1998	1,79	1,07	-	-	0,27	27,4	=====	a
13	7,8	0,40	20	2028	1,79	1,08	-	-	0,27	27,4	=====	a
13,2	8,8	0,33	26	2118	1,84	1,10	-	-	0,31	25,3	=====	a
13,4	22,8	0,20	114	2028	1,71	1,11	28	15	-	14,6	=====	sm
13,6	7,8	0,53	15	2358	1,51	1,12	-	-	0,27	42,9	#####	aot
13,8	27,0	0,40	67	2450	1,73	1,14	29	21	-	12,4	=====	sm
14	60,0	1,13	53	2780	1,90	1,16	33	48	-	5,6	=====	sm
14,2	44,0	1,27	35	2630	1,82	1,17	30	-	-	7,6	=====	sl
14,4	15,0	1,07	14	2490	1,91	1,19	-	-	0,55	19,7	=====	a
14,6	9,0	0,67	13	2340	1,52	1,20	-	-	0,31	39,4	#####	aot
14,8	9,1	0,33	27	2311	1,85	1,22	-	-	0,31	24,8	=====	al
15	8,1	0,27	30	2291	1,80	1,23	-	-	0,27	26,8	=====	al
15,2	7,1	0,33	21	2261	1,75	1,25	-	-	0,23	29,4	=====	a
15,4	7,1	0,33	21	2211	1,75	1,26	-	-	0,23	29,4	=====	a
15,6	8,1	0,27	30	2211	1,80	1,28	-	-	0,27	26,8	=====	al
15,8	8,2	0,33	25	2252	1,81	1,30	-	-	0,28	26,5	=====	a
16	8,2	0,33	25	2282	1,81	1,31	-	-	0,28	26,5	=====	a
16,2	8,2	0,27	31	2302	1,81	1,33	-	-	0,28	26,5	=====	al
16,4	8,2	0,20	41	2332	1,64	1,34	-	-	0,27	25,5	=====	l
16,6	8,2	0,20	41	2342	1,64	1,35	-	-	0,27	25,5	=====	l
16,8	8,3	0,33	25	2363	1,82	1,37	-	-	0,28	26,2	=====	a
17	8,3	0,33	25	2363	1,82	1,39	-	-	0,28	26,2	=====	a
17,2	8,3	0,33	25	2363	1,82	1,40	-	-	0,28	26,2	=====	a
17,4	8,3	0,33	25	2343	1,82	1,42	-	-	0,28	26,2	=====	a
17,6	8,3	0,33	25	2413	1,82	1,44	-	-	0,28	26,2	=====	a
17,8	8,5	0,33	25	2385	1,82	1,45	-	-	0,28	25,9	=====	a
18	8,5	0,33	25	2405	1,82	1,47	-	-	0,28	25,9	=====	a
18,2	8,5	0,40	21	2445	1,82	1,49	-	-	0,28	25,9	=====	a
18,4	8,5	0,33	25	2445	1,82	1,50	-	-	0,28	25,9	=====	a
18,6	9,5	0,33	28	2545	1,87	1,52	-	-	0,32	24,2	=====	al
18,8	8,6	0,33	26	2586	1,83	1,54	-	-	0,28	25,7	=====	a
19	8,6	0,33	26	2596	1,83	1,55	-	-	0,28	25,7	=====	a
19,2	8,6	0,33	26	2546	1,83	1,57	-	-	0,28	25,7	=====	a
19,4	8,6	0,33	26	2536	1,83	1,59	-	-	0,28	25,7	=====	a
19,6	9,6	0,33	29	2536	1,88	1,60	-	-	0,32	24,0	=====	al
19,8	8,7	0,40	22	2637	1,84	1,62	-	-	0,28	25,4	=====	a
20	8,7	0,40	22	2647	1,84	1,64	-	-	0,28	25,4	=====	a



**GEOSERVIZI S.N.C.**

di Cosco e Spadaro

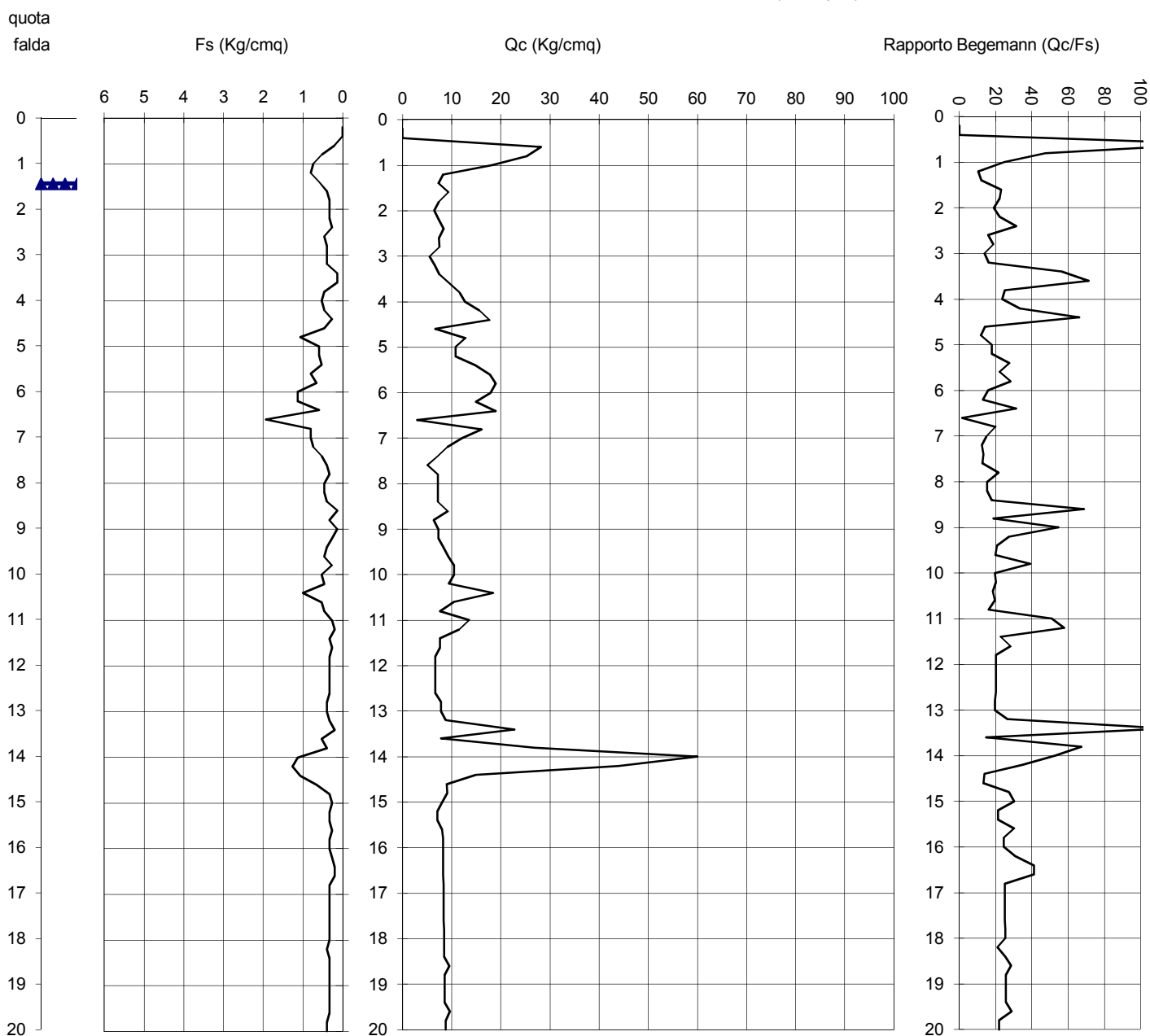
Via E. Calabresi - 56121 Montacchiello(PI)

Cell. 339-1344492

Prova numero	2
Committente	Fond.ne Cardinale Maffi Onlus
Località	Mezzana
Cantiere	Via Toniolo
Data	27/5/20

Profondità massima (m): 20

Quota falda (m dal p.c.): 1,44



PENETROMETRO STATICO: TG 73 200 KN PAGANI



**Autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**  
Settore A – Prove di laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 – ART. 59 DPR 380/2001 – Circolare 7618/STC 2010

# **LABOTER snc di Paolo Tognelli e C.**

## **Lab. Geotecnico - C.S.LL.PP. Decr. 2436/13**

<b>Committente :</b>	<b>Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus</b>
<b>Cantiere :</b>	<b>Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)</b>
<b>Verbale Accettazione n° :</b>	<b>185 del 10/06/2020</b>
<b>Data Certificazione :</b>	<b>29/06/2020</b>
<b>Campioni n°:</b>	<b>5</b>
<b>Certificati da n° a n° :</b>	<b>02162 a 02192</b>



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

Riferimento			Caratteristiche fisiche							Limiti di consistenza				Granulometria				Classificazione	Compr.	Taglio diretto		Edometrica				
Sond. n°	Camp. n°	Profondità m	W %	γ kN/m³	γ _{sec} kN/m³	γ _{sat} kN/m³	Indice vuoti	Poros. %	Sat. %	LL %	LP %	IP %	IC %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	CNR-UNI	σ kPa	φ °	c kPa	24,6 kPa	49,2 kPa	98,4 kPa	196,8 kPa	393,6 kPa
1	1	2.5-3.0	24,9	19,8	15,8	19,8	0,67	40,3	99,9	29,9	18,1	11,8	0,42	0,1	20,6	55,7	23,6	A6 - I.G. = 9	114	25,3	10,4	2106	2158	3417	5479	8026
1	2	4.5-5.0	23,1	19,7	16,0	19,9	0,65	39,4	95,6	42,2	23,5	18,7	1,02	2,2	29,8	50,9	17,1	A7-6 - I.G. = 12	84,8	27,2	9,1	776	1074	1645	2652	8066
1	3	10.5-11.0	58,3	16,0	10,1	16,2	1,62	61,9	97,0	55,9	33,1	22,8	-0,10	0,8	2,6	54,3	42,3	A7-5 - I.G. = 16		12,8	7,4	953	1292	1451	1815	2181
1	4	27.0-27.5	22,6	20,1	16,4	20,1	0,61	38,0	99,6	34,5	22,3	12,2	0,97		42,3	42,1	15,6	A6 - I.G. = 6	88,6	27,7	21,3		2563	2811	5179	8049
2	1	2.5-3.0	25,9	19,6	15,5	19,6	0,70	41,3	99,4										49,4	23,2	7,6					

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus				
RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 1		PROFONDITA': m 2.5-3.0

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	24,9	%
Peso di volume	19,8	kN/m ³
Peso di volume secco	15,8	kN/m ³
Peso di volume saturo	19,8	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,674	
Porosità	40,3	%
Grado di saturazione	99,9	%
Limite di liquidità	29,9	%
Limite di plasticità	18,1	%
Indice di plasticità	11,8	%
Indice di consistenza	0,42	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro		%
UNI 11531/14	A6	I.G. = 9

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	0,1	%
Sabbia	20,6	%
Limo	55,7	%
Argilla	23,6	%
D 10	0,000330	mm
D 50	0,017071	mm
D 60	0,027296	mm
D 90	0,119494	mm
Passante set. 10	99,9	%
Passante set. 42	98,7	%
Passante set. 230	80,5	%

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	114	kPa
$c_u$	57	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_u Rim$		kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta			
$c'$	10,4	kPa	
$\phi'$	25,3	°	
$c'_{Res}$		kPa	
$\phi'_{Res}$		°	

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

**PROVA EDOMETRICA**

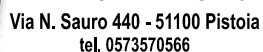
$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm ² /sec	k cm/sec
12,3 ÷ 24,6	2106	0,000356	1,66E-08
24,6 ÷ 49,2	2158	0,000893	4,06E-08
49,2 ÷ 98,4	3417	0,000991	2,84E-08
98,4 ÷ 196,8	5479	0,000867	1,55E-08
196,8 ÷ 393,6	8026	0,000994	1,21E-08
393,6 ÷ 787,2	13016	0,001116	8,40E-09
787,2 ÷ 1574,4	22440	0,001146	5,01E-09

**FOTOGRAFIA****OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5	
------------------------------	--	---------------------------	--

Posizione delle prove					cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
CF	GR	ED	CS	TD	0				Limo argilloso e sabbioso MUNSELL SOIL COLOR: 5Y 5/4 Olive
					10	100			Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test
					20	100			< 24.5 kPa molto molle
					30	75			24.5 - 49.1 kPa molle
					40	50		40	49.1 - 98.1 kPa plastico
									98.1 - 196.2 kPa consistente
									196.2 - 392.4 kPa molto consistente
									>392,4 kPa duro





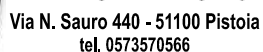
**DNV Business Assurance**  
**Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA**  
**UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)**  
**Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)**

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Argille poco compressibili

Lo sperimentatore  
Dott. Geol. Chiara Colarusso

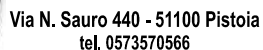
Il direttore del laboratorio  
Dott. Geologo Paolo Tognelli



DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018



**DNV Business Assurance**  
**Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA**  
**UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)**  
**Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)**

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

**Peso di volume allo stato naturale = 19,8 kN/m³**

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02164** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 22/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 23/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

**ABACO DI CASAGRANDE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	29,9	%
Limite di plasticità	18,1	%
Indice di plasticità	11,8	%
Indice di consistenza	0,42	
Passante al set. n° 42	SI	

**C - Argille inorganiche**

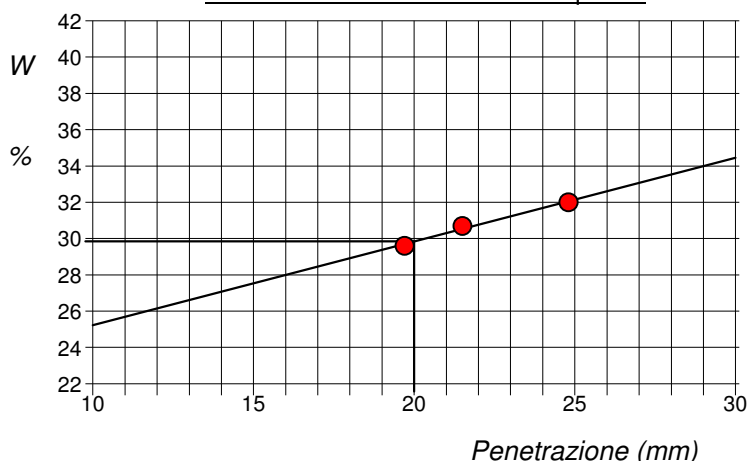
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

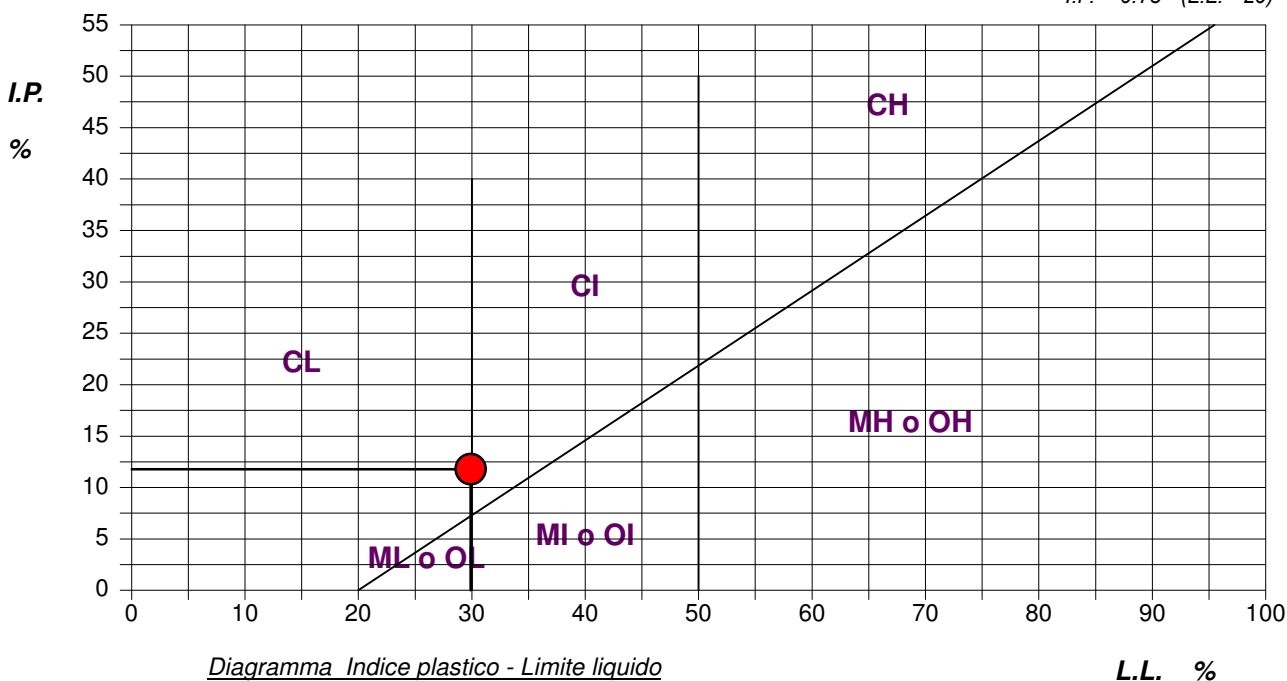
**L - Bassa compressibilità**

I - Media compressibilità

H - Alta compressibilità

**Determinazione del Limite di liquidità****ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE**

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02165** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 15/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 18/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

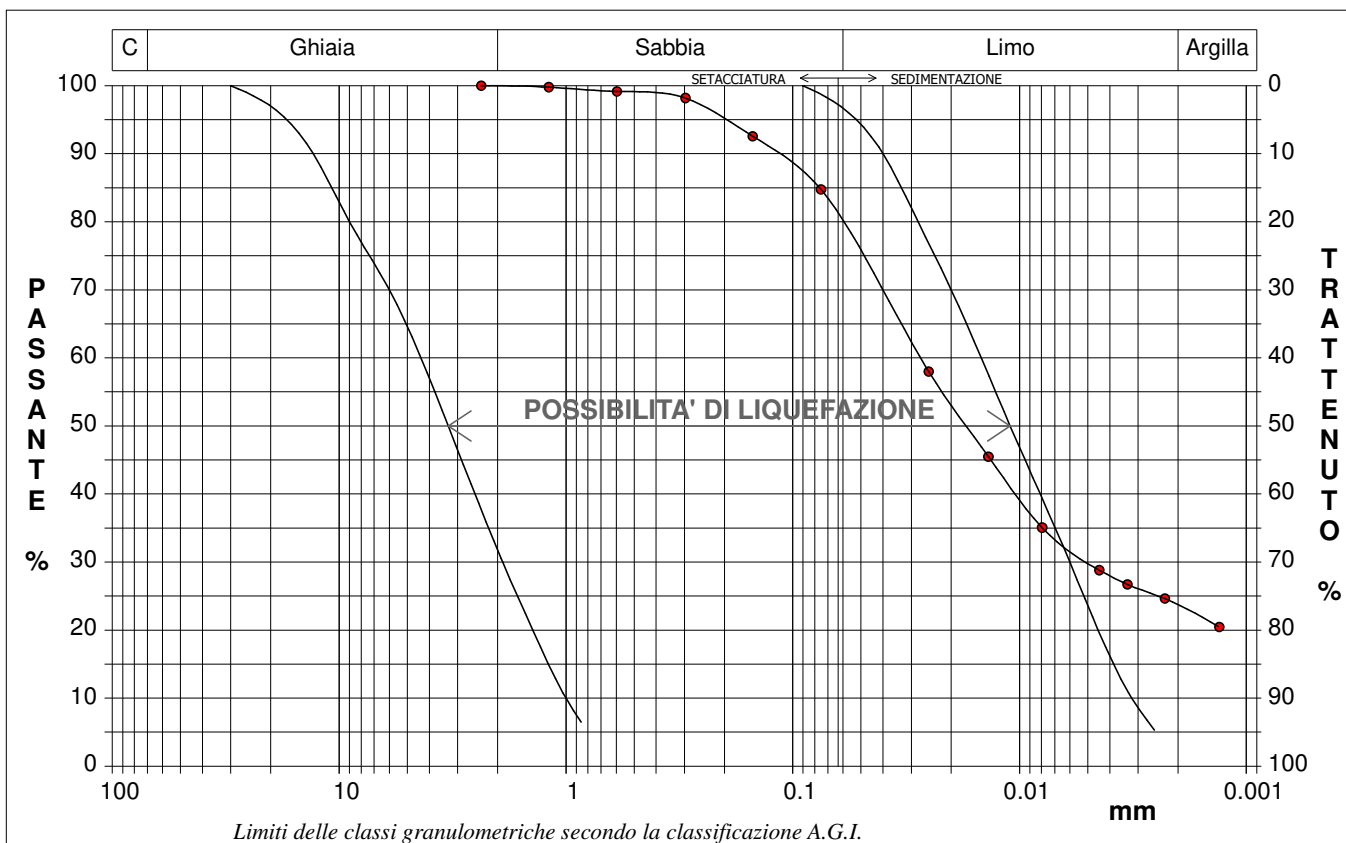
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	0,1 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,9 %	D ₁₀	0,00033 mm
Sabbia	20,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,7 %	D ₃₀	0,00498 mm
Limo	55,7 %	Passante setaccio 230 (0.063 mm)	80,5 %	D ₅₀	0,01707 mm
Argilla	23,6 %			D ₆₀	0,02730 mm
				D ₉₀	0,11949 mm
Coefficiente di uniformità		82,69	Coefficiente di curvatura		2,75



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
2,3600	100,00	0,0750	84,75	0,0033	26,71				
1,1900	99,78	0,0252	58,00	0,0023	24,62				
0,5950	99,16	0,0137	45,48	0,0013	20,45				
0,2970	98,17	0,0079	35,05						
0,1500	92,57	0,0044	28,80						



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02166** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 15/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 28/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

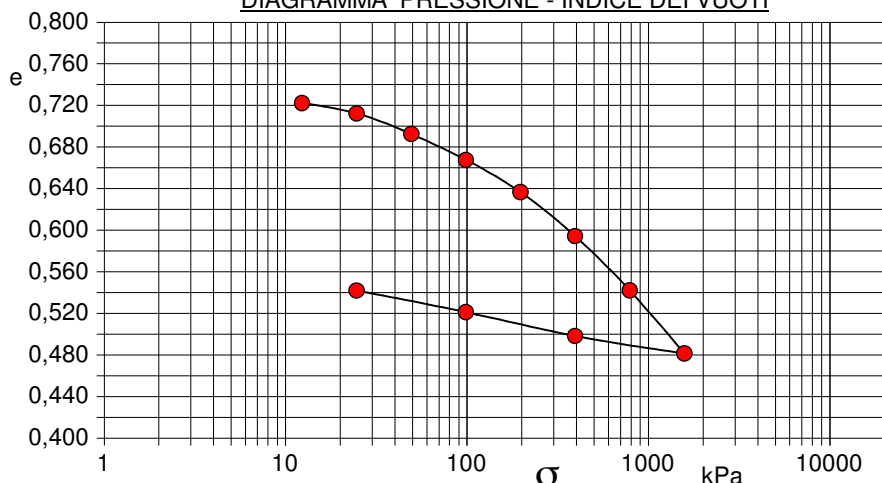
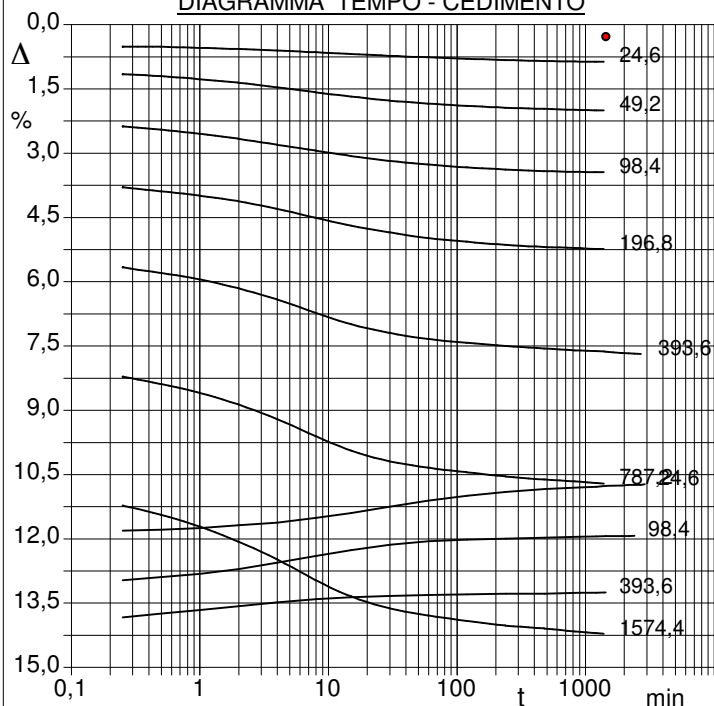
PROFONDITA': m 2.5-3.0

**PROVA EDOMETRICA**

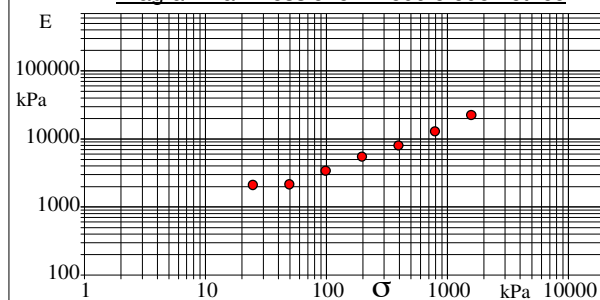
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	19,11
Umidità (%)	24,7
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,50
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	49,09
Volume dei vuoti (cm³)	20,67
Indice dei vuoti	0,73
Porosità (%)	42,10
Saturazione (%)	91,8

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTIDIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12,3	7,0	0,722				
24,6	21,6	0,712	0,034	2106	0,000356	1,66E-08
49,2	50,1	0,693	0,065	2158	0,000893	4,06E-08
98,4	86,1	0,668	0,083	3417	0,000991	2,84E-08
196,8	131,0	0,637	0,103	5479	0,000867	1,55E-08
393,6	192,3	0,594	0,141	8026	0,000994	1,21E-08
787,2	267,9	0,542	0,174	13016	0,001116	8,40E-09
1574,4	355,6	0,482	0,201	22440	0,001146	5,01E-09
393,6	331,3	0,498				
98,4	298,2	0,521				
24,6	268,2	0,542				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02166**

Pagina 2/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 15/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 28/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

**LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE**

Pressione 24,6 kPa				Pressione 49,2 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione 196,8 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	7,0			0,02	21,6			0,02	50,1			0,02	86,1		
0,25	12,8			0,25	28,9			0,25	59,3			0,25	94,9		
0,50	12,9			0,50	30,1			0,50	61,3			0,50	97,2		
1,00	13,5			1,00	31,8			1,00	63,7			1,00	99,8		
2,00	14,2			2,00	33,9			2,00	66,6			1,98	103,0		
4,00	15,1			4,00	36,5			4,00	70,1			3,98	107,5		
8,00	16,1			8,00	39,5			8,00	73,5			7,98	112,7		
15,00	17,1			15,00	41,9			15,00	76,6			14,98	117,3		
30,00	18,2			30,00	44,3			30,00	79,5			29,98	121,2		
60,00	19,1			60,00	46,0			60,00	81,6			59,98	124,5		
120,00	19,9			120,00	47,4			120,00	83,3			119,98	126,6		
240,00	20,6			240,00	48,4			240,00	84,5			239,98	128,5		
480,00	21,2			480,00	49,2			480,00	85,4			479,98	129,7		
900,00	21,5			900,02	49,8			900,02	85,9			899,98	130,4		
1210,00	21,6			1210,02	50,0			1210,02	86,0			1209,98	130,8		
1440,02	21,6			1440,02	50,1			1440,02	86,1			1439,98	131,0		

Pressione 393,6 kPa				Pressione 787,2 kPa				Pressione 1574,4 kPa				Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	131,0	1920,02	191,6	0,02	192,3			0,02	267,9			0,02	355,6		
0,25	141,6	2160,02	191,8	0,25	205,4			0,25	280,6			0,25	345,9		
0,50	144,9	2400,02	192,0	0,50	209,7			0,50	286,0			0,50	343,6		
1,00	148,6	2700,02	192,2	1,00	214,9			1,00	292,9			1,00	341,6		
2,00	153,9	2880,02	192,3	2,00	221,7			2,00	301,7			2,00	339,3		
4,00	160,4			4,00	230,2			4,00	312,1			4,00	337,1		
8,00	168,2			8,00	240,2			8,00	324,2			8,00	335,2		
15,00	174,8			15,00	248,5			15,00	333,6			15,00	334,1		
30,00	179,9			30,00	254,8			30,00	340,6			30,00	333,3		
60,00	183,4			60,00	258,5			60,00	344,8			60,00	332,7		
120,00	185,6			120,00	261,2			120,00	347,9			120,00	332,3		
240,00	187,5			240,00	263,6			240,00	350,6			240,00	332,1		
480,00	188,9			480,00	265,4			480,00	352,3			480,00	331,9		
900,00	190,1			900,00	266,7			900,00	354,3			900,00	331,5		
1210,02	190,5			1210,00	267,4			1210,00	355,0			1210,00	331,4		
1440,02	190,8			1440,00	267,9			1440,00	355,6			1435,55	331,3		

Pressione 98,4 kPa				Pressione 24,6 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	331,3	1919,98	298,4	0,02	298,2	1920,00	268,8								
0,25	324,2	2159,98	298,4	0,25	295,3	2160,00	268,6								
0,50	322,4	2399,98	298,2	0,50	294,7	2400,00	268,5								
1,00	320,4			1,00	293,8	2700,00	268,4								
2,00	317,6			2,00	292,1	2880,00	268,2								
3,98	313,8			4,00	290,5										
7,98	310,0			8,00	287,8										
14,98	306,6			15,00	285,0										
29,98	303,4			30,00	281,1										
59,98	301,4			60,00	277,6										
119,98	300,5			120,00	274,8										
239,98	299,8			240,00	272,6										
479,98	299,4			480,00	271,0										
899,98	298,8			900,00	270,1										
1209,98	298,6			1210,00	269,6										
1439,98	298,5			1440,00	269,1										

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02167** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 12/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 12/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

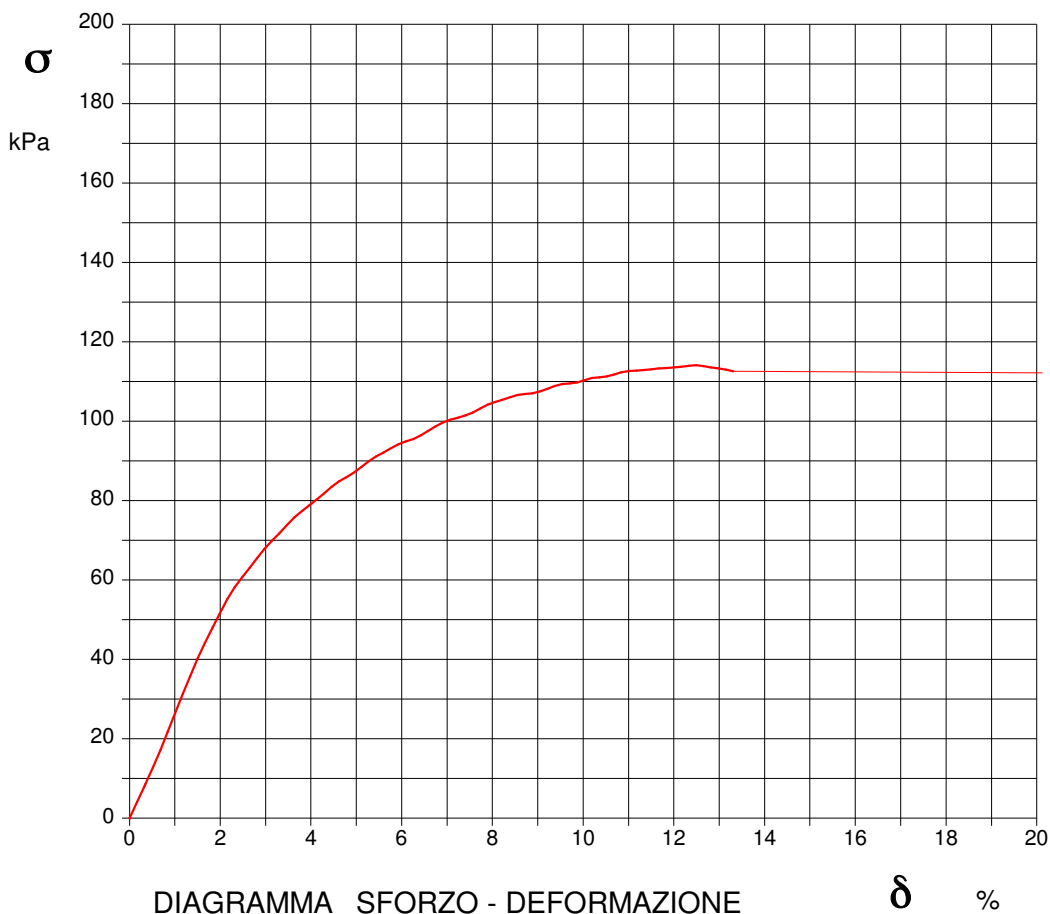
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

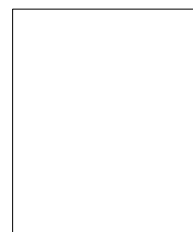
**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

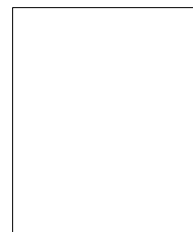
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,500	-----	-----
Altezza (cm):	7,62	-----	-----
Sezione (cm²):	11,58	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	19,2	-----	-----
Umidità naturale (%):	22,0	-----	-----



Provino 1



Provino 2



Provino 3

Moduli di elasticità kPa	Tangente	Provino 1: 2664	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	Secante	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	A rottura	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02167</b>	Pagina 0/1	DATA DI EMISSIONE: 29/06/20	Inizio analisi: 12/06/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20		Apertura campione: 12/06/20	Fine analisi: 12/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus			
RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.5-3.0

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,35	8,6	12,82	113,6								
0,68	17,2	13,15	113,0								
1,01	26,5	13,47	112,2								
1,33	35,8										
1,66	44,2										
1,99	51,6										
2,32	58,2										
2,65	63,0										
2,97	67,9										
3,30	71,8										
3,63	75,7										
3,96	78,8										
4,29	81,8										
4,62	84,8										
4,94	87,0										
5,27	90,0										
5,60	92,1										
5,93	94,2										
6,26	95,5										
6,58	97,6										
6,91	99,7										
7,24	100,9										
7,57	102,2										
7,90	104,2										
8,22	105,4										
8,55	106,6										
8,88	107,0										
9,21	108,2										
9,54	109,4										
9,86	109,7										
10,19	110,9										
10,52	111,3										
10,85	112,4										
11,18	112,7										
11,50	113,1										
11,83	113,4										
12,16	113,8										
12,49	114,1										

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02168** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 17/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 21/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

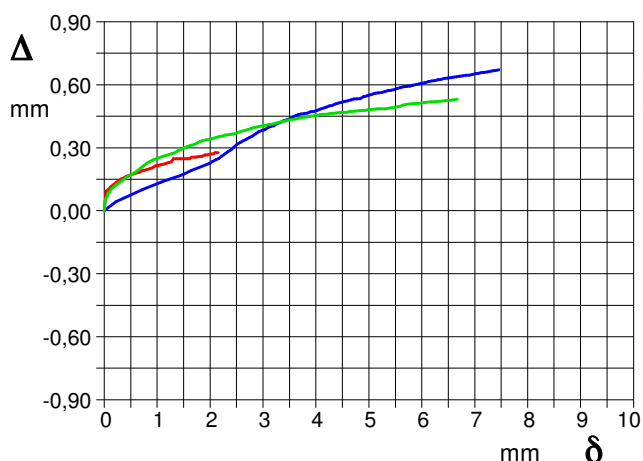
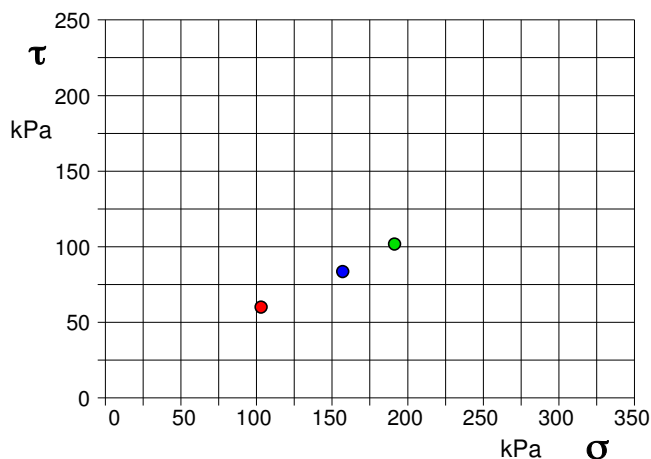
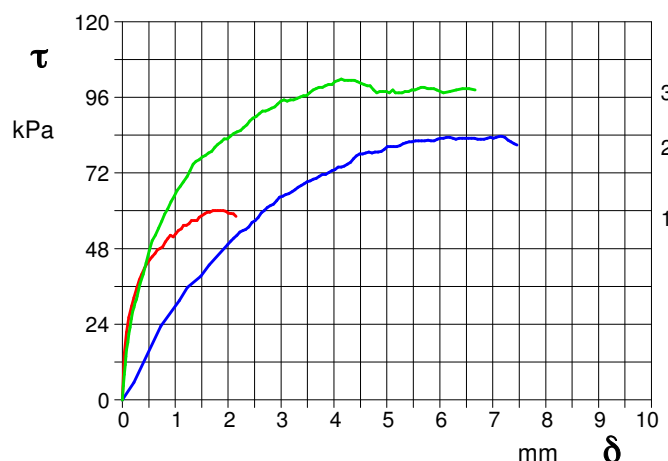
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	157	191
Tensione a rottura (kPa):	60	84	102
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,85	7,12	4,14
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,26	0,66	0,46
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 21,8	--- 21,1	--- 20,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,7 26,8	19,7 25,7	19,8 25,5

**DIAGRAMMA**Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02168**

Pagina 2/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 17/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 21/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,037	14,6	0,09	0,221	5,4	0,04	0,019	4,4	0,05
0,080	21,4	0,10	1,228	35,6	0,15	0,068	13,7	0,08
0,124	26,1	0,11	1,994	49,3	0,23	0,122	20,8	0,10
0,178	29,8	0,13	2,163	52,2	0,25	0,193	27,9	0,12
0,221	32,4	0,13	2,333	54,0	0,28	0,241	31,0	0,13
0,272	35,5	0,14	2,509	56,9	0,32	0,279	32,8	0,13
0,319	38,1	0,15	2,683	60,0	0,34	0,448	43,4	0,16
0,368	39,7	0,16	2,858	62,0	0,37	0,625	52,2	0,19
0,418	41,8	0,16	3,033	64,6	0,39	0,801	58,9	0,23
0,466	43,3	0,17	3,206	66,0	0,41	0,979	64,6	0,25
0,517	44,4	0,17	3,379	68,0	0,43	1,154	69,1	0,26
0,565	45,4	0,18	3,552	69,5	0,45	1,337	74,8	0,28
0,616	46,5	0,18	3,724	70,9	0,46	1,515	77,0	0,30
0,662	47,5	0,18	3,902	72,1	0,47	1,691	78,8	0,32
0,718	48,0	0,19	4,078	73,9	0,48	1,869	81,9	0,34
0,764	48,5	0,19	4,253	74,8	0,50	2,044	83,7	0,34
0,813	50,1	0,20	4,423	77,4	0,51	2,231	85,5	0,36
0,862	51,2	0,20	4,601	78,3	0,52	2,411	88,6	0,37
0,911	52,2	0,21	4,776	78,6	0,53	2,591	90,8	0,38
0,964	51,7	0,21	4,952	79,5	0,55	2,766	92,1	0,39
1,012	52,7	0,21	5,125	80,4	0,56	2,934	93,9	0,40
1,059	53,8	0,22	5,303	81,2	0,57	3,117	94,8	0,41
1,115	54,3	0,22	5,479	81,8	0,58	3,299	95,6	0,42
1,160	55,3	0,23	5,656	82,1	0,59	3,482	96,5	0,43
1,209	55,3	0,23	5,834	82,1	0,60	3,660	98,7	0,44
1,262	55,9	0,23	6,009	83,0	0,61	3,838	99,6	0,45
1,307	56,9	0,25	6,186	83,3	0,62	4,019	101,0	0,45
1,361	56,9	0,25	6,363	83,0	0,63	4,197	101,4	0,46
1,411	56,9	0,25	6,539	83,0	0,63	4,383	101,4	0,47
1,457	57,9	0,25	6,717	82,7	0,64	4,570	100,1	0,47
1,508	58,5	0,25	6,893	83,0	0,65	4,749	98,3	0,48
1,558	59,0	0,25	7,068	83,3	0,65	4,921	97,9	0,48
1,607	59,5	0,25	7,231	83,3	0,66	5,109	98,3	0,48
1,650	59,5	0,26	7,402	81,2	0,67	5,289	97,4	0,49
1,710	60,0	0,26				5,471	98,3	0,49
1,755	60,0	0,26				5,647	99,2	0,50
1,806	60,0	0,26				5,830	98,7	0,51
1,853	60,1	0,26				6,065	97,4	0,52
1,904	60,0	0,27				6,427	98,7	0,52
1,953	59,8	0,27						
2,004	59,2	0,27						
2,054	59,2	0,27						
2,099	59,0	0,28						
2,152	58,2	0,28						

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02168**

Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 17/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 21/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 1

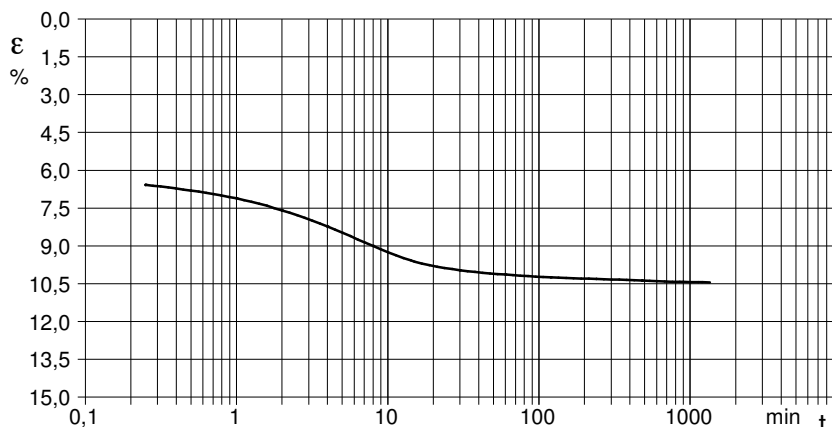
PROFONDITA': m 2.5-3.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE**

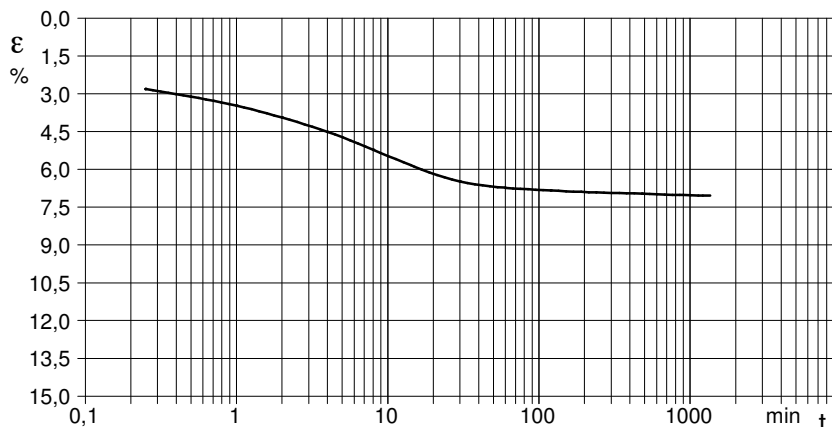
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

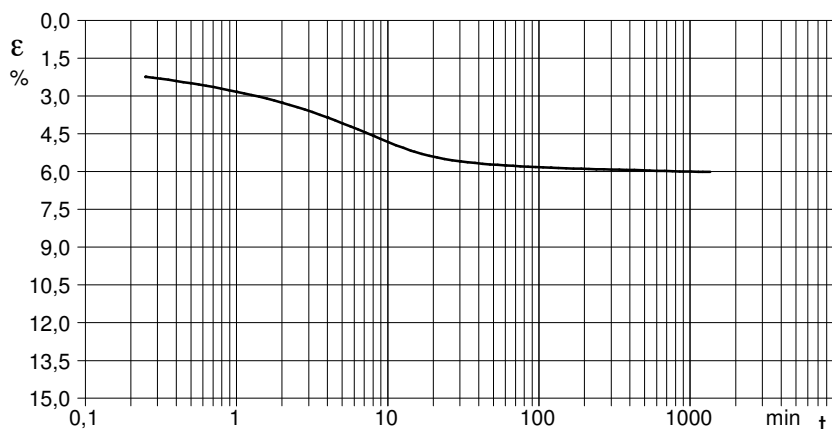
Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,791
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	157
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,859
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

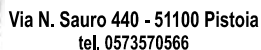
Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,880
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf



Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04
-----------------------------------------

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Il direttore del laboratorio  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus			
RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 1	PROFONDITA': m	2.5-3.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	157	191
Tensione a rottura (kPa):	60	84	102
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,85	7,12	4,14
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,26	0,66	0,46
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 21,8	--- 21,1	--- 20,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,7 26,8	19,7 25,7	19,8 25,5

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 10,4 kPa  
Angolo di attrito interno: 25,3 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta  
Velocità di deformazione: 0,007 mm / min  
Tempo di consolidazione (ore): 24

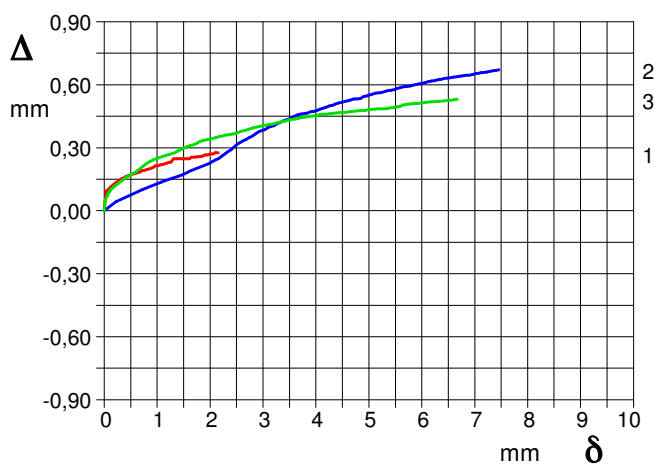
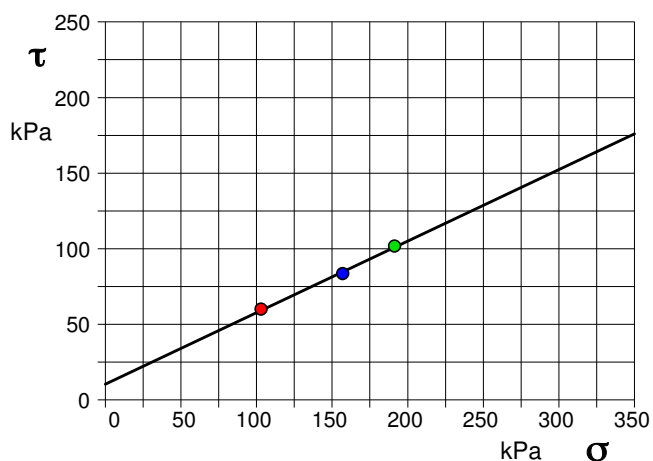


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

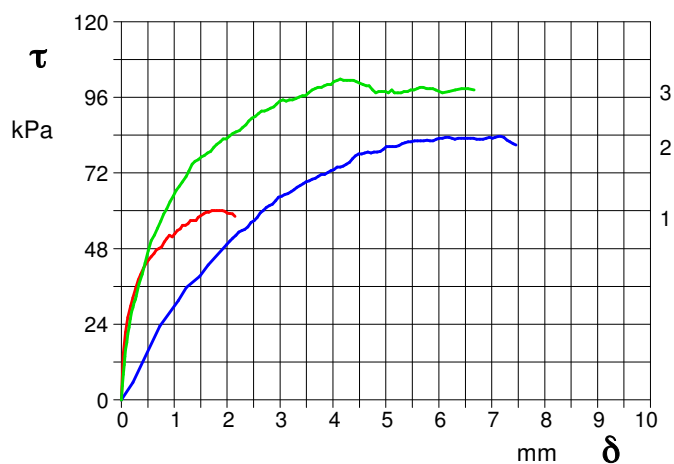


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus			
RIFERIMENTO:	Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)			
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	2	PROFONDITA': m 4.5-5.0

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	23,1	%
Peso di volume	19,7	kN/m ³
Peso di volume secco	16,0	kN/m ³
Peso di volume saturo	19,9	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,651	
Porosità	39,4	%
Grado di saturazione	95,6	%
Limite di liquidità	42,2	%
Limite di plasticità	23,5	%
Indice di plasticità	18,7	%
Indice di consistenza	1,02	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro		%
UNI 11531/14	A7-6	I.G. = 11

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	2,2	%
Sabbia	29,8	%
Limo	50,9	%
Argilla	17,1	%
D 10	0,000688	mm
D 50	0,033652	mm
D 60	0,046403	mm
D 90	0,217963	mm
Passante set. 10	97,8	%
Passante set. 42	94,0	%
Passante set. 230	69,5	%

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	85	kPa
$c_u$	42	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_u Rim$		kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta			
$c'$	9,1	kPa	
$\phi'$	27,2	°	
$c'_{Res}$		kPa	
$\phi'_{Res}$		°	

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

**PROVA EDOMETRICA**

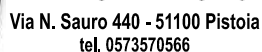
$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm ² /sec	k cm/sec
12,3 ÷ 24,6	776	0,000460	5,81E-08
24,6 ÷ 49,2	1074	0,001159	1,06E-07
49,2 ÷ 98,4	1645	0,001464	8,73E-08
98,4 ÷ 196,8	2652	0,001507	5,57E-08
196,8 ÷ 393,6	8066	0,001956	2,38E-08
393,6 ÷ 787,2	16503	0,002097	1,25E-08
787,2 ÷ 1574,4	28368	0,002500	8,64E-09

**FOTOGRAFIA****OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5	
------------------------------	--	---------------------------	--

Posizione delle prove					cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE	
CF	GR	CS	TD	ED						
					0				Limo argilloso molle	
					10	50			MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 5/2 Grayish brown	
					20	75		20	Limo con sabbia argilloso, con concrezioni calcaree e di manganese	
					30	150			MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 5/4 Light olive brown	
					40	125			Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test	
					50	75		54	< 24.5 kPa molto molle	
									24.5 - 49.1 kPa molle	
									49.1 - 98.1 kPa plastico	
									98.1 - 196.2 kPa consistente	
									196.2 - 392.4 kPa molto consistente	
									>392,4 kPa duro	





**DNV Business Assurance**  
**Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA**  
**UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)**  
**Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)**

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Classificazione secondo: UNI 11531/14

## LIMITI DI CONSISTENZA

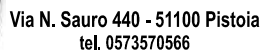
Passante setaccio 10 (2 mm)	97,8	%	Limite di liquidità	42,2	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	94,0	%	Limite di plasticità	23,5	%
Passante setaccio 230 (0.063 mm)	69,5	%	Indice di plasticità	18,7	%

**INDICE DI GRUPPO: 11**

Argille fortemente compressibili fortemente plastiche

Lo sperimentatore  
Dott. Geol. Chiara Colarusso

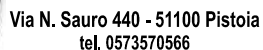
Il direttore del laboratorio  
Dott. Geologo Paolo Tognelli



**DNV Business Assurance**  
**Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA**  
**UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)**  
**Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)**

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10
-----------------------------------------



Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

**Peso di volume allo stato naturale = 19,7 kN/m³**

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geologo Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02171** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 26/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 27/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 4.5-5.0

**ABACO DI CASAGRANDE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	42,2	%
Limite di plasticità	23,5	%
Indice di plasticità	18,7	%
Indice di consistenza	1,02	
Passante al set. n° 42	SI	

**C - Argille inorganiche**

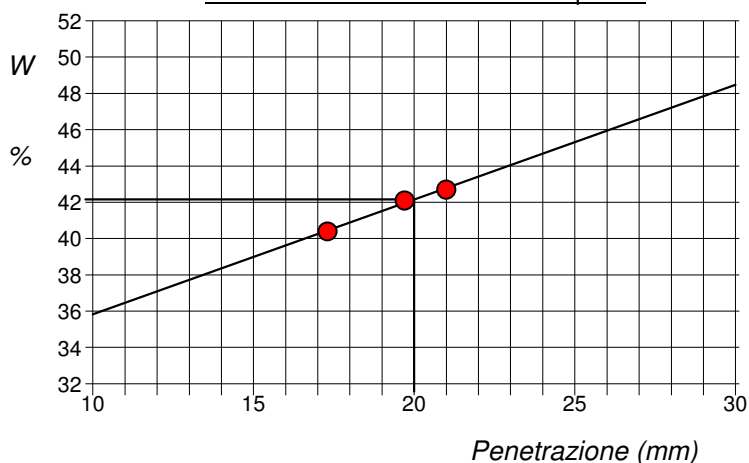
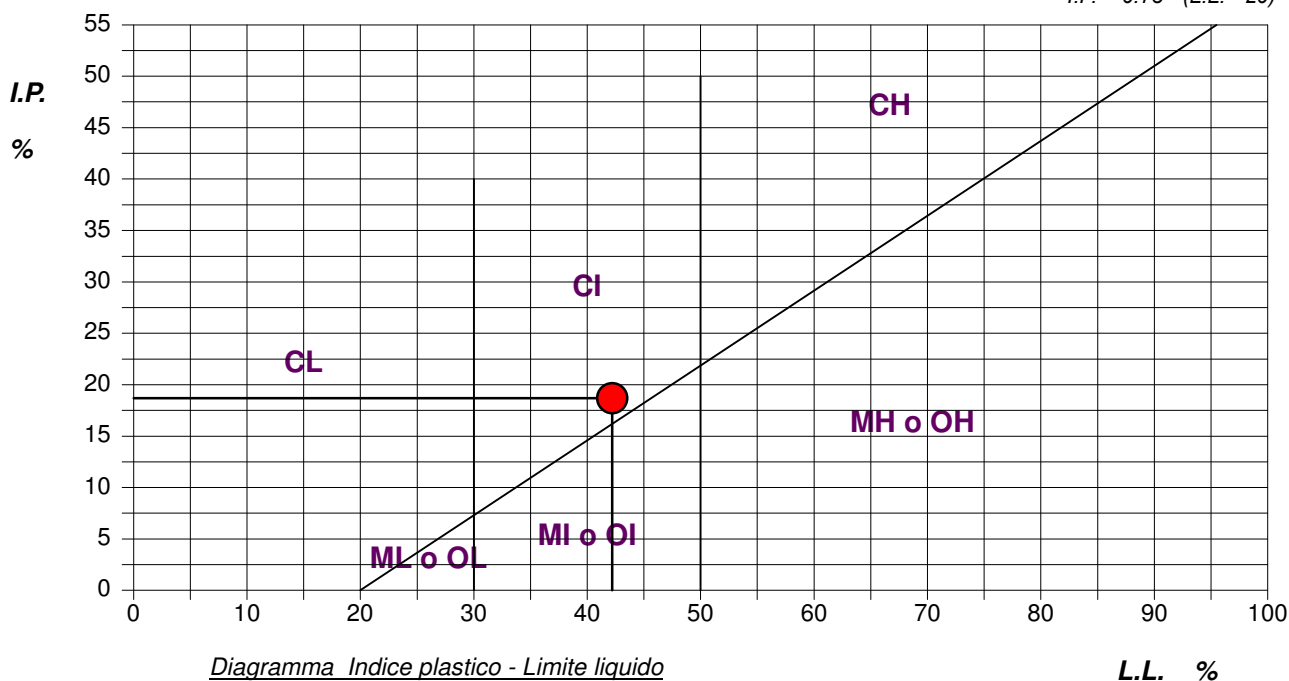
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa compressibilità

**I - Media compressibilità**

H - Alta compressibilità

**Determinazione del Limite di liquidità****ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE** $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02172** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 15/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 18/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

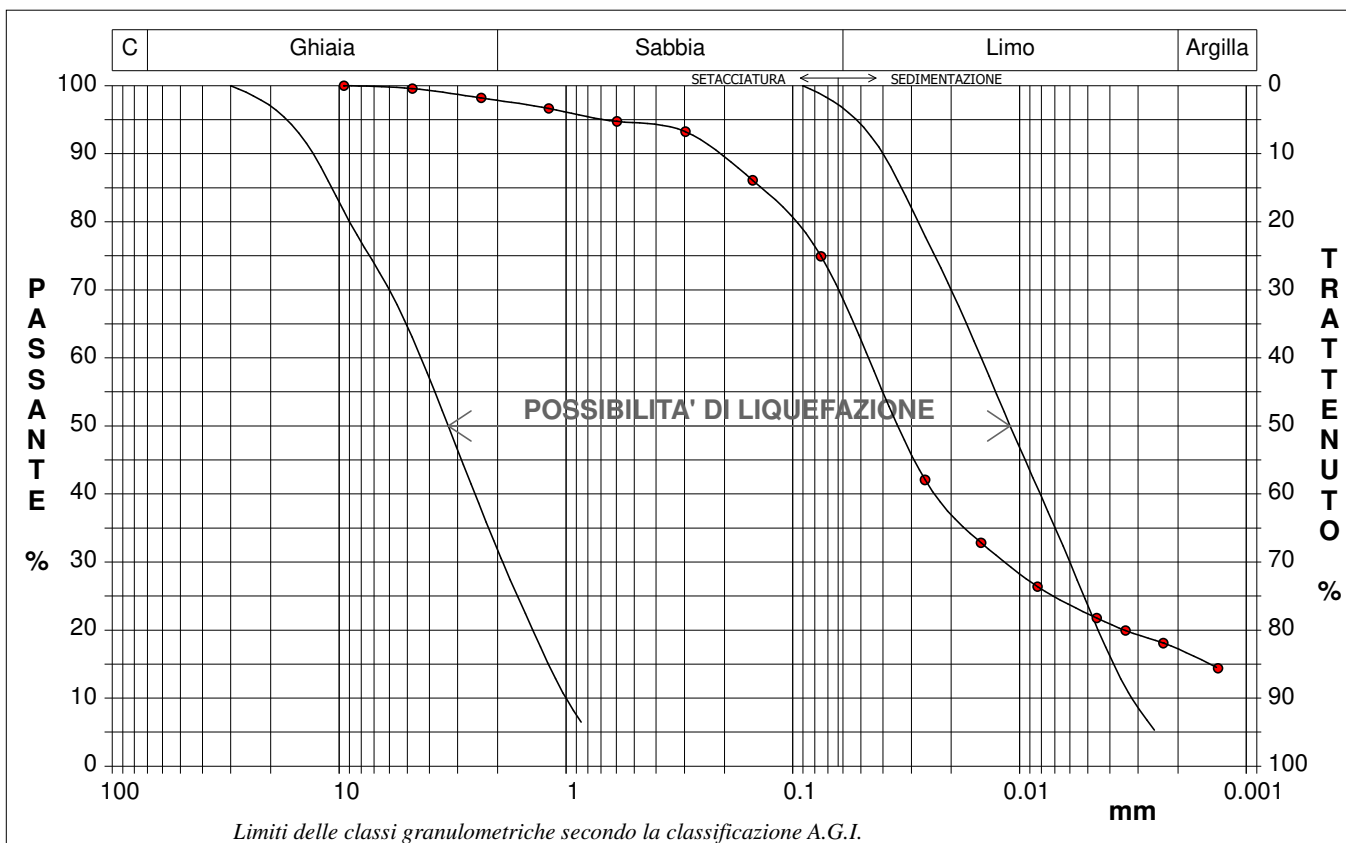
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 4.5-5.0

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	2,2 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	97,8 %	D ₁₀	0,00069 mm
Sabbia	29,8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	94,0 %	D ₃₀	0,01147 mm
Limo	50,9 %	Passante setaccio 230 (0.063 mm)	69,5 %	D ₅₀	0,03365 mm
Argilla	17,1 %			D ₆₀	0,04640 mm
				D ₉₀	0,21796 mm
Coefficiente di uniformità		67,43	Coefficiente di curvatura		4,12



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,2970	93,24	0,0083	26,39				
4,7500	99,57	0,1500	86,09	0,0046	21,78				
2,3600	98,19	0,0750	74,94	0,0034	19,93				
1,1900	96,65	0,0261	42,07	0,0023	18,09				
0,5950	94,75	0,0148	32,84	0,0013	14,40				

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02173** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 15/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 28/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

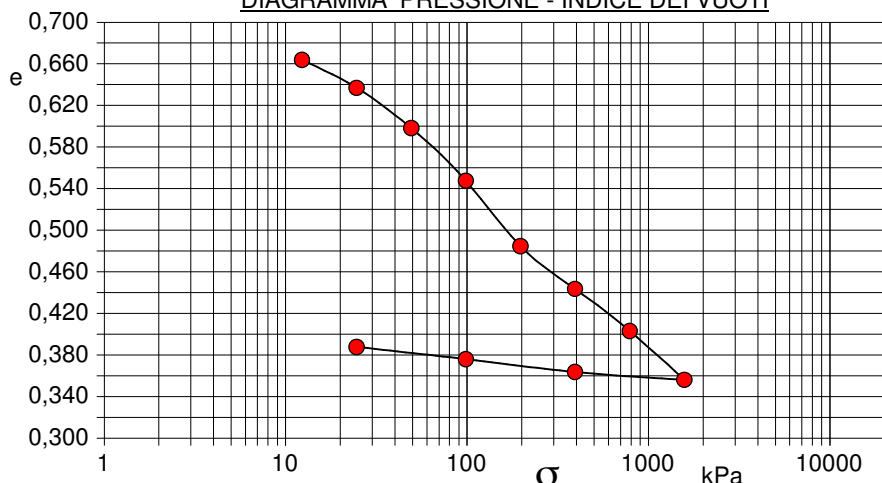
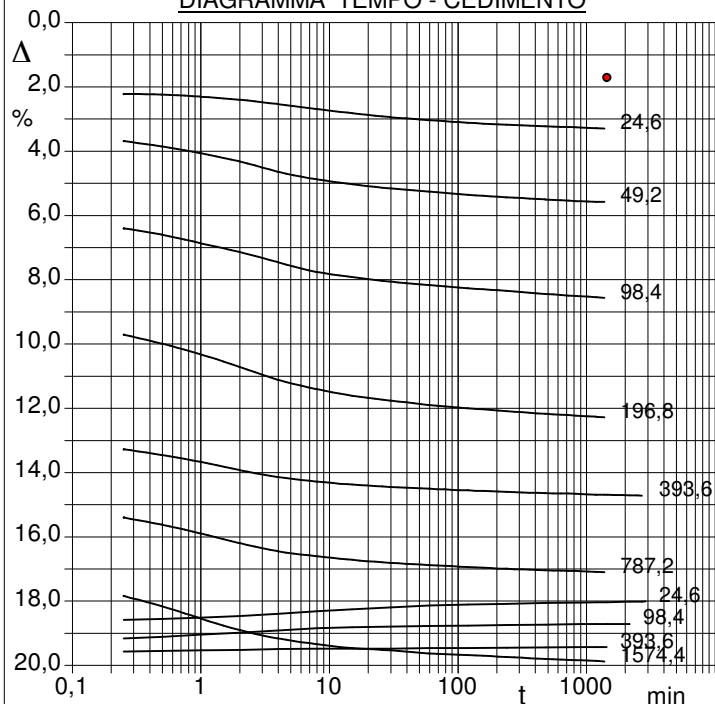
PROFONDITA': m 4.5-5.0

**PROVA EDOMETRICA**

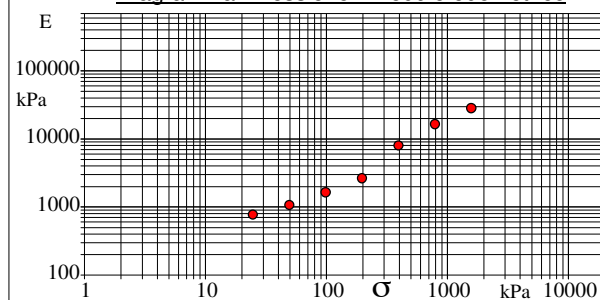
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione

Peso di volume (kN/m³)	19,23
Umidità (%)	23,0
Peso specifico (kN/m³)	26,47
Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27
Volume dei vuoti (cm³)	16,07
Indice dei vuoti	0,69
Porosità (%)	40,92
Saturazione (%)	89,4

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTIDIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12,3	34,1	0,664				
24,6	65,8	0,637	0,089	776	0,000460	5,81E-08
49,2	111,6	0,598	0,129	1074	0,001159	1,06E-07
98,4	171,4	0,548	0,168	1645	0,001464	8,73E-08
196,8	245,6	0,485	0,209	2652	0,001507	5,57E-08
393,6	294,4	0,443	0,137	8066	0,001956	2,38E-08
787,2	342,1	0,403	0,134	16503	0,002097	1,25E-08
1574,4	397,6	0,356	0,156	28368	0,002500	8,64E-09
393,6	388,7	0,364				
98,4	374,2	0,376				
24,6	360,2	0,388				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02173** Pagina 2/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20 Inizio analisi: 15/06/20

Apertura campione: 12/06/20 Fine analisi: 28/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 4.5-5.0

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

**LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE**

Pressione 24,6 kPa				Pressione 49,2 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione 196,8 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	34,1			0,02	65,8			0,02	111,6			0,02	171,4		
0,25	44,4			0,25	73,7			0,25	128,0			0,25	194,1		
0,50	44,8			0,50	77,1			0,50	132,0			0,50	199,8		
1,00	46,1			1,00	81,3			1,00	137,3			1,00	206,5		
2,00	48,0			2,00	86,4			2,00	142,7			2,00	214,2		
4,00	50,7			4,00	92,8			4,00	149,2			4,00	222,3		
8,00	53,8			8,00	97,5			8,00	155,2			8,00	228,1		
15,00	56,4			15,00	100,6			15,00	158,3			15,00	232,2		
30,00	58,8			30,00	103,1			30,00	161,2			30,00	235,2		
60,00	60,7			60,00	105,1			60,00	163,3			60,00	238,0		
120,00	62,2			120,00	107,1			120,00	165,3			120,00	240,0		
240,00	63,5			240,00	108,7			240,00	167,0			240,00	241,8		
480,00	64,5			480,00	110,0			480,00	168,8			480,00	243,4		
900,00	65,3			900,00	111,1			900,00	170,3			900,00	244,7		
1200,00	65,6			1200,00	111,4			1200,00	170,9			1200,00	245,3		
1440,00	65,8			1440,00	111,6			1440,00	171,4			1440,00	245,6		

Pressione 393,6 kPa				Pressione 787,2 kPa				Pressione 1574,4 kPa				Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	245,6	2160,02	294,1	0,02	294,4			0,02	342,1			0,02	397,6		
0,25	265,5	2700,02	294,3	0,25	308,0			0,25	356,8			0,25	391,4		
0,50	269,1	2880,02	294,4	0,50	312,5			0,50	363,3			0,50	390,9		
1,02	273,5			1,00	317,9			1,00	370,9			1,02	390,7		
2,02	278,6			2,00	323,9			2,02	378,1			2,02	390,3		
4,02	282,8			4,00	329,0			4,02	383,3			4,02	389,8		
8,02	285,6			8,00	332,1			8,02	386,8			8,02	389,7		
15,02	287,5			15,00	334,3			15,02	389,2			15,02	389,6		
30,02	288,9			30,00	336,2			30,02	390,7			30,02	389,5		
60,02	290,1			60,00	337,6			60,02	392,5			60,02	389,3		
120,02	291,1			120,00	338,8			120,02	393,6			120,02	389,2		
240,02	292,0			240,00	339,9			240,02	394,8			240,02	389,0		
480,02	292,8			480,00	340,8			480,02	395,9			480,02	388,8		
900,02	293,3			900,00	341,4			900,02	396,8			900,02	388,7		
1200,02	293,8			1200,00	341,8			1200,02	397,3			1200,02	388,7		
1440,02	293,8			1440,00	342,1			1440,02	397,6			1436,60	388,7		

Pressione 98,4 kPa				Pressione 24,6 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	388,7	2160,02	374,2	0,02	374,2	2160,00	360,4								
0,25	383,3			0,25	371,7	2700,00	360,3								
0,50	382,3			0,50	371,2	2880,00	360,2								
1,00	380,9			1,00	370,3										
2,02	379,6			2,00	369,3										
4,02	378,2			4,00	367,9										
8,02	376,9			8,00	366,3										
15,02	376,3			15,00	365,1										
30,02	375,8			30,00	363,9										
60,02	375,5			60,00	362,8										
120,02	375,2			120,00	362,2										
240,02	374,8			240,00	361,7										
480,02	374,6			480,00	361,2										
900,02	374,3			900,00	360,9										
1200,02	374,3			1200,00	360,7										
1440,02	374,3			1440,00	360,6										

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02174** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 12/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 12/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

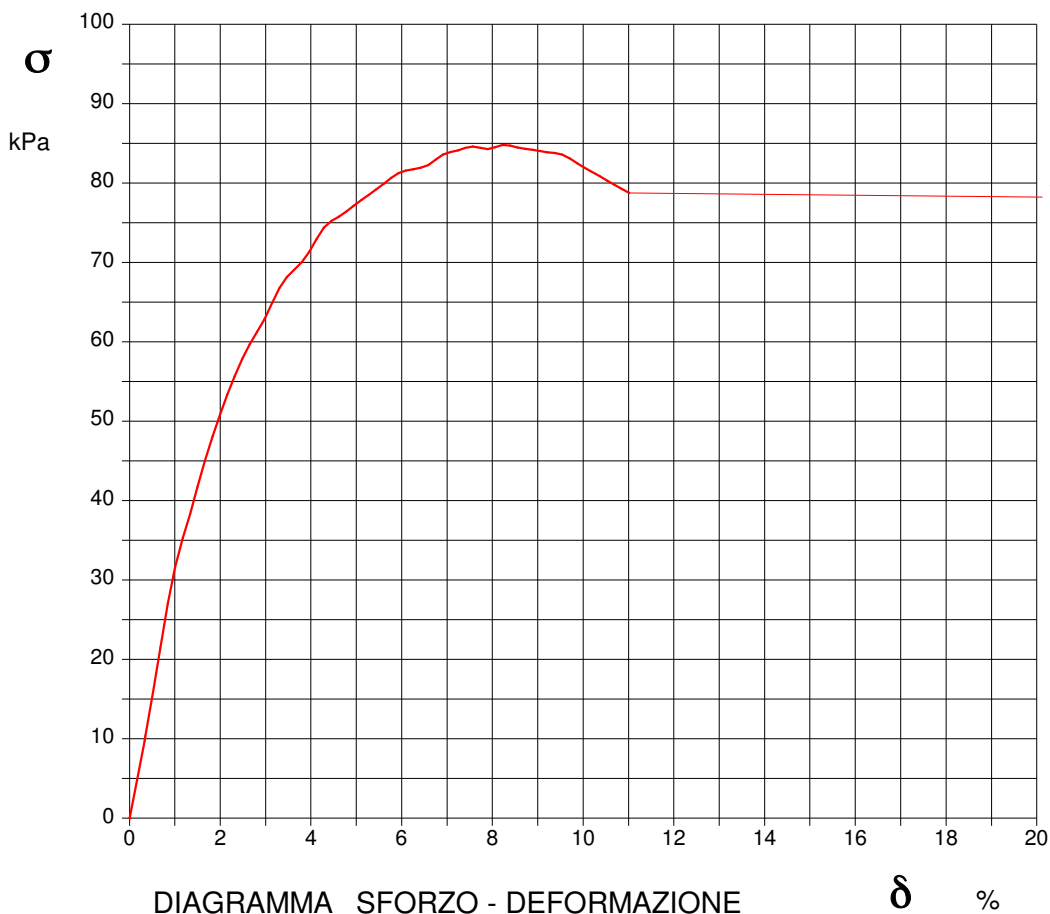
CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 4.5-5.0

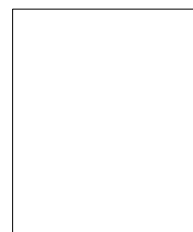
**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

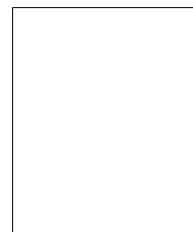
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,500	-----	-----
Altezza (cm):	7,62	-----	-----
Sezione (cm²):	11,58	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	19,4	-----	-----
Umidità naturale (%):	23,0	-----	-----



Provino 1



Provino 2



Provino 3

Moduli di elasticità kPa	Tangente	Provino 1: 2950	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	Secante	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	A rottura	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02174</b>	Pagina 0/1	DATA DI EMISSIONE: 29/06/20	Inizio analisi: 12/06/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20		Apertura campione: 12/06/20	Fine analisi: 12/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus				
RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)				
SONDAGGIO: 1		CAMPIONE: 2		PROFONDITA': m 4.5-5.0

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,35	10,3										
0,68	21,4										
1,01	31,6										
1,33	38,3										
1,66	45,0										
1,99	50,8										
2,32	55,7										
2,65	59,7										
2,97	62,8										
3,30	66,8										
3,63	69,1										
3,96	71,3										
4,29	74,4										
4,62	75,8										
4,94	77,2										
5,27	78,5										
5,60	79,9										
5,93	81,2										
6,26	81,8										
6,58	82,3										
6,91	83,6										
7,24	84,1										
7,57	84,6										
7,90	84,3										
8,22	84,8										
8,55	84,5										
8,88	84,2										
9,21	83,9										
9,54	83,6										
9,86	82,5										
10,19	81,4										
10,52	80,4										
10,85	79,3										
11,18	78,2										

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02175** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 17/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 20/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

PROFONDITA': m 4.5-5.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

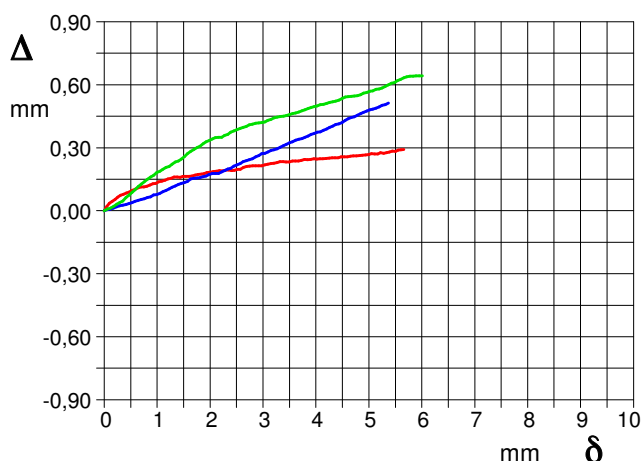
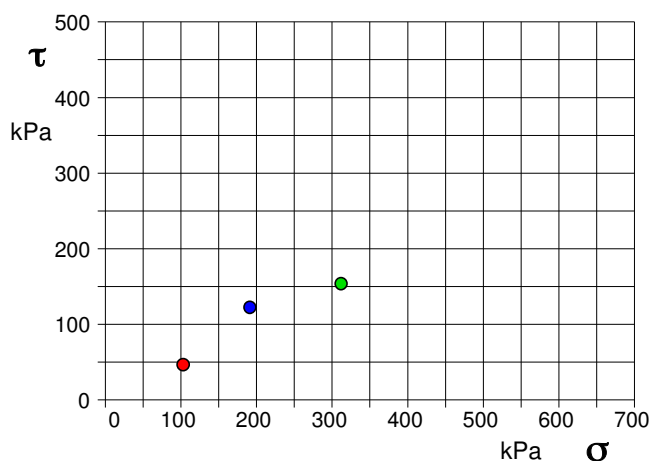
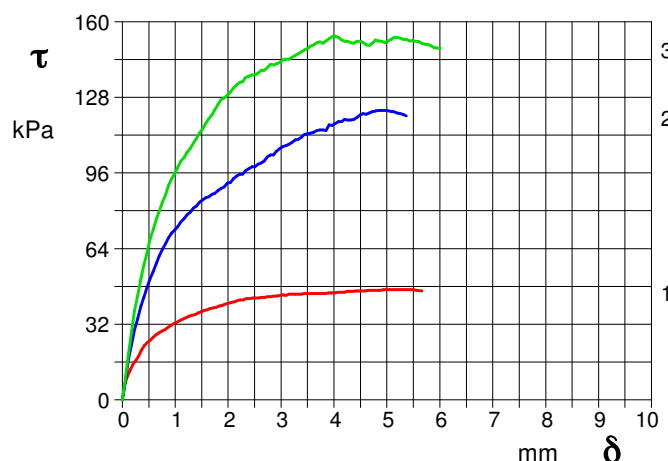
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	47	123	154
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,94	4,96	4,03
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,27	0,47	0,50
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 22,8	--- 20,6	--- 20,2
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,9 25,4	19,3 23,3	20,0 26,9

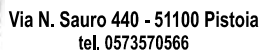
**DIAGRAMMA**Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04
-----------------------------------------

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Lo sperimentatore  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02175** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20 Inizio analisi: 17/06/20

Apertura campione: 12/06/20 Fine analisi: 20/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 2

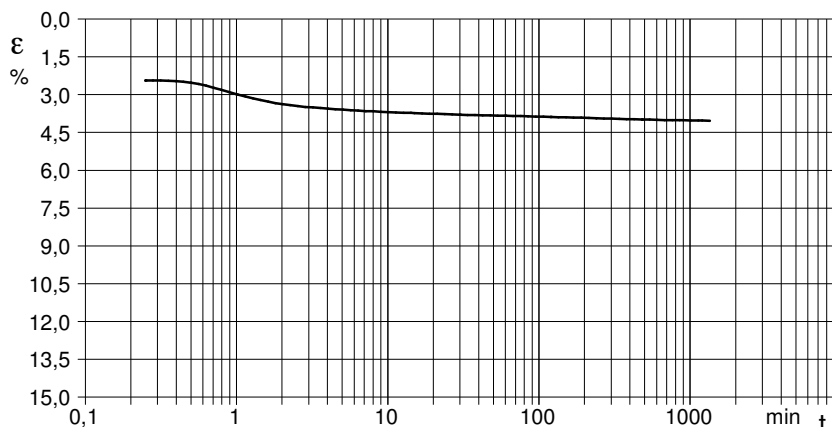
PROFONDITA': m 4.5-5.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE**

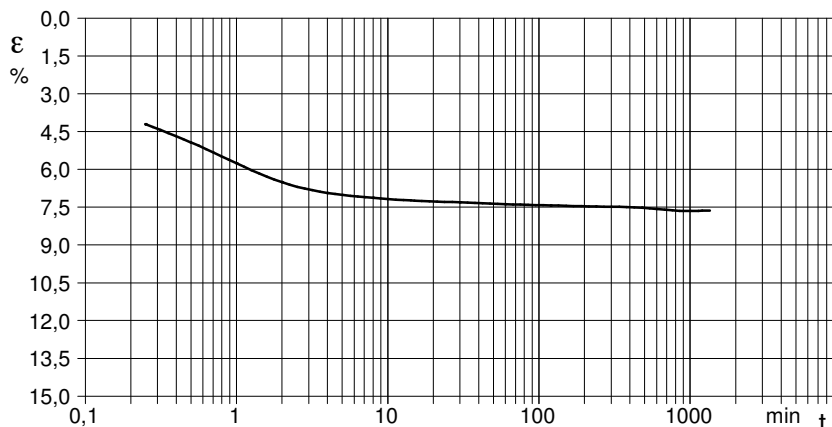
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

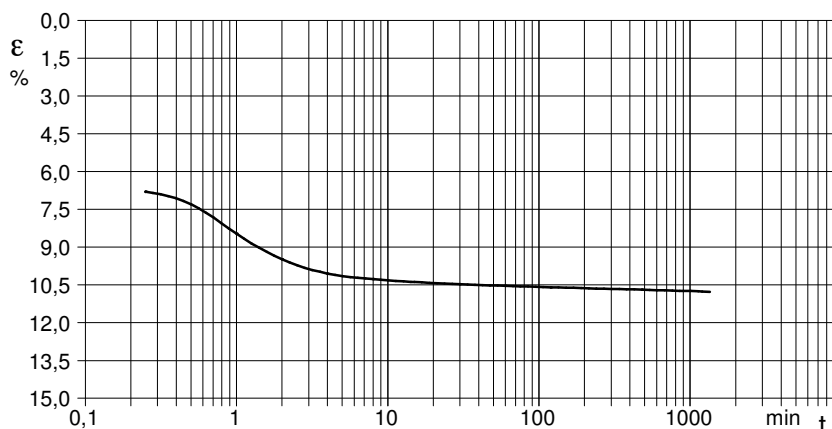
Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,919
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,847
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	1,970
Altezza finale (cm)	1,758
Sezione (cm²):	36,24
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

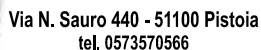


Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf





Il direttore del laboratorio  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

COMMITTENTE:	Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus		
RIFERIMENTO:	Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	2
		PROFONDITA': m	4.5-5.0

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	47	123	154
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	4,94	4,96	4,03
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,27	0,47	0,50
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 22,8	--- 20,6	--- 20,2
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,9 25,4	19,3 23,3	20,0 26,9

#### DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 9,1 kPa  
Angolo di attrito interno: 27,2 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta  
Velocità di deformazione: 0,007 mm / min  
Tempo di consolidazione (ore): 24

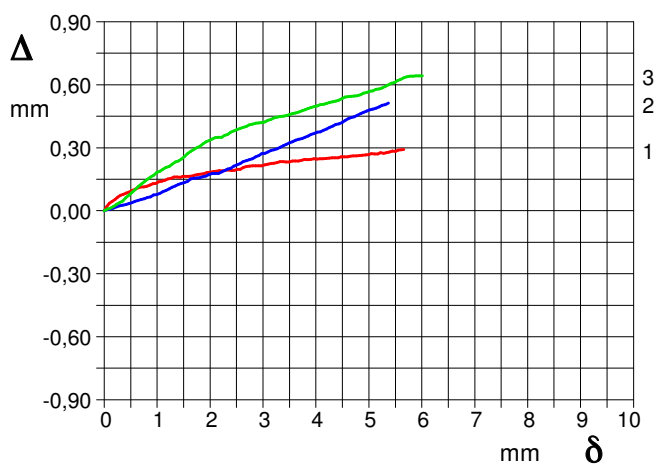
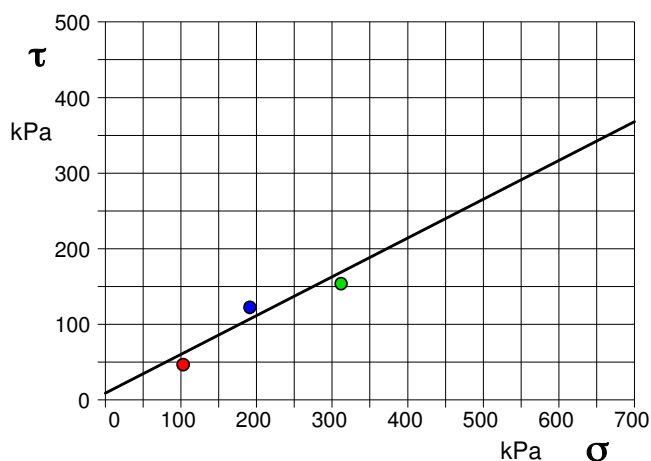


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

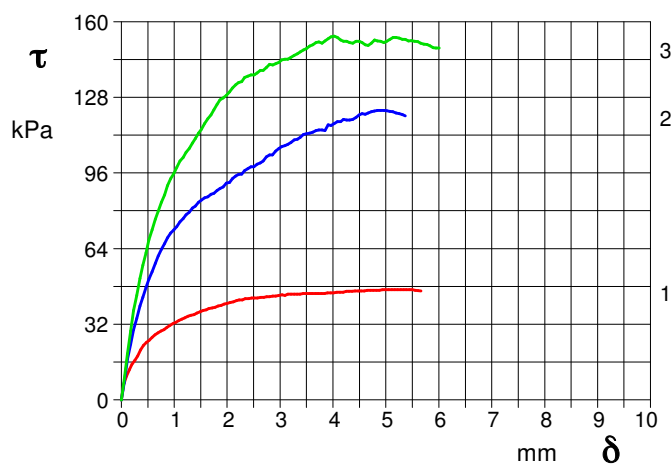


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus				
RIFERIMENTO:	Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)				
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	3	PROFONDITA': m	10.5-11.0

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	58,3	%
Peso di volume	16,0	kN/m ³
Peso di volume secco	10,1	kN/m ³
Peso di volume saturo	16,2	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	1,621	
Porosità	61,9	%
Grado di saturazione	97,0	%
Limite di liquidità	55,9	%
Limite di plasticità	33,1	%
Indice di plasticità	22,8	%
Indice di consistenza	-0,10	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro		%
UNI 11531/14	A7-5	I.G. = 16

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	0,8	%
Sabbia	2,6	%
Limo	54,3	%
Argilla	42,3	%
D 10	0,000250	mm
D 50	0,002933	mm
D 60	0,004699	mm
D 90	0,025740	mm
Passante set. 10	99,2	%
Passante set. 42	98,8	%
Passante set. 230	97,0	%

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	kPa
$c_u$	kPa
$\sigma_{Rim}$	kPa
$c_u Rim$	kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta			
$c'$	7,4	kPa	
$\phi'$	12,8	°	
$c'_{Res}$		kPa	
$\phi'_{Res}$		°	

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

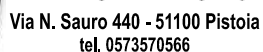
**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm ² /sec	k cm/sec
12,3 ÷ 24,6	953	0,000185	1,90E-08
24,6 ÷ 49,2	1292	0,000088	6,65E-09
49,2 ÷ 98,4	1451	0,000116	7,87E-09
98,4 ÷ 196,8	1815	0,000046	2,47E-09
196,8 ÷ 393,6	2181	0,000095	4,29E-09
393,6 ÷ 787,2	5395	0,000051	9,34E-10
787,2 ÷ 1574,4	11611	0,000046	3,85E-10

**FOTOGRAFIA****OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5	
------------------------------	--	---------------------------	--

Posizione delle prove					cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE	
CF	GR	TD	ED		0				Limo con argilla, torboso MUNSELL SOIL COLOR: 10R 5/1 Reddish gray	
					10				Torba s.s. MUNSELL SOIL COLOR: 5Y 3/2 Dark olive gray	
					20				Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test	
					30				< 24.5 kPa molto molle	
					40				24.5 - 49.1 kPa molle	
					50	25		47	Le caratteristiche naturali del campione (consistenza) non hanno permesso la preparazione di provini idonei ad esser sottoposti a prova ELL	
						25		51		



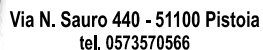
DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Argille fortemente compressibili mediamente plastiche

Lo sperimentatore  
Dott. Geol. Chiara Colarusso

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geologo Paolo Tognelli

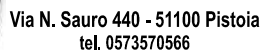


**DNV Business Assurance**  
**Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA**  
**UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)**  
**Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)**

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10
-----------------------------------------

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018



Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geologo Paolo Tognelli



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02178** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 22/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 23/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

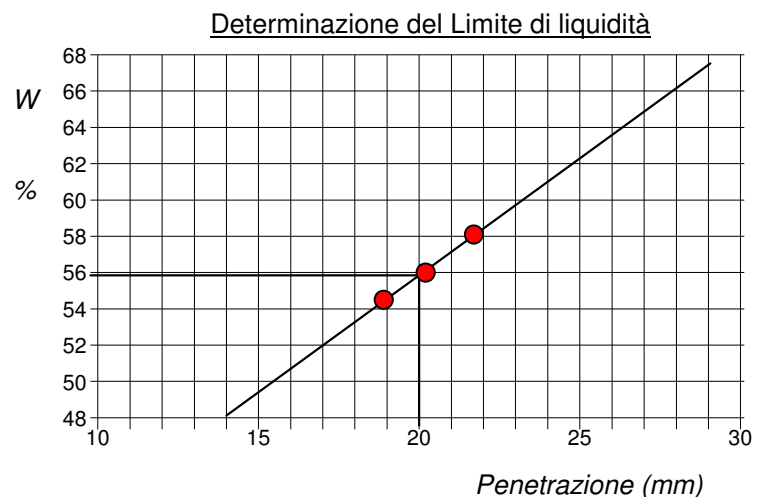
CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 10.5-11.0

**ABACO DI CASAGRANDE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	55,9	%
Limite di plasticità	33,1	%
Indice di plasticità	22,8	%
Indice di consistenza	-0,10	
Passante al set. n° 42	SI	



C - Argille inorganiche

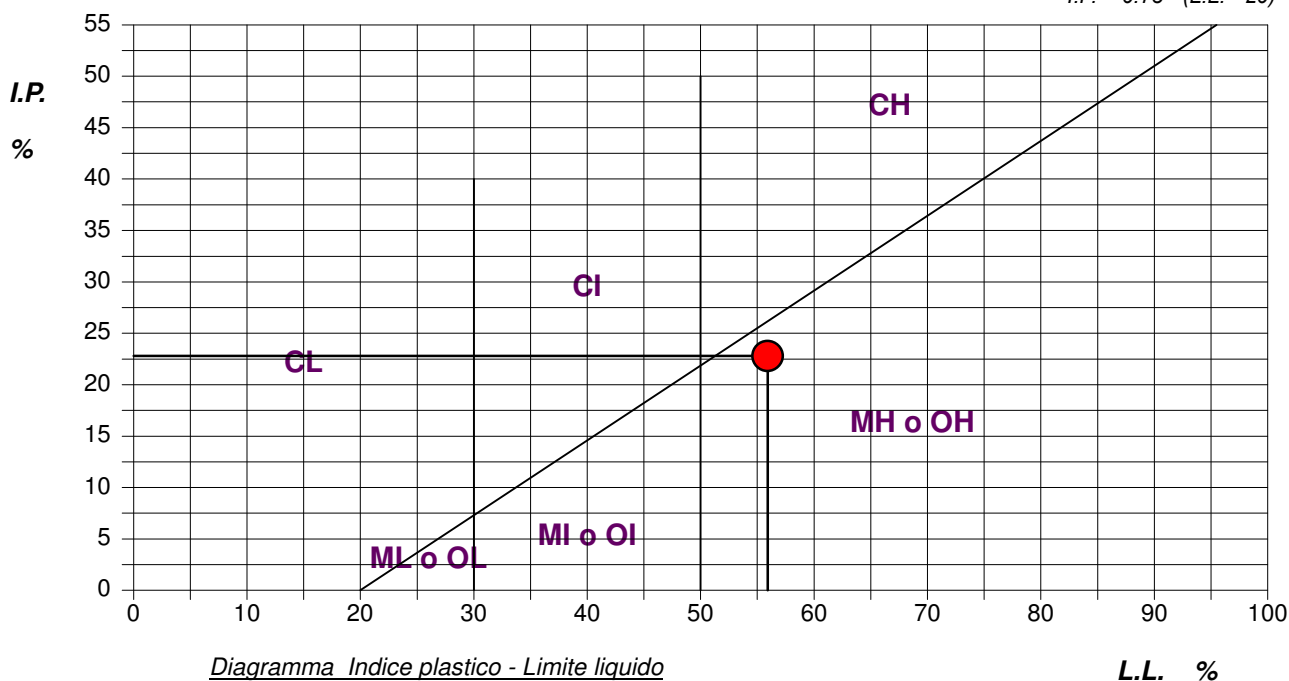
L - Bassa compressibilità

**M - Limi inorganici**

I - Media compressibilità

**O - Argille e limi organici****H - Alta compressibilità****ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE**

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02179** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 15/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 18/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

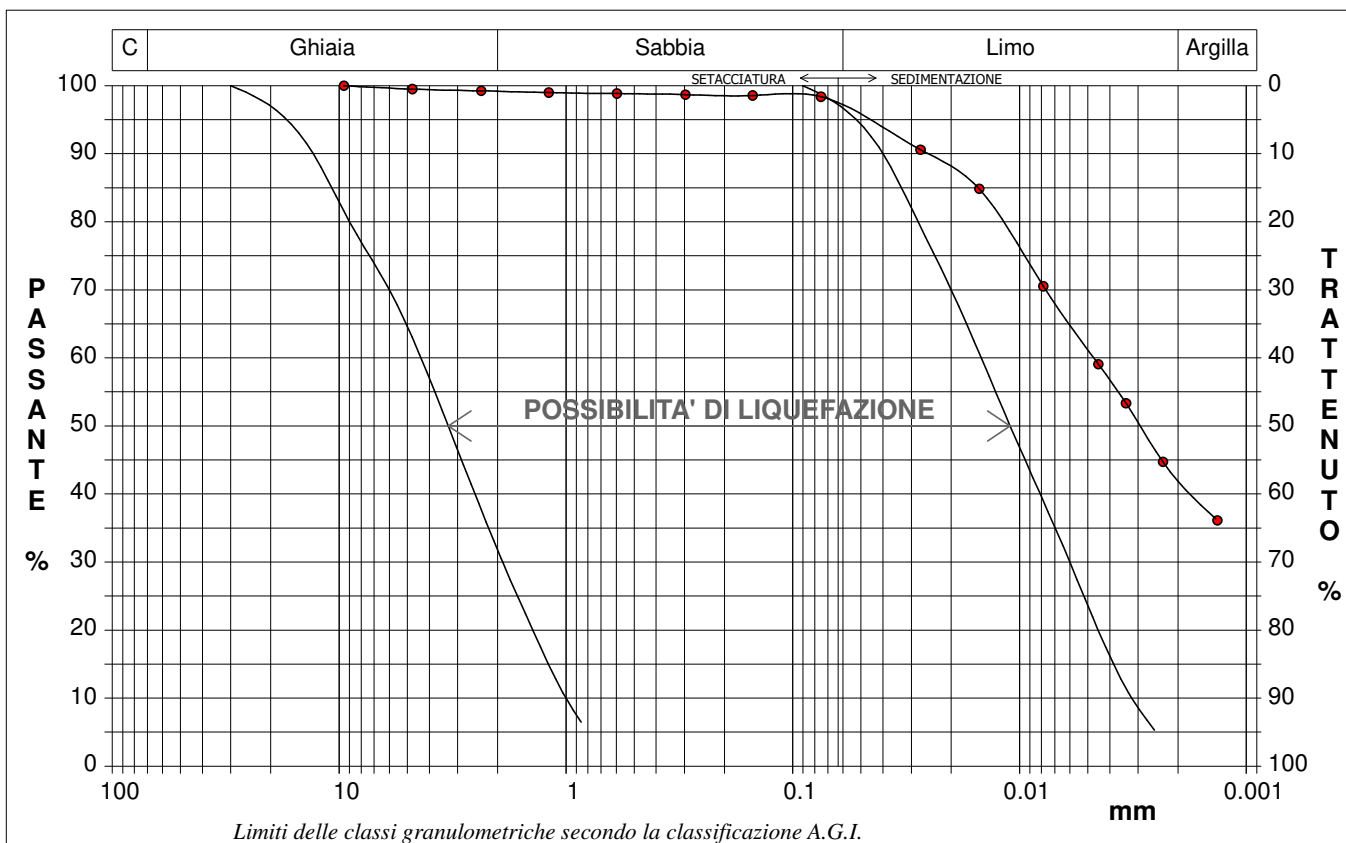
CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 10.5-11.0

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	0,8 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,2 %	D10	0,00025 mm	
Sabbia	2,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,8 %	D30	--- mm	
Limo	54,3 %	Passante setaccio 230 (0.063 mm)	97,0 %	D50	0,00293 mm	
Argilla	42,3 %			D60	0,00470 mm	
Coefficiente di uniformità		18,82	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,02574 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
9,5200	100,00	0,2970	98,69	0,0078	70,52				
4,7500	99,49	0,1500	98,55	0,0045	59,06				
2,3600	99,24	0,0750	98,37	0,0034	53,32				
1,1900	98,99	0,0273	90,57	0,0023	44,73				
0,5950	98,84	0,0151	84,84	0,0013	36,13				

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02180** Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 15/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 28/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

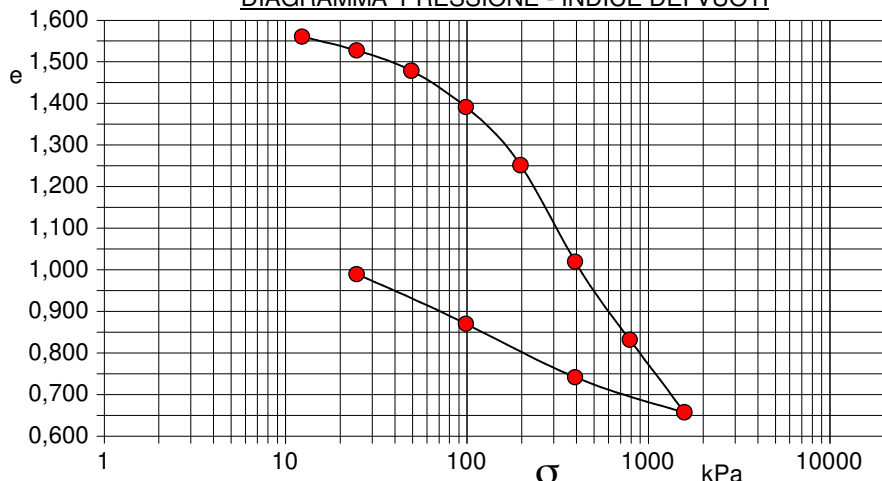
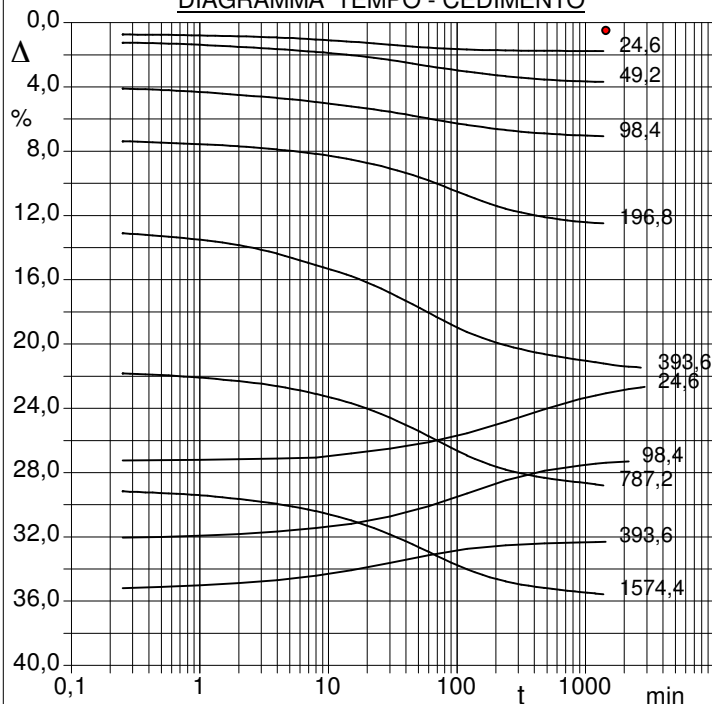
SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3

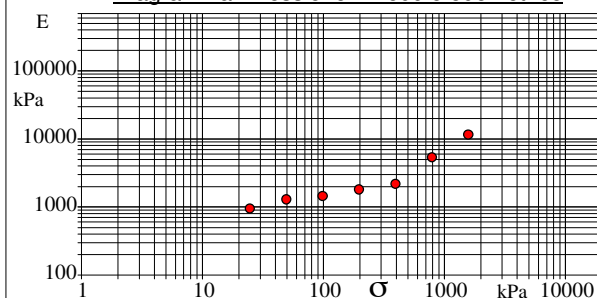
PROFONDITA': m 10.5-11.0

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

**Caratteristiche del campione**Peso di volume (kN/m³) 15,96  
Umidità (%) 55,1  
Peso specifico (kN/m³) 26,47Altezza provino (cm) 2,00  
Diametro provino (cm) 5,00  
Sezione provino (cm²) 19,63  
Volume provino (cm³) 39,27Volume dei vuoti (cm³) 24,01  
Indice dei vuoti 1,57  
Porosità (%) 61,14  
Saturazione (%) 94,6**DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTI****DIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO**

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
12,3	9,6	1,561				
24,6	35,4	1,528	0,110	953	0,000185	1,90E-08
49,2	73,5	1,479	0,163	1292	0,000088	6,65E-09
98,4	141,3	1,391	0,290	1451	0,000116	7,87E-09
196,8	249,7	1,252	0,463	1815	0,000046	2,47E-09
393,6	430,2	1,020	0,771	2181	0,000095	4,29E-09
787,2	576,1	0,832	0,624	5395	0,000051	9,34E-10
1574,4	711,7	0,657	0,580	11611	0,000046	3,85E-10
393,6	646,0	0,742				
98,4	546,3	0,870				
24,6	453,5	0,990				

**Diagramma Pressione - Modulo edometrico**

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02180** Pagina 2/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20 Inizio analisi: 15/06/20

Apertura campione: 12/06/20 Fine analisi: 28/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 10.5-11.0

**PROVA EDOMETRICA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

**LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE**

Pressione 24,6 kPa				Pressione 49,2 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione 196,8 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	9,6			0,02	35,4			0,02	73,5			0,02	141,3		
0,25	14,6			0,25	24,8			0,25	82,1			0,25	147,6		
0,50	15,1			0,50	25,7			0,50	83,7			0,50	149,2		
1,00	15,8			1,00	27,5			1,00	86,3			1,00	151,3		
2,00	17,0			2,00	30,0			2,00	89,9			2,00	153,9		
4,00	18,4			4,00	32,9			4,00	93,7			4,00	157,9		
8,00	20,8			8,00	36,4			8,00	98,7			8,00	163,3		
15,00	23,7			15,00	40,4			15,00	104,3			15,00	170,4		
30,00	27,5			30,00	46,4			30,00	110,9			30,00	181,3		
60,00	31,2			60,00	54,0			60,00	119,3			60,00	196,4		
120,00	33,4			120,00	61,0			120,00	127,3			120,00	215,1		
240,00	34,5			240,00	66,6			240,00	133,6			240,00	231,7		
480,00	35,0			480,00	70,7			480,00	137,9			480,00	241,9		
900,00	35,3			900,00	72,9			900,00	140,3			900,00	247,7		
1200,00	35,4			1200,00	73,4			1200,00	140,9			1200,00	249,2		
1440,00	35,4			1440,00	73,5			1440,00	141,3			1437,53	249,7		

Pressione 393,6 kPa				Pressione 787,2 kPa				Pressione 1574,4 kPa				Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	249,7	2160,00	428,1	0,02	430,2			0,02	576,1			0,02	711,7		
0,25	262,1	2700,00	429,5	0,25	436,7			0,25	583,3			0,25	703,9		
0,50	265,6	2880,00	430,2	0,50	438,5			0,50	585,5			0,50	702,4		
1,00	270,2			1,02	441,9			1,00	588,2			1,00	700,4		
2,00	276,9			2,02	446,2			2,00	592,9			2,00	697,5		
4,00	287,6			4,02	452,5			4,00	599,1			4,00	693,8		
8,00	301,9			8,02	462,1			8,00	608,1			8,00	688,2		
15,00	315,5			15,02	473,7			15,00	619,4			15,00	681,6		
30,00	336,2			30,02	491,6			30,00	636,9			30,00	672,3		
60,00	361,0			60,02	514,6			60,00	658,7			60,00	662,9		
120,00	385,0			120,02	538,8			120,00	680,4			120,00	655,0		
240,00	401,6			240,02	556,4			240,00	695,4			240,00	650,3		
480,00	412,5			480,02	566,5			480,00	703,7			480,00	648,2		
900,00	419,8			900,02	572,2			900,00	708,6			900,00	646,9		
1200,00	422,7			1200,02	574,7			1200,00	710,6			1200,00	646,3		
1440,00	424,8			1431,22	576,1			1439,00	711,7			1435,62	646,0		

Pressione 98,4 kPa				Pressione 24,6 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	646,0	2160,00	546,3	0,02	546,3	2160,00	456,2								
0,25	641,1			0,25	544,7	2700,00	454,1								
0,50	640,0			0,50	544,5	2880,00	453,5								
1,00	638,5			1,00	544,1										
2,00	636,7			2,00	543,5										
4,00	633,4			4,00	542,7										
8,00	628,9			8,00	541,4										
15,00	623,6			15,00	536,0										
30,00	614,6			30,00	530,1										
60,00	601,7			60,00	522,1										
120,00	585,7			120,00	510,9										
240,00	569,7			240,00	496,6										
480,00	557,6			480,00	481,0										
900,00	551,3			900,00	468,6										
1200,00	549,0			1200,00	464,1										
1440,00	547,7			1440,00	461,2										

Pressione 98,4 kPa				Pressione 24,6 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	646,0	2160,00	546,3	0,02	546,3	2160,00	456,2								
0,25	641,1			0,25	544,7	2700,00	454,1								
0,50	640,0			0,50	544,5	2880,00	453,5								
1,00	638,5			1,00	544,1										
2,00	636,7			2,00	543,5										
4,00	633,4			4,00	542,7										
8,00	628,9			8,00	541,4										
15,00	623,6			15,00	536,0										
30,00	614,6			30,00	530,1										
60,00	601,7			60,00	522,1										
120,00	585,7			120,00	510,9										
240,00	569,7			240,00	496,6										
480,00	557,6			480,00	481,0										
900,00	551,3			900,00	468,6										
1200,00	549,0			1200,00	464,1										
1440,00	547,7			1440,00	461,2										

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02181** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 19/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 22/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3

PROFONDITA': m 10.5-11.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

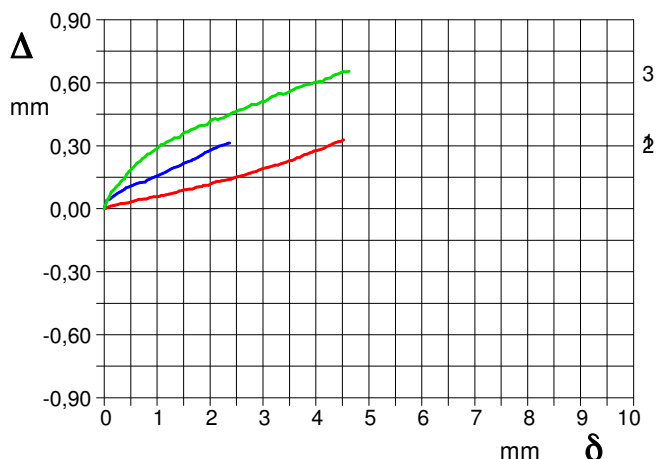
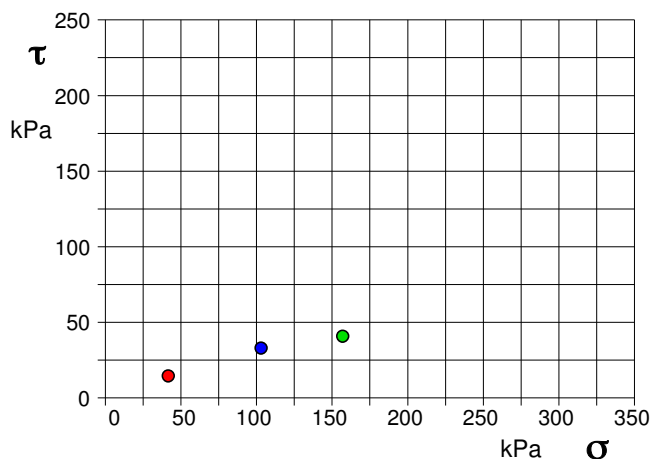
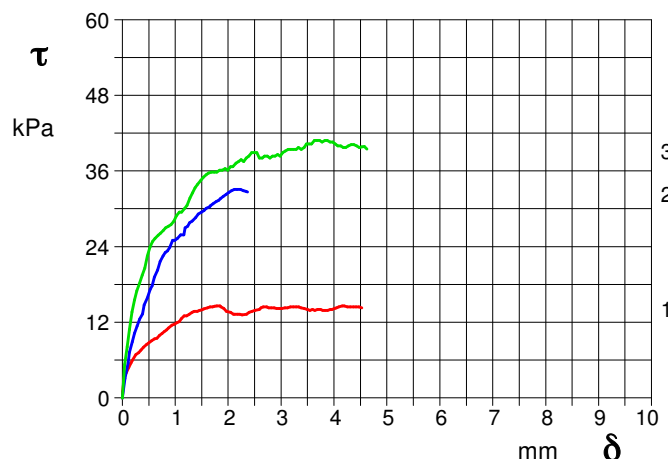
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	42	103	157
Tensione a rottura (kPa):	15	33	41
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,78	2,12	3,63
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,10	0,29	0,58
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 58,6	--- 56,0	--- 61,2
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	16,2 27,6	15,7 26,6	16,1 31,5

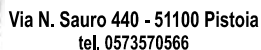
**DIAGRAMMA**Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,006 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04
-----------------------------------------

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Lo sperimentatore  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli



**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02181** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 19/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 22/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 3

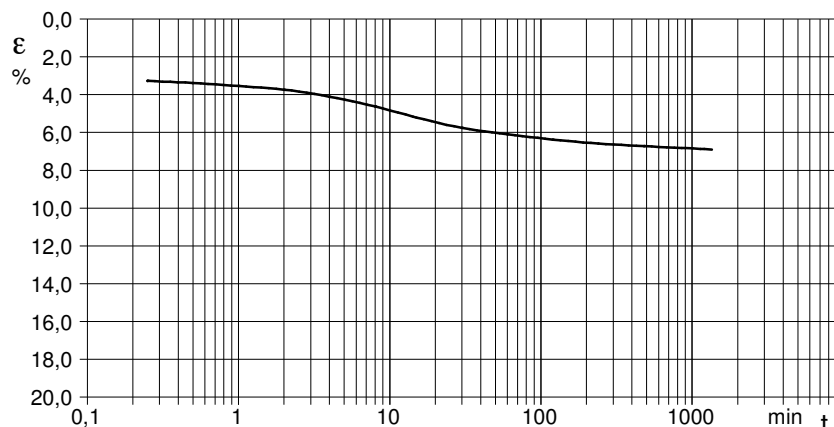
PROFONDITA': m 10.5-11.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE**

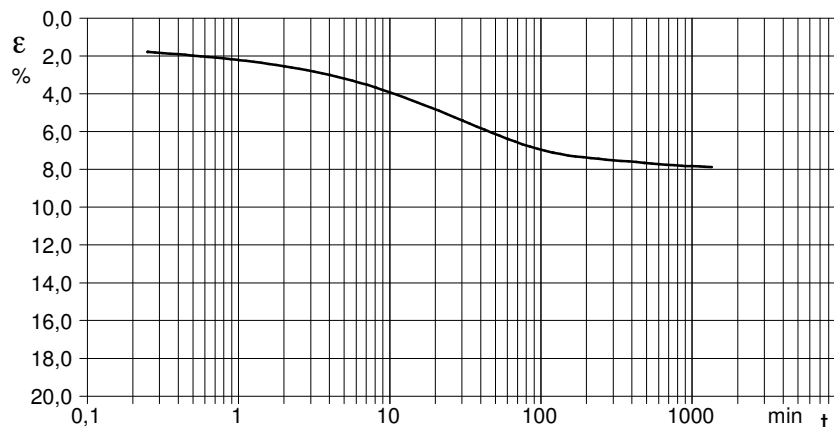
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

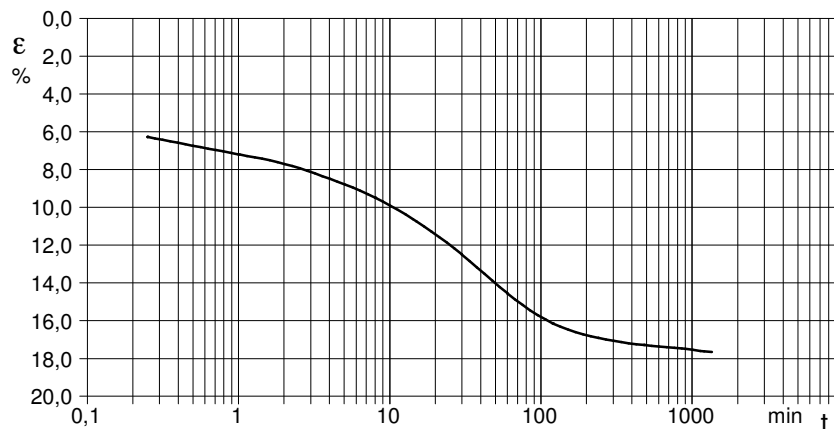
Pressione (kPa)	42
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,862
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,842
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

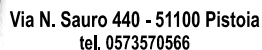
Pressione (kPa)	157
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,647
Sezione (cm²):	36,00
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf



Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04
-----------------------------------------

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Lo sperimentatore  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

COMMITTENTE:	Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus		
RIFERIMENTO:	Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	3
		PROFONDITA': m	10.5-11.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	42	103	157
Tensione a rottura (kPa):	15	33	41
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,78	2,12	3,63
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,10	0,29	0,58
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 58,6	--- 56,0	--- 61,2
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	16,2 27,6	15,7 26,6	16,1 31,5

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 7,4 kPa  
Angolo di attrito interno: 12,8 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta  
Velocità di deformazione: 0,006 mm / min  
Tempo di consolidazione (ore): 24

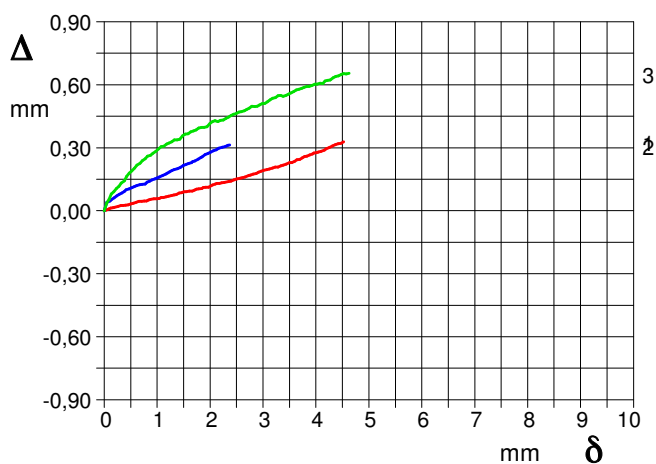
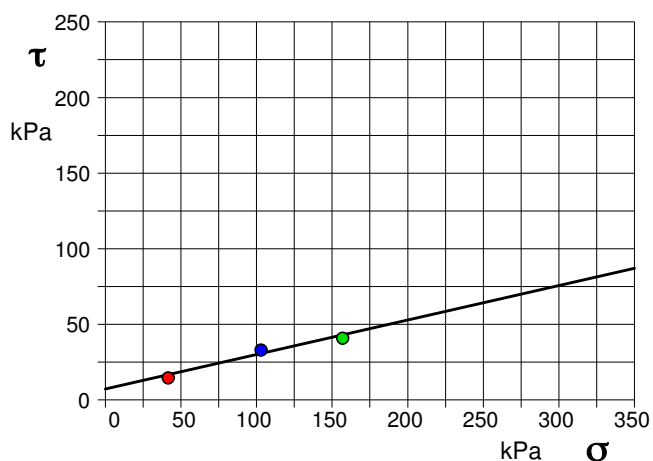


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

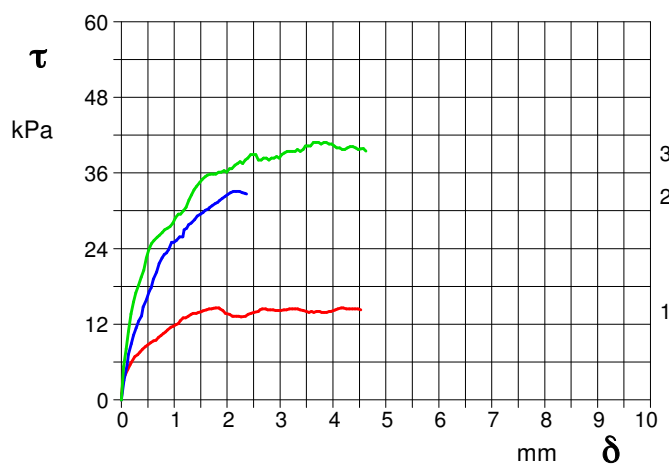


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 4

PROFONDITA': m 27.0-27.5

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	22,6	%
Peso di volume	20,1	kN/m ³
Peso di volume secco	16,4	kN/m ³
Peso di volume saturo	20,1	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,613	
Porosità	38,0	%
Grado di saturazione	99,6	%
Limite di liquidità	34,5	%
Limite di plasticità	22,3	%
Indice di plasticità	12,2	%
Indice di consistenza	0,97	
Passante al set. n° 42	SI	
Limite di ritiro		%
UNI 11531/14	A6	I.G. = 6

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia		%
Sabbia	42,3	%
Limo	42,1	%
Argilla	15,6	%
D 10	0,000939	mm
D 50	0,040011	mm
D 60	0,067521	mm
D 90	0,205956	mm
Passante set. 10	100,0	%
Passante set. 42	98,8	%
Passante set. 230	58,7	%

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	89	kPa
$c_u$	44	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_u Rim$		kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta			
$c'$	21,3	kPa	
$\phi'$	27,7	°	
$c'_{Res}$		kPa	
$\phi'_{Res}$		°	

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

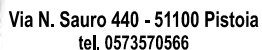
**PROVA EDOMETRICA**

$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm ² /sec	k cm/sec
24,6 ÷ 49,2	2563	0,001245	4,76E-08
49,2 ÷ 98,4	2811	0,002011	7,01E-08
98,4 ÷ 196,8	5179	0,001872	3,54E-08
196,8 ÷ 393,6	8049	0,001374	1,67E-08
393,6 ÷ 787,2	11327	0,001219	1,06E-08
787,2 ÷ 1574,4	17339	0,001129	6,38E-09

**FOTOGRAFIA****OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5	
------------------------------	--	---------------------------	--

Posizione delle prove					cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE	
CF	GR	CS	ED	TD						
					0		75			Sabbia con limo argillosa, con tracce torbose MUNSELL SOIL COLOR: 5PB 5/1 Bluish gray
					10					
					20					
					30					
					40		50			Limo argilloso con concrezioni calcaree MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 5/3 Light olive brown
					50			50		
								53		



Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Classificazione secondo: UNI 11531/14

## LIMITI DI CONSISTENZA

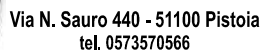
Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0	%	Limite di liquidità	34,5	%
Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,8	%	Limite di plasticità	22,3	%
Passante setaccio 230 (0.063 mm)	58,7	%	Indice di plasticità	12,2	%

**CLASSIFICAZIONE DEL TERRENO: A6**      **INDICE DI GRUPPO: 6**

Tipi usuali dei materiali principali:  
Argille poco compressibili

Lo sperimentatore  
Dott. Geol. Chiara Colarusso

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geologo Paolo Tognelli

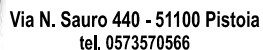


**DNV Business Assurance**  
**Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA**  
**UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)**  
**Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)**

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10
-----------------------------------------





**DNV Business Assurance**  
**Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA**  
**UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)**  
**Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)**

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Modalità di prova: Norma BS 1377 T 15/E

**Peso di volume allo stato naturale = 20,1 kN/m³**

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geologo Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02184** Allegato 1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 26/06/20

Apertura campione: 15/06/20

Fine analisi: 27/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 4

PROFONDITA': m 27.0-27.5

**ABACO DI CASAGRANDE**

Modalità di prova: Norma ASTM D 4318-10

Limite di liquidità	34,5	%
Limite di plasticità	22,3	%
Indice di plasticità	12,2	%
Indice di consistenza	0,97	
Passante al set. n° 42	SI	

**C - Argille inorganiche**

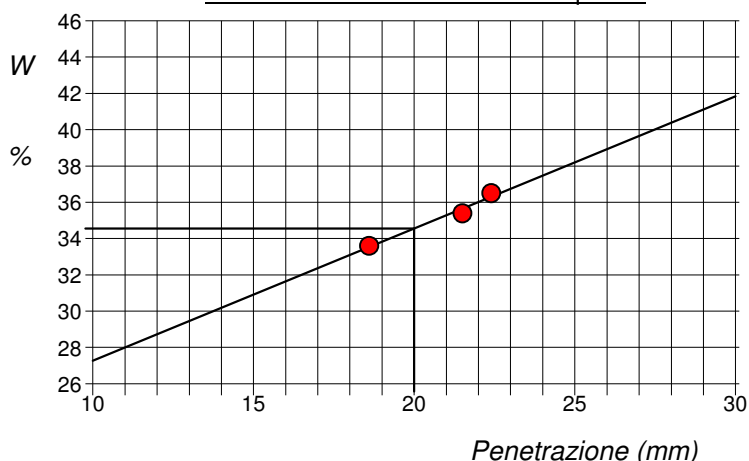
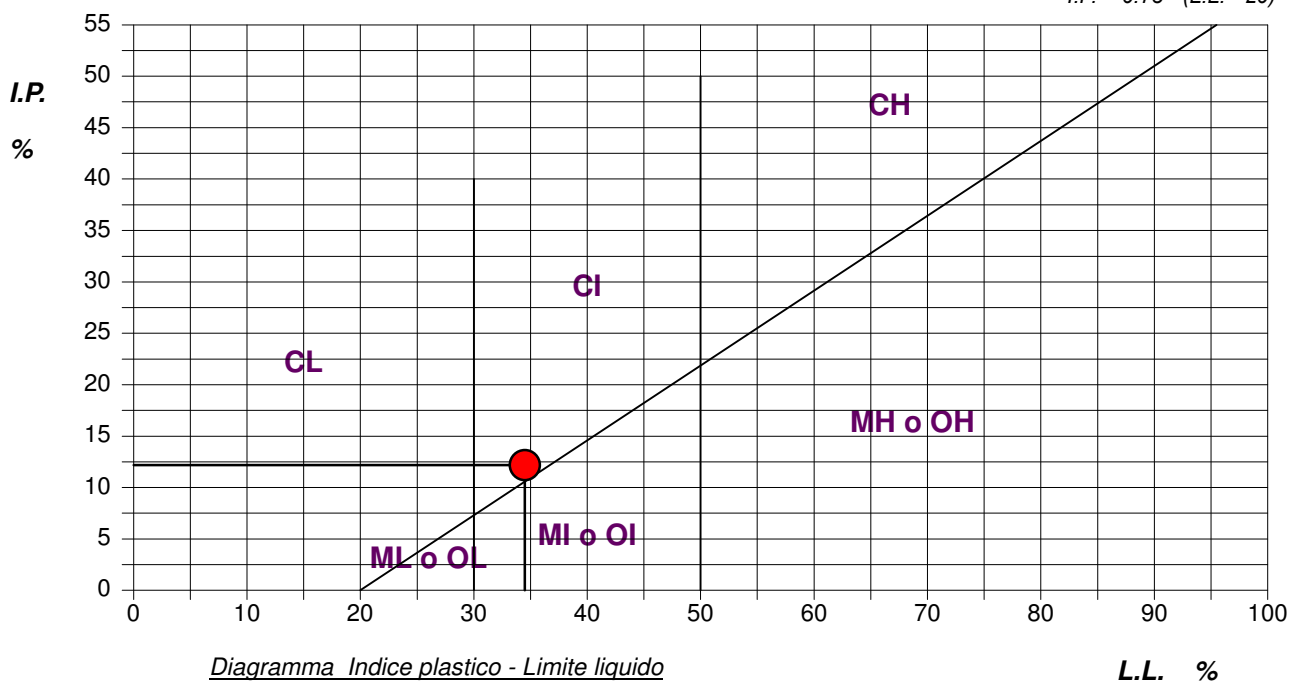
M - Limi inorganici

O - Argille e limi organici

L - Bassa compressibilità

**I - Media compressibilità**

H - Alta compressibilità

**Determinazione del Limite di liquidità****ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE** $I.P. = 0.73 \cdot (L.L. - 20)$ 

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02185** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 18/06/20

Apertura campione: 15/06/20

Fine analisi: 22/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

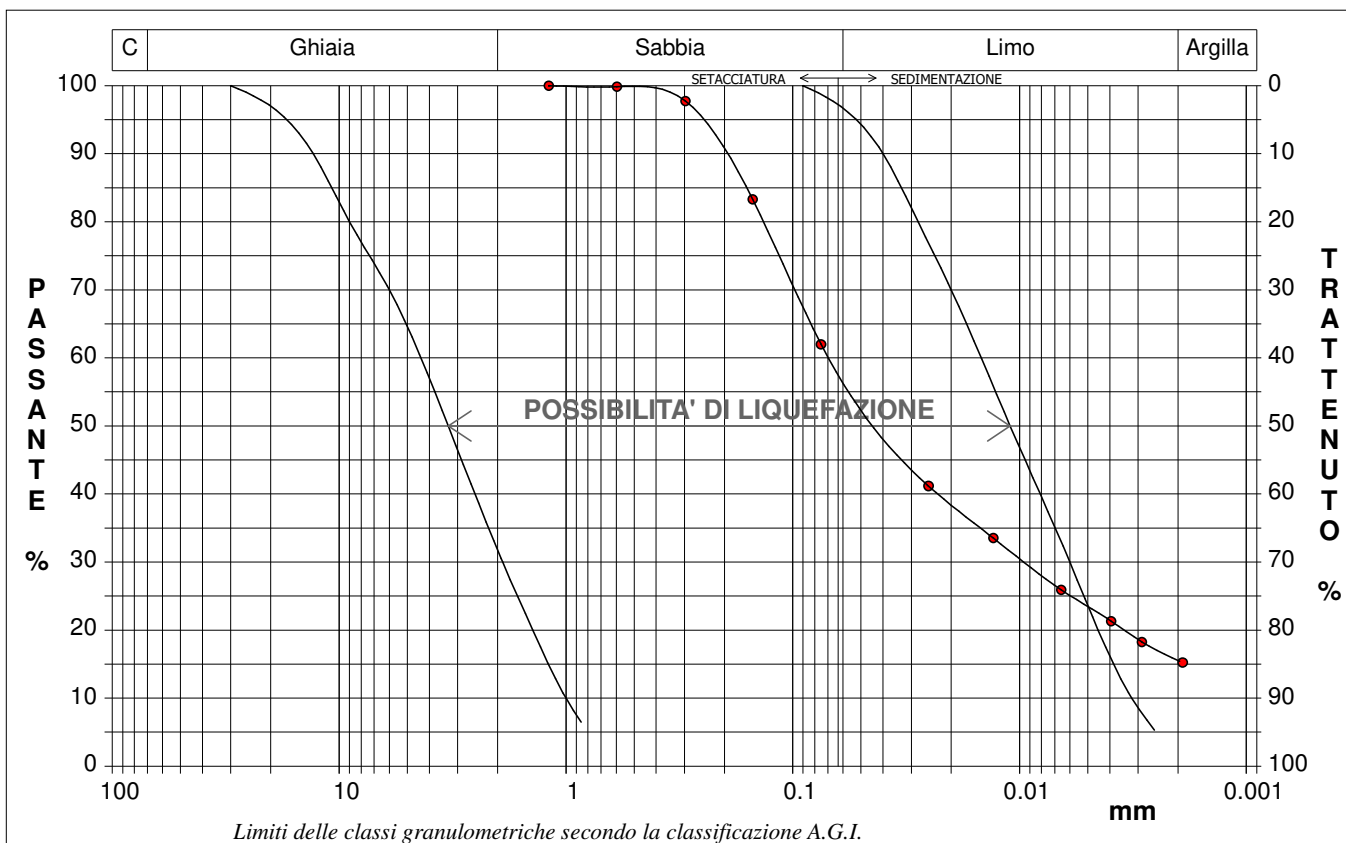
CAMPIONE: 4

PROFONDITA': m 27.0-27.5

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma A.G.I. 1977

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	100,0 %	D10	0,00094 mm	
Sabbia	42,3 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	98,8 %	D30	0,00949 mm	
Limo	42,1 %	Passante setaccio 230 (0.063 mm)	58,7 %	D50	0,04001 mm	
Argilla	15,6 %			D60	0,06752 mm	
Coefficiente di uniformità		71,94	Coefficiente di curvatura	1,42	D90	0,20596 mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
1,1900	100,00	0,0252	41,16	0,0019	15,21				
0,5950	99,84	0,0131	33,53						
0,2970	97,74	0,0065	25,89						
0,1500	83,30	0,0039	21,32						
0,0750	62,01	0,0029	18,26						

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02186**

Pagina 1/2

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 15/06/20

Apertura campione: 15/06/20

Fine analisi: 28/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 4

PROFONDITA': m 27.0-27.5

**PROVA EDOMETRICA**

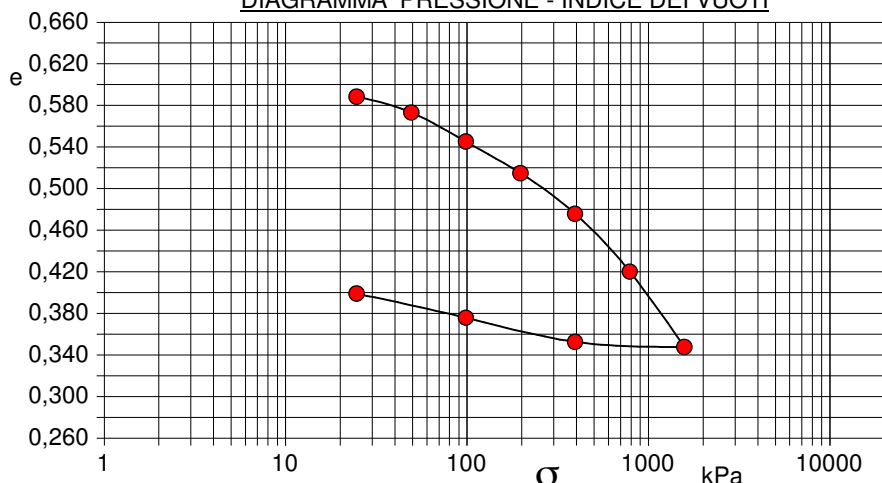
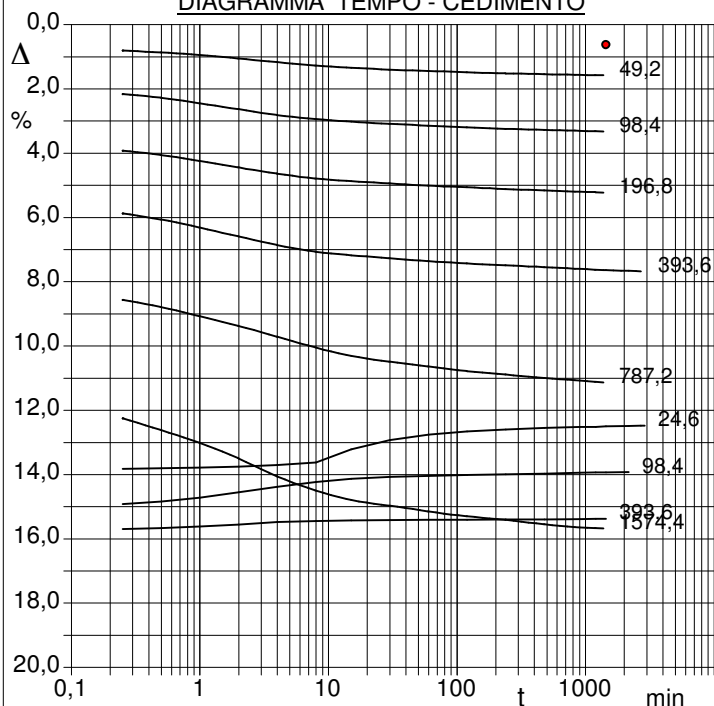
Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

Caratteristiche del campione

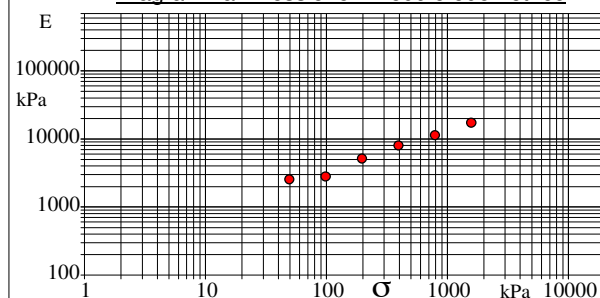
Peso di volume (kN/m³)	20,29
Umidità (%)	22,5
Peso specifico (kN/m³)	26,47

Altezza provino (cm)	2,00
Diametro provino (cm)	5,00
Sezione provino (cm²)	19,63
Volume provino (cm³)	39,27

Volume dei vuoti (cm³)	14,70
Indice dei vuoti	0,60
Porosità (%)	37,44
Saturazione (%)	100,0

DIAGRAMMA PRESSIONE - INDICE DEI VUOTIDIAGRAMMA TEMPO - CEDIMENTO

Pressione kPa	Cedim. mm/100	Indice Vuoti	Cc	Modulo kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec
24,6	12,3	0,589				
49,2	31,5	0,573	0,051	2563	0,001245	4,76E-08
98,4	66,5	0,545	0,093	2811	0,002011	7,01E-08
196,8	104,5	0,515	0,101	5179	0,001872	3,54E-08
393,6	153,4	0,476	0,130	8049	0,001374	1,67E-08
787,2	222,9	0,420	0,185	11327	0,001219	1,06E-08
1574,4	313,7	0,348	0,241	17339	0,001129	6,38E-09
393,6	307,5	0,353				
98,4	278,5	0,376				
24,6	249,5	0,399				

Diagramma Pressione - Modulo edometrico



**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02186**

Pagina 2/2

**VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20**

**DATA DI EMISSIONE: 29/06/20**

**Inizio analisi: 15/06/20**

**Apertura campione: 15/06/20**

**Fine analisi: 28/06/20**

**COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus**

**RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)**

**SONDAGGIO: 1**

**CAMPIONE: 4**

**PROFONDITA': m 27.0-27.5**

### PROVA EDOMETRICA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2435-11

#### LETTURE INTERMEDIE - TABELLE RIASSUNTIVE

Pressione 49,2 kPa				Pressione 98,4 kPa				Pressione 196,8 kPa				Pressione 393,6 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	12,3			0,02	31,5			0,02	66,5			0,02	104,5	2160,00	153,2
0,25	16,1			0,25	43,1			0,25	78,4			0,25	117,5	2700,00	153,4
0,50	17,3			0,50	45,5			0,50	81,1			0,50	121,3	2880,00	153,4
1,00	18,9			1,00	49,0			1,00	84,8			1,00	126,3		
2,00	21,1			2,00	52,6			2,00	88,9			2,00	131,8		
4,00	23,3			4,00	56,2			4,00	92,7			4,00	137,2		
8,00	25,5			8,00	58,7			8,00	95,8			8,00	141,3		
15,00	26,8			15,00	60,4			15,00	97,4			15,00	143,5		
30,00	28,0			30,00	61,7			30,00	98,8			30,00	145,4		
60,00	28,8			60,00	62,9			60,00	100,2			60,00	147,2		
120,00	29,6			120,00	64,0			120,00	101,2			120,00	148,6		
240,00	30,3			240,00	64,8			240,00	102,3			240,00	149,8		
480,00	30,8			480,00	65,5			480,00	103,2			480,00	150,9		
899,98	31,2			900,00	66,0			900,00	104,0			900,00	152,0		
1199,98	31,4			1200,00	66,3			1200,00	104,3			1200,00	152,5		
1439,98	31,5			1440,00	66,5			1437,35	104,5			1440,00	152,7		

Pressione 787,2 kPa				Pressione 1574,4 kPa				Pressione 393,6 kPa				Pressione 98,4 kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	153,4			0,02	222,9			0,02	313,7			0,02	307,5	2160,00	278,5
0,25	171,3			0,25	244,9			0,25	313,9			0,25	298,3		
0,50	175,8			0,50	252,4			0,50	313,2			0,50	296,8		
1,00	181,5			1,00	260,3			1,00	312,3			1,00	294,4		
2,00	187,5			2,00	270,0			2,00	311,1			2,00	291,0		
4,00	194,2			4,00	281,2			4,00	309,6			4,00	287,7		
8,00	201,0			8,00	289,9			8,00	309,0			8,00	284,6		
15,00	206,1			15,00	295,8			15,00	308,6			15,00	282,6		
30,00	209,8			30,00	299,4			30,00	308,4			30,00	281,5		
60,00	212,7			60,00	302,9			60,00	308,2			60,00	280,8		
120,00	215,6			120,00	306,0			120,00	308,1			120,00	280,2		
240,00	217,8			240,00	308,2			240,00	308,0			240,00	279,8		
480,00	219,9			480,00	311,0			480,00	307,9			480,00	279,4		
900,00	221,5			900,00	312,8			900,00	307,7			900,00	278,9		
1200,00	222,3			1200,00	313,3			1200,00	307,6			1200,00	278,7		
1430,27	222,9			1440,00	313,7			1439,48	307,5			1440,00	278,6		

Pressione 24,6 kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa				Pressione -- kPa			
Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100	Tempo min	Cedim. mm/100
0,02	278,5	2160,00	249,8												
0,25	276,4	2700,00	249,6												
0,50	276,1	2880,00	249,5												
1,00	275,7														
2,00	275,0														
4,00	274,1														
8,00	272,5														
15,00	264,3														
30,00	258,5														
60,00	255,0														
120,00	253,2														
240,00	252,0														
480,00	250,9														
900,00	250,4														
1200,00	250,3														
1440,00	250,0														

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02187** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 15/06/20

Apertura campione: 15/06/20

Fine analisi: 15/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

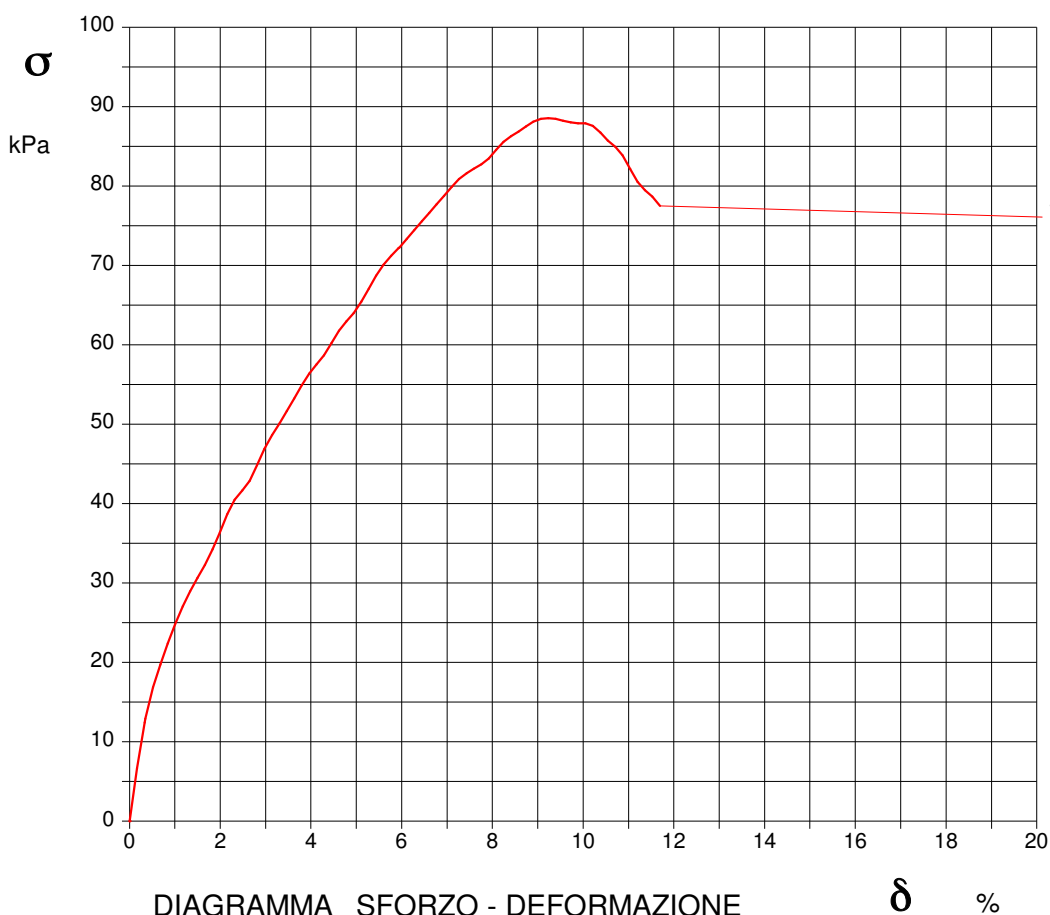
CAMPIONE: 4

PROFONDITA': m 27.0-27.5

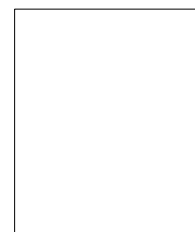
**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

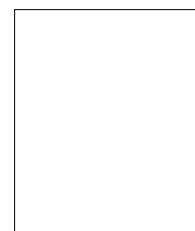
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,500	-----	-----
Altezza (cm):	7,62	-----	-----
Sezione (cm²):	11,58	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	19,6	-----	-----
Umidità naturale (%):	22,3	-----	-----



Provino 1



Provino 2



Provino 3

Moduli di elasticità kPa	Tangente	Provino 1: 3688	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	Secante	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	A rottura	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---





**LABOTER snc**  
Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566

DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02187</b>	Pagina 0/1	DATA DI EMISSIONE: 29/06/20	Inizio analisi: 15/06/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20		Apertura campione: 15/06/20	Fine analisi: 15/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus			
RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 4	PROFONDITA': m	27.0-27.5

PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,35	12,9										
0,68	19,7										
1,01	24,8										
1,33	29,0										
1,66	32,3										
1,99	36,4										
2,32	40,5										
2,65	42,9										
2,97	46,9										
3,30	50,1										
3,63	53,3										
3,96	56,4										
4,29	58,7										
4,62	61,8										
4,94	64,0										
5,27	67,1										
5,60	70,1										
5,95	72,3										
6,28	74,5										
6,61	76,6										
6,93	78,8										
7,26	80,9										
7,59	82,2										
7,92	83,5										
8,25	85,6										
8,57	86,8										
8,90	88,1										
9,23	88,6										
9,56	88,2										
9,89	87,9										
10,21	87,6										
10,54	85,7										
10,87	83,9										
11,20	80,5										
11,53	78,7										
11,85	76,1										

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02188** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 19/06/20

Apertura campione: 15/06/20

Fine analisi: 22/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 4

PROFONDITA': m 27.0-27.5

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

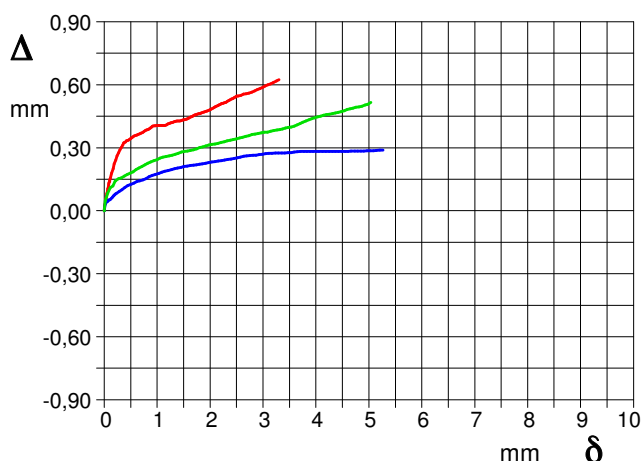
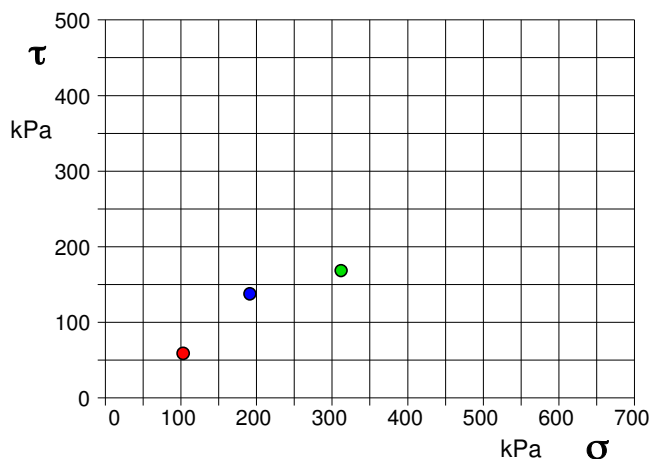
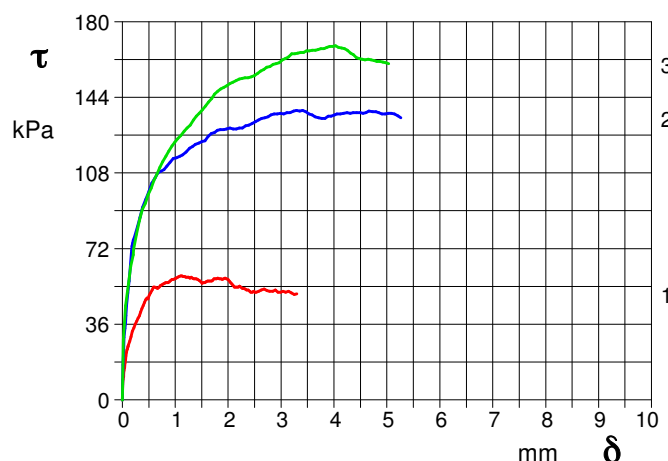
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	59	138	169
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,10	3,29	4,03
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,41	0,28	0,45
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 22,3	--- 21,0	--- 19,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,8 24,2	20,3 24,6	20,3 26,5

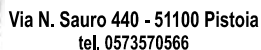
**DIAGRAMMA**Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,010 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.



Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04
-----------------------------------------

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Lo sperimentatore  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geol. Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02188** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 19/06/20

Apertura campione: 15/06/20

Fine analisi: 22/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: 4

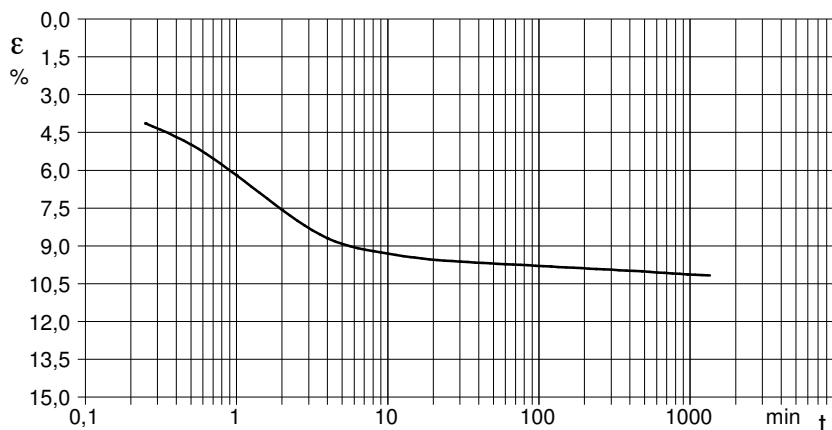
PROFONDITA': m 27.0-27.5

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE**

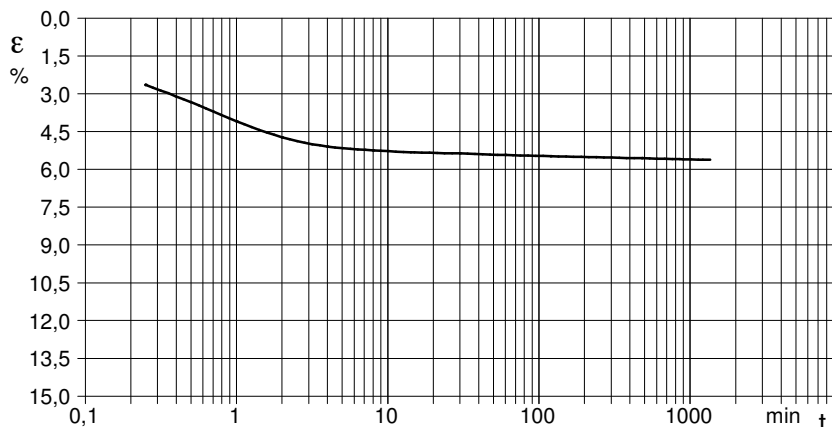
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

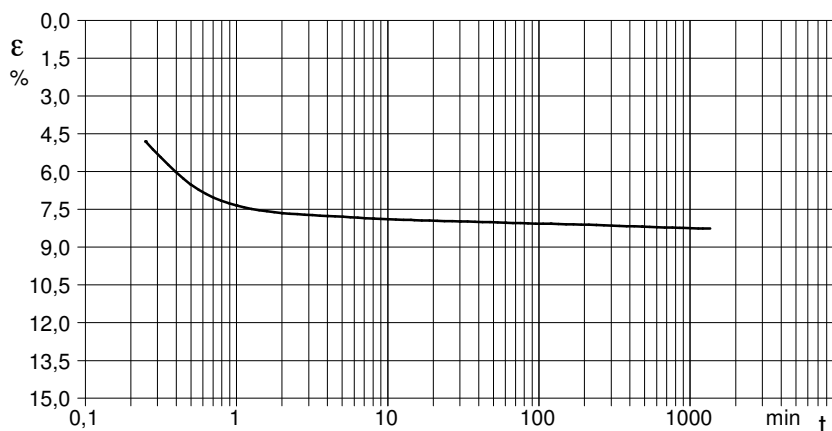
Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,797
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,888
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

Pressione (kPa)	312
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,835
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf

<b>CERTIFICATO DI PROVA N°: 02188</b>	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 29/06/20	Inizio analisi: 19/06/20
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 10/06/20		Apertura campione: 15/06/20	Fine analisi: 22/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus			
RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)			
SONDAGGIO: 1	CAMPIONE: 4	PROFONDITA': m	27.0-27.5

### PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

[illegible]

COMMITTENTE:	Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus		
RIFERIMENTO:	Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)		
SONDAGGIO:	1	CAMPIONE:	4
		PROFONDITA': m	27.0-27.5

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	191	312
Tensione a rottura (kPa):	59	138	169
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,10	3,29	4,03
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,41	0,28	0,45
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 22,3	--- 21,0	--- 19,8
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,8 24,2	20,3 24,6	20,3 26,5

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 21,3 kPa  
Angolo di attrito interno: 27,7 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta  
Velocità di deformazione: 0,010 mm / min  
Tempo di consolidazione (ore): 24

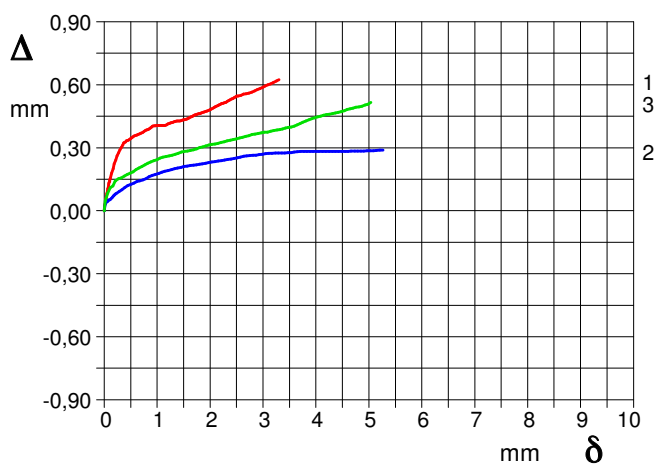
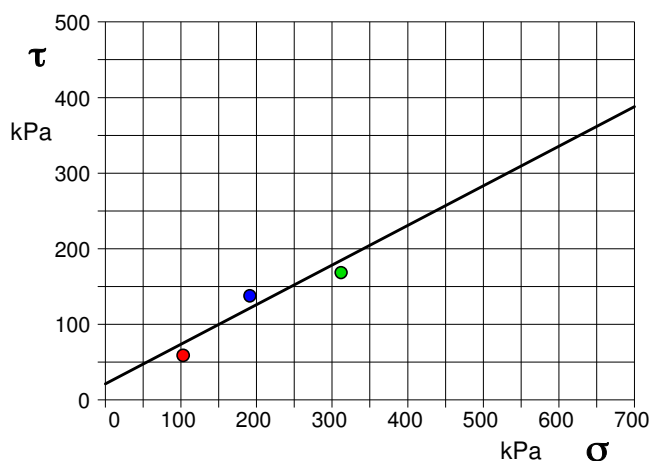


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

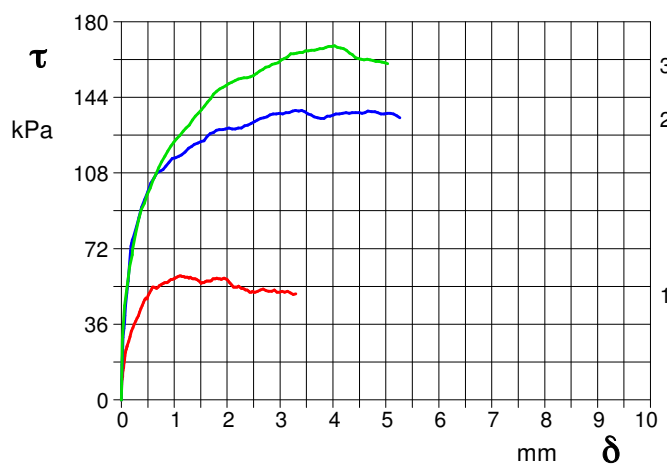


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDITA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

COMMITTENTE:	Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus			
RIFERIMENTO:	Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)			
SONDAGGIO:	2	CAMPIONE:	1	PROFONDITA': m 2.5-3.0

**CARATTERISTICHE FISICHE**

Umidità naturale	25,9	%
Peso di volume	19,6	kN/m ³
Peso di volume secco	15,5	kN/m ³
Peso di volume saturo	19,6	kN/m ³
Peso specifico	26,5	kN/m ³
Indice dei vuoti	0,703	
Porosità	41,3	%
Grado di saturazione	99,4	%
Limite di liquidità		%
Limite di plasticità		%
Indice di plasticità		%
Indice di consistenza		%
Passante al set. n° 40		%
Limite di ritiro		%
UNI 11531/14		

**ANALISI GRANULOMETRICA**

Ghiaia	%
Sabbia	%
Limo	%
Argilla	%
D 10	mm
D 50	mm
D 60	mm
D 90	mm
Passante set. 10	%
Passante set. 42	%
Passante set. 230	%

**COMPRESSIONE**

$\sigma$	49	kPa
$c_u$	25	kPa
$\sigma_{Rim}$		kPa
$c_u$ Rim		kPa

**TAGLIO DIRETTO**

Prova consolidata-lenta		
$c'$	7,6	kPa
$\phi'$	23,2	°
$c'_{Res}$		kPa
$\phi'_{Res}$		°

**PERMEABILITA'**

Coefficiente k	cm/sec
----------------	--------

**COMPRESSIONE TRIASSIALE**

C.D.	$C_d$	kPa	$\phi_d$	°
C.U.	$C'_{cu}$	kPa	$\phi'_{cu}$	°
	$C_{cu}$	kPa	$\phi_{cu}$	°
U.U.	$C_u$	kPa	$\phi_u$	°

**PROVA EDOMETRICA**

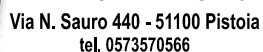
$\sigma$ kPa	E kPa	$C_v$ cm ² /sec	k cm/sec

**FOTOGRAFIA****OSSERVAZIONI**

Tipo di campione: Cilindrico		Qualità del campione: Q 5
------------------------------	--	---------------------------

Posizione delle prove CF TD CS	cm	Rp kPa	VT kPa	cm	DESCRIZIONE DEL CAMPIONE
	0				Limo argilloso sabbioso con tracce torbose MUNSELL SOIL COLOR: 2.5Y 5/3 Light olive brown
	10		45		
	20		40		Classificazione del terreno in base alla resistenza al pocket penetrometer e vane test < 24.5 kPa molto molle 24.5 - 49.1 kPa molle 49.1 - 98.1 kPa plastico 98.1 - 196.2 kPa consistente 196.2 - 392.4 kPa molto consistente >392,4 kPa duro
	30			32	

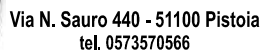




**DNV Business Assurance**  
**Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA**  
**UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)**  
**Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)**

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Modalità di prova: Norma ASTM D 2216-10
-----------------------------------------



Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

Il direttore del laboratorio  
Dott. Geologo Paolo Tognelli

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA: 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02191** Pagina 1/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 12/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 12/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 12/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 2

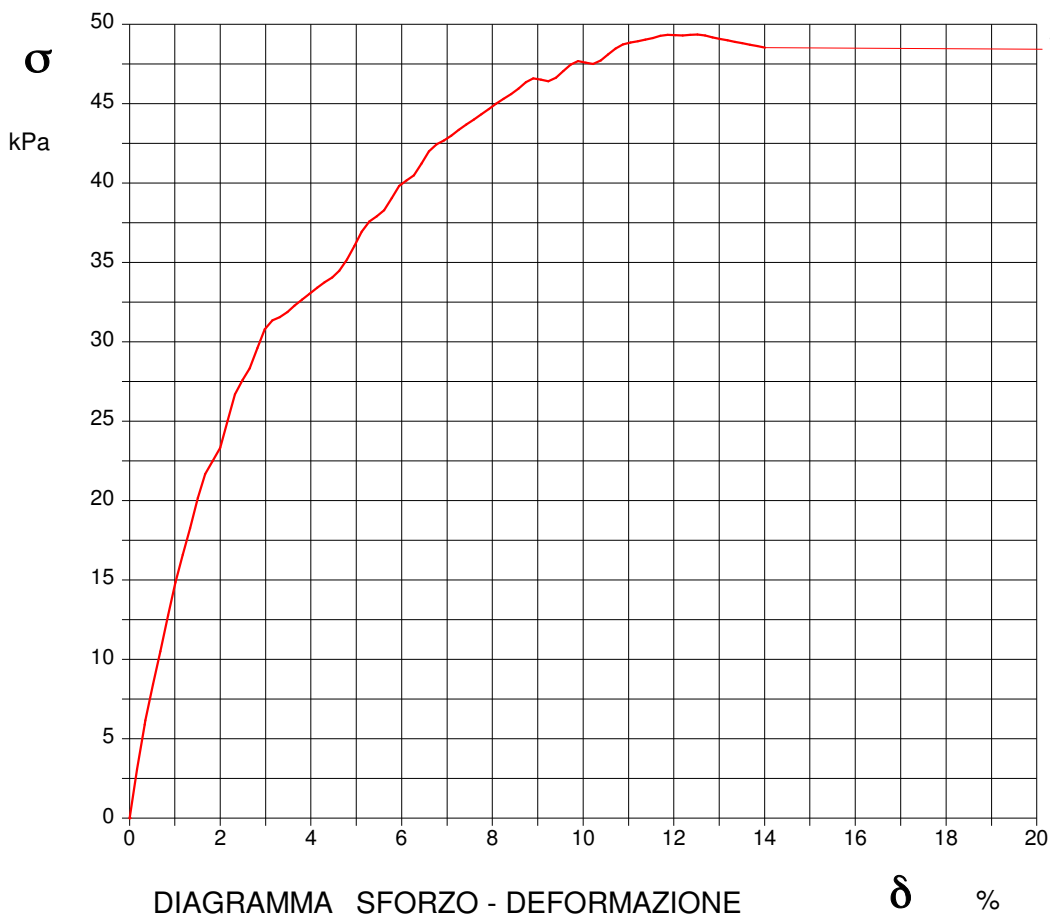
CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

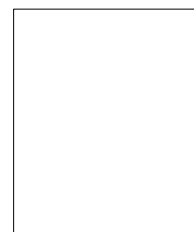
**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

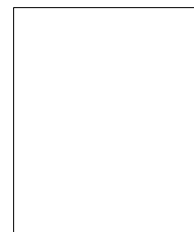
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	-----	-----
Velocità di deformazione (mm/min):	1,500	-----	-----
Altezza (cm):	7,60	-----	-----
Sezione (cm²):	11,34	-----	-----
Peso di volume (kN/m³):	19,6	-----	-----
Umidità naturale (%):	26,1	-----	-----



Provino 1



Provino 2



Provino 3

Moduli di elasticità kPa	Tangente	Provino 1: 1753	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	Secante	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---
	A rottura	Provino 1: ---	Provino 2: ---	Provino 3: ---

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02191** Pagina 0/1

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 12/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20 Inizio analisi: 12/06/20

Apertura campione: 12/06/20 Fine analisi: 12/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

**PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA**

Modalità di prova: Norma ASTM D 2166-06

Provino 1				Provino 2				Provino 3			
Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione	Deform.	Tensione
%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa	%	kPa
0,35	6,2	12,85	49,2								
0,68	10,5	13,18	49,0								
1,01	14,8	13,51	48,8								
1,34	18,3	13,84	48,6								
1,67	21,7	14,17	48,4								
2,00	23,3										
2,32	26,7										
2,65	28,3										
2,98	30,8										
3,31	31,5										
3,64	32,3										
3,97	33,0										
4,30	33,8										
4,63	34,5										
4,96	36,0										
5,29	37,6										
5,61	38,3										
5,94	39,8										
6,27	40,5										
6,60	42,0										
6,93	42,7										
7,26	43,3										
7,59	44,0										
7,92	44,7										
8,25	45,3										
8,57	45,9										
8,90	46,6										
9,23	46,4										
9,56	47,0										
9,89	47,7										
10,22	47,5										
10,55	48,1										
10,88	48,7										
11,21	48,9										
11,54	49,1										
11,86	49,3										
12,19	49,3										
12,52	49,4										

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02192** Pagina 1/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 12/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 19/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 23/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

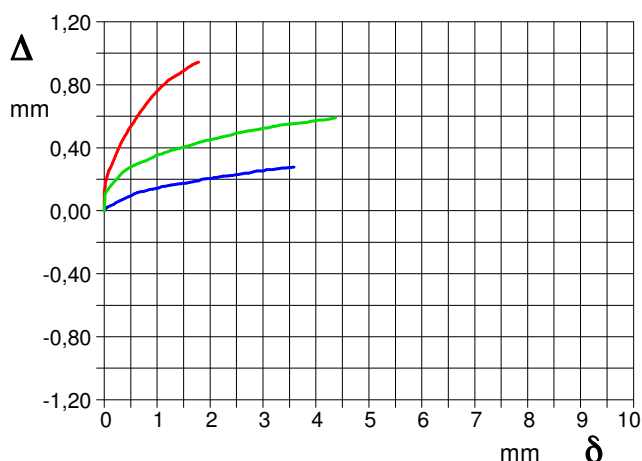
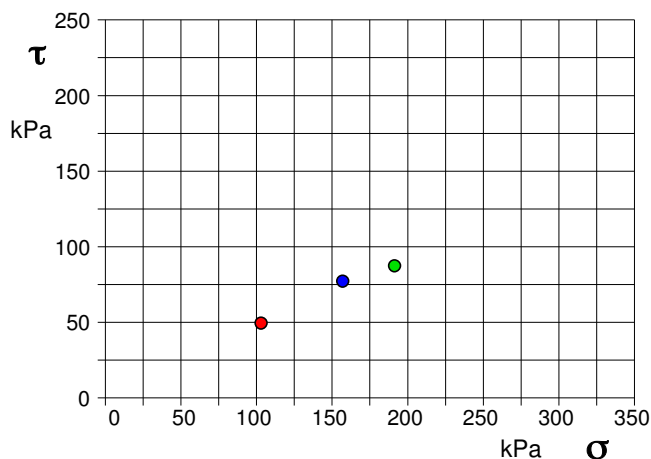
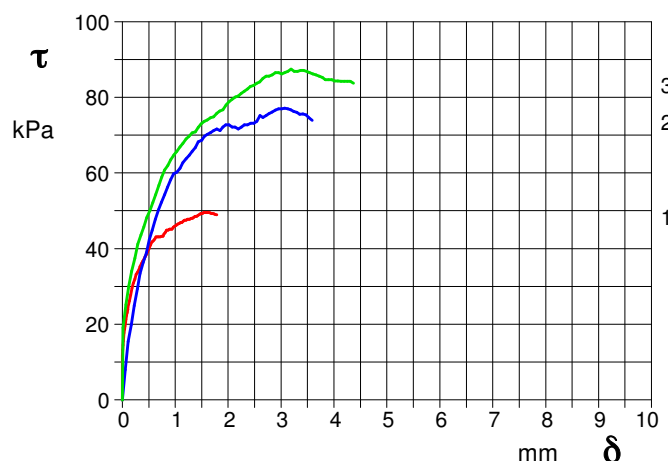
Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	157	191
Tensione a rottura (kPa):	50	77	87
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,59	3,07	3,19
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,91	0,26	0,53
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 23,3	--- 22,8	--- 21,7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,6 25,4	19,5 25,7	19,6 25,5

**DIAGRAMMA**Tensione - Pressione verticale

Tipo di prova: Consolidata - lenta

Velocità di deformazione: 0,007 mm / min

Tempo di consolidazione (ore): 24

DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 111177-2012-AD-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)

Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

Settore A - Prove di Laboratorio su terre

Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010

**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02192**

Pagina 2/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 12/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 19/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 23/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 1

PROFONDITA': m 2.5-3.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino 1			Provino 2			Provino 3		
Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm	Spostam. mm	Tensione kPa	Deform. vert. mm
0,002	11,7	0,11	0,058	8,0	0,02	0,014	19,0	0,11
0,015	14,5	0,15	0,173	19,9	0,04	0,124	30,1	0,16
0,026	16,6	0,18	0,285	29,4	0,06	0,236	37,4	0,20
0,044	18,7	0,20	0,398	36,3	0,08	0,349	43,6	0,24
0,060	20,5	0,23	0,511	42,3	0,10	0,463	48,2	0,27
0,081	22,3	0,25	0,624	47,8	0,11	0,575	52,2	0,29
0,090	23,1	0,26	0,740	52,3	0,12	0,689	56,8	0,31
0,102	23,9	0,26	0,857	56,2	0,14	0,802	60,7	0,32
0,133	26,2	0,28	0,973	59,7	0,14	0,916	63,5	0,34
0,185	29,6	0,33	1,089	61,2	0,15	1,032	65,7	0,36
0,238	31,9	0,37	1,206	63,7	0,16	1,145	67,8	0,37
0,288	33,7	0,41	1,319	65,7	0,17	1,260	69,6	0,38
0,338	35,3	0,44	1,437	68,2	0,17	1,378	70,9	0,39
0,385	36,6	0,47	1,551	69,7	0,18	1,492	73,0	0,40
0,432	37,9	0,50	1,673	70,7	0,18	1,607	73,9	0,41
0,478	39,2	0,52	1,783	71,7	0,19	1,725	74,9	0,43
0,531	41,0	0,55	1,900	72,2	0,20	1,842	76,4	0,44
0,582	42,0	0,58	2,013	72,7	0,21	1,959	77,9	0,45
0,638	43,1	0,60	2,132	72,2	0,21	2,076	79,5	0,46
0,688	43,1	0,63	2,252	72,2	0,22	2,191	80,4	0,47
0,744	43,3	0,65	2,367	72,7	0,22	2,306	81,6	0,47
0,791	43,8	0,68	2,486	73,2	0,23	2,422	82,8	0,48
0,839	44,9	0,70	2,602	75,2	0,23	2,540	83,8	0,49
0,890	45,1	0,72	2,718	75,2	0,24	2,657	85,0	0,50
0,940	45,1	0,74	2,834	76,2	0,25	2,775	85,6	0,51
0,991	45,9	0,76	2,950	76,9	0,25	2,896	86,5	0,52
1,047	46,4	0,78	3,067	77,2	0,26	3,012	86,2	0,52
1,102	46,9	0,79	3,184	76,7	0,26	3,130	86,8	0,53
1,154	47,2	0,81	3,295	76,0	0,27	3,248	86,8	0,54
1,203	47,5	0,83	3,413	75,6	0,27	3,368	87,1	0,55
1,252	47,7	0,84	3,530	74,6	0,28	3,484	86,8	0,55
1,301	48,0	0,85				3,603	86,2	0,55
1,349	48,2	0,86				3,718	85,6	0,56
1,404	48,5	0,87				3,837	84,7	0,56
1,460	49,0	0,88				3,956	84,7	0,57
1,513	49,3	0,89				4,074	84,4	0,58
1,563	49,5	0,90				4,189	84,2	0,58
1,612	49,5	0,92				4,309	84,2	0,59
1,659	49,4	0,93						
1,708	49,3	0,93						
1,759	49,1	0,94						

**LABOTER snc**Via N. Sauro 440 - 51100 Pistoia  
tel. 0573570566DNV Business Assurance  
Certificato N° 11177-2012-AQ-ITA-ACCREDIA  
UNI EN ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015)  
Prove Geotecniche di Laboratorio su terre (Settore EA : 35)Autorizzazione del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Settore A - Prove di Laboratorio su terre  
Decreto 2436 del 14/03/2013 - Art. 59 DPR 380/2001 - Circolare 7618/STC 2010**CERTIFICATO DI PROVA N°: 02192** Pagina 3/4

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 185 del 12/06/20

DATA DI EMISSIONE: 29/06/20

Inizio analisi: 19/06/20

Apertura campione: 12/06/20

Fine analisi: 23/06/20

COMMITTENTE: Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

RIFERIMENTO: Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)

SONDAGGIO: 2

CAMPIONE: 1

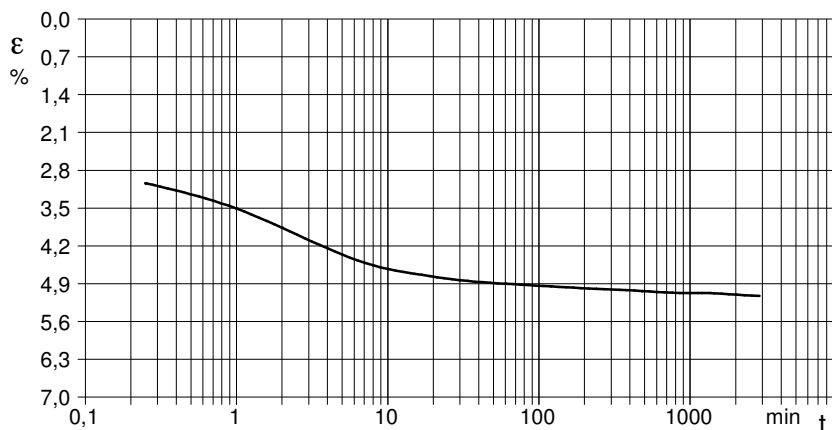
PROFONDITA': m 2.5-3.0

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE**

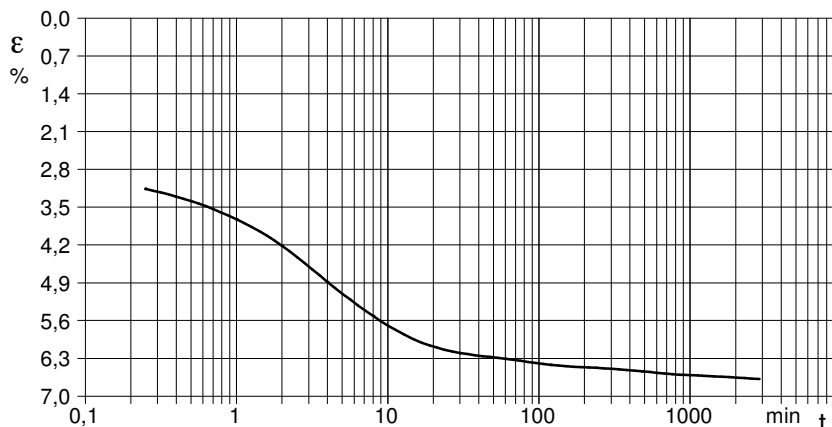
Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 1**

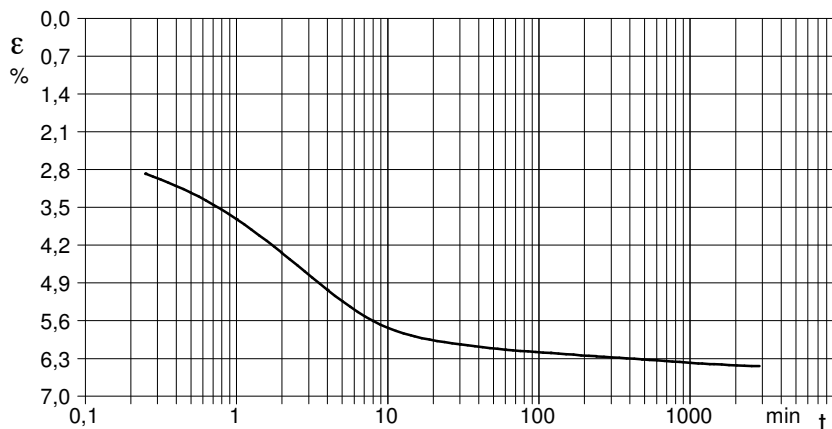
Pressione (kPa)	103
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,898
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 2**

Pressione (kPa)	157
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,866
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

Diagramma  
TEMPO - CEDIMENTO**PROVINO 3**

Pressione (kPa)	191
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,871
Sezione (cm²):	28,27
T ₅₀ (min)	0,0
Df (mm)	7
Vs (mm/min)	0,000

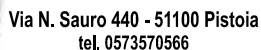


Vs = Velocità stimata di prova    Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 50 x T₅₀

Vs = Df / tf





Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04
-----------------------------------------

SGEO - Laboratorio 6.2 - 2018

Lo sperimentatore  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

Il direttore del laboratorio  
Dott. ~~Georgio~~ Paolo Tognelli

COMMITTENTE:	Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus		
RIFERIMENTO:	Mezzana - Via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)		
SONDAGGIO:	2	CAMPIONE:	1
		PROFONDITA': m	2.5-3.0

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D 3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Pressione verticale (kPa):	103	157	191
Tensione a rottura (kPa):	50	77	87
Deformazione orizzontale a rottura (mm):	1,59	3,07	3,19
Deformazione verticale a rottura (mm):	0,91	0,26	0,53
Umidità iniziale e umidità finale (%):	--- 23,3	--- 22,8	--- 21,7
Peso di volume iniziale e finale (kN/m³):	19,6 25,4	19,5 25,7	19,6 25,5

DIAGRAMMA

Tensione - Pressione verticale

Coesione: 7,6 kPa  
Angolo di attrito interno: 23,2 °

Tipo di prova: Consolidata - lenta  
Velocità di deformazione: 0,007 mm / min  
Tempo di consolidazione (ore): 24

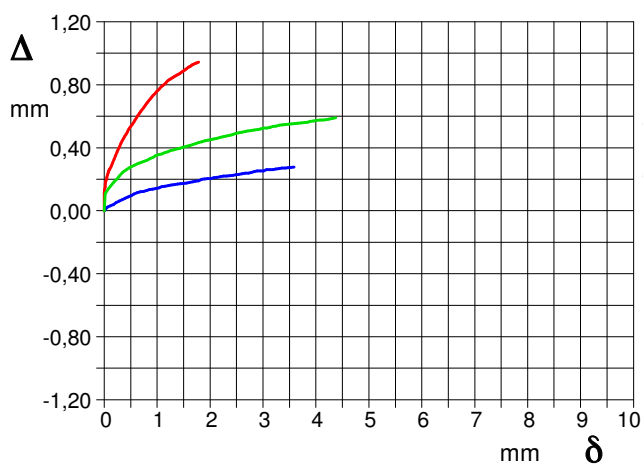
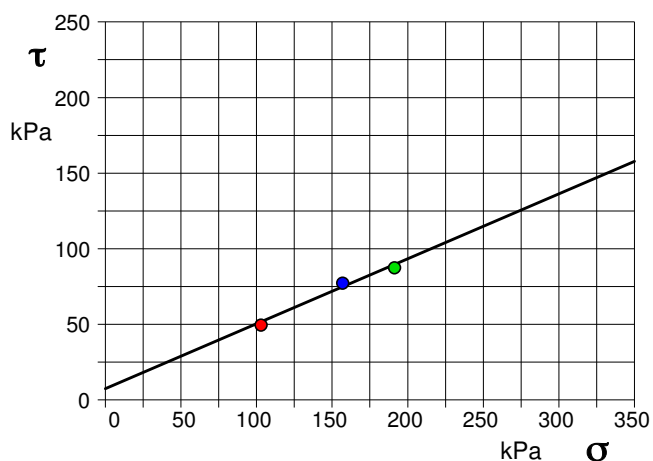


DIAGRAMMA Deform. vert. - Deform. orizz.

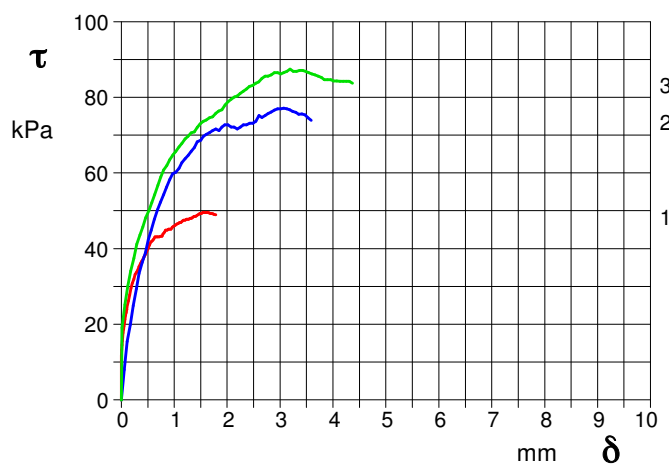


DIAGRAMMA Tensione - Deformaz. orizz.

## RELAZIONE TECNICA

Committente: FONDAZIONE  
CASA CARDINALE MAFFI  
ONLUS

Località: VIA TONIOLO -  
MEZZANA - SAN GIULIANO  
TERME (PI) PRESSO "RSA"  
CASA CARDINALE MAFFI

Data Indagine: 26/06/2020

Codice lavoro: 200626a

### INDAGINE SISMICA DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO

Dott. Jacopo Martini

**GAIA Servizi S.n.c.**

Via Lenin, 132 - 56017 San Giuliano  
Terme (PI)

Tel./Fax: 050 9910582

e-mail: info@gaiaservizi.com

p. IVA 01667250508

Data elaborazione: 29/06/2020

**GAIA Servizi S.n.c.**  
di Massimiliano Vannozzi & C.  
Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)  
P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

A handwritten signature in blue ink is written over the company details.

## Sommario

PREMESSA .....	3
PROSPEZIONI SISMICHE DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO – GENERALITA' .....	4
INDAGINI EFFETTUATE .....	6

## PREMESSA

Per incarico della FONDAZIONE CASA CARDINALE MAFFI ONLUS , è stata effettuata una campagna geognostica attraverso l'esecuzione di n°1 prospezione sismica tipo downhole in VIA TONIOLO - MEZZANA - SAN GIULIANO TERME (PI) PRESSO "RSA" CASA CARDINALE MAFFI.

Tali indagini sono finalizzate alla ricostruzione della distribuzione e dell'andamento delle velocità sismiche nel sottosuolo, per determinare le principali caratteristiche sismo-stratigrafiche ed elastiche dei terreni.

Le presenti note illustrano la metodologia delle indagini ed i risultati conseguiti.



**Figura 1: Indagine sismica Down Hole**

## PROSPEZIONI SISMICHE DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO – GENERALITA'

La prova downhole consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, una sollecitazione orizzontale mediante una sorgente meccanica, e nello studiare il treno d'onde, P e S, che si propagano all'interno del terreno alle varie profondità in direzione verticale, con vibrazioni polarizzate nella direzione di propagazione (onde P), e dirette perpendicolarmente alla direzione di propagazione, polarizzate su un piano orizzontale (onde SH). Mediante tre ricevitori (geofoni) disposti nel terreno, a profondità note, viene valutato l'istante di arrivo del treno di onde P e S, rispetto all'istante in cui vengono indotte le sollecitazioni alla sorgente; dividendo quindi per tali valori la distanza (nota) tra sorgente e ricevitori, si può ricavare la velocità delle onde P e S.

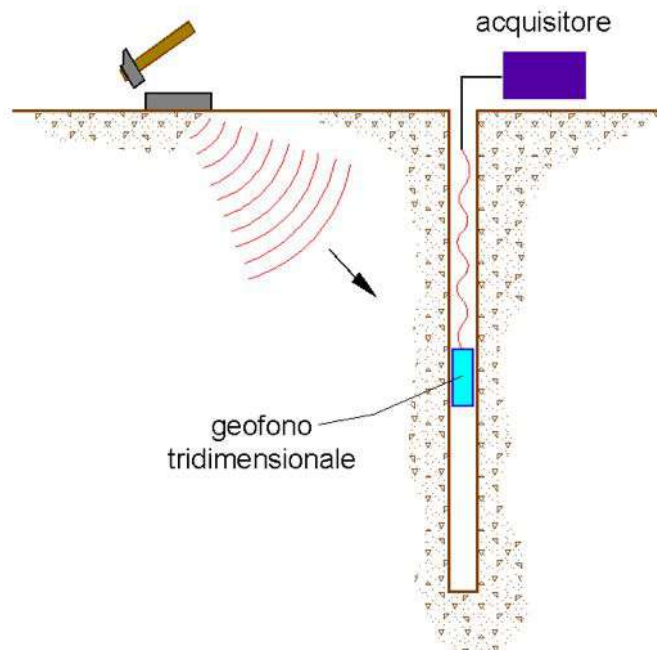


Figura 2: Schema Down Hole

Come sorgenti energizzanti sono stati utilizzati: per le onde P una mazza da 10 kg con piattello di battuta; per le onde SH un parallelepipedo (traversina) di legno percosso sulle estremità opposte da una mazza da 10 kg.

Le sorgenti (onde P ed onde SH) sono state disposte perpendicolarmente ad un raggio uscente dal foro di sondaggio, ad una distanza di circa 3 m.

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico *Ambrogeo Echo 24/2010* a 24 bit.

Una volta determinata con qualche misura di prova l'orientazione assoluta più efficace del sistema per massimizzare l'ampiezza di ricezione dei ricevitori e la registrazione di tracce in opposizione di fase, sono state effettuate misure ogni metro di profondità.

Per quanto riguarda l'interpretazione dei tracciati e la determinazione delle velocità di propagazione delle onde sismiche, si è proceduto con un'analisi visuale delle registrazioni, individuando direttamente su ciascuna traccia il tempo di primo arrivo o ricorrendo a tecniche d'interpolazione

ricercando punti caratteristici (picchi o valli) successivi al primo arrivo quando questo non era chiaramente individuabile.

Mediante un'applicazione su foglio elettronico Excel (vedi tabulati allegati), i tempi letti sono stati quindi corretti in funzione dello scarto di trigger (in più o in meno rispetto al tempo di trigger medio) ed infine corretti in funzione della geometria del sistema (posizione della sorgente rispetto al foro ed alla profondità di acquisizione) attraverso la formula:

$$t^* = \frac{z}{d} \cdot t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}} \cdot t$$

dove z è la profondità del ricevitore, d è la distanza effettiva tra sorgente e ricevitore, R la distanza superficiale tra sorgente ed il centro del foro, t il tempo determinato dalle tracce di registrazione e t* il tempo corretto.

Le velocità dei vari strati sono state quindi determinate con la funzione di regressione lineare relativa a ciascuno degli intervalli rettilinei del diagramma tempi di arrivo-profondità, dove ogni punto rappresenta la media dei tempi registrati da entrambi i geofoni (direzione x e direzione y) alla stessa profondità.



**INDAGINI EFFETTUATE**

Geometria del sistema di acquisizione:

*distanza foro - sorgente onde SH: m 3.0*

*distanza foro - sorgente onde P: m 3.0*

**Dati misure down hole**

Registrazioni Nr.	Z [m]	Tp [msec]	Ts [msec]
1	1.00	10.00	27.70
2	2.00	11.00	31.10
3	3.00	12.00	33.80
4	4.00	13.00	34.10
5	5.00	14.00	37.00
6	6.00	15.00	42.00
7	7.00	15.20	48.00
8	8.00	15.40	54.10
9	9.00	15.50	60.00
10	10.00	16.00	66.00
11	11.00	16.80	73.00
12	12.00	17.50	80.00
13	13.00	19.00	88.00
14	14.00	20.10	97.00
15	15.00	21.40	104.20
16	16.00	22.50	110.00
17	17.00	23.60	115.20
18	18.00	24.00	122.00
19	19.00	24.70	128.00
20	20.00	25.90	136.20
21	21.00	27.00	147.10
22	22.00	27.80	157.00
23	23.00	29.00	160.00
24	24.00	29.80	162.00
25	25.00	30.90	166.80
26	26.00	32.00	171.00
27	27.00	32.80	174.50
28	28.00	33.20	177.00
29	29.00	34.00	181.00
30	30.00	34.70	185.00
31	31.00	35.90	189.80
32	32.00	37.00	194.70
33	33.00	38.10	198.00

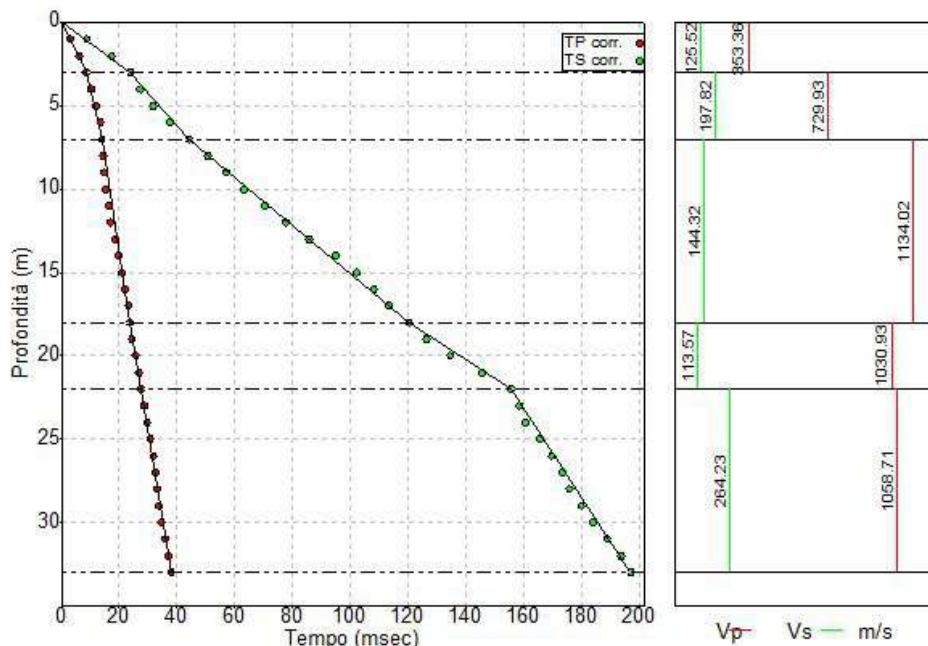
# INDAGINE SISMICA DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO

## Risultati

SR [m]	Tpcorr [msec]	Tscorr [msec]
3.1623	3.1623	8.7595
3.6056	6.1017	17.2512
4.2426	8.4853	23.9002
5.0000	10.4000	27.2800
5.8310	12.0049	31.7272
6.7082	13.4164	37.5659
7.6158	13.9710	44.1190
8.5440	14.4195	50.6554
9.4868	14.7046	56.9210
10.4403	15.3252	63.2165
11.4018	16.2080	70.4278
12.3693	16.9775	77.6114
13.3417	18.5134	85.7464
14.3178	19.6538	94.8468
15.2971	20.9844	102.1765
16.2788	22.1146	108.1159
17.2627	23.2409	113.4471
18.2483	23.6735	120.3401
19.2354	24.3978	126.4337
20.2238	25.6135	134.6931
21.2132	26.7286	145.6216
22.2036	27.5451	155.5603
23.1948	28.7564	158.6561
24.1868	29.5699	160.7490
25.1794	30.6799	165.6118
26.1725	31.7891	169.8729
27.1662	32.5994	173.4327
28.1603	33.0111	175.9927
29.1548	33.8195	180.0392
30.1496	34.5278	184.0819
31.1448	35.7331	188.9174
32.1403	36.8385	193.8500
33.1361	37.9435	197.1869

# INDAGINE SISMICA DOWNHOLE IN FORO DI SONDAGGIO

## Dromocrone



## Metodo diretto

Profondità di riferimento: 30 m  
 VS30: 161.43 m/s

## Sismostrati con metodo diretto

Descrizione [-]	Profondità [m]
	3
	7
	18
	22
	33

## Valori medi

Vp medio [m/s]	Vs medio [m/s]	g medio [kN/mc]	ni medio	G medio [MPa]	Ed medio [MPa]	E medio [MPa]	Ev medio [MPa]
353.36	125.52	17.08	0.43	27.43	217.41	78.34	180.83
729.93	197.82	18.58	0.46	74.15	1009.54	216.58	910.67
1134.02	144.32	16.42	0.49	34.87	2153.19	104.04	2106.7
1030.93	113.57	16.38	0.49	21.55	1775.57	64.38	1746.84
1058.71	264.23	18.82	0.47	133.95	2150.5	392.97	1971.9

San Giuliano Terme (PI),

29 giugno 2020

GAIA Servizi S.n.c.  
 di Massimiliano Vannozzi & C.  
 Via Lenin 132 - 56017 S. Giuliano T. (PI)  
 P. IVA 01667250508 N. REA PI - 145167

GAIA Servizi S.n.c.  
 Dott. Jacopo Martini



COMUNE DI SAN GIULIANO TERME  
PROVINCIA DI PISA



Committente / Proprietà :  
**FONDAZIONE CASA CARDINALE MAFFI ONLUS**  
Sede Legale : Via Don Pietro Parducci, n.1 - 57023 - San Pietro in Palazzi - Cecina (LI)

PROGETTO : REALIZZAZIONE DI UNA RESIDENZA SANITARIA  
ASSISTENZIALE NELLA FRAZIONE DI MEZZANA, IN VIA TONIOLO  
SCHEDA NORMA COMPARTO N.18 - UTOE 35 : COLIGNOLA-MEZZANA

**PERMESSO DI COSTRUIRE**



**RAPPORTO SULL'INDAGINE DI SISMICA PASSIVA HVSR**

Dott. Geol. Luca Pignatelli

Maggio 2020



<i>Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola</i>	<i>Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)</i>	<i>Luca Pignatelli - geologo</i>
<i>Maggio 2020</i>	<i>Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana</i>	<i>Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus</i>

## *INDICE*

<i>1 - GENERALITA' SULL'INDAGINE DI SISMICA PASSIVA CON TECNICA HVSR</i>	<i>Pag.2</i>
<i>2 - SIGNIFICATO DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V</i>	<i>Pag.5</i>
<i>3 - MODALITA' DI ESECUZIONE ED ELABORAZIONE DELL'INDAGINE HVSR</i>	<i>Pag.8</i>
<i>4 - PROSPEZIONE HVSR IN OGGETTO</i>	<i>Pag.12</i>
<i>4.1 - STRUMENTAZIONE UTILIZZATA</i>	<i>Pag.12</i>
<i>4.2 - CARATTERISTICHE DELL'INDAGINE</i>	<i>Pag.13</i>
<i>4.3 - CRITERI DI ANALISI DELLE MISURE</i>	<i>Pag.13</i>
<i>4.4 - CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELLE MISURE</i>	<i>Pag.13</i>
<i>4.5 - INTERPRETAZIONE DELLO SPETTRO FREQUENZA-H/V OTTENUTO</i>	<i>Pag.15</i>

## *ALLEGATI*

- SCHEDA RELATIVA ALLA POSTAZIONE DI MISURA;*
- REPORT ELABORAZIONE DATI;*

Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola	Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)	Luca Pignatelli - geologo
Maggio 2020	Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana	Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

## 1 - GENERALITA' SULL'INDAGINE DI SISMICA PASSIVA CON TECNICA HVSR

L'indagine di sismica passiva a stazione singola condotta con il metodo *HVSR* (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*), anche detto metodo H/V o di Nakamura, è finalizzata alla valutazione degli effetti di sito in termini di frequenza fondamentale di risonanza ( $f_n$ ) dei terreni presenti nel sottosuolo e si basa sul rapporto spettrale tra le componenti orizzontali H e verticale V delle onde sismiche di taglio Sh polarizzate orizzontalmente.

Il metodo risale ad esperienze giapponesi e fu proposto inizialmente da Nogoshi e Igarashi nel 1970 e Shiono et al. nel 1979 che indagarono sul significato fisico del rapporto H/V dimostrando una sua relazione diretta con la ellitticità delle *onde Rayleigh* (onde di superficie), concludendo che il picco massimo di ampiezza si verifica alla frequenza di risonanza fondamentale della copertura dei terreni.

Successivamente il metodo fu approfondito da Nakamura nel 1989 che lo utilizzò per la determinazione dell'amplificazione sismica locale, rendendolo affidabile e riconosciuto a livello mondiale come tecnica per la stima della funzione di trasferimento delle onde S per un dato sito.

Questa tecnica d'indagine si basa sulla misura e analisi delle vibrazioni naturali del terreno generate da sorgenti non controllate, il cosiddetto *rumore sismico ambientale* di fondo, designato anche con il termine di *microtremore ambientale naturale*; per questo motivo le indagini HVSR sono di tipo passivo in quanto non necessitano di una sorgente energizzante attiva.

Le vibrazioni ambientali naturali sono di piccola entità (spostamenti dell'ordine  $10^{-4}$  -  $10^{-2}$  mm, Okada, 2003) in un intervallo di frequenze molto al di sotto della soglia di percezione umana e sono sempre presenti in natura e rilevabili in qualunque punto della Terra, anche se con ampiezze e caratteristiche diverse.

Il rumore ambientale ha una frequenza variabile in relazione alla sorgente che lo origina, pertanto può essere differenziato in tre domini di frequenza :

- Bassa frequenza ( $< 0,5$  Hz – Microsismi) : il rumore è di origine essenzialmente naturale e causato da sorgenti di grandi dimensioni (onde oceaniche, grandi perturbazioni atmosferiche, ecc.); esso ha un carattere stazionario alla scala delle ore e dei giorni o dei mesi, cioè le proprietà statistiche non cambiano nel tempo e quindi in questo intervallo di frequenza la forma dello spettro risulta con buona approssimazione stazionaria alla stessa scala del tempo;
- Alta frequenza ( $> 1$  Hz – Microtremore) : il rumore è principalmente di origine antropica, quindi indotto dal traffico veicolare e pedonale, da attività industriali, ecc., e talvolta, a scala locale, di origine naturale (vento sugli edifici e piante, ecc.), ed è caratterizzato da significative variazioni nel tempo in relazione all'attività antropica (giorno, notte, giorni feriali,

<i>Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola</i>	<i>Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)</i>	<i>Luca Pignatelli - geologo</i>
<i>Maggio 2020</i>	<i>Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana</i>	<i>Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus</i>

festivi, ecc..), quindi anche alla scala delle ore o delle decine di minuti; per cui la variabilità dello spettro è assai maggiore e maggiori sono le irregolarità presenti;

- Frequenza intermedia ( $> 0,5$  Hz e  $<1$  Hz) : in questo caso, a seconda delle caratteristiche del sottosuolo, il rumore può essere condizionato sia da sorgenti naturali che antropiche con un livello di stazionarietà variabile da caso a caso.

Poiché la variabilità spaziale del campo del rumore dipende dalla frequenza o dalla lunghezza d'onda, maggiore è la frequenza e più piccola è la scala delle variazioni laterali; inoltre le variazioni di forma dello spettro sono legate anche alle caratteristiche del sottosuolo.

Le vibrazioni naturali sono di natura essenzialmente stocastica e pertanto il metodo richiede un approccio diverso da quello tipico della sismica tradizionale, molto legato ad una visione deterministica del fenomeno, spostando l'attenzione dallo studio delle singole fasi sismiche a quello delle proprietà medie del segnale, quindi ad un'analisi di tipo statistico/probabilistico.

Se gli spettri medi delle vibrazioni ambientali sono calcolati per un intervallo di tempo sufficientemente lungo da includere una molteplicità di sorgenti distribuite uniformemente attorno al sito, se queste sollecitano in modo statisticamente uguale le componenti orizzontali e verticali del moto, allora i rapporti spettrali H/V dipendono solo dalle caratteristiche medie del sottosuolo nelle diverse direzioni. Di conseguenza, dalle misure del rumore ambientale si può risalire alle proprietà del mezzo, al netto del contributo delle diverse sorgenti.

I risultati sperimentali hanno confermato che il massimo del rapporto spettrale H/V permette di identificare correttamente la presenza di fenomeni di risonanza del terreno e la frequenza con cui esso avviene.

Nel campo del rumore sismico ambientale sono presenti sia onde di volume P e S, con fronte d'onda sferico, sia onde di superficie (*Rayleigh* e *Love*), con treno d'onda cilindrico; per cui è necessario valutare il peso relativo di ciascuna fase nei diversi casi, in funzione della tipologia media delle sorgenti e delle caratteristiche meccaniche del mezzo attraverso cui si propagano le perturbazioni elastiche.

Il ruolo dominante è comunque dato dalle onde di superficie che si attenuano meno velocemente di quelle di volume, considerato anche che la maggiore parte delle possibili sorgenti si trovano sulla superficie.

Lermo e Chavez-Garcia (1993), basandosi sul lavoro di Nakamura (1989), suggeriscono che lo spettro H/V possa essere visto, a tutti gli effetti, come rappresentativo della funzione di trasferimento del moto sismico dal bedrock alla superficie e quindi le ampiezze dei picchi stratigrafici nello spettro H/V possono essere interpretate direttamente come fattori di amplificazione del moto sismico, almeno per quanto riguarda la componente stratigrafica.



<i>Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola</i>	<i>Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)</i>	<i>Luca Pignatelli - geologo</i>
<i>Maggio 2020</i>	<i>Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana</i>	<i>Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus</i>

Questi Autori, però, si riferiscono a microtremiti intesi come microsismi (eventi sismici a bassa energia) generati in profondità nella crosta terrestre e quindi lo spettro H/V è prodotto essenzialmente dalle onde di volume P ed S.

Nella tecnica HVSR i microtremiti registrati derivano invece da sorgenti superficiali e sono composti essenzialmente da onde di superficie di *Rayleigh* e di *Love*; in questo caso le frequenze in cui ricadono i picchi H/V corrispondono alle frequenze di risonanza del terreno, ma le ampiezze dei massimi non possono essere considerate come rappresentative dell'amplificazione sismica intesa come funzione di trasferimento del moto sismico dal bedrock (basamento rigido) alla superficie.

Per valutare questa funzione si deve operare partendo dal profilo della Vs (velocità delle onde S), ricavato dall'inversione dello spettro H/V, e calcolare la curva teorica del sottosuolo, ossia nota la profondità/spessore di un singolo strato, solitamente il primo, si procede all'inversione dello spettro H/V modellando la curva sintetica in modo tale da ottenere la sovrapposizione con quella misurata.

La procedura d'inversione richiede la definizione di un modello stratigrafico iniziale ed il calcolo dello spettro H/V che ne deriva. La curva H/V teorica viene poi confrontata con quella sperimentale e, attraverso un procedimento per tentativi, si modifica il modello iniziale fino ad ottenere una soddisfacente sovrapposizione delle due curve.

Il rumore sismico ambientale è di fatto una sorgente di eccitazione per la risonanza del sottosuolo e degli edifici, da cui la possibilità di estrarre, mediante opportune tecniche di analisi, informazioni interessanti sui sistemi risonanti studiati.

Queste vibrazioni possono quindi essere usate per studi sismo-stratigrafici del sottosuolo in relazione agli spettri di ampiezza dei segnali e ai rapporti spettrali.

In particolare, la misura del microtremore ambientale e il metodo del rapporto spettrale H/V risultano molto interessanti perché consentono di ottenere affidabili informazioni sismiche e stratigrafiche utilizzando una strumentazione di piccole dimensioni, leggera e maneggevole, di facile impiego, non invasiva, che può operare in spazi ridotti e non necessita di energizzazioni come nel caso delle altre indagini sismiche (rifrazione, MASW, Down Hole ecc...), permettendo di indagare profondità molto elevate con tempi di esecuzione relativamente bassi.

Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola	Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)	Luca Pignatelli - geologo
Maggio 2020	Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana	Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

## 2 - SIGNIFICATO DEL RAPPORTO SPETTRALE H/V

Il metodo del rapporto spettrale H/V si basa sul calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore ambientale nel piano orizzontale H, calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW, e della componente verticale V (Nakamura, 1989).

Il significato teorico del rapporto H/V è abbastanza immediato; infatti, nel campo delle onde superficiali, in un contesto stratigrafico piano (configurazione 1-D) costituito da uno strato superficiale di copertura soffice soprastante un basamento rigido (bedrock sismico), inteso come uno strato caratterizzato da valori della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio S ( $V_s$ ) significativamente maggiori di quelli della copertura localmente sovrastante, può succedere che un'onda di taglio  $Sh$  (polarizzata sul piano orizzontale), incidente dal basso sulla superficie di separazione tra i due mezzi, emergendo nello strato superiore (copertura) tenderà a rimanervi intrappolata per riflessioni multiple alla superficie libera, al bedrock e così via, a causa dei forti contrasti di impedenza sismica tra i due mezzi dati dal rapporto tra il prodotto tra la densità  $\rho$  e la velocità delle onde sismiche di taglio S, essenzialmente  $Sh$ , dei due mezzi ( $RI = V_{s0} \rho_0 / V_{s1} \rho_1$ ), sia all'interfaccia inferiore basamento sismico-copertura sia all'interfaccia superiore copertura-aria (figura n.1 seguente).

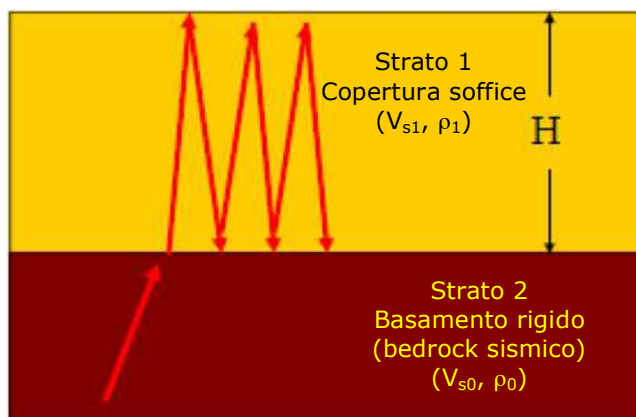


Figura n.1 : Schematizzazione del fenomeno della risonanza in una configurazione stratigrafica 1-D (copertura soffice sopra un basamento rigido-duro)

Se il contrasto alla superficie inferiore di separazione è molto grande l'intrappolamento delle onde S è totale e tutta l'energia trasportata rimane all'interno della copertura, ovvero resta canalizzata tra le due interfacce, superiore e inferiore.

In tale condizione, le onde che si propagano all'interno della copertura interferiscono costruttivamente fra loro, sommandosi, fino a raggiungere ampiezze massime (amplificazione) di entità tale da originare il fenomeno della risonanza sismica che si verifica quando la lunghezza dell'onda incidente è :  $\lambda = n \cdot 4H / (2m-1)$ .

<i>Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola</i>	<i>Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)</i>	<i>Luca Pignatelli - geologo</i>
<i>Maggio 2020</i>	<i>Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana</i>	<i>Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus</i>

In questa relazione  $H$  è lo spessore dello strato, il fattore  $(2m-1)$  deriva dal fatto che all'interfaccia tra il mezzo soffice e quello rigido avviene l'inversione di fase, mentre il numero 4 è dovuto al fatto che l'onda che entra nella copertura dal bedrock si riflette alla superficie libera (copertura-aria) e torna indietro al bedrock, dove all'interfaccia con esso subisce un'altra riflessione con sfasamento di  $180^\circ$  rispetto all'onda incidente; pertanto affinché l'onda torni in fase occorre una ulteriore riflessione alla superficie libera e quindi un percorso aggiuntivo pari a  $2H$ .

La frequenza di risonanza, in questo caso della copertura, è quindi descritta dalla legge :

$$f \text{ (Hz)} = n \text{ (Vs/4H)}$$

dove :

$n = (2m-1) = 1,3,5,\dots$ , indica l'ordine del modo di vibrare (fondamentale, primo superiore ecc...);

$V_s$  = velocità delle onde di taglio nello strato risonante;

$H$  = spessore dello strato risonante.

Poiché nella maggior parte dei casi, a causa dell'attenuazione delle coperture, il solo modo visibile di vibrare è quello fondamentale la suddetta relazione assume la forma :

$$f_0 \text{ (Hz)} = V_s/4H \quad (\text{frequenza fondamentale di risonanza del terreno})$$

Questa legge evidenzia, altresì, che dalla frequenza di risonanza è possibile risalire allo spessore  $H$  della copertura se è nota la velocità delle onde sismiche di taglio  $S$  ( $V_s$ ), o viceversa è possibile ricavare quest'ultima se è noto lo spessore  $H$  della copertura.

La conoscenza della frequenza di risonanza del sottosuolo è importante ai fini ingegneristici perché qualora questa coincida con la frequenza di vibrazione propria di un edificio o di qualsiasi opera d'ingegneria può accadere che durante un terremoto si verifichi l'accoppiamento delle due modalità di vibrazione, con conseguente amplificazione del moto sismico, che produrrà un aumento della sollecitazione sull'edificio stesso fino al raggiungimento del c.d. fenomeno della "doppia risonanza" che può avere degli effetti devastanti/distruttivi sullo stesso.

In pratica, questo fenomeno avviene quando il periodo di oscillazione del terreno è paragonabile a quello dell'edificio, per cui in caso di sisma entrambi iniziano a vibrare alla stessa frequenza e l'ampiezza delle oscillazioni tende ad aumentare sempre di più fino al collasso della struttura.

La frequenza di risonanza si individua nei picchi del rapporto spettrale  $H/V$ ; solitamente quelli alle alte frequenze ( $f > 10 \text{ Hz}$ ) segnalano la presenza di passaggi stratigrafici abbastanza superficiali mentre quelli alle basse frequenze ( $f < 1 \text{ Hz}$ ) variazioni stratigrafiche profonde.

Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola	Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)	Luca Pignatelli - geologo
Maggio 2020	Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana	Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

Poichè le inversioni di velocità delle onde sismiche, cioè la diminuzione della velocità con la profondità passando da strati più veloci a meno veloci, non originano picchi nello spettro H/V, queste non possono essere rilevate direttamente.

Un indizio di inversioni di velocità si può comunque ricavare direttamente dall'andamento dello spettro H/V; infatti, ampi intervalli di frequenza in cui il rapporto H/V si mantiene costantemente al di sotto di 1 sono spesso associabili a variazioni negative della velocità con la profondità.

Quando il contrasto di impedenza sismica tra i due mezzi è minimo, una parte dell'energia intrappolata nello strato superficiale è ritrasmessa al basamento (figura n.2 seguente) ed in questo caso l'amplificazione interessa alcune frequenze di risonanza la cui l'entità dipende dal contrasto di impedenza  $F_{\max} \approx (V_{s0} \rho_0) / (V_{s1} \rho_1)$  alla base del sistema.

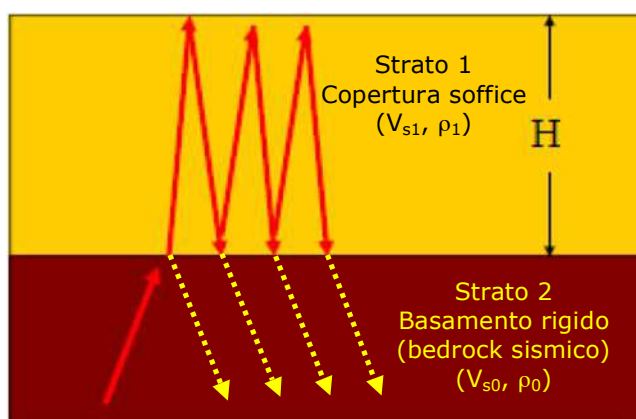


Figura n.2 : Schematizzazione del fenomeno della risonanza in un sistema stratigrafico 1-D nel caso di di basso contrasto di impedenza sismica tra due mezzi.

Ciò significa che nello spettro il picco con ampiezza maggiore può essere quello con il rapporto di impedenza più significativo, ma non necessariamente quello che caratterizza lo spessore del deposito soprastante un bedrock sismico.

Una stima semi-quantitativa dello spessore H della copertura, quindi della profondità del tetto del sub-strato sismico, in funzione della frequenza di risonanza  $f_0$ , può essere ottenuta tramite degli abachi che consentono una discretizzazione del tipo di quella riassunta nella tabella in pagina seguente (D. Albarello, S. Castellaro, 2011).

Questi abachi non sostituiscono le analisi di dettaglio, ma hanno lo scopo (sotto stretto controllo geologico) di fornire informazioni preliminari sulla struttura del sottosuolo e indicazioni per orientare le successive indagini di approfondimento negli studi di microzonazione sismica e di analisi di risposta sismica locale (RSL), non oggetto della presente relazione.

Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola	Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)	Luca Pignatelli - geologo
Maggio 2020	Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana	Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

Abaco per la stima approssimativa dello spessore (h) del deposito di copertura del bedrock sismico a partire dai valori delle frequenze di risonanza ( $f_0$ ) determinate dalle misure H/V (Albarelli et al, 2011)		
$f_0$ (Hz)	H (m)	
< 1	> 100 m	Centinaia di metri
1 - 2	50 - 100	Decine di metri
2 - 3	30 - 50	
3 - 5	20 - 30	
5 - 8	10 - 20	
8 - 20	5 - 10	Qualche / pochi metri
> 20	< 5	

### 3 - MODALITA' DI ESECUZIONE ED ELABORAZIONE DELL'INDAGINE HVSR

La tecnica HVSR richiede, in generale, l'utilizzo di un velocimetro triassiale, cioè di un sismometro a stazione singola in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 10-20 minuti).

Il rumore ambientale è quindi misurato in termini di velocità attraverso questi tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo un passo di campionamento impostato dall'operatore.

Lo strumento utilizzato è un *tromografo* di ridotte dimensioni e peso che viene appoggiato e ancorato al terreno tramite dei piedini infissi nel terreno, regolabili in altezza in modo che si mantenga in piano (in bolla) per tutta la durata delle rilevazioni. L'assenza di cavi esterni consente di lasciare virtualmente imperturbato il campo d'onda presente in sito.

L'apparecchio è dotato internamente di una terna di sensori velocimetrici orientati su tre direzioni ortogonali :

- n.2 nella componente orizzontale dello spostamento (tra loro ortogonali) per misure su suoli ordinariamente corrispondenti alle direzioni NS ed EW;
- n.1 nella componente verticale (up-down).

Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola	Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)	Luca Pignatelli - geologo
Maggio 2020	Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana	Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

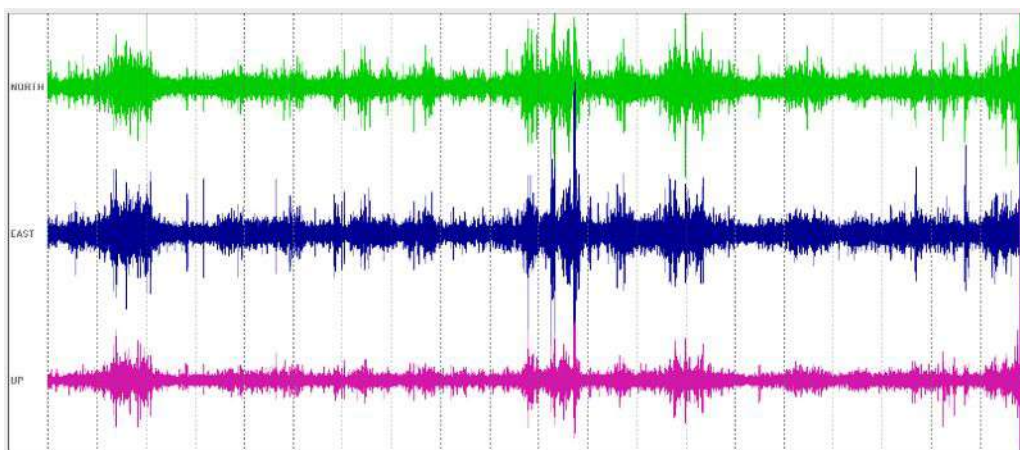


Figura n.3 : Esempio di registrazione.

I diagrammi relativi a tali registrazioni vengono elaborati attraverso la determinazione dell'intensità del segnale in sottofinestre di determinata durata e trasformati in spettri  $H/V$ .

Nella pratica si utilizza il rapporto  $H/V$  perché è un buon normalizzatore ed estimatore delle frequenze di risonanza dei terreni; i valori assoluti degli spettri orizzontali e verticali variano infatti con il livello assoluto del rumore ambientale, mentre la forma dello spettro, in particolare il rapporto tra le ampiezze orizzontale e verticale, si mantiene più stabile, inoltre per il suo carattere stocastico mostra caratteristiche correlabili con la struttura locale del suolo.

Alle frequenze caratteristiche di vibrazione dei suoli corrisponde, infatti, un decremento del segnale della componente verticale che determina un picco nel rapporto spettrale rappresentato dal grafico seguente (figura n.4).

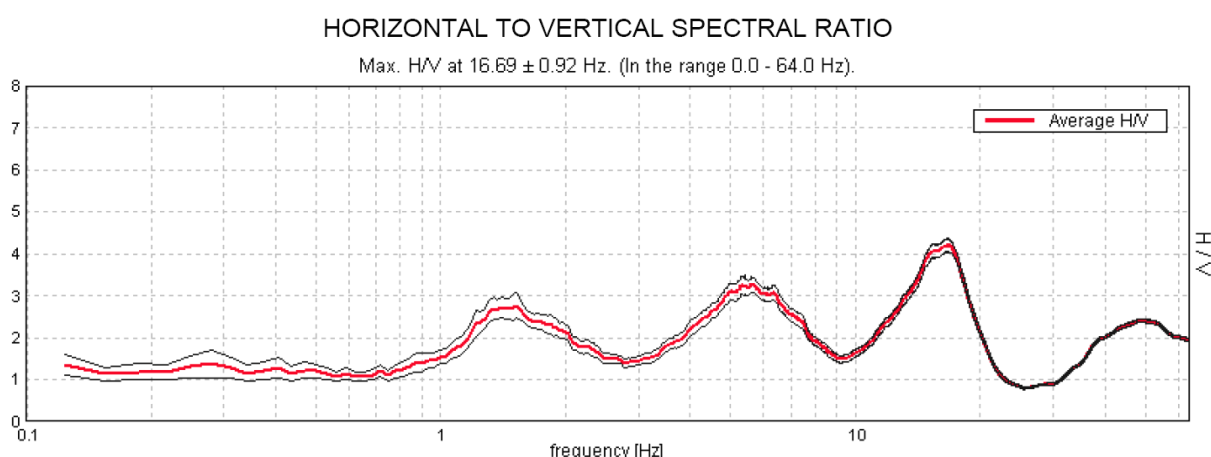


Figura n.4 : Esempio di spettro F-H/V.

In un mezzo senza contrasti di impedenza (es. un ammasso roccioso integro/sano) la curva  $H/V$  risulta teoricamente piatta e con valore medio tra 0,7 e 1,0 (in funzione del modulo di Poisson  $\mu$ ).

Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola	Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)	Luca Pignatelli - geologo
Maggio 2020	Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana	Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

La presenza di un picco nella curva H/V può essere data da un fenomeno di *risonanza*, causato da una variazione di velocità delle onde sismiche nel terreno, e quindi da passaggi stratigrafici caratterizzati da un notevole contrasto tra le velocità sismiche stesse.

Dato che tali picchi su H/V possono essere dovuti anche ad artefatti e transienti, H/V deve essere sempre analizzato alla luce degli spettri delle singole componenti (figura n.5).

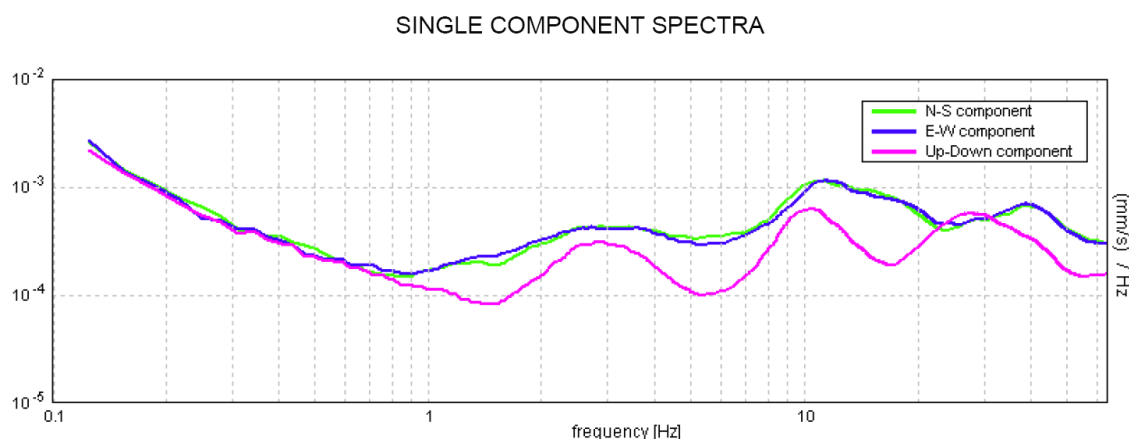


Figura n.5 : Esempio di spettro delle singole componenti.

Un picco di natura stratigrafica, e non artefattuale, presenta un minimo locale della componente spettrale verticale, mentre picchi spettrali, di solito aguzzi, su tutte le 3 componenti del moto sono di origine antropica (figura n.6).

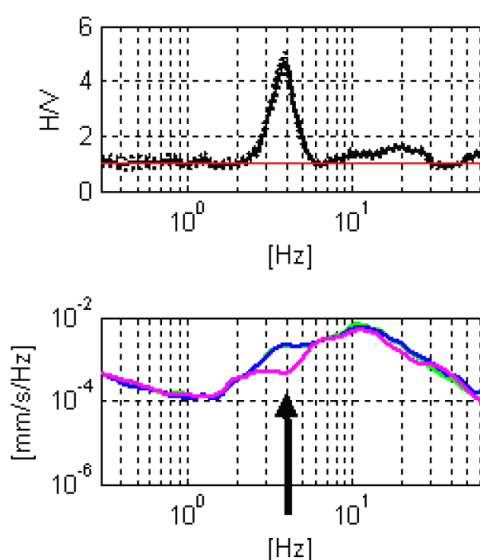


Figura n.6

L'elaborazione degli spettri H/V comporta quindi un'analisi ragionata dei vari picchi, uno *smoothing* e una valutazione sugli spettri nelle varie "finestre" di tempo in cui è stata suddivisa l'acquisizione, in modo da poter eventualmente rimuovere gli intervalli di misura caratterizzati da disturbi (figura n.7).



Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola	Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)	Luca Pignatelli - geologo
Maggio 2020	Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana	Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

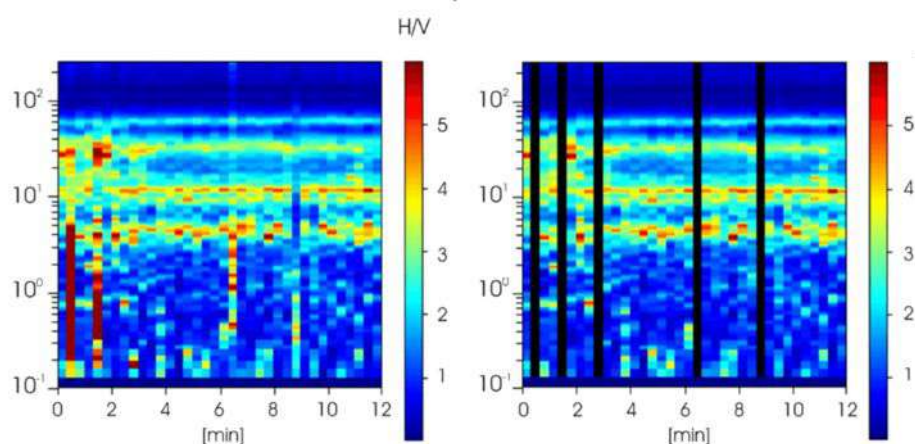


Figura n.7 : Esempio finestre.

Di solito è consigliabile effettuare le correzioni nel dominio delle frequenze e non operare nel dominio del tempo in quanto in tale contesto non è agevole identificare quali perturbazioni siano relative ad artefatti e transienti.

Altro aspetto importante da considerare è la *stabilità direzionale* del segnale, che è un elemento a favore della valenza stratigrafica del picco analizzato (figura n.8).

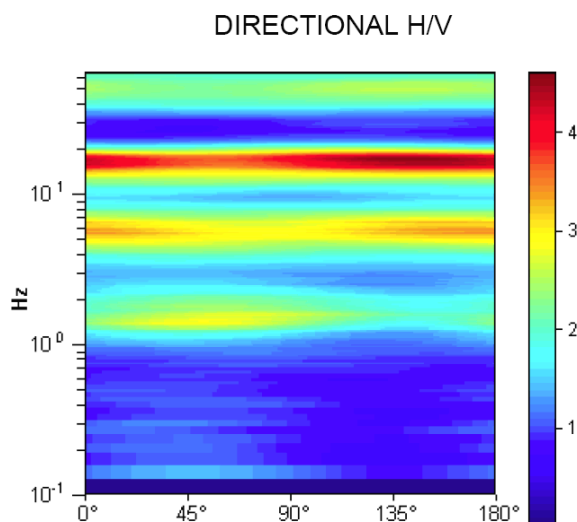


Figura n.8 : Esempio.

Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola	Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)	Luca Pignatelli - geologo
Maggio 2020	Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana	Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

## 4 - PROSPEZIONE HVSR IN OGGETTO

### 4.1 - STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per la prospezione HVSR eseguita in situ è stato utilizzato uno strumento *TROMINO®* della *Micromed Geophysics*, espressamente progettato per le misure di microtremore ambientale (figura n.9).



Figura n.9

Il *TROMINO®* è uno strumento efficiente per la misura del rumore sismico; presenta ridotte dimensioni e peso, e bassissimo consumo di energia.

L'alta risoluzione dell'elettronica digitale impiegata consente di ottimizzare la misura del microtremore nell'intervallo di frequenze compreso fra 0.1 e 200 Hz; i sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati criticamente che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore a dinamica non inferiore a 23 bit.

Le caratteristiche progettuali consentono una accuratezza relativa maggiore di  $10^{-4}$  sulle componenti spettrali al di sopra di 0.1 Hz; l'assenza di cavi esterni consente inoltre di lasciare virtualmente imperturbato il campo d'onda presente nell'ambiente.

Lo strumento dispone di tre canali analogici connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione disposti secondo tre direzioni ortogonali. Il moto del terreno viene amplificato, convertito in forma digitale, organizzato e salvato su una memoria digitale di tipo Flash.

I dati registrati da *TROMINO®* possono essere scaricati, organizzati, archiviati, visualizzati e analizzati tramite il programma *Grilla* fornito assieme allo strumento. Esso include inoltre procedure per l'analisi spettrale di base e per l'analisi HVSR anche secondo le direttive fornite dal progetto di ricerca europeo *SESAME*.

<i>Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola</i>	<i>Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)</i>	<i>Luca Pignatelli - geologo</i>
<i>Maggio 2020</i>	<i>Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana</i>	<i>Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus</i>

## 4.2 - CARATTERISTICHE DELL'INDAGINE

L'area di indagine è ubicata alla periferia dell'abitato della frazione di Mezzana ed è caratterizzata da una morfologia pianeggiante con terreni attualmente ad uso agricolo/seminativo e a vegetazione spontanea.

La prospezione è stata eseguita in vicinanza alla prova penetrometrica statica CPTU1 e alla postazione del sondaggio S1 e della prospezione sismica Down Hole (nel foro di S1) ancora da realizzare, e si è articolata su n.1 postazione/stazione di misura del microtremore sismico ambientale (vedere scheda allegata) con le seguenti modalità :

- durata dell'acquisizione pari a 30';
- suddivisione dell'acquisizione stessa in "finestre" temporali di 20";
- frequenza di campionamento pari a 128 Hz.

Lo strumento è stato posizionato abbastanza lontano da fonti di rumore tali da ostacolare e/o obliterare una corretta acquisizione dei segnali.

La scheda allegata illustra la posizione di dettaglio del punto di misura su foto satellitare e su documentazione fotografica, con le caratteristiche descrittive del sito di indagine.

## 4.3 - CRITERI DI ANALISI DELLE MISURE

Il dato di campagna è stato trattato con una procedura di analisi consistente in :

- lisciamento "finestra triangolare" al 12%
- analisi temporale dell'intero spettro (0-64 Hz) in sottofinestre di 20 s;
- analisi direzionale con step di 5°.

Una volta effettuata una prima elaborazione del dato è stata fatta una selezione per l'eliminazione delle sottofinestre temporali contenenti sollecitazioni transienti.

## 4.4 - CRITERI DI CLASSIFICAZIONE DELLE MISURE

Le misure sono state soggette alle valutazioni della "robustezza" statistica del dato secondo i criteri del protocollo *SESAME*, automaticamente inserito nel report allegato, secondo quanto accennato in precedenza.

⇒ *Nell'interpretare la tabella SESAME di significatività dei picchi H/V bisogna considerare che ogni sito può generare più di una risonanza, e che non esiste una risonanza fondamentale in assoluto.*

Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola	Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)	Luca Pignatelli - geologo
Maggio 2020	Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana	Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

⇒ I primi 3 criteri della tabella dicono se la registrazione è stata condotta per un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco considerata. E' opportuno che questi 3 criteri siano tutti soddisfatti; se così non fosse, tipicamente è necessario rianalizzare la registrazione aumentando il parametro WINDOW SIZE.

⇒ I secondi 6 criteri della tabella dicono se il picco è significativo da un punto di vista statistico. E' bene che ne siano soddisfatti il maggior numero possibile (preferibilmente almeno 5 su 6) ma si ricordi che eventuali NO su tutte le righe non implicano necessariamente che la registrazione è stata effettuata male ma implicano che non ci sono picchi significativi. Ad esempio una registrazione su roccia "sana" darebbe NO su tutti questi criteri.

⇒ Un'ulteriore classificazione dei risultati può essere effettuata tenendo conto dei criteri adottati nello studio di "Microzonazione Sismica per la ricostruzione dell'area Aquilana" a cura del Dipartimento della Protezione Civile, e finalizzati a una valutazione più generale, e più restrittiva, della qualità del dato acquisito, secondo i seguenti parametri :

- stazionarietà del segnale nel campo dello sviluppo temporale dello spettro;
- isotropia del segnale nel campo dello sviluppo direzionale dello spettro;
- presenza di rumore elettromagnetico, con particolare riferimento al campo di frequenza di eventuali picchi;
- plausibilità fisica del picco;
- robustezza statistica del picco (comprensiva dei primi 3 criteri SESAME);
- durata della misura.

#### Le misure sono classificabili:

- in CLASSE A di qualità quando soddisfano tutti i criteri, fatta eccezione per gli spettri piatti che ovviamente disattendono i criteri SESAME per assenza di picchi significativi;
- in CLASSE B quando ne disattendono almeno uno ma mantengono buona leggibilità;
- in CLASSE C quando contengono elementi di disturbo invalidanti ai fini della corretta interpretazione.

Nel primo caso le misure sono utilizzabili anche da sole, nel secondo caso sono utilizzabili con cautela e unitamente ad altre misure effettuate nell'ambito della lunghezza d'onda di interesse, nel terzo caso vanno scartate. Limitatamente ai primi due casi sono poi definite le sottoclassi 1 e 2 in base alla presenza o meno di un picco chiaro.

Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola	Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)	Luca Pignatelli - geologo
Maggio 2020	Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana	Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus

#### 4.5 - INTERPRETAZIONE DELLO SPETTRO FREQUENZA-H/V OTTENUTO

L'elaborazione ed analisi delle registrazioni hanno restituito lo spettro Frequenza-H/V riportato nella figura n.10 seguente (vedi anche report allegati).

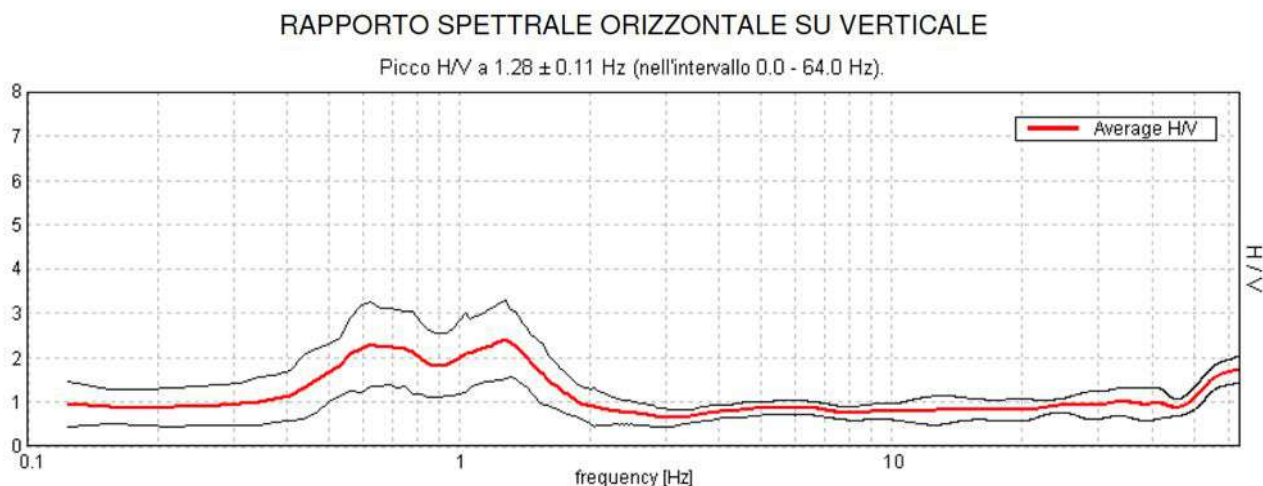


Figura n.10 : Spettro Frequenza-Rapporto spettrale H/V ottenuto dalla presente indagine HVSR.

Lo spettro evidenzia la presenza di due picchi H/V di natura stratigrafica, con segnale stazionario e non direzionale :

- il primo, abbastanza blando e di maggiore intensità, è posizionato a  $1.28 \text{ Hz} \pm 0.11$ , con ampiezza media di ca. 2.4, e soddisfa tutte le condizioni/criteri *SESAME*;
- il secondo, di intensità inferiore e ancora più blando del precedente, è invece centrato su una frequenza di ca. 0.65 Hz.

*L'entità del rapporto H/V dei due picchi è tale da far presupporre che corrispondano a contrasti di velocità delle onde sismiche non particolarmente severi.*

Pisa 28/05/2020

Dott. Geologo Luca Pignatelli



<i>Rapporto sull'indagine di sismica passiva HVSR a stazione singola</i>	<i>Progetto : Realizzazione di una Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) nella frazione di Mezzana, in via Toniolo - San Giuliano Terme (PI)</i>	<i>Luca Pignatelli - geologo</i>
<i>Maggio 2020</i>	<i>Comparto n.18 - UTOE 35 Colignola - Mezzana</i>	<i>Proprietà : Fondazione Casa Cardinale Maffi Onlus</i>

- SCHEDA RELATIVA ALLA POSTAZIONE DI MISURA;

- REPORT ELABORAZIONE DATI;

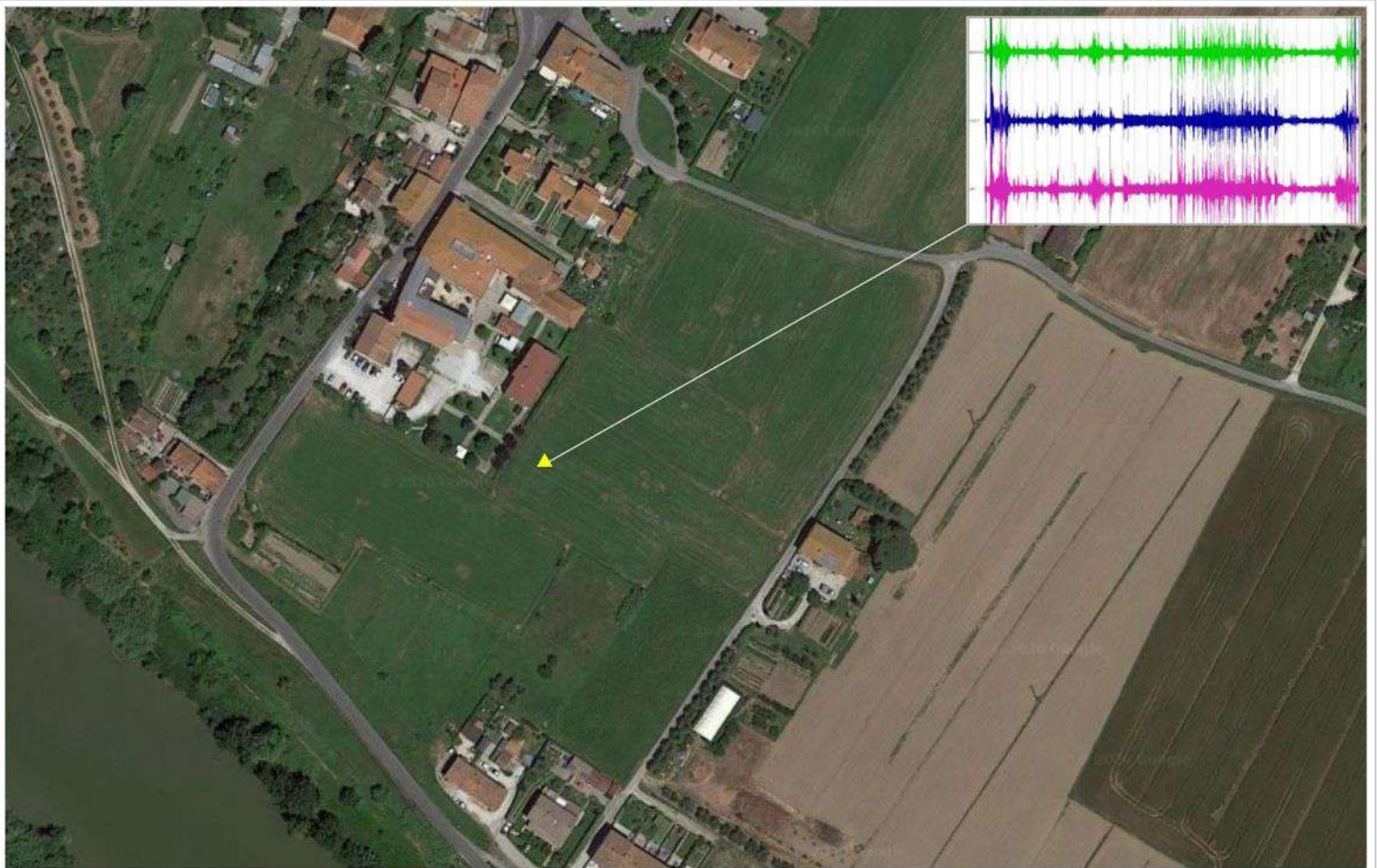
**ALLEGATI**



## INDAGINE HVSR LOC. MEZZANA (PI) - VIA TONIOLO



documentazione fotografica



ubicazione su fotosat - scala 1:2.500

coordinate WGS84 : 43°720478 10°469384

orientazione strumento : N

contesto globale : zona pianeggiante periferica

contesto locale : prato/seminativo

condizioni climatiche : soleggiato, poco vento

rumori/disturbi: traffico intermittente nelle vicine strade



## REPORT INDAGINE HVSR - MEZZANA, VIA TONIOLO

Strumento: TRZ-0158/01-11

Inizio registrazione: 28/05/20 08:54:12 Fine registrazione: 28/05/20 09:24:11

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

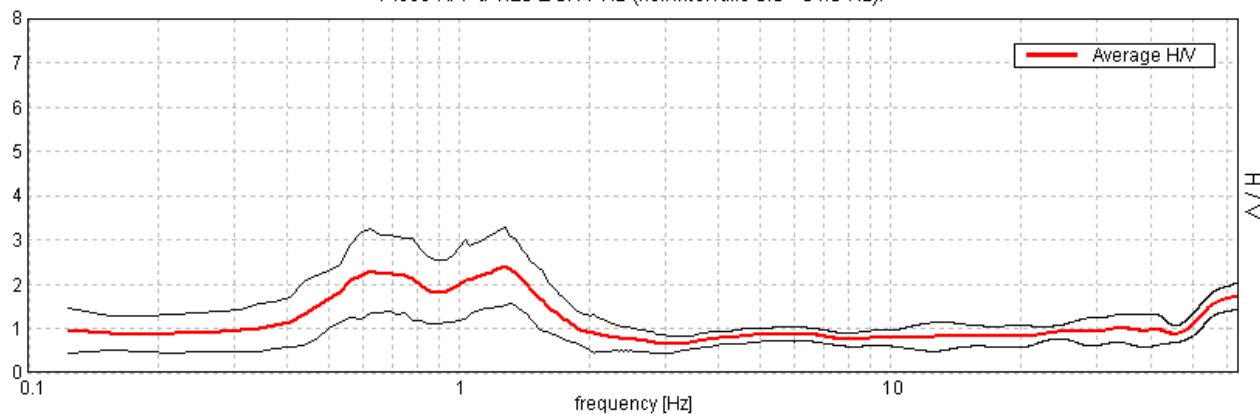
Durata registrazione: 0h30'00". Analizzato 91% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz Lunghezza finestre: 20 s

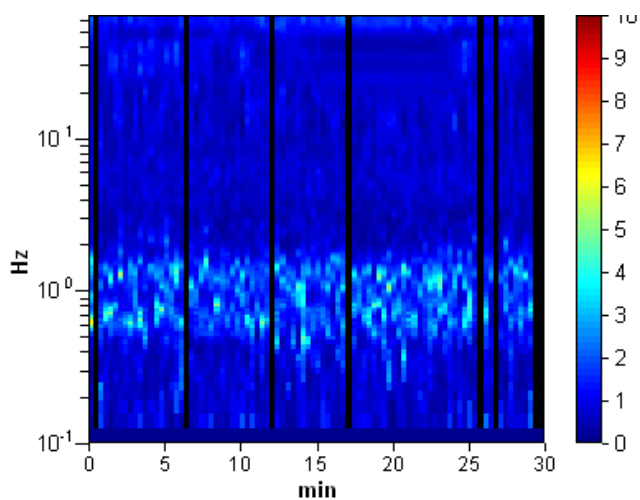
Tipo di lisciamento: Triangular window Lisciamento: 12%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

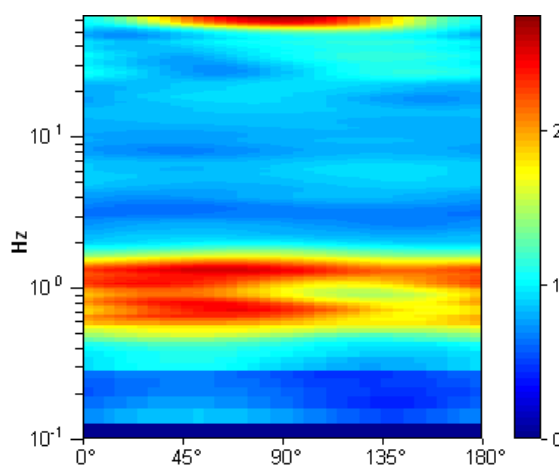
Picco H/V a  $1.28 \pm 0.11$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



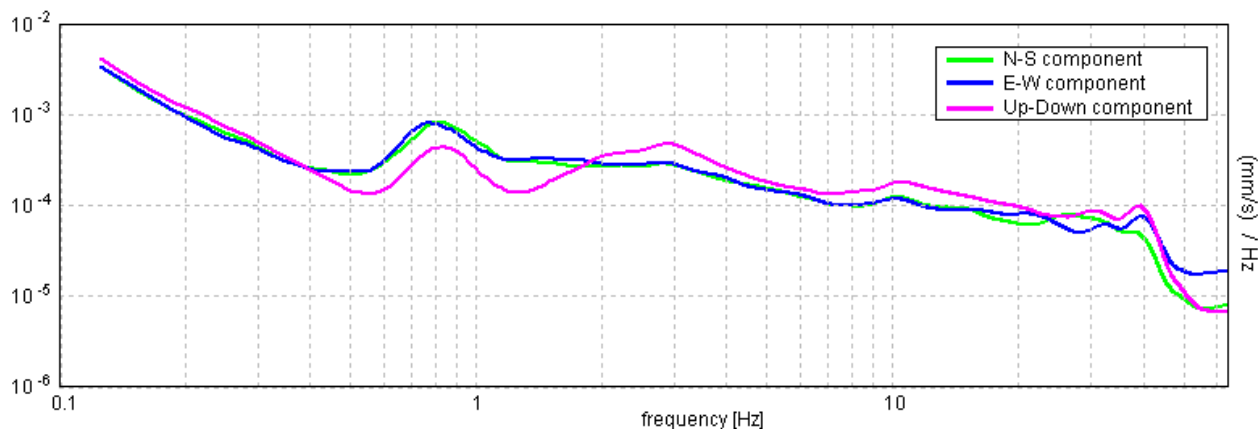
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V



### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente**].

**Picco H/V a  $1.28 \pm 0.11$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.28 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$2101.3 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 62	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

<b>Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2$</b>	0.406 Hz	<b>OK</b>	
<b>Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2$</b>	1.781 Hz	<b>OK</b>	
<b>$A_0 &gt; 2$</b>	$2.40 > 2$	<b>OK</b>	
<b>$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$</b>	$ 0.04416  < 0.05$	<b>OK</b>	
<b>$\sigma_f &lt; \varepsilon(f_0)$</b>	$0.05658 < 0.12813$	<b>OK</b>	
<b>$\sigma_A(f_0) &lt; \theta(f_0)$</b>	$0.4314 < 1.78$	<b>OK</b>	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$**

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

### Sito in esame.

latitudine: 43,721536 [°]

longitudine: 10,470842 [°]

Classe d'uso: III. Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

### Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	20047	43,745340	10,444960	3366,1
Sito 2	20048	43,747120	10,514080	4490,1
Sito 3	20270	43,697150	10,516470	4561,0
Sito 4	20269	43,695380	10,447430	3464,1

### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 75 anni

Coefficiente  $c_u$ : 1,5

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
Operatività (SLO)	81	45	0,047	2,558	0,244
Danno (SLD)	63	75	0,057	2,573	0,261
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0,138	2,400	0,283
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0,174	2,391	0,289

### Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ² ]	Beta [-]
SLO	1,800	2,530	1,000	0,017	0,008	0,825	0,200
SLD	1,800	2,450	1,000	0,020	0,010	1,003	0,200
SLV	1,800	2,350	1,000	0,059	0,030	2,430	0,240
SLC	1,770	2,330	1,000	0,074	0,037	3,027	0,240

Geostru