

Realizzazione di impianto di produzione di fertilizzanti

Elaborato: **Relazione di Integrazione a precedente:**

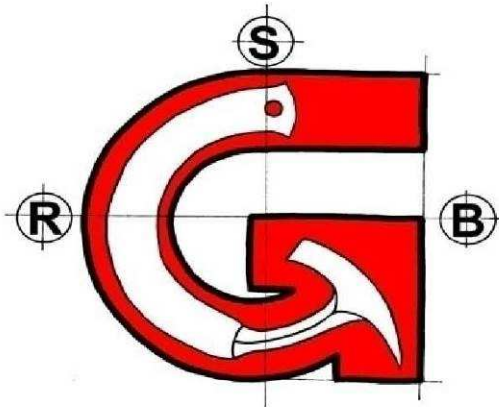
- 6.1 Relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito;
- 6.2 Relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno
- 6.3 Relazione sulla modellazione sismica concernente la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

Località:

Via Portoni 46, Bandissolo (Portoverrara), Comune di Portomaggiore (FE)

Committente:

C.A.A. G. Nicoli



Studio Geologico
BRUNALDI RAFFAELE

Via A. Da Brescia 11
44011 Argenta (FE)

Tel. e Fax: **0532852858**

Cell.: **3355373693** E-mail: rbruggeo@gmail.com

1 OGGETTO

Realizzazione di impianto di produzione di fertilizzanti.

Committente: C.A.A. G. Nicoli.

Località: Via Portoni 46, Bandissolo (Portoverrara), Comune di Portomaggiore (FE)

La presente relazione si configura come integrazione a precedente documentazione di Caratterizzazione Geologica, Geotecnica e Sismica, redatta dallo scrivente in data 24/04/2018 alla quale si rimanda in toto. L'oggetto della presente integrazione è relativo ad una implementazione stratigrafica e di caratterizzazione geotecnica.

2. INDAGINI STRATIGRAFICHE

Si sono eseguite tre nuove indagini penetrometriche CPTU, con piezo- cono e si è realizzato un Sondaggio Stratigrafico con raccolta di campioni indisturbati di terreno ed analisi di Laboratorio Geotecnico. Di seguito si illustreranno le risultanze di tali indagini. Il programma di indagini è stato progettato in accordo con i Progettisti ed ha come obiettivo la più corretta definizione delle possibilità progettuali anche in relazione ai vari costi di intervento ed alla loro efficacia.

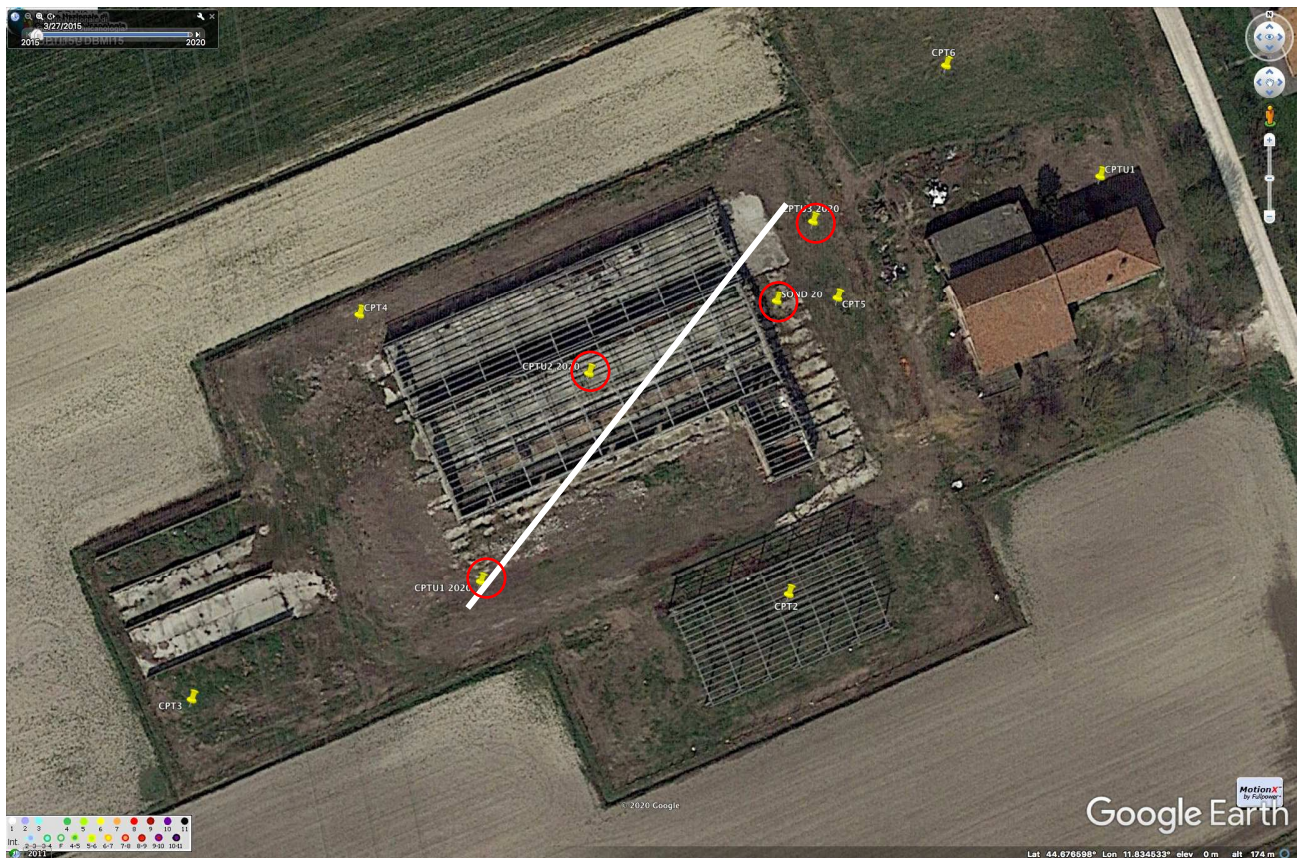


Fig. 1/1: Area in esame, ubicazione dei punti di indagini relativi all'oggetto della presente relazione; sono riportati anche i punti di indagine dell'anno 2018. Scala libera, su orto- foto aerea tratta da Google Earth ®. Si riporta la traccia della Sezione Stratigrafica di cui alla Fig. 2/3.

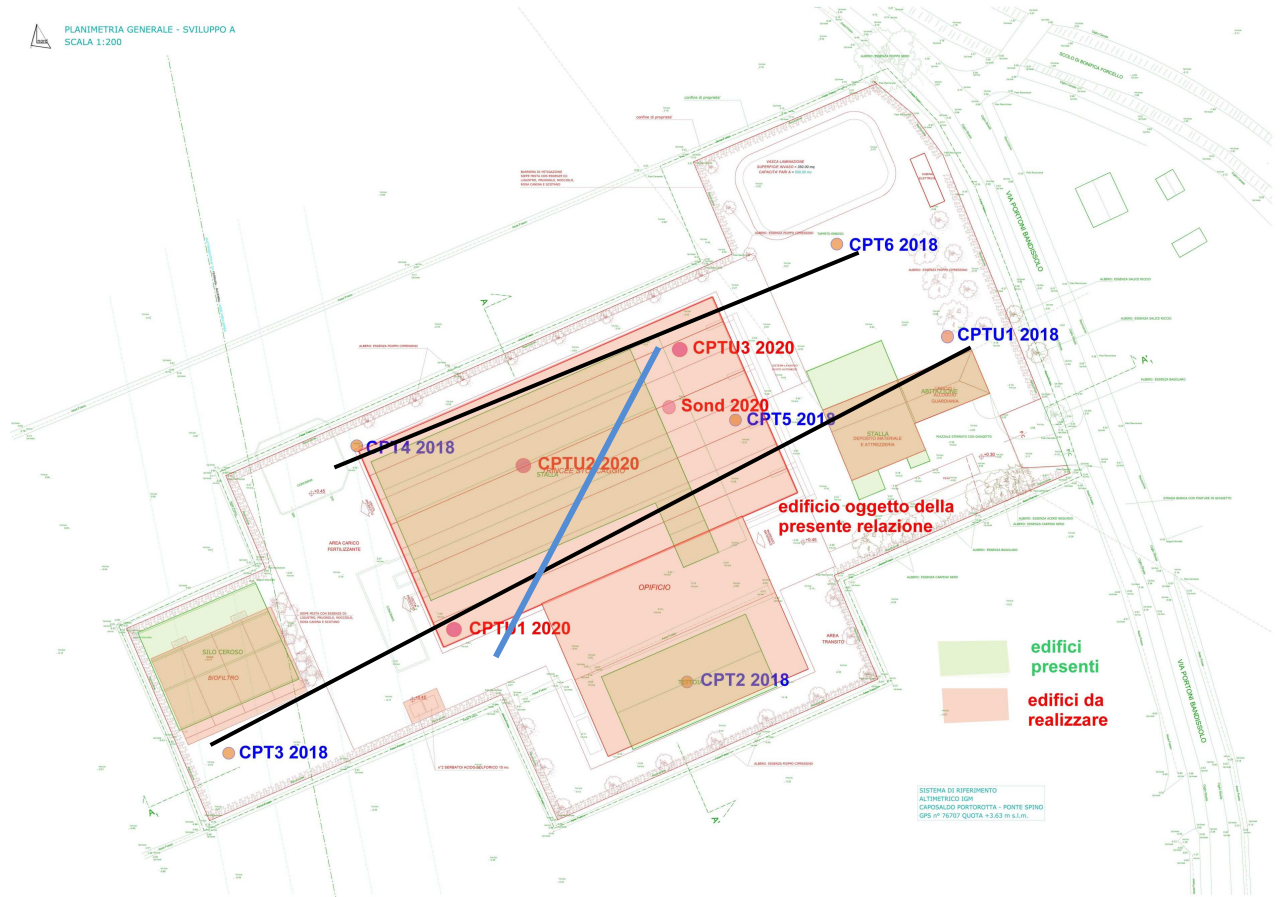


Fig. 1/2: Ubicazione dei punti di indagine, su progetto a Scala Libera, messo a disposizione dello scrivente dalla Committenza. In nero le tracce delle Sezioni dell'anno 2018 e in blu la traccia della Sezione dell'anno corrente (più oltre riportate).



Fig. 1/3: Ubicazione punto di indagine CPTU 1 2020.



Fig. 1/4: Ubicazione punto di indagine CPTU 2.



Fig. 1/5: Ubicazione punto di indagine CPTU 3 2020.

L'ubicazione delle indagini è stata condizionata dalla presenza di materiali di riporto nelle immediate adiacenze dell'attuale costruzione. Le indagini sono state eseguite dalla Ditta GeoFE utilizzando un'apparecchiatura di costruzione Pagani e spinta pari a 20 Ton.

3 SEZIONI STRATIGRAFICHE LOCALI (ANNO 2018 E ANNO IN CORSO)

Unitamente alla nuova Sezione Stratigrafica (la cui ubicazione è riportata alla Fig. 1/1) si riportano come raffronto locale le sezioni redatte dallo scrivente nell'anno 2018 (ubiccate come in Fig. 1/2).

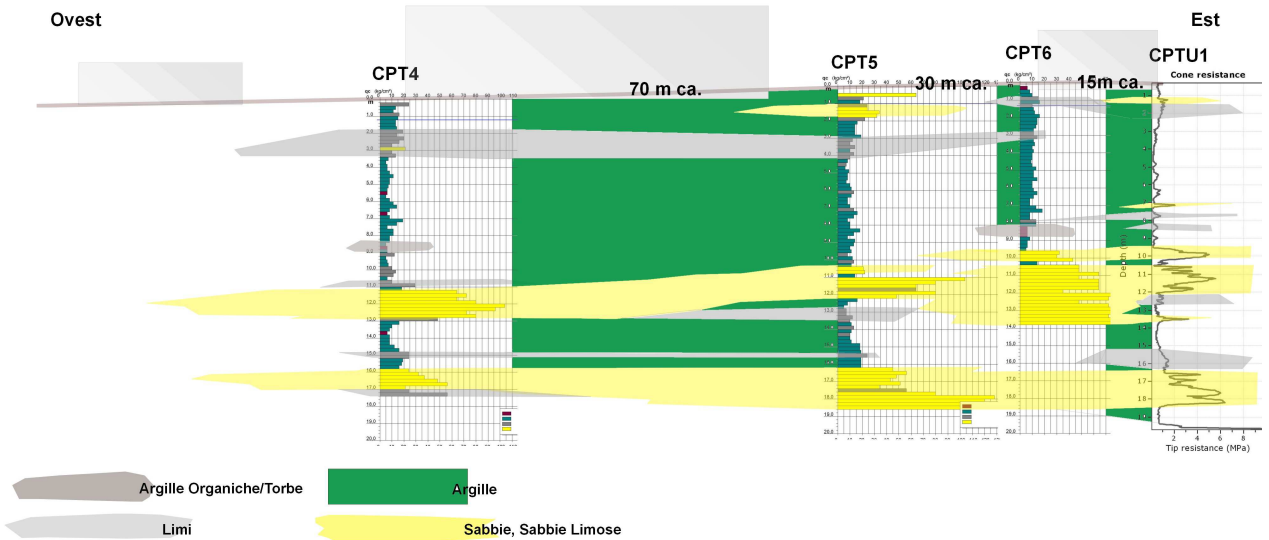


Fig. 2/1: Sezione 1 (NORD) dell'area in esame. Scala Libera, scala orizzontale diversa da quella verticale.

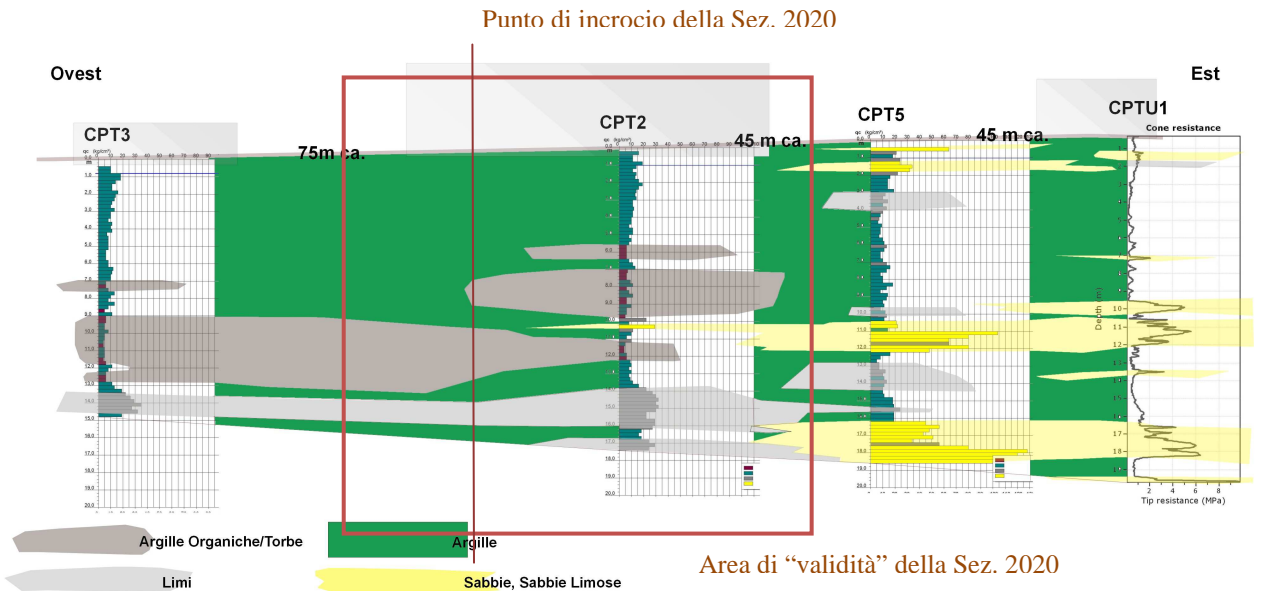


Fig. 2/2: Sezione 2 (SUD) dell'area in esame. Scala Libera, scala orizzontale diversa da quella verticale.

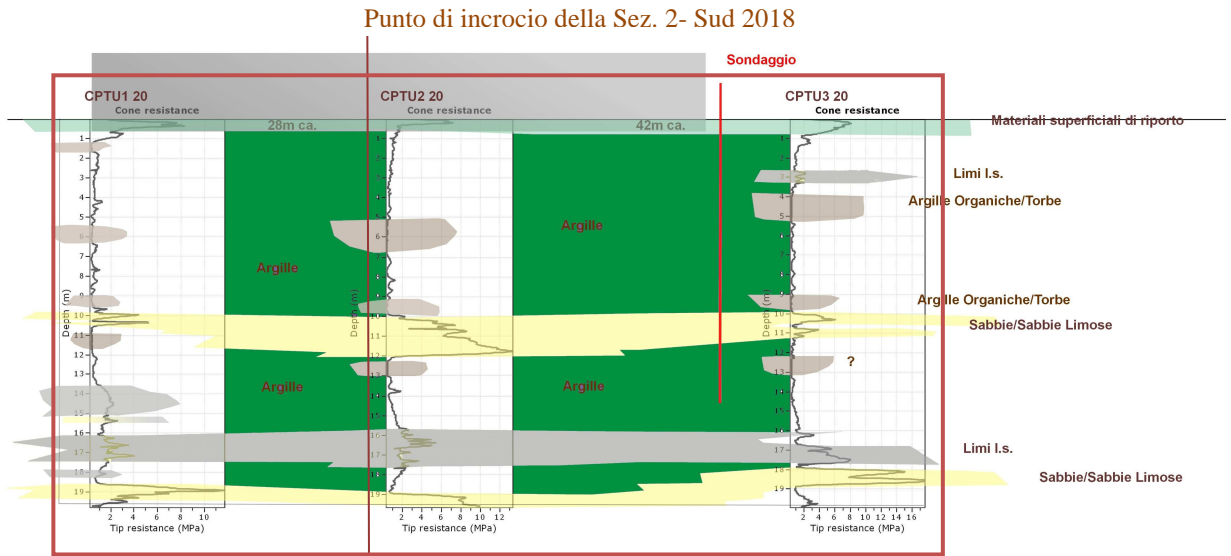
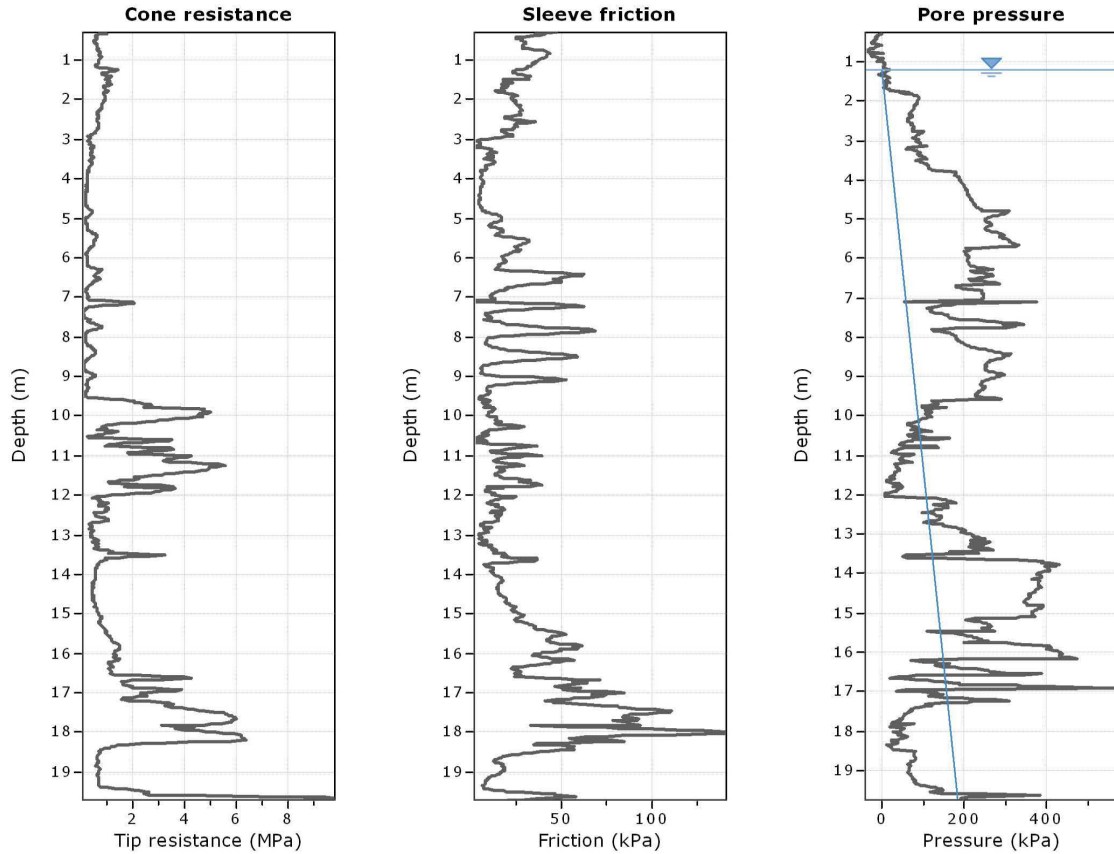


Fig. 2/3: Sezione 2020 relativa al solo edificio centrale. Scala Libera, scala orizzontale diversa da quella verticale.

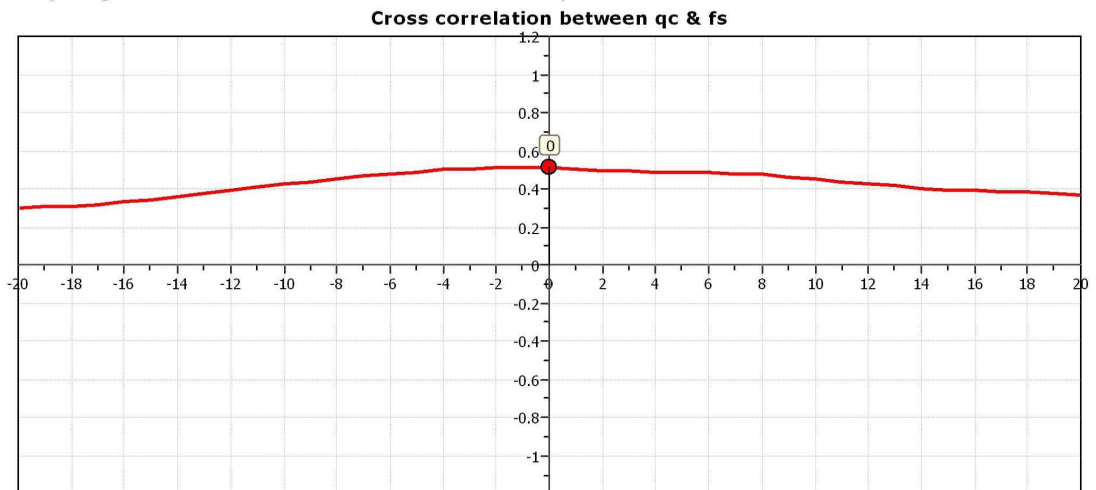
La Sezione 2020 incrocia la Sezione SUD dell'anno 2018. Le riportate sezioni locali evidenziano la presenza di corpi granulari (lenticolari/festonati) di natura da Sabbiosa a Sabbioso-Limosa, interdigerati (con terminazioni a pinch-out) con circostanti materiali Limosi e Argillosi. La Sezione dell'anno in corso si inserisce perfettamente nel contesto stratigrafico complessivo e rileva anche la presenza di materiali Argillosi Organici e/o Torbosi soprattutto nelle fasi distali rispetto al dosso del paleo Forcello; ciò in ottimo accordo con la Sezione SUD- 2018. Detti materiali non si rilevano in misura comparabile per quanto riguarda la Sezione NORD- 2018. Dovendo osservare che le due Sezioni del 2018 e la Sezione dell'anno in corso sono tracciate a poche decine di metri di distanza l'una dall'altra e considerando che la presenza dei suddetti materiali organico/torbosi è coerente all'ubicazione distale rispetto al paleo corso ed ai paleo argini del Forcello, dovrà ritenersi comunque chiaro che le deposizioni Argillose debbono essere comparate (soprattutto dal punto di vista geotecnico) alle già più volte citate deposizioni organico/torbose. Nel complesso è comunque evidente come l'area in esame sia ubicata su di un ambiente deposizionale di transizione fra il paleo corso idrico e le paleo valli/paludi a questo circostanti e sulle quali il corpo idrico stesso appunto scorreva/divagava. La Sezione dell'anno in corso ed ovviamente le nuove CPTU localmente eseguite (e che verranno illustrate più oltre) confermano in toto l'assetto individuato nell'anno 2018. E ciò nonostante le due metodologie penetrometriche utilizzate: Meccaniche (CPT) e con Piezo-Cono (CPTU) possano anche normalmente ricondurre a sensibili variazioni delle restituzioni stratigrafiche indirette.

4. INDAGINI PENETROMETRICHE APPOSITAMENTE ESEGUITE

Di seguito si riportano risultanze stratigrafiche e geotecniche indirettamente derivate dall'esecuzione delle indagini CPTU 1, 2 e 3 2020 (ubiccate come da apposite figure). Per raffronto si riporta anche la CPTU 1 dell'anno 2018 (già presente nella relazione originaria dell'anno 2018).



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





Project: Costruzione Impianto Produzione Fertilizzanti
Location: Via Portoni 46, Bandissolo- PortoVerrara

CPT: CPTU1
 Total depth: 19.71 m, Date: 03/04/2018
 Surface Elevation: 0.00 m
 Coords: X:0.00, Y:0.00
 Cone Type: Unknown
 Cone Operator: Unknown

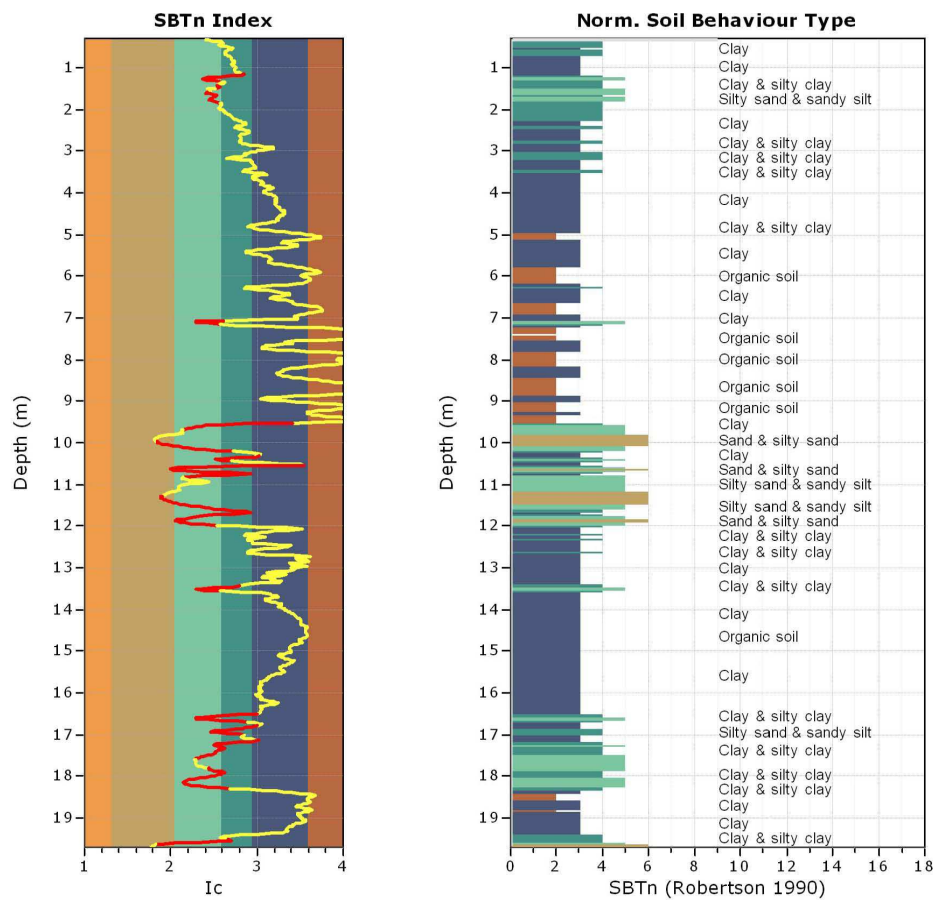
TRANSITION LAYER DETECTION ALGORITHM REPORT

Summary Details & Plots

Short description

The software will delete data when the cone is in transition from either clay to sand or vice-versa. To do this the software requires a range of I_c values over which the transition will be defined (typically somewhere between $1.80 < I_c < 3.0$) and a rate of change of I_c . Transitions typically occur when the rate of change of I_c is fast (i.e. ΔI_c is small).

The SBT_n plot below, displays in red the detected transition layers based on the parameters listed below the graphs.

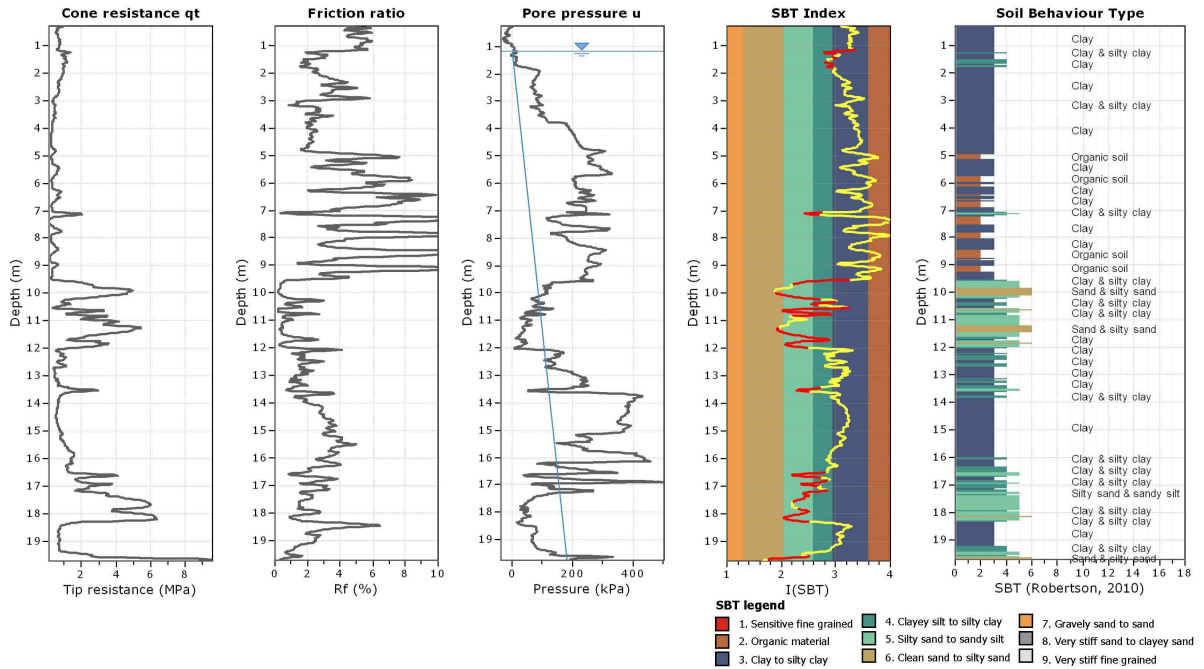


Transition layer algorithm properties

I_c minimum check value: 1.70
 I_c maximum check value: 3.00
 I_c change ratio value: 0.0010
 Minimum number of points in layer: 4

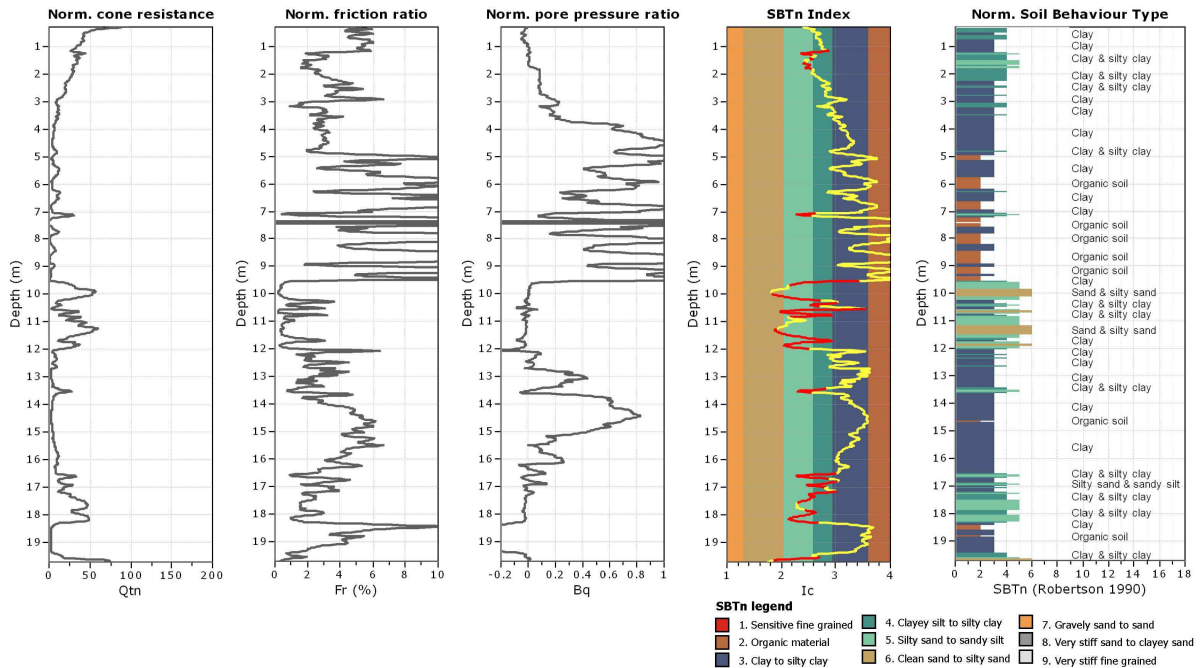
General statistics

Total points in CPT file: 972
 Total points excluded: 212
 Exclusion percentage: 21.81%
 Number of layers detected: 30



CPeT-IT v.1.7.6.42 - CPTU data presentation & interpretation software - Report created on: 17/04/2018, 16:25:47
 Project file: C:\Users\BRUNALDI\Desktop\RAF\A-LAVORO\A-RaFFAELE ReLAZIONI\2018\Portoverrara-Nicoli-Mazzoni\CPTU\CPTU1.cpt

9



CPeT-IT v.1.7.6.42 - CPTU data presentation & interpretation software - Report created on: 17/04/2018, 16:25:47
 Project file: C:\Users\BRUNALDI\Desktop\RAF\A-LAVORO\A-RaFFAELE ReLAZIONI\2018\Portoverrara-Nicoli-Mazzoni\CPTU\CPTU1.cpt

10

Fig. 3/1: restituzioni grafiche dell'indagine CPTU 1 -2018.

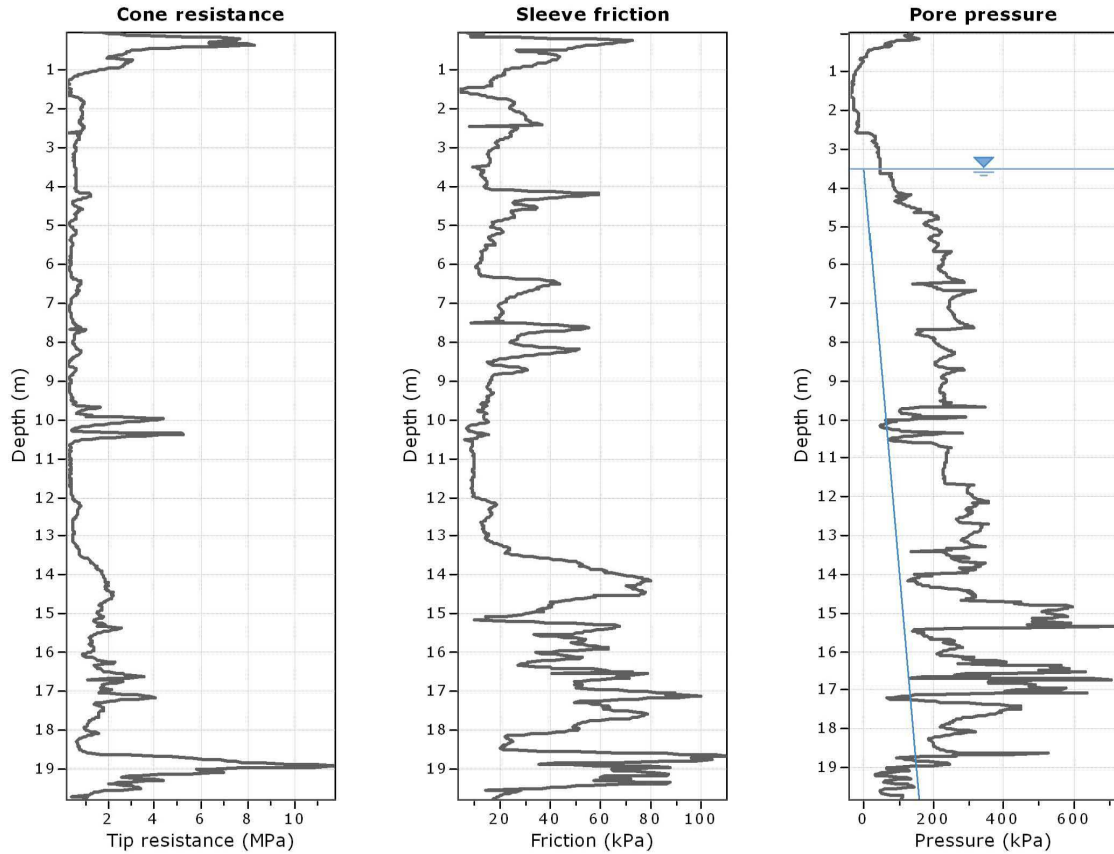


GeoLogismiki
 Geotechnical Engineers
 Merarhias 56
<http://www.geologismiki.gr>

CPT: CPTU1 2020

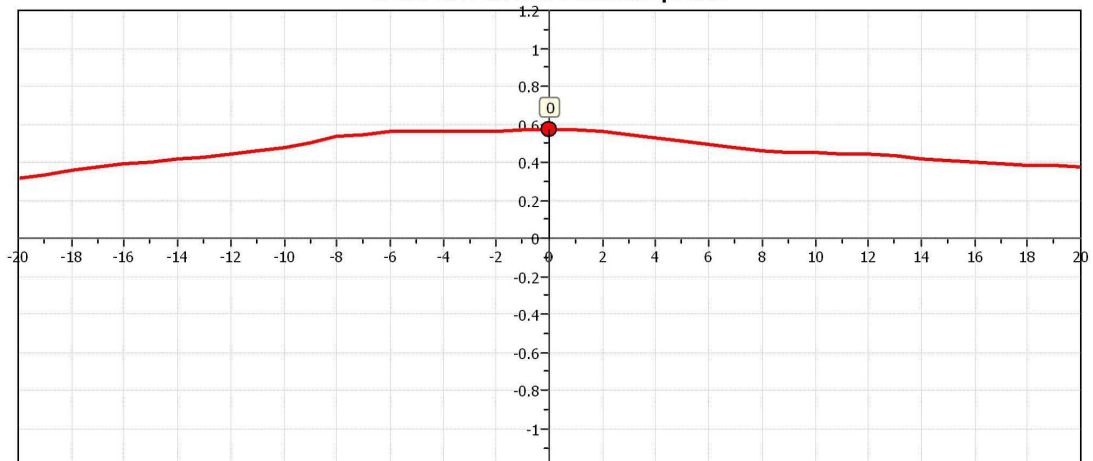
Total depth: 19.80 m, Date: 19/05/2020
 Surface Elevation: 0.00 m
 Coords: X:0.00, Y:0.00
 Cone Type: Unknown
 Cone Operator: Unknown

Project: Costruzione impianto trattamento reflui
Location: Portoverrara Via Portoni



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

Cross correlation between qc & fs





CPT: CPTU1 2020

Total depth: 19.80 m, Date: 19/05/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Unknown

Cone Operator: Unknown

Project: Costruzione impianto trattamento reflui
Location: Portoverrara Via Portoni

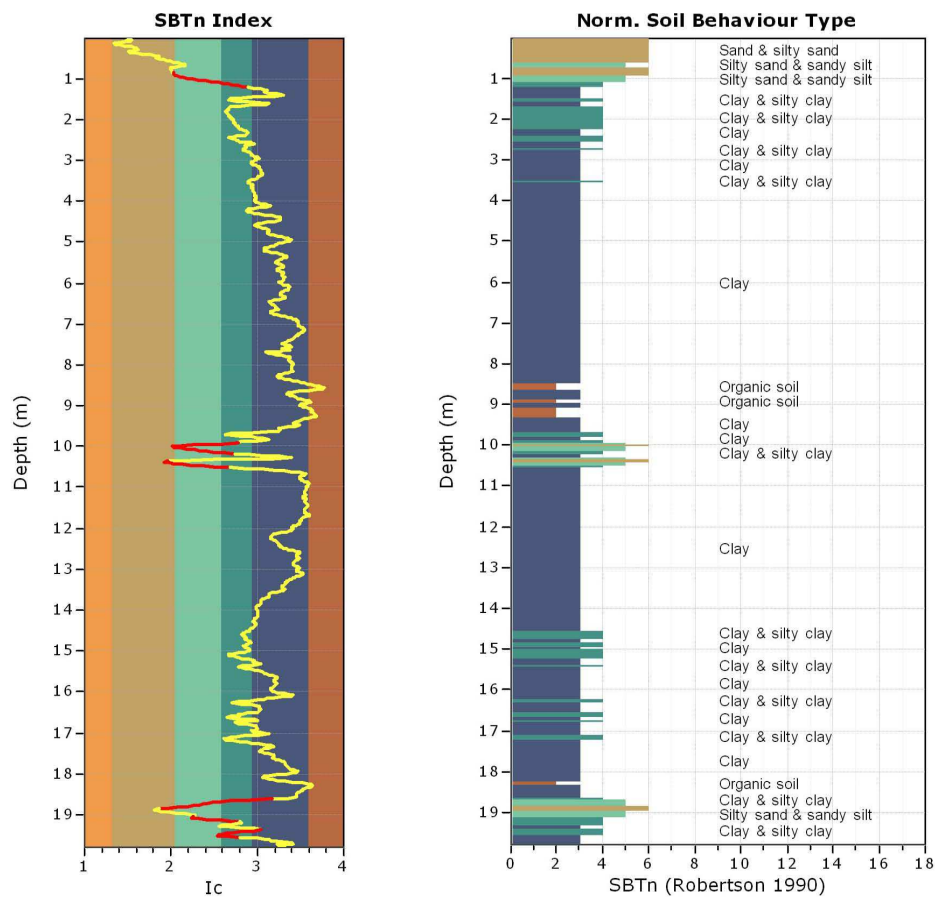
TRANSITION LAYER DETECTION ALGORITHM REPORT

Summary Details & Plots

Short description

The software will delete data when the cone is in transition from either clay to sand or vice-versa. To do this the software requires a range of I_c values over which the transition will be defined (typically somewhere between $1.80 < I_c < 3.0$) and a rate of change of I_c . Transitions typically occur when the rate of change of I_c is fast (i.e. ΔI_c is small).

The SBT_n plot below, displays in red the detected transition layers based on the parameters listed below the graphs.

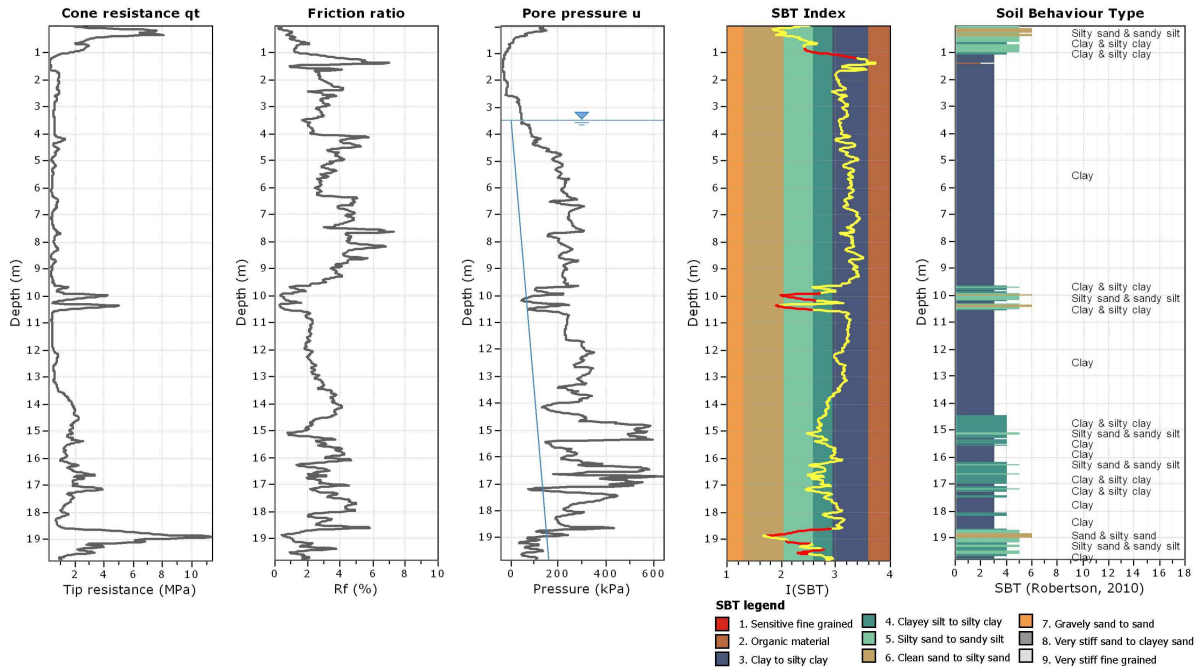


Transition layer algorithm properties

I_c minimum check value: 1.70
 I_c maximum check value: 3.00
 I_c change ratio value: 0.0010
 Minimum number of points in layer: 4

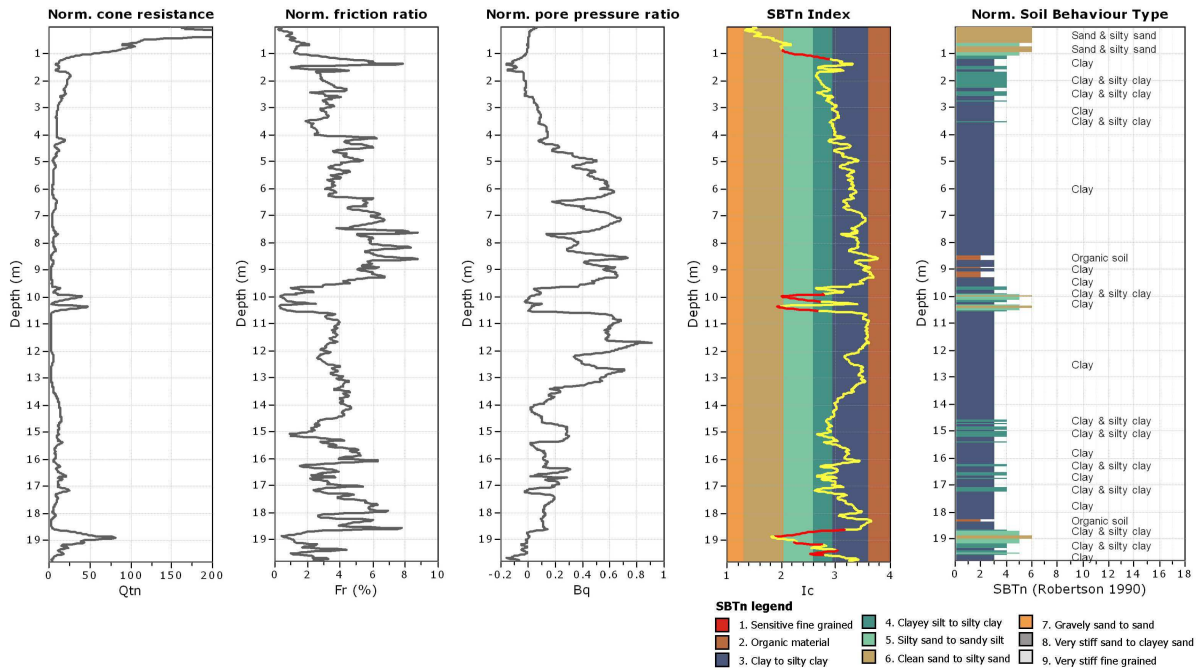
General statistics

Total points in CPT file: 992
 Total points excluded: 75
 Exclusion percentage: 7.56%
 Number of layers detected: 8



CPeT-IT v.1.7.6.42 - CPTU data presentation & interpretation software - Report created on: 26/05/2020, 10:12:19
 Project file: C:\Users\BRUNALDI\Desktop\RAF\A-LAVORO\A-RaFFAELE ReLAZIONI\2020\Portoverrara-Nicoli-Mazzoni\CPTU1 20.cpt

8



CPeT-IT v.1.7.6.42 - CPTU data presentation & interpretation software - Report created on: 26/05/2020, 10:12:19
 Project file: C:\Users\BRUNALDI\Desktop\RAF\A-LAVORO\A-RaFFAELE ReLAZIONI\2020\Portoverrara-Nicoli-Mazzoni\CPTU1 20.cpt

9

Fig. 3/2: restituzioni grafiche dell'indagine CPTU 1 -2020.

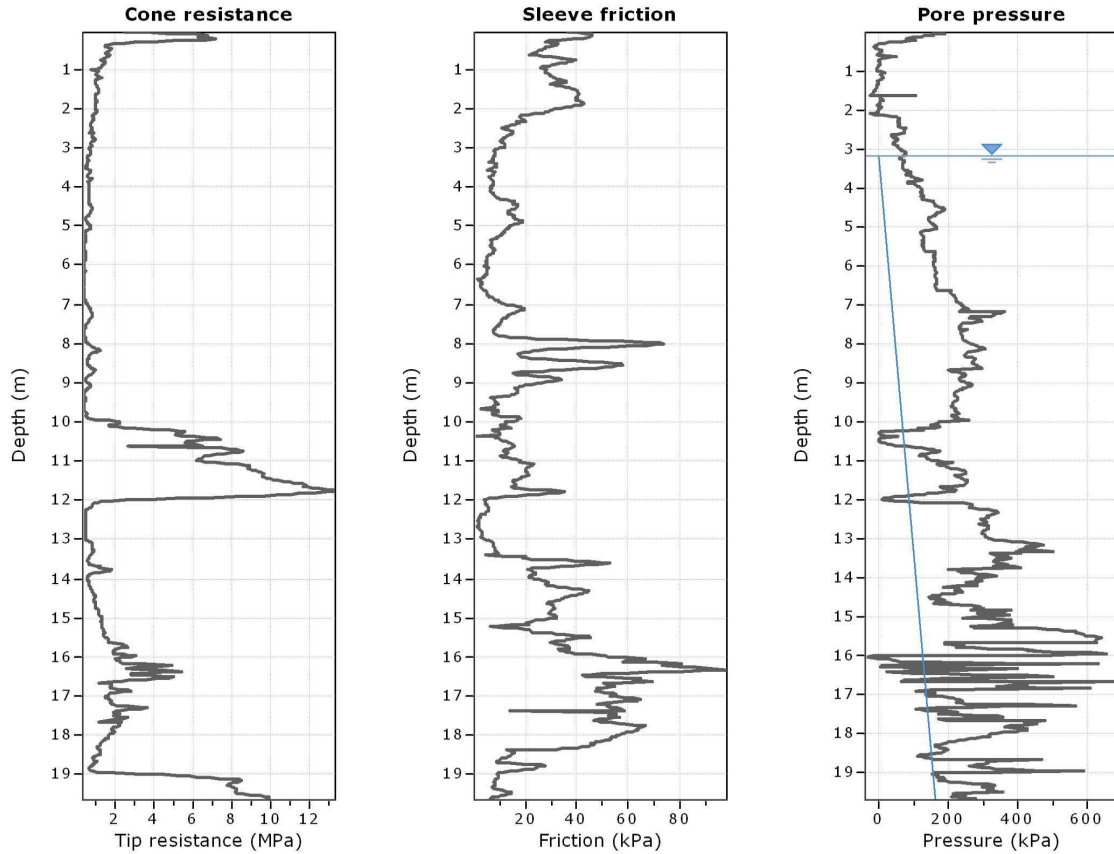


GeoLogismiki
 Geotechnical Engineers
 Merarhias 56
<http://www.geologismiki.gr>

CPT: CPTU2 2020

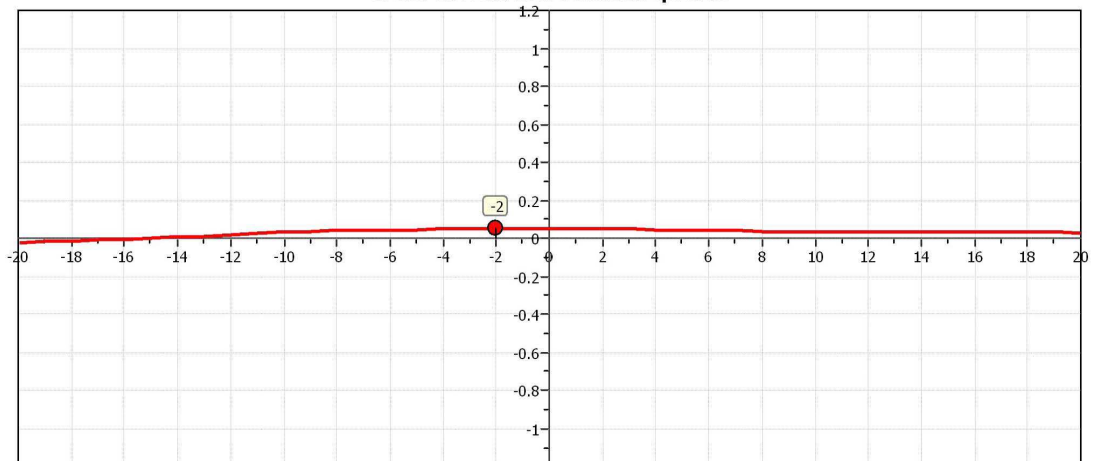
Total depth: 19.65 m, Date: 19/05/2020
 Surface Elevation: 0.00 m
 Coords: X:0.00, Y:0.00
 Cone Type: Unknown
 Cone Operator: Unknown

Project: Costruzione Impianto Trattamento Reflui
Location: Portoverrara Via Portoni



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

Cross correlation between qc & fs





CPT: CPTU2 2020

Total depth: 19.65 m, Date: 19/05/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Unknown

Cone Operator: Unknown

Project: Costruzione Impianto Trattamento Reflui
Location: Portoverrara Via Portoni

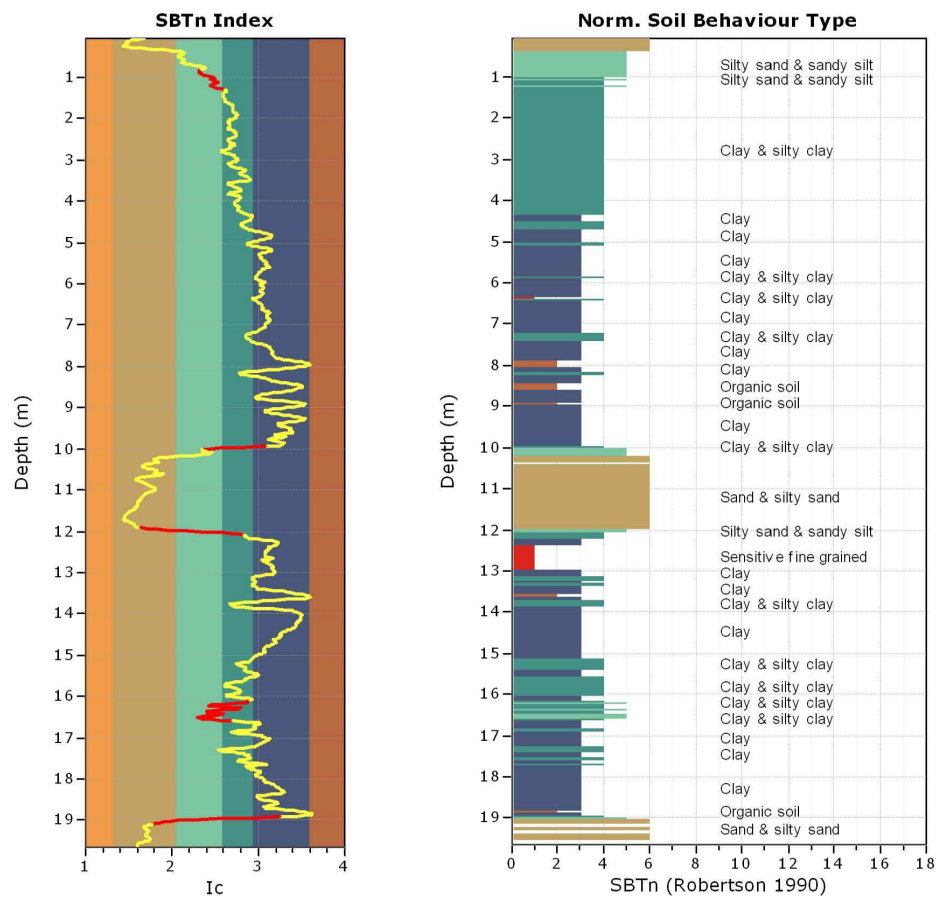
TRANSITION LAYER DETECTION ALGORITHM REPORT

Summary Details & Plots

Short description

The software will delete data when the cone is in transition from either clay to sand or vice-versa. To do this the software requires a range of I_c values over which the transition will be defined (typically somewhere between $1.80 < I_c < 3.0$) and a rate of change of I_c . Transitions typically occur when the rate of change of I_c is fast (i.e. ΔI_c is small).

The SBT_n plot below, displays in red the detected transition layers based on the parameters listed below the graphs.

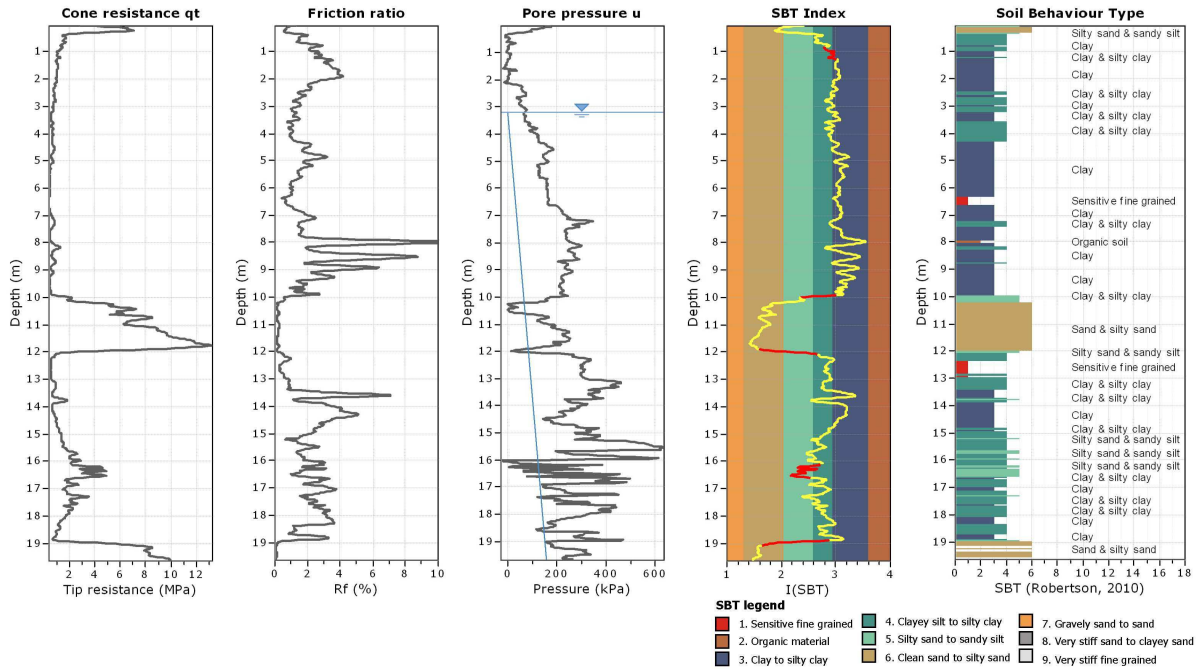


Transition layer algorithm properties

I_c minimum check value: 1.70
 I_c maximum check value: 3.00
 I_c change ratio value: 0.0010
 Minimum number of points in layer: 4

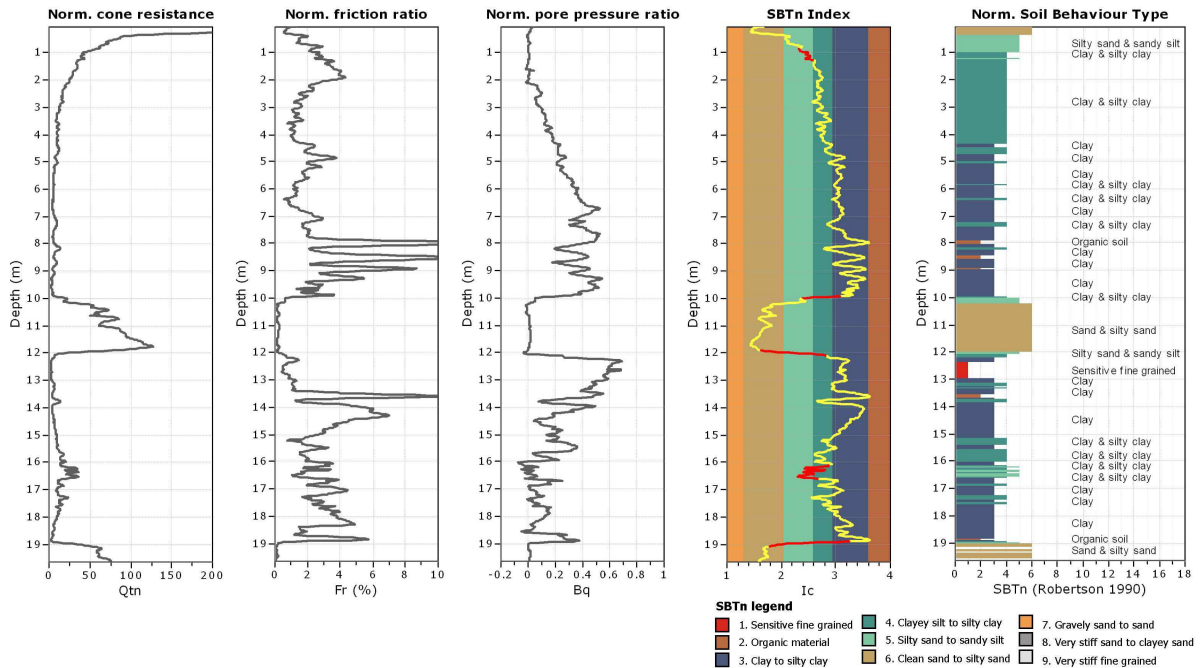
General statistics

Total points in CPT file: 982
 Total points excluded: 81
 Exclusion percentage: 8.25%
 Number of layers detected: 13



CPeT-IT v.1.7.6.42 - CPTU data presentation & interpretation software - Report created on: 26/05/2020, 10:16:53
 Project file: C:\Users\BRUNALDI\Desktop\RAF\A-LAVORO\A-RaFFAELE ReLAZIONI\2020\Portoverrara-Nicoli-Mazzoni\cptu2\CPTU2 20.cpt

8



CPeT-IT v.1.7.6.42 - CPTU data presentation & interpretation software - Report created on: 26/05/2020, 10:16:53
 Project file: C:\Users\BRUNALDI\Desktop\RAF\A-LAVORO\A-RaFFAELE ReLAZIONI\2020\Portoverrara-Nicoli-Mazzoni\cptu2\CPTU2 20.cpt

9

Fig. 3/3: restituzioni grafiche dell'indagine CPTU 2 -2018.

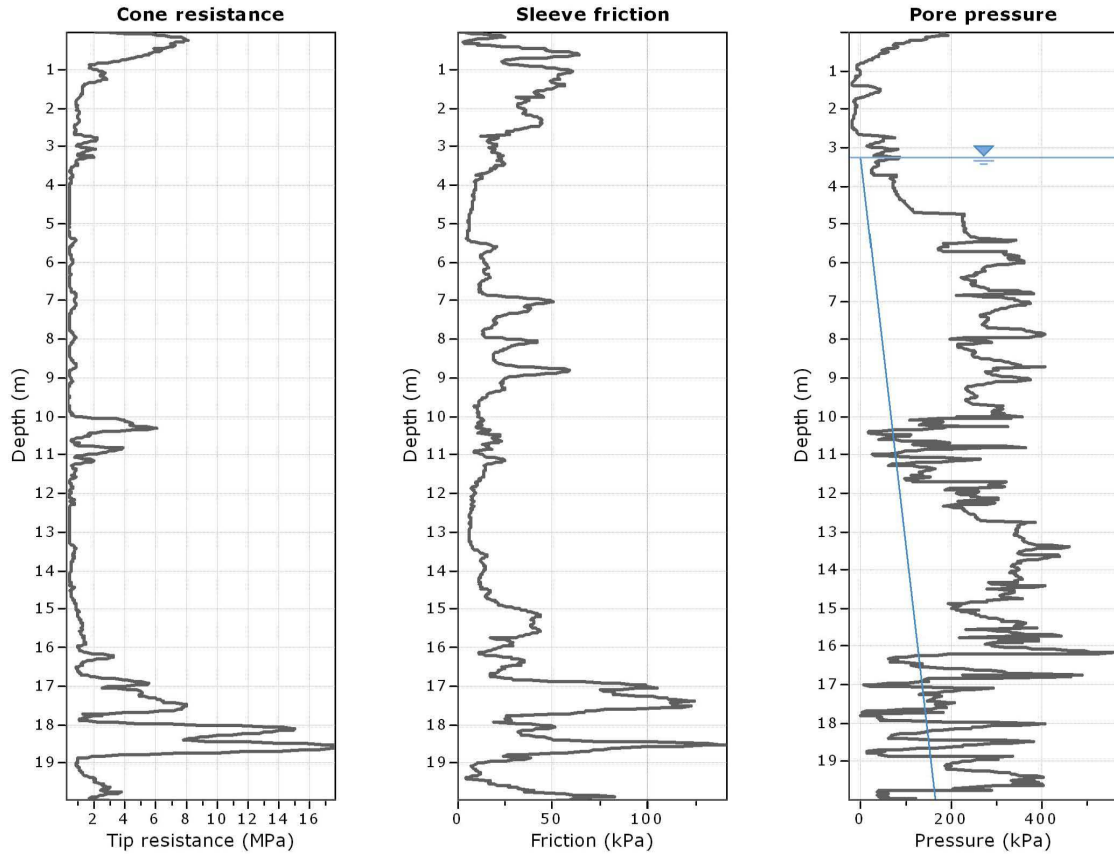


GeoLogismiki
 Geotechnical Engineers
 Merarhias 56
<http://www.geologismiki.gr>

CPT: CPTU3 2020

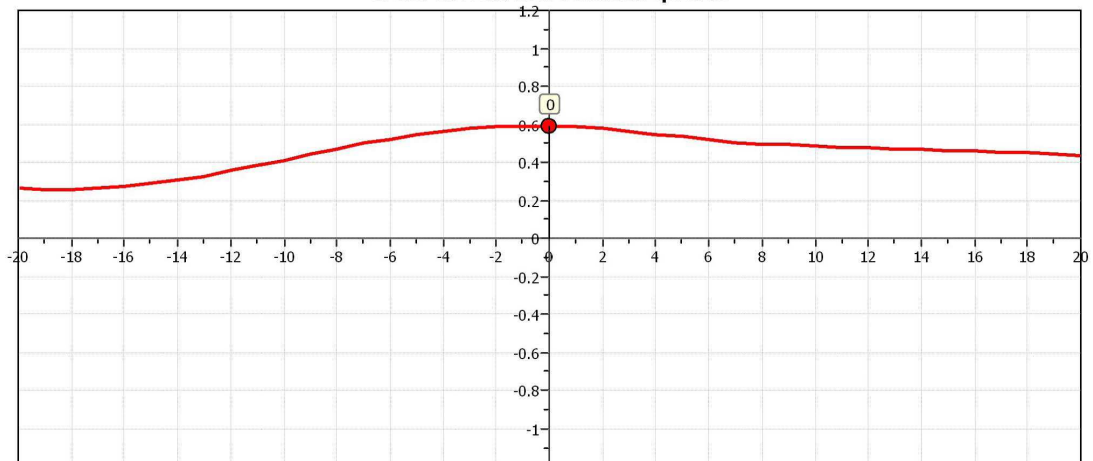
Total depth: 19.95 m, Date: 19/05/2020
 Surface Elevation: 0.00 m
 Coords: X:0.00, Y:0.00
 Cone Type: Unknown
 Cone Operator: Unknown

Project: Costruzione Impianto Trattamento Reflui
Location: Portoverrara, Via Portoni



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

Cross correlation between qc & fs





CPT: CPTU3 2020

Total depth: 19.95 m, Date: 19/05/2020

Surface Elevation: 0.00 m

Coords: X:0.00, Y:0.00

Cone Type: Unknown

Cone Operator: Unknown

Project: Costruzione Impianto Trattamento Reflui

Location: Portoverrara, Via Portoni

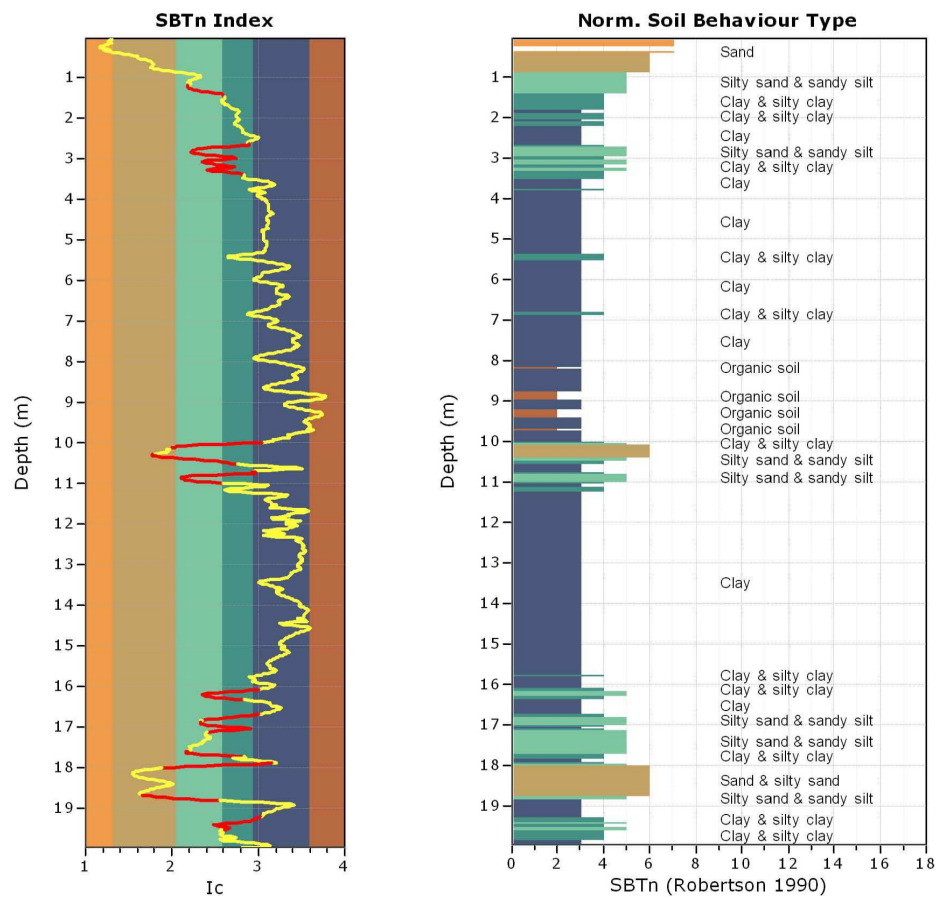
TRANSITION LAYER DETECTION ALGORITHM REPORT

Summary Details & Plots

Short description

The software will delete data when the cone is in transition from either clay to sand or vice-versa. To do this the software requires a range of I_c values over which the transition will be defined (typically somewhere between $1.80 < I_c < 3.0$) and a rate of change of I_c . Transitions typically occur when the rate of change of I_c is fast (i.e. ΔI_c is small).

The SBT_n plot below, displays in red the detected transition layers based on the parameters listed below the graphs.

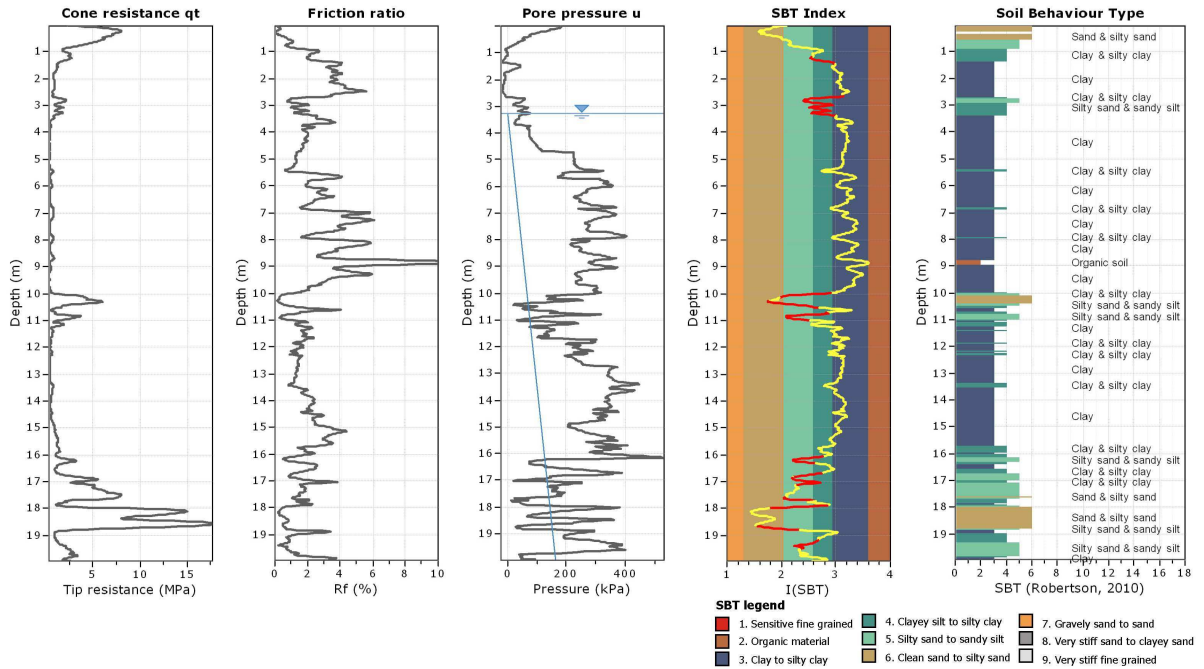


Transition layer algorithm properties

I_c minimum check value: 1.70
 I_c maximum check value: 3.00
 I_c change ratio value: 0.0010
 Minimum number of points in layer: 4

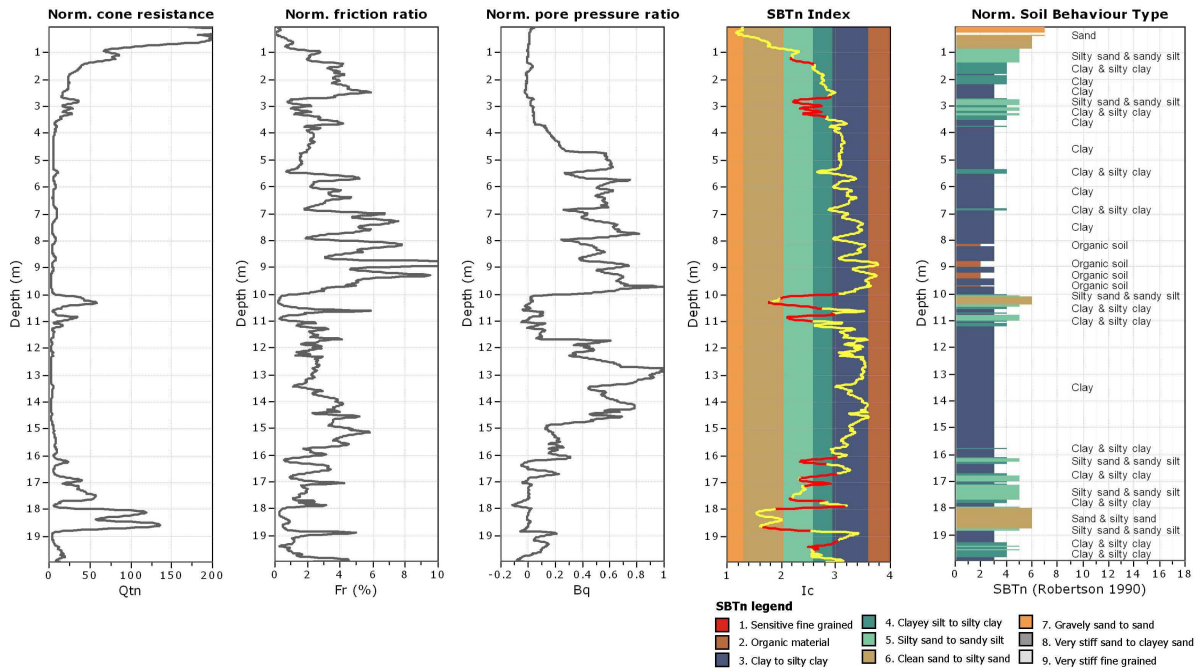
General statistics

Total points in CPT file: 999
 Total points excluded: 173
 Exclusion percentage: 17.32%
 Number of layers detected: 22



CpET-IT v.1.7.6.42 - CPTU data presentation & interpretation software - Report created on: 26/05/2020, 10:19:52
 Project file: C:\Users\BRUNALDI\Desktop\RAF\A-LAVORO\A-RaFFAELE ReLAZIONI\2020\Portoverrara-Nicoli-Mazzoni\cptu3\CPTU3 2020.cpt

8



CpET-IT v.1.7.6.42 - CPTU data presentation & interpretation software - Report created on: 26/05/2020, 10:19:52
 Project file: C:\Users\BRUNALDI\Desktop\RAF\A-LAVORO\A-RaFFAELE ReLAZIONI\2020\Portoverrara-Nicoli-Mazzoni\cptu3\CPTU3 2020.cpt

9

Fig. 3/4: restituzioni grafiche dell'indagine CPTU 3 -2018.

This software is licensed to: Studio Geologia

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, Es (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 and 8)

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

If $I_c > 2.20$

$\alpha = 14$ for $Q_{tn} > 14$

$\alpha = Q_{tn}$ for $Q_{tn} \leq 14$

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

If $I_c \leq 2.20$

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

:: Small strain shear Modulus, G₀ (MPa) ::

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

:: Shear Wave Velocity, Vs (m/s) ::

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

:: Undrained peak shear strength, Su (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 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: Remolded undrained shear strength, Su(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 and 9 or $I_c > I_{c_cutoff}$)

:: In situ Stress Ratio, Ko ::

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

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

:: Soil Sensitivity, S_t ::

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

(applicable only to SBT_n: 1, 2, 3, 4 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., 5th Edition, November 2012
- Robertson, P.K., Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Can. Geotech. J. 46(11): 1337-1355 (2009)

Fig. 3/5: illustrazione del metodo di indagine C.P.T.U.

4.1 Considerazioni geotecniche:

Date le risultanze dell'indagine penetrometrica CPTU- 2020 non si potranno che confermare le raccomandazioni già contenute nella relazione originaria dell'anno 2018. Ovvero: l'individuazione delle "performances" geotecniche d'interazione fra i carichi trasmessi dalle strutture da realizzare ai terreni di fondazione è condizionata dalla presenza (se non dalla prevalenza) dei terreni sostanzialmente considerabili, dal punto di vista geotecnico, come Argillosi. Per tale assetto si indicano le seguenti considerazioni geotecniche di massima/indicative/"qualitative" inerenti le peculiarità geotecniche dell'area in esame:

- La compressibilità/cedevolezza non può essere trascurata.
- I terreni sono in condizioni NON drenate, la profondità della falda è variabile. Condizioni drenate non sono rappresentative per l'area in esame.
- La maturazione dei cedimenti (all'assunzione dei carichi) è presumibile che si possa prolungare lungamente nel tempo. Le condizioni non drenate, connesse alla natura prevalentemente argillosa dei terreni di fondazione, non consentono infatti la rapida dissipazione dei sovraccarichi derivanti dall'edificazione delle strutture.
- La presenza di torbe/argille organiche dovrà essere attentamente considerata.
- Le naturali/normali oscillazioni della falda freatica possono far variare il volume dei terreni di fondazione (interessati appunto alla variazione della falda) e far anche sensibilmente variare le caratteristiche geotecniche dei terreni che subiranno tali oscillazioni. Si potranno instaurare fenomeni di rigonfiamento/ritiro, con modalità più o meno cicliche (in connessione alla variabilità/stagionalità delle condizioni climatiche), ovvero con modalità poco prevedibili. La presenza di Argille Organiche/Torbe potrebbe aggravare tale peculiarità.
- Circa la presenza di deposizioni genericamente definibili come granulari e la loro potenziale suscettibilità alla liquefazione all'atto di un evento sismico, si produrranno specifiche considerazioni ed eventuali apposite verifiche numeriche, per le quali si rimanda all'apposito punto della presente relazione.

L'assunzione da parte dei terreni di fondazione dei vari carichi strutturali (in elevazione, fondali ecc.) necessita di una attenta valutazione circa l'entità dei connessi cedimenti e la loro relativa maturazione (in pratica occorrerà valutare le performances geotecniche dei terreni di fondazione in relazione alle strutture da realizzare). Si dovranno cioè eseguire apposite verifiche, come specificato dal D.M./N.T.C.

4.2 Caratterizzazione geotecnica discendente dalle risultanze delle CPTU localmente eseguite. Individuazione dei parametri geotecnici caratteristici:

La restituzione dei parametri geotecnici della caratterizzazione Geotecnica sulle Indagini è avvenuta tramite trattazione statistica (di cui si dirà più oltre). Si possono individuare gli Strati/Orizzonti che sono riportati nelle singole tabelle. Le caratteristiche geotecniche sono riepilogate nelle seguenti tabelle.

CPTU 1 2020: Valori minimi, massimi, medi e VALORI CARATTERISTICI:

ORIZZONTE/STRATO	Profondità del tetto e del letto dello strato (in m da p.c.)	Dato: Cu in KPa; Φ in °	Dato: Mo in Kg/cm ² ;	γ medio in T/m ³
Presenza di materiali di riporto sino alla profondità di 1,20 m circa dal p.c. In seguito: 1: Argille; sono altresì presenti deposizioni Organico/Torbose	p.c. 9.90	Cu compreso fra 15 e 98 Cu _{medio} = 38 Cu _K = 37	Mo _K = 6	1.85 sino al livello della falda. 0.85 dal livello della falda. si ricorda che il livello della falda è variabile. Si veda l'apposito punto della Relazione di Modellazione Geologica. Le Argille Organiche/Torbe presentano un γ medio di circa 0.50 T/m ³
2: Lente Granulare	9.90 10.50	ϕ compreso fra 30 e 36 ϕ _{medio} = 34 ϕ _K = 33	Mo _K = 49	0.85
3: Argille; si trascurerà una modestissima lente granulare presente fra 18,70 e 19,20 m dal p.c.	10.50 20.00	Cu compreso fra 17 e 313 Cu _{medio} = 82 Cu _K = 79	Mo _K = 10	0.85 dal livello della falda.

Tab. 1: 5° Percentile di distribuzione della media, adottando il metodo conservativo di Angus per un volume di rottura grande e con una distribuzione lognormale. Da Zhou & Gao: "Confidence intervals for the log-normal mean", statistics in medicine, Vol. 16, 783-790 (1997).

CPTU 2 2020: Valori minimi, massimi, medi e VALORI CARATTERISTICI:

ORIZZONTE/STRATO	Profondità del tetto e del letto dello strato (in m da p.c.)	Dato: Cu in KPa; Φ in °	Dato: Mo in Kg/cm ² ;	γ medio in T/m ³
Presenza di materiali di riporto sino alla profondità di 1,00 m circa dal p.c. In seguito: 1: Argille; sono altresì presenti deposizioni Organico/Torbose	p.c. 10.00	Cu compreso fra 20 e 111 Cu _{medio} = 44 Cu _K = 43	Mo _K = 7	1.85 sino al livello della falda. 0.85 dal livello della falda. si ricorda che il livello della falda è variabile. Si veda l'apposito punto della Relazione di Modellazione Geologica. Le Argille Organiche/Torbe presentano un γ medio di circa 0.50 T/m ³
2: Lente Granulare	10.00 10.50	φ compreso fra 29 e 41 φ _{medio} = 38 φ _K = 37	Mo _K = 46	0.85
3: Argille; si trascurerà una modestissima lente granulare presente fra 16,60 e 17,30 m dal p.c.	10.50 18.90	Cu compreso fra 22 e 276 Cu _{medio} = 85 Cu _K = 80	Mo _K = 10	0.85 dal livello della falda.
4: Lente Granulare	18.90 20.00	φ compreso fra 32 e 38 φ _{medio} = 36 φ _K = 36	Mo _K = 55	0.85

Tab. 2: 5° Percentile di distribuzione della media, adottando il metodo conservativo di Angus per un volume di rottura grande e con una distribuzione lognormale. Da Zhou & Gao: "Confidence intervals for the log-normal mean", statistics in medicine, Vol. 16, 783-790 (1997).

appositamente raccolti all'atto dell'esecuzione del Sondaggio Stratigrafico (anno 2020) illustrato di seguito.

5. SONDAGGIO STRATIGRAFICO E ANALISI DI LABORATORIO

All'atto dell'esecuzione delle tre CPTU si è altresì eseguito apposito Sondaggio Stratigrafico ubicato come da Figg. 1/1 e 1/2. Di seguito si illustrano le risultanze di tale Sondaggio.

Proprietà CAA Nicoli		Metodo di perforazione Sondaggio a carotaggio continuo		Sondaggio n. 1										
Cantiere Portoverrara (FE), Via Portoni		Data 22/05/2020												
Indagine Sondaggio Stratigrafico S1 2020		Responsabile Raffaele Brunaldi												
Stratigrafia da 0-10		Campioni		Piezometro /										
				Operatore GeoFE										
				Quota p.c.										
				Falda										
Profondità (m dal p.c.)	stratigrafia	campioni			prove speditive			S.P.T.		DESCRIZIONE	Metodo	Rivest.	Falda	Piez.
		quota	tipo	sigla	quota	Pocket (kg/cm ²)	Torvane (kg/cm ²)	quota	colpi					
	RIP									materiali di riporto: laterizio				
0,50														
0,80	AL + O									Argilla Limosa color nocciola con presenze organiche				
1,00	T				0,8	0,2				Torba				
1,20	AL				5	1,8				Argilla Limosa color grigio				
1,40	LA				1	1,6				Limo Argilloso fine				
	LS, LSA				2,5	1								
2,00					2,4	1,6				Limo Sabbioso medio- fine con Argilla				
	A				5	2,2								
		2,70			5	1,8				Argilla plastica con orizzonti centimetrici Limosi. colore nocciola- grigio con ossidi. da 3,20 aumento della frazione Limosa.				
		S1C1Sh.			3,5	0,9								
		3,00			4	0,8								
3,50					3,5	0,4								
					2	0,8								
4,00	SL, SLA				2	0,6				Sabbia Limosa fine, con Argilla color nocciola- grigio con ossidi giallastri				
					2,5	1								
		4,00			3	1								
		S1C2Sh.			2	1								
	AL	4,50			2,2	1				Argilla Limosa. color grigio a 5,00 m presenza di orizzonte Organico di 5cm ca.				
5,00					2,6	0,9								
					0,8	0,2								
					0,5	0,2								
6														
	A, AdL + O/T									Argilla, Argilla debolmente Limosa/Limosa con presenza di sostanze Organiche/Torba. Altamente plastica. presumibilmente alterate dalle operazioni di sondaggio. valori di PP e TV possibili solo a profondità comprese fra 7,30 e 7,80				
7					0,8	0,2								
					0,8	0,2								
8,00														
	AdL	8,00			1,2	0,3				Argilla debolmente Limosa, plastica				
		S1C3Sh.			1	0,3								
		8,50												
		8,50			0,8	0,2				Argilla Organica/Torba.				
9					0,8	0,2								
	AO/T													
10														
continua										CONTINUA				

Proprietà CAA Nicoli							Metodo di perforazione Sondaggio a carotaggio continuo			Sondaggio n. 1			
Cantiere Portoverrara (FE), Via Portoni							Data 22/05/2020			Responsabile Raffaele Brunaldi			
Indagine Sondaggio Stratigrafico S1 2020							Operatore GeoFE			Quota p.c.			
Stratigrafia da 10-15		Campioni			Piezometro /			Falda					
Profondità (m dal p.c.)	stratigrafia	campioni			prove speditive		S.P.T.		DESCRIZIONE	Metodo	Rivest.	Falda	Piez.
		quota	tipo	sigla	quota	Pocket (kg/cm ²)	Tonvane (kg/cm ²)	quota					
11	A/AdL + O/T				0,4	0,2			Argilla/Argilla deb. Limosa presenze Organiche/Torbose color grigio scuro- nerastro.				
					0,4	0,2							
					0,8	0,2							
					0,8	0,4							
12	12,00				0,2	0,2							
					0,8	0,4							
					0,8	0,4							
					1	0,3							
13	SL	12,30							Sabbia medio- fine Limosa grigio				
		S1C4 Sh.											
		12,60											
14	13,20	LSA							Limo Sabbioso Argilloso grigio				
					1	0,3							
15	14,00	A			0,6	0,3			Argilla plastica grigio con occasionali inclusioni Organiche				
		+ O			0,8	0,3							
	14,70				0,8	0,3							
15	15,00	AO			1,8	0,6			Argilla Organica grigio scura				
16													
17													
18													
19													
20													
										20,00			
										FINE SONDAGGIO			Pag. 2/2

Figg. 4/1: Restituzioni stratigrafiche del Sondaggio S1 2020.



Fig. 4/2: punto di esecuzione del Sondaggio S1 2020.



Fig. 4/3: cassetta catalogatrice delle profondità comprese fra p.c. a 5 m dal p.c.



Fig. 4/4: cassetta catalogatrice delle profondità comprese fra 5 e 10 m dal p.c.



Fig. 4/5: cassetta catalogatrice delle profondità comprese fra 10 e 15 m dal p.c.

5.1 Analisi di Laboratorio Geotecnico:

Come sopra riportato, all'atto dell'esecuzione del Sondaggio si sono raccolti 4 campioni indisturbati di terreno (alle profondità indicate nelle schede di restituzione stratigrafica) sui quali si sono eseguite apposite analisi di Laboratorio Geotecnico. Tali analisi sono state concordate con i Progettisti e sono state eseguite presso apposita struttura dotata delle necessarie Autorizzazioni Ministeriali per le Prove sulle Terre. Di seguito si riportano i certificati di tali analisi.

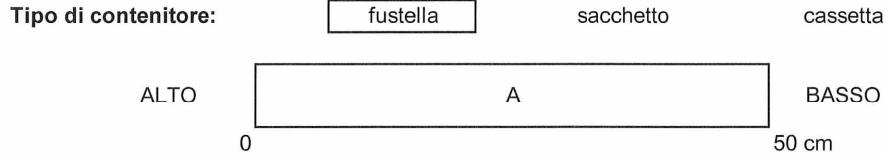
 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 330/01 Terre - Inerti - Rifiuti - Asfalti</p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascarelli, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it</p>	<p>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIVA =UNI EN ISO 9001=</p>
	<p>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</p>	

SCHEDA APERTURA CAMPIONE (Norma ASTM D2488 - AGI 1977)

COMMITTENTE: Dr. Geol. Raffaele Brunaldi
CANTIERE: Portoverrara (FE)
DATA APERTURA: 25/05/2020

Commessa n° 5 del 25/05/2020

SONDAGGIO	S1	CAMPIONE	C1	PROF.	2.7-3.0
------------------	----	-----------------	----	--------------	---------



(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	C	TrCD
A	argilla deb. Limosa nocciola scuro compatta	400	210	*	*				*		
B											

Qualità del campione: Scadente Discreta Buona Eccellente

LEGENDA PROVE

- | | | |
|---------------------------------|------------------------|----------------------|
| Pocket penetrometric P.P. (kPa) | Granulometria G | Compressione E.L.L C |
| Vane test V.T (kPa) | Limiti di Atterberg LA | Triassiale T.R |
| Peso di volume Y | Prova edometrica Ed | Permeabilità K |
| Contenuto d'acqua W | Prova di taglio PT | Peso specifico G.S |



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n. 42
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione : 02/06/2020

 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI <small>Auf. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</small> <small>Terre - Inerti - Rifiuti - Astrioli</small></p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it</p> <p><i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i></p>	<p><i>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KJWA =UNI EN ISO 9001=</i></p>
--	---	--

Committente : Dr. Geol. Raffaele Brunaldi
Cantiere : Portoverrera (FE)

Campione : S1C1 mt. 2.7-3.0

Data prova : 25/05/2020 Commessa n° 5 del 25/05/2020

CONTENUTO D'ACQUA (ASTM D 2216)

Massa terreno umido + tara (g)	207.65
Massa terreno secco + Tara (g)	162.44
Massa tara (g)	5.88
Contenuto d'acqua - W (%)	28.9

PESO UNITA' DI VOLUME (ASTM D 2937)

Volume (cm ³)	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	233.6
Massa tara (g)	73.81
Peso unità di volume (γ)	(g/cm ³) 1.840
	(kN/m ³) 18.047
Peso secco unità di volume (γ _d)	(g/cm ³) 1.428
	(kN/m ³) 14.003



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione : 04/06/2020

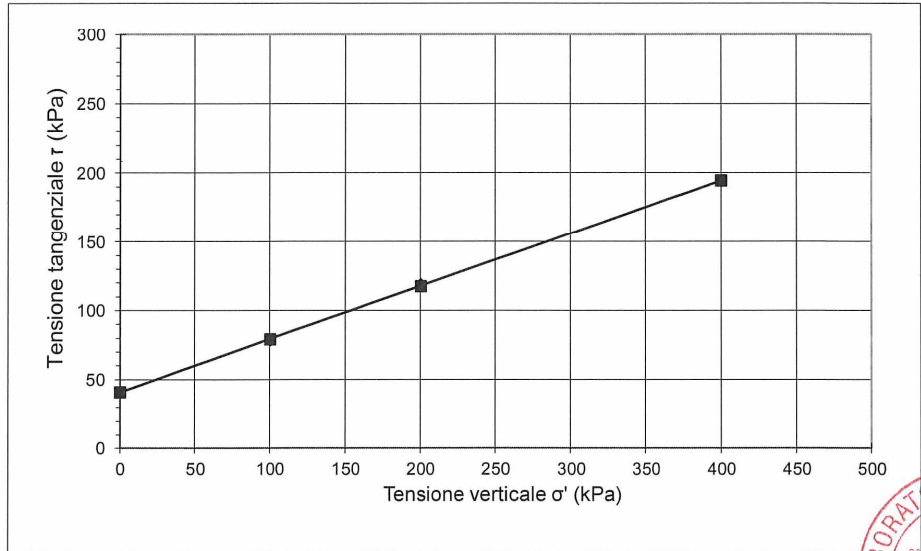
 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI <small>Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</small> <small>Terre - Inerti - Rifiuti - Asfalti</small></p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - mucchilab@tin.it</p> <p><i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i></p>	<p><i>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</i></p>
---	--	--

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

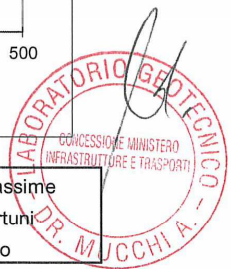
Committente: Dr. Geol. Raffaele Brunaldi
Cantiere : Portoverrera (FE)
Campione: S1C1
Prof. (mt) : 2.7-3.0
Data inizio prova : 25/05/2020

MISURE ALLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO		
Provino (n°)	Tensione verticale σ' (kPa)	Tensione tangenziale τ (kPa)
1	100	78.652
2	200	119.057
3	400	194.179

COESIONE DRENATA (kPa):	41.09
ANGOLO D'ATTRITO (° <i>sess</i>):	21



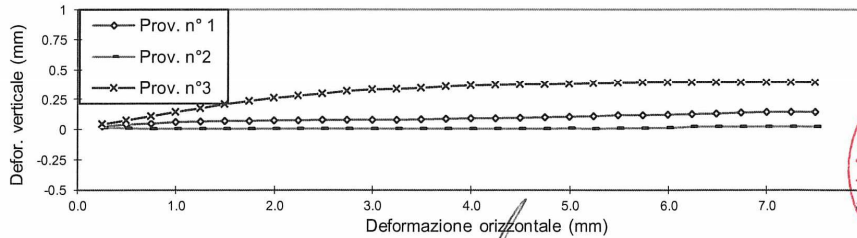
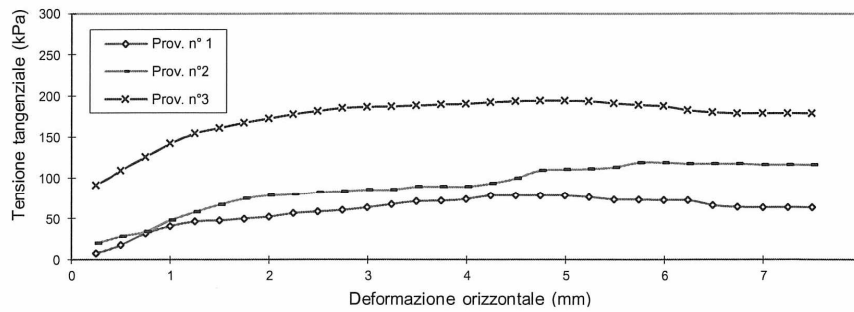
L'interpretazione sopra riportata è frutto di una regressione lineare operata sulle tensioni massime determinate in laboratorio. La scelta dei parametri della resistenza al taglio più opportuni rispetto alla finalità prefissate spetta al Progettista o Professionista incaricato



 LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 350/01 Terre - Inerti - Rifiuti - Asfalti	LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=
	Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01	

Committente: Dr. Geol. Raffaele Brunaldi **Commessa n°:** 5
Cantiere : Portoverrara (FE) **Data Commessa:** 25/05/2020
Campione: S1C1
Prof. (mt) : 2.7-3.0 **Data inizio prova :** 25/05/2020

Def. Orizzontale (mm)	PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994					
	Tensione Tangenziale (kPa)			Deformazione verticale (mm)		
	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3
0.25	7.65	19.61	91.50	0.029	0.015	0.044
0.50	17.75	28.44	109.25	0.042	0.012	0.076
0.75	31.77	34.03	125.82	0.051	0.007	0.112
1.00	40.70	48.05	142.30	0.061	0.005	0.147
1.25	46.98	58.18	154.95	0.068	0.005	0.176
1.50	48.25	67.08	161.33	0.073	0.007	0.21
1.75	50.21	74.73	167.70	0.073	0.007	0.237
2.00	52.47	78.55	172.80	0.076	0.007	0.261
2.25	56.68	79.83	177.90	0.076	0.007	0.278
2.50	59.04	82.18	181.72	0.078	0.007	0.298
2.75	60.51	84.05	185.45	0.078	0.007	0.317
3.00	63.84	85.71	186.73	0.081	0.007	0.33
3.24	67.77	85.71	187.61	0.081	0.007	0.337
3.49	71.69	89.64	188.29	0.085	0.007	0.344
3.74	72.08	89.64	189.77	0.088	0.007	0.357
3.99	74.24	89.64	190.55	0.093	0.007	0.366
4.24	78.55	93.46	192.22	0.095	0.007	0.371
4.49	78.65	99.44	193.69	0.098	0.007	0.374
4.74	78.65	109.35	194.18	0.103	0.007	0.376
4.99	78.36	110.52	194.18	0.107	0.01	0.379
5.24	76.59	111.21	193.69	0.112	0.007	0.383
5.49	73.85	112.88	191.43	0.117	0.01	0.386
5.74	73.45	119.06	189.28	0.12	0.012	0.391
5.99	72.77	119.06	187.80	0.125	0.015	0.393
6.24	72.77	117.78	182.90	0.129	0.022	0.393
6.49	66.79	117.78	180.45	0.134	0.024	0.393
6.74	64.43	117.78	179.17	0.139	0.024	0.393
7.00	63.94	116.51	179.17	0.144	0.024	0.393
7.25	63.94	116.51	179.17	0.144	0.024	0.393
7.50	63.94	116.51	179.17	0.144	0.024	0.393



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n. 51
1 di 2	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione : 04/06/2020

	LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=
	LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 330/01 Terre - Inerti - Rifiuti - Asfalti	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994

Committente:	Dr. Geol. Raffaele Brunaldi	Commessa n°	5
Cantiere :	Portoverrara (FE)	Data Commessa:	25/05/2020
Campione:	S1C1		
Prof. (mt) :	2.7-3.0	Data inizio prova :	25/05/2020

Descrizione litologica del provino :	argilla nocciola scura
--------------------------------------	------------------------

Caratteristiche dei provini

Provino :	1	2	3
Provino indisturbato :	*	*	*
Provino ricostruito su passante ai 2 mm :			
Altezza del provino (cm)	2.3	2.3	2.3
Sezione del provino (cm ²)	36	36	36
Peso dell'unità di volume allo stato naturale (kN/m ³)	18.564	18.594	18.571
Peso dell'unità di volume allo stato secco (kN/m ³)	14.404	14.752	14.728
Contenuto d'acqua : (W%)	28.88	26.05	26.10

Modalità di consolidazione e rottura

Tensione verticale (kPa)	100	200	400
Velocità di deformazione (mm/min)	0.0052	0.0052	0.0052

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.
2 di 2	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	5 Data emissione : 04/06/2020



Fig. 4/6: Certificati di restituzione delle indagini eseguite sul Campione S1C1.

 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 330/01 Terre - Inerti - Riciclati - Asfalti</p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascani, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it</p>	<p>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIVA =UNI EN ISO 9001=</p>
	<p>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</p>	

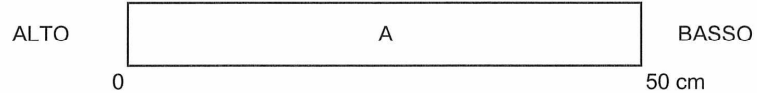
SCHEDA APERTURA CAMPIONE (Norma ASTM D2488 - AGI 1977)

COMMITTENTE: Dr. Geol. Raffaele Brunaldi
CANTIERE: Portoverrara (FE)
DATA APERTURA: 25/05/2020

Commessa n° 5 del 25/05/2020

SONDAGGIO	S1	CAMPIONE	C2	PROF.	4.0-4.5
------------------	----	-----------------	----	--------------	---------

Tipo di contenitore: fustella sacchetto cassetta



(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	C	TrCD
A	argilla grigio limosa mediamente compatta	230	100	*	*			*	*		
B											

Qualità del campione: Scadente Discreta Buona Eccellente

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometric P.P. (kPa)	Granulometria G	Compressione E.L.L C
Vane test V.T (kPa)	Limiti di Atterberg LA	Triassiale T.R
Peso di volume Y	Prova edometrica Ed	Permeabilità K
Contenuto d'acqua W	Prova di taglio PT	Peso specifico G.S



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n. 57
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione : 02/06/2020

 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. ai sensi dell'art. 69 del D.P.R. n° 380/01 Terra - Inerti - Rifiuti - Astoi</p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</p>	<p>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</p>
---	--	---

Committente : Dr. Geol. Raffaele Brunaldi
Cantiere : Portoverrara (FE)

Campione : S1C2 mt. 4.0-4.5

Data prova : 25/05/2020 Commessa n° 5 del 25/05/2020

CONTENUTO D'ACQUA (ASTM D 2216)

Massa terreno umido + tara (g)	247.61
Massa terreno secco + Tara (g)	198.32
Massa tara (g)	5.54
Contenuto d'acqua - W (%)	25.6

PESO UNITA' DI VOLUME (ASTM D 2937)

Volume (cm ³)	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	243.3
Massa tara (g)	73.78
Peso unità di volume (γ)	(g/cm ³) 1.952 (kN/m ³) 19.146
Peso secco unità di volume (γ _d)	(g/cm ³) 1.555 (kN/m ³) 15.248



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	53 Data emissione : 04/06/2020

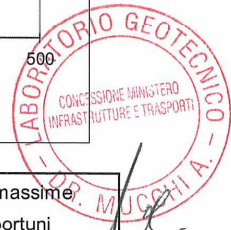
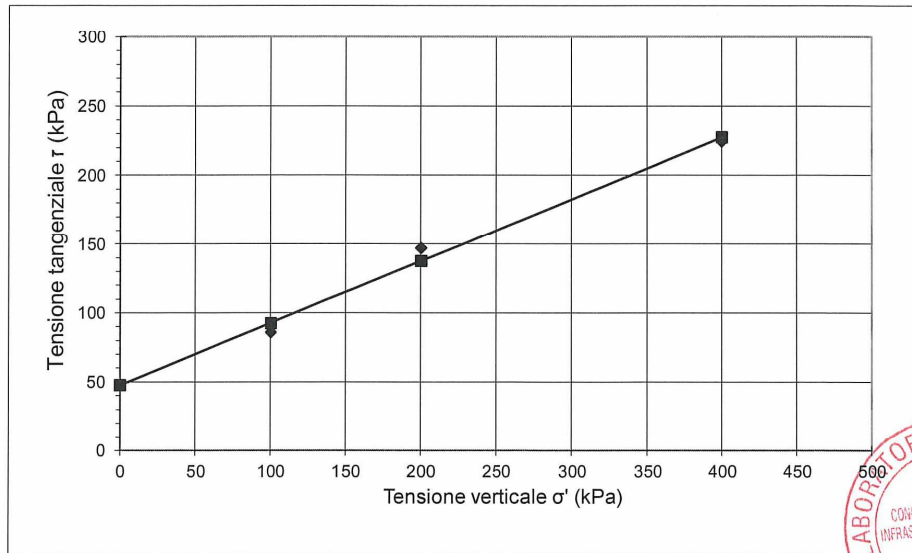
 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI <small>Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</small> <small>Terre - Inerti - Rifiuti - Asfalti</small></p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - mucchilab@tin.it</p> <p><i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i></p>	<p><i>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</i></p>
---	---	--

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: Dr. Geol. Raffaele Brunaldi
Cantiere : Portoverrara (FE)
Campione: S1C2
Prof. (mt) : 4.0-4.5
Data inizio prova : 25/05/2020

MISURE ALLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO		
Provino (n°)	Tensione verticale σ' (kPa)	Tensione tangenziale τ (kPa)
1	100	86.302
2	200	147.301
3	400	224.482

COESIONE DRENATA (kPa):	47.71
ANGOLO D'ATTRITO (° sess):	24



L'interpretazione sopra riportata è frutto di una regressione lineare operata sulle tensioni massime determinate in laboratorio. La scelta dei parametri della resistenza al taglio più opportuni rispetto alla finalità prefissate spetta al Progettista o Professionista incaricato



LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi

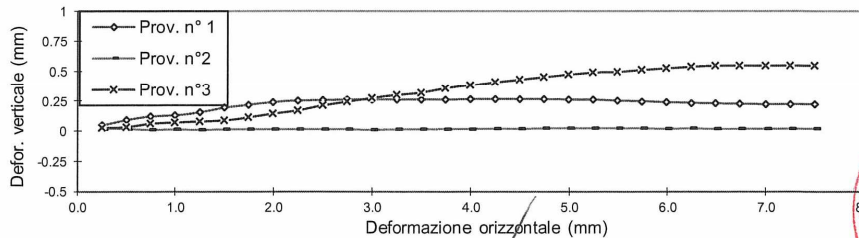
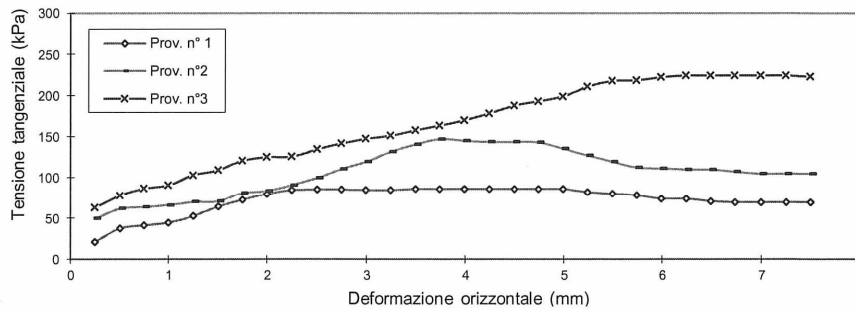
Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681
 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01

Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=

Committente: Dr. Geol. Raffaele Brunaldi **Commessa n°:** 5
Cantiere : Portoverrara (FE) **Data Commessa:** 25/05/2020
Campione: S1C2
Prof. (mt) : 4.0-4.5 **Data inizio prova :** 25/05/2020

Def. Orizzontale (mm)	PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994					
	Tensione Tangenziale (kPa)			Deformazione verticale (mm)		
	Prov. n° 1	Prov. n° 2	Prov. n° 3	Prov. n° 1	Prov. n° 2	Prov. n° 3
0.25	21.18	50.11	63.06	0.049	0.017	0.027
0.50	37.76	61.88	78.26	0.093	0.017	0.034
0.75	41.48	63.94	86.79	0.122	0.012	0.061
1.00	44.82	66.20	90.71	0.132	0.015	0.073
1.25	52.86	70.12	103.27	0.156	0.012	0.081
1.50	64.63	71.00	109.35	0.195	0.0132	0.088
1.75	73.16	81.20	120.82	0.22	0.015	0.115
2.00	80.22	83.75	125.14	0.242	0.015	0.144
2.25	84.93	91.11	125.73	0.254	0.015	0.173
2.50	85.42	99.64	134.65	0.256	0.015	0.215
2.75	85.42	110.92	141.81	0.261	0.015	0.244
3.00	84.93	119.45	147.40	0.261	0.012	0.276
3.24	84.93	131.71	151.22	0.261	0.015	0.303
3.49	86.30	140.63	157.79	0.261	0.015	0.32
3.74	86.30	147.30	163.58	0.261	0.017	0.359
3.99	86.30	145.14	170.15	0.266	0.017	0.383
4.24	86.30	143.57	178.49	0.266	0.02	0.41
4.49	86.30	143.57	187.80	0.266	0.02	0.43
4.74	86.30	143.28	193.00	0.266	0.022	0.454
4.99	86.30	135.24	199.08	0.264	0.022	0.474
5.24	82.38	127.29	210.85	0.261	0.022	0.493
5.49	80.61	119.84	218.21	0.254	0.022	0.498
5.74	78.75	112.39	218.70	0.247	0.022	0.513
5.99	74.24	111.31	222.42	0.242	0.02	0.525
6.24	74.24	110.23	224.48	0.234	0.022	0.54
6.49	71.30	110.23	224.48	0.23	0.02	0.549
6.74	69.83	107.29	224.38	0.227	0.02	0.549
7.00	69.83	104.93	224.19	0.225	0.02	0.549
7.25	69.83	104.93	224.09	0.225	0.02	0.549
7.50	69.83	104.93	223.11	0.225	0.02	0.549



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.
1 di 2	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	5504
			Data emissione : 04/06/2020



 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 350/01 Terre - Inerti - Rifiuti - Arfalli</p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it</p>	<p>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</p>
	<p>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</p>	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994

Committente:	Dr. Geol. Raffaele Brunaldi	Commessa n°	5
Cantiere :	Portoverrara (FE)	Data Commessa:	25/05/2020
Campione:	S1C2		
Prof. (mt) :	4.0-4.5	Data inizio prova :	25/05/2020

Descrizione litologica del provino :	argilla grigio limosa
--------------------------------------	-----------------------

Caratteristiche dei provini

Provino :	1	2	3
Provino indisturbato :	*	*	*
Provino ricostruito su passante ai 2 mm :			
Altezza del provino (cm)	2.3	2.3	2.3
Sezione del provino (cm ²)	36	36	36
Peso dell'unità di volume allo stato naturale (kN/m ³)	18.354	18.299	18.095
Peso dell'unità di volume allo stato secco (kN/m ³)	14.617	14.579	14.404
Contenuto d'acqua : (W%)	25.57	25.51	25.62

Modalità di consolidazione e rottura

Tensione verticale (kPa)	100	200	400
Velocità di deformazione (mm/min)	0.0052	0.0052	0.0052

Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.
2 di 2	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	555 Data emissione : 04/06/2020



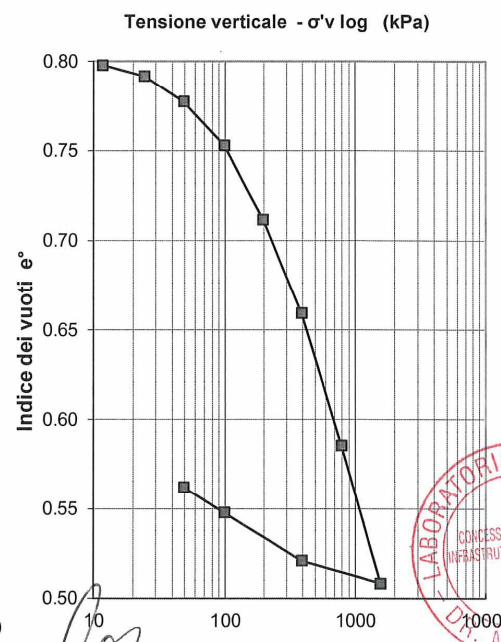
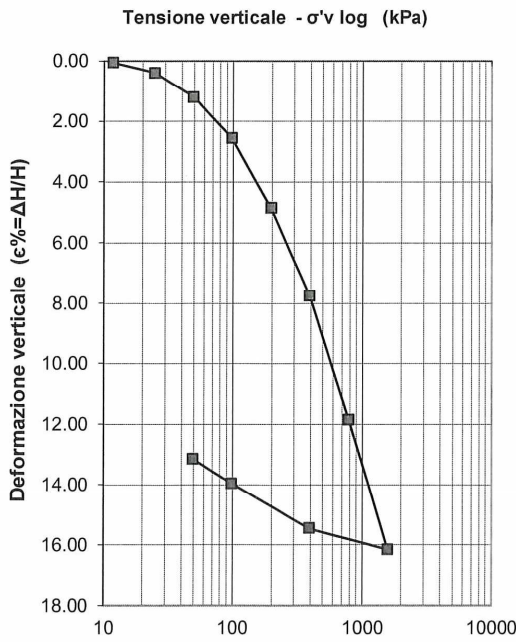
 LABORATORIO PROVE MATERIALI <small>Aul. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</small> <small>Terre - Inerti - Riciclati - Asfalti</small>	LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascarì, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel. 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIVA =UNI EN ISO 9001=
	Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01	

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

Committente :	DR. Geol. Raffaele Brunaldi	Sondaggio:	S1
Cantierte :	Portoverrara (FE)	Campione:	C2
Data inizio prova :	25/05/2020	Prof.(m):	4.0-4.5
Verbale accettazione:	5 del 25/05/2020		

σ'_v (kPa) tensione verticale	ΔH (mm) cedimento	ϵ % def. verticale	e° indice vuoti	M_o (kPa) modulo edometrico
11.768	.01	.05	.798	
24.518	.08	.40	.792	3643
49.035	.24	1.20	.777	3065
98.070	.51	2.55	.753	3632
196.140	.97	4.85	.712	4264
392.280	1.55	7.75	.659	6763
784.560	2.37	11.85	.586	9568
1569.120	3.23	16.15	.508	18246
392.280	3.09	15.45	.521	
98.070	2.79	13.95	.548	
49.035	2.63	13.15	.562	

Natura del campione : argilla limosa grigia
 Peso dell'unità di volume: (kN/m^3) 18.19
 Peso di volume del terreno secco : (kN/m^3) 14.48
 Contenuto d'acqua naturale : (%) 25.6
 Peso specifico dei granuli : (kN/m^3) 26.06
 Indice dei vuoti inizio prova : (e°) .799

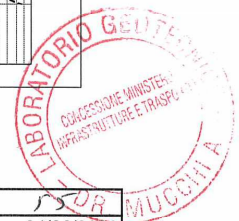
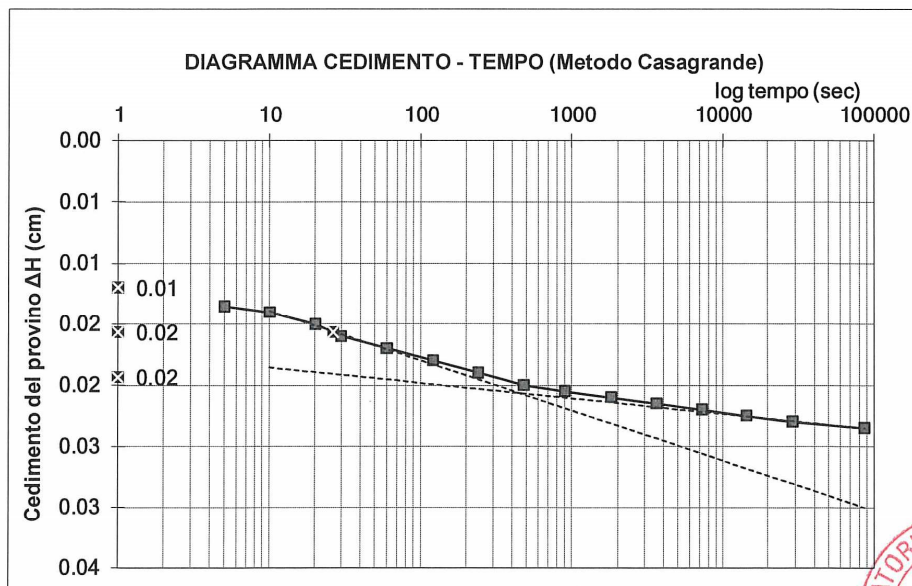


Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova n°:
1 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	55 04/06/2020

 LABORATORIO PROVE MATERIALI <small>Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</small> <small>Terre - Inerti - Ricicliati - Asfalti</small>	LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=
	Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01	

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE:	DR. Geol. Raffaele Brunaldi	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempo (sec)</th> <th>ΔH (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0.013</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.013</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.014</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.014</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.015</td></tr> <tr><td>60</td><td>0.016</td></tr> <tr><td>120</td><td>0.017</td></tr> <tr><td>240</td><td>0.018</td></tr> <tr><td>480</td><td>0.019</td></tr> <tr><td>900</td><td>0.020</td></tr> <tr><td>1800</td><td>0.021</td></tr> <tr><td>3600</td><td>0.021</td></tr> <tr><td>7200</td><td>0.022</td></tr> <tr><td>14400</td><td>0.022</td></tr> <tr><td>28800</td><td>0.023</td></tr> <tr><td>86400</td><td>0.023</td></tr> </tbody> </table>	Tempo (sec)	ΔH (cm)	0	0.013	5	0.013	10	0.014	20	0.014	30	0.015	60	0.016	120	0.017	240	0.018	480	0.019	900	0.020	1800	0.021	3600	0.021	7200	0.022	14400	0.022	28800	0.023	86400	0.023
Tempo (sec)	ΔH (cm)																																			
0	0.013																																			
5	0.013																																			
10	0.014																																			
20	0.014																																			
30	0.015																																			
60	0.016																																			
120	0.017																																			
240	0.018																																			
480	0.019																																			
900	0.020																																			
1800	0.021																																			
3600	0.021																																			
7200	0.022																																			
14400	0.022																																			
28800	0.023																																			
86400	0.023																																			
CANTIERE:	Portoverrara (FE)																																			
DATA:	25/05/2020																																			
Verbale accettazione n°:	5 del : 25/05/2020																																			
Sondaggio:	S1																																			
Campione:	C2																																			
Prof(m):	4.0-4.5																																			
NATURA DEL CAMPIONE:	argilla limosa grigia																																			
Tensione verticale efficace (kPa) :	49.035																																			
Cv (cmq/sec):	7.43E-03																																			
C alfa	6.32E-06																																			
t50 (sec)	27																																			
Permeabilità (cm/sec)	1.59E-07																																			

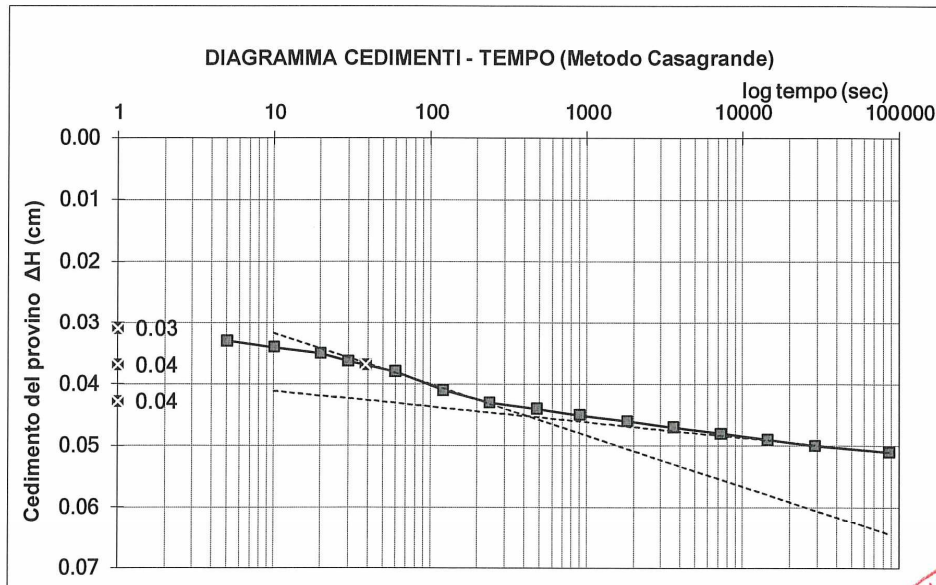


Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova n°:
2 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione: 04/06/2020

 LABORATORIO PROVE MATERIALI <small>Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</small> <small>Terre - Inerti - Riciclati - Asfalti</small>	LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=
---	---	--

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE:	DR. Geol. Raffaele Brunaldi	Tempo (sec)	ΔH (cm)
CANTIERE:	Portoverrara (FE)		
DATA:	25/05/2020	0	0.031
Verbale accettazione n°:	5 del: 25/05/2020	5	0.033
		10	0.034
		20	0.035
Sondaggio:	S1	30	0.036
Campione:	G2	60	0.038
Prof(m):	4.0-4.5	120	0.041
		240	0.043
		480	0.044
NATURA DEL CAMPIONE:	argilla limosa grigia	900	0.045
		1800	0.046
Tensione verticale efficace (kPa) :	98.07	3600	0.047
Cv (cmq/sec):	5.12E-03	7200	0.048
C alfa	1.26E-05	14400	0.049
t50 (sec)	38	28800	0.050
Permeabilità (cm/sec)	1.4067E-07	86400	0.051



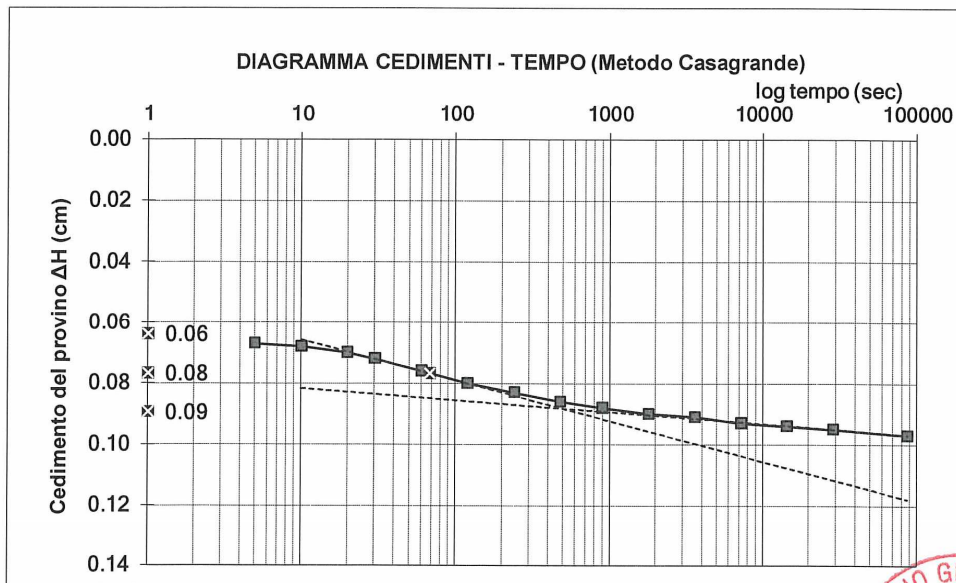
Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova n°:
3 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione: 04/06/2020



 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI <small>Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</small> <small>Terre - Inerti - Ricicciati - Asfalti</small></p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it</p> <p><i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i></p>	<p><i>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</i></p>
--	---	--

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE:	DR. Geol. Raffaele Brunaldi	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempo (sec)</th> <th>ΔH (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0.064</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.067</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.068</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.070</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.072</td></tr> <tr><td>60</td><td>0.076</td></tr> <tr><td>120</td><td>0.080</td></tr> <tr><td>240</td><td>0.083</td></tr> <tr><td>480</td><td>0.086</td></tr> <tr><td>900</td><td>0.088</td></tr> <tr><td>1800</td><td>0.090</td></tr> <tr><td>3600</td><td>0.091</td></tr> <tr><td>7200</td><td>0.093</td></tr> <tr><td>14400</td><td>0.094</td></tr> <tr><td>28800</td><td>0.095</td></tr> <tr><td>86400</td><td>0.097</td></tr> </tbody> </table>	Tempo (sec)	ΔH (cm)	0	0.064	5	0.067	10	0.068	20	0.070	30	0.072	60	0.076	120	0.080	240	0.083	480	0.086	900	0.088	1800	0.090	3600	0.091	7200	0.093	14400	0.094	28800	0.095	86400	0.097
Tempo (sec)	ΔH (cm)																																			
0	0.064																																			
5	0.067																																			
10	0.068																																			
20	0.070																																			
30	0.072																																			
60	0.076																																			
120	0.080																																			
240	0.083																																			
480	0.086																																			
900	0.088																																			
1800	0.090																																			
3600	0.091																																			
7200	0.093																																			
14400	0.094																																			
28800	0.095																																			
86400	0.097																																			
CANTIERE:	Portoverrara (FE)																																			
DATA:	25/05/2020																																			
Verbale accettazione n°:	5 del : 25/05/2020																																			
Sondaggio:	S1																																			
Campione:	C2																																			
Prof(m):	4.0-4.5																																			
NATURA DEL CAMPIONE:	argilla limosa grigia																																			
Tensione verticale efficace (kPa) :	196.14																																			
Cv (cmq/sec):	2.89E-03																																			
C alfa	1.94E-05																																			
t50 (sec)	68																																			
Permeabilità (cm/sec)	6.64643E-08																																			



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova n°
4 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	55
			Data emissione: 04/06/2020



 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01 Terre - Inerti - Riciclati - Asfalti</p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it</p>	<p>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIVA =UNI EN ISO 9001=</p>
	<p>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</p>	

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

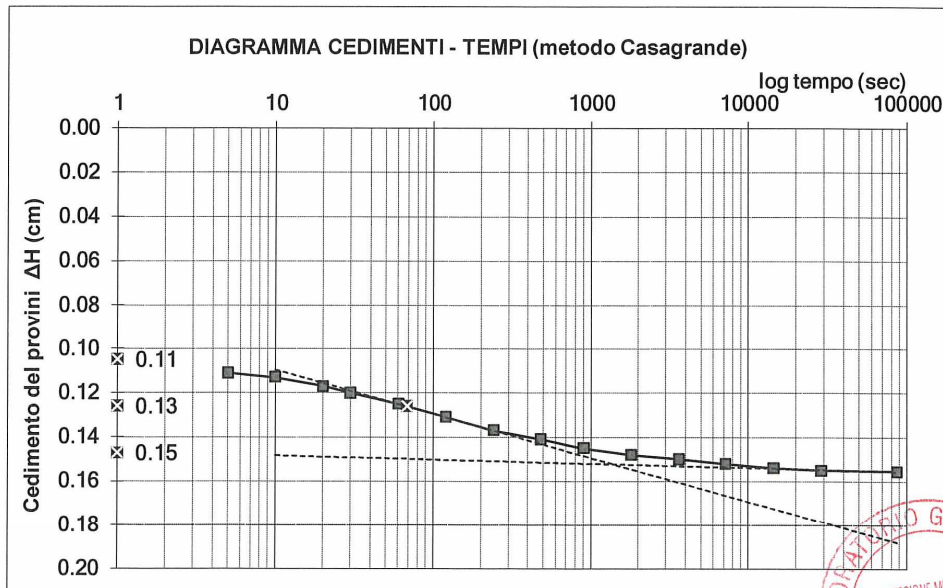
COMMITTENTE: DR. Geol. Raffaele Brunaldi
CANTIERE: Portoverrara (FE)
DATA: 25/05/2020
Verbale accettazione n°: 5 del : 25/05/2020

Sondaggio: S1
Campione: C2
Prof(m): 4.0-4.5

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.101
5	0.111
10	0.113
20	0.117
30	0.120
60	0.125
120	0.131
240	0.137
480	0.141
900	0.145
1800	0.148
3600	0.150
7200	0.152
14400	0.154
28800	0.155
86400	0.156

NATURA DEL CAMPIONE: argilla limosa grigia

Tensione verticale efficace (kPa) : 392.28
Cv (cmq/sec): 2.89E-03
C alfa 9.24E-06
t50 (sec) 68
Permeabilità (cm/sec) 4.22261E-08

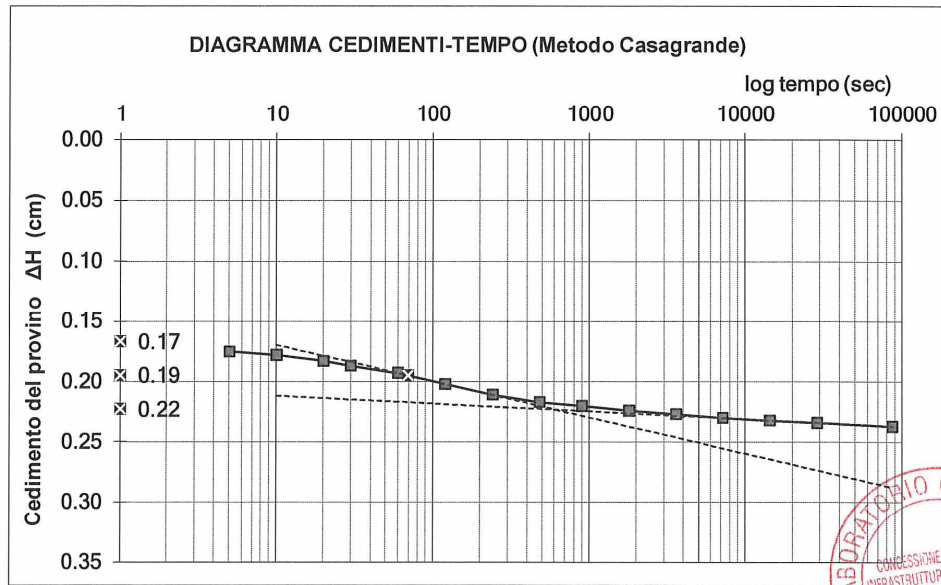


Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova n°:
5 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	175 Data emissione: 04/06/2020

 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI <small>Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</small> <small>Terre - Inerti - Ricicliati - Astelli</small></p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it <i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i></p>	<p><i>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</i></p>
--	---	--

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE:	DR. Geol. Raffaele Brunaldi	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempo (sec)</th> <th>ΔH (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0.170</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.175</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.178</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.183</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.187</td></tr> <tr><td>60</td><td>0.193</td></tr> <tr><td>120</td><td>0.202</td></tr> <tr><td>240</td><td>0.211</td></tr> <tr><td>480</td><td>0.217</td></tr> <tr><td>900</td><td>0.220</td></tr> <tr><td>1800</td><td>0.224</td></tr> <tr><td>3600</td><td>0.227</td></tr> <tr><td>7200</td><td>0.230</td></tr> <tr><td>14400</td><td>0.232</td></tr> <tr><td>28800</td><td>0.234</td></tr> <tr><td>86400</td><td>0.237</td></tr> </tbody> </table>	Tempo (sec)	ΔH (cm)	0	0.170	5	0.175	10	0.178	20	0.183	30	0.187	60	0.193	120	0.202	240	0.211	480	0.217	900	0.220	1800	0.224	3600	0.227	7200	0.230	14400	0.232	28800	0.234	86400	0.237
Tempo (sec)	ΔH (cm)																																			
0	0.170																																			
5	0.175																																			
10	0.178																																			
20	0.183																																			
30	0.187																																			
60	0.193																																			
120	0.202																																			
240	0.211																																			
480	0.217																																			
900	0.220																																			
1800	0.224																																			
3600	0.227																																			
7200	0.230																																			
14400	0.232																																			
28800	0.234																																			
86400	0.237																																			
CANTIERE:	Portoverrara (FE)																																			
DATA:	25/05/2020																																			
Verbale accettazione n°:	5 del : 25/05/2020																																			
Sondaggio:	S1																																			
Campione:	C2																																			
Prof(m):	4.0-4.5																																			
NATURA DEL CAMPIONE:	argilla limosa grigia																																			
Tensione verticale efficace (kPa) :	784.56																																			
Cv (cm²/sec):	2.82E-03																																			
C alfa	3.21E-05																																			
t50 (sec)	69																																			
Permeabilità (cm/sec)	2.878E-08																																			

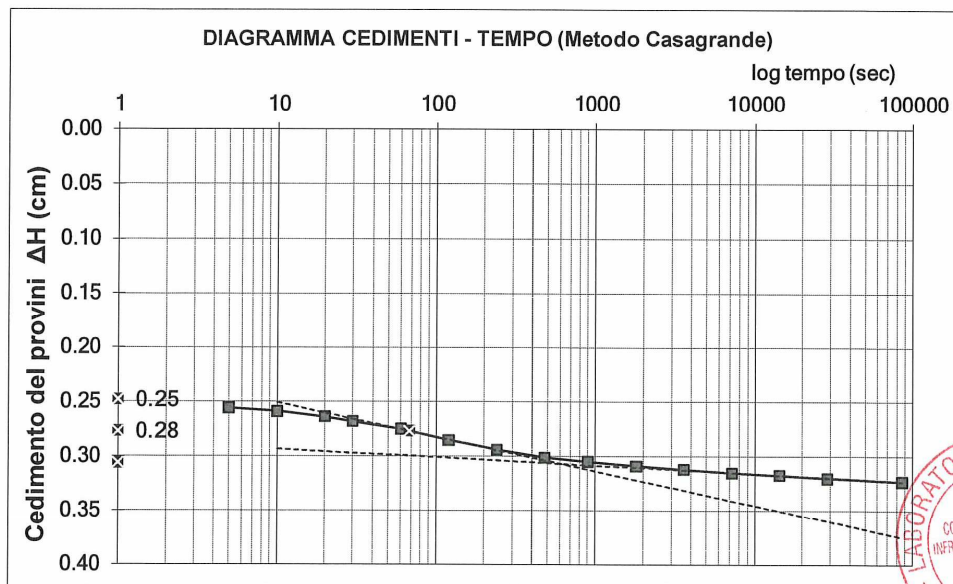


Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova n°:	55
6 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	04/06/2020

 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01 Terre - Inerti - Rifiuti - Asfalti</p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</p>	<p>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</p>
---	--	---

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE:	DR. Geol. Raffaele Brunaldi	Tempo (sec)	ΔH (cm)
CANTIERE:	Portoverrara (FE)		
DATA:	25/05/2020	0	0.251
Verbale accettazione n°:	5 del : 25/05/2020	5	0.256
Sondaggio:	S1	10	0.259
Campione:	C2	20	0.264
Prof(m):	4.0-4.5	30	0.268
		60	0.275
		120	0.285
		240	0.294
NATURA DEL CAMPIONE:	argilla limosa grigia	480	0.301
		900	0.305
Tensione verticale efficace (kPa) :	1569.12	1800	0.309
Cv (cmq/sec):	2.88E-03	3600	0.312
C alfa	3.80E-05	7200	0.315
t50 (sec)	68	14400	0.317
Permeabilità (cm/sec)	1.546E-08	28800	0.320
		86400	0.323



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova n°:
7 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	55 Data emissione: 04/06/2020

Fig. 4/7: Certificati di restituzione delle indagini eseguite sul Campione S1C2.

 LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01 Terra - Inerti - Riciclati - Asfalti	LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA - UNI EN ISO 9001=
	Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01	

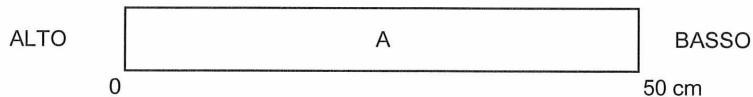
SCHEDA APERTURA CAMPIONE (Norma ASTM D2488 - AGI 1977)

COMMITTENTE: Dr. Geol. Raffaele Brunaldi
CANTIERE: Portoverrara (FE)
DATA APERTURA: 25/05/2020

Commessa n° 5 del 25/05/2020

SONDAGGIO	S1	CAMPIONE	C3	PROF.	8.0-8.5
------------------	----	-----------------	----	--------------	---------

Tipo di contenitore: fustella sacchetto cassetta



(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	C	TrCD
A	argilla limosa grigia poco consistente con presenza puntiforme di sostanza organica	50	20	*	*			*			
B											

Qualità del campione: Scadente Discreta **Buona** Eccellente

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometrico P.P. (kPa)	Granulometria G	Compressione E.L.L.C
Vane test V.T (kPa)	Limiti di Atterberg LA	Triassiale T.R
Peso di volume Y	Prova edometrica Ed	Permeabilità K
Contenuto d'acqua W	Prova di taglio PT	Peso specifico G.S



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	56 Data emissione : 02/06/2020

 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI <small>Aut. Min. di sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</small> <small>Terra - Inerti - Riciclati - Asfalti</small></p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it <i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i></p>	<p><i>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</i></p>
---	---	--

Committente : Dr. Geol. Raffaele Brunaldi
 Cantiere : Portoverrara (FE)

Campione : S1C3 mt. 8.0-8.5

Data prova : 25/05/2020 Commessa n° 5 del 25/05/2020

CONTENUTO D'ACQUA (ASTM D 2216)

Massa terreno umido + tara (g)	254.93
Massa terreno secco + Tara (g)	172.42
Massa tara (g)	5.62
Contenuto d'acqua - W (%)	49.5

PESO UNITA' DI VOLUME (ASTM D 2937)

Volume (cm ³)	86.83
Massa terreno umido + Tara (g)	234.7
Massa tara (g)	73.79
Peso unità di volume (γ)	(g/cm ³) 1.853 (kN/m ³) 18.174
Peso secco unità di volume (γ _d)	(g/cm ³) 1.240 (kN/m ³) 12.159



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	59 Data emissione : 04/06/2020

 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01 Terre - Inerti - Ricicchi - Asfalti</p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascani, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it</p>	<p><i>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</i></p>
	<p><i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i></p>	

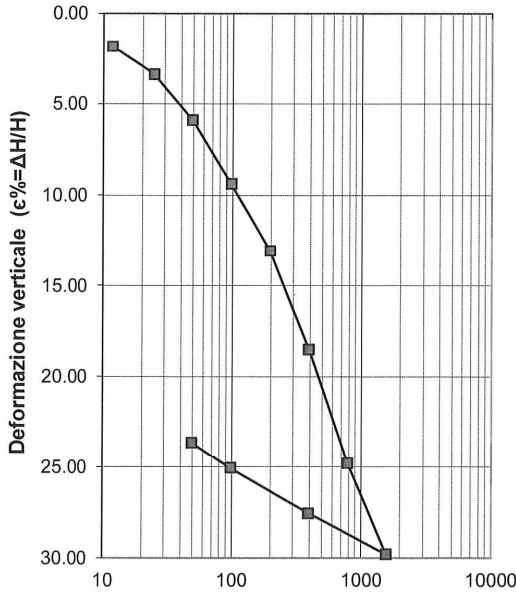
PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

Committente : DR. Geol. Raffaele Brunaldi
 Cantiere : Portoverrara (FE) Sondaggio: S1
 Data inizio prova : 25/05/2020 Campione: C3
 Verbale accettazione: 5 del 25/05/2020 Prof.(m): 8.0-8.5

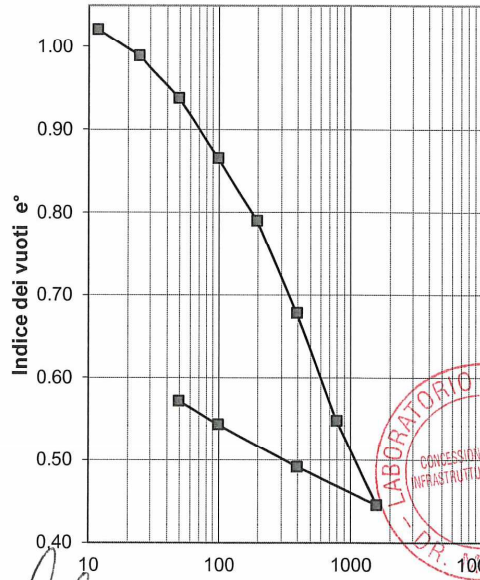
σ_v (kPa) tensione verticale	ΔH (mm) cedimento	ϵ % def. verticale	e^o indice vuoti	M_o (kPa) modulo edometrico
11.768	.37	1.85	1.021	
24.518	.68	3.40	.989	823
49.035	1.18	5.90	.937	981
98.070	1.88	9.40	.865	1401
196.140	2.61	13.05	.790	2687
392.280	3.70	18.50	.678	3599
784.560	4.96	24.80	.548	6227
1569.120	5.96	29.80	.445	15691
392.280	5.51	27.55	.492	
98.070	5.01	25.05	.543	
49.035	4.73	23.65	.572	

Natura del campione : argilla limosa grigia con s.o.
 Peso dell'unità di volume: (kN/m³) 17.23
 Peso di volume del terreno secco : (kN/m³) 12.38
 Contenuto d'acqua naturale : (%) 39.2
 Peso specifico dei granuli : (kN/m³) 25.50
 Indice dei vuoti inizio prova : (e^o) 1.059

Tensione verticale - σ_v log (kPa)



Tensione verticale - σ_v log (kPa)

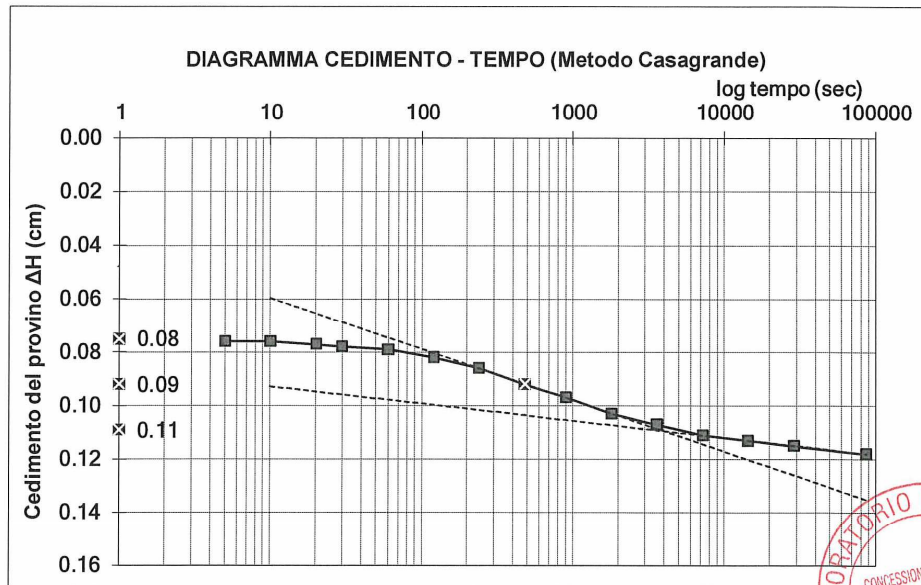


Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova n°:	58
1 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione:	04/06/2020

 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI <small>Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</small> <small>Terre - Inerti - Riciclati - Asfalti</small></p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</p>	<p>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</p>
---	--	---

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE:	DR. Geol. Raffaele Brunaldi	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempo (sec)</th> <th>ΔH (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0.074</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.074</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.076</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.076</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.077</td></tr> <tr><td>60</td><td>0.078</td></tr> <tr><td>120</td><td>0.079</td></tr> <tr><td>240</td><td>0.082</td></tr> <tr><td>480</td><td>0.086</td></tr> <tr><td>900</td><td>0.092</td></tr> <tr><td>1800</td><td>0.097</td></tr> <tr><td>3600</td><td>0.103</td></tr> <tr><td>7200</td><td>0.107</td></tr> <tr><td>14400</td><td>0.111</td></tr> <tr><td>28800</td><td>0.113</td></tr> <tr><td>86400</td><td>0.115</td></tr> </tbody> </table>	Tempo (sec)	ΔH (cm)	0	0.074	5	0.074	10	0.076	20	0.076	30	0.077	60	0.078	120	0.079	240	0.082	480	0.086	900	0.092	1800	0.097	3600	0.103	7200	0.107	14400	0.111	28800	0.113	86400	0.115
Tempo (sec)	ΔH (cm)																																			
0	0.074																																			
5	0.074																																			
10	0.076																																			
20	0.076																																			
30	0.077																																			
60	0.078																																			
120	0.079																																			
240	0.082																																			
480	0.086																																			
900	0.092																																			
1800	0.097																																			
3600	0.103																																			
7200	0.107																																			
14400	0.111																																			
28800	0.113																																			
86400	0.115																																			
CANTIERE:	Portoverrara (FE)																																			
DATA:	25/05/2020																																			
Verbale accettazione n°:	5 del : 25/05/2020																																			
Sondaggio:	S1																																			
Campione:	C3																																			
Prof(m):	8.0-8.5																																			
NATURA DEL CAMPIONE:	argilla limosa grigia con s.o.																																			
Tensione verticale efficace (kPa) :	49.035																																			
Cv (cmq/sec):	4.07E-04																																			
C alfa	3.21E-05																																			
t50 (sec)	484																																			
Permeabilità (cm/sec)	5.18E-08																																			



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova n°:
2 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione: 04/06/2020

 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01 Terre - Inerti - Rifiuti - Asfalti</p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it</p> <p>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</p>	<p>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</p>
---	--	---

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

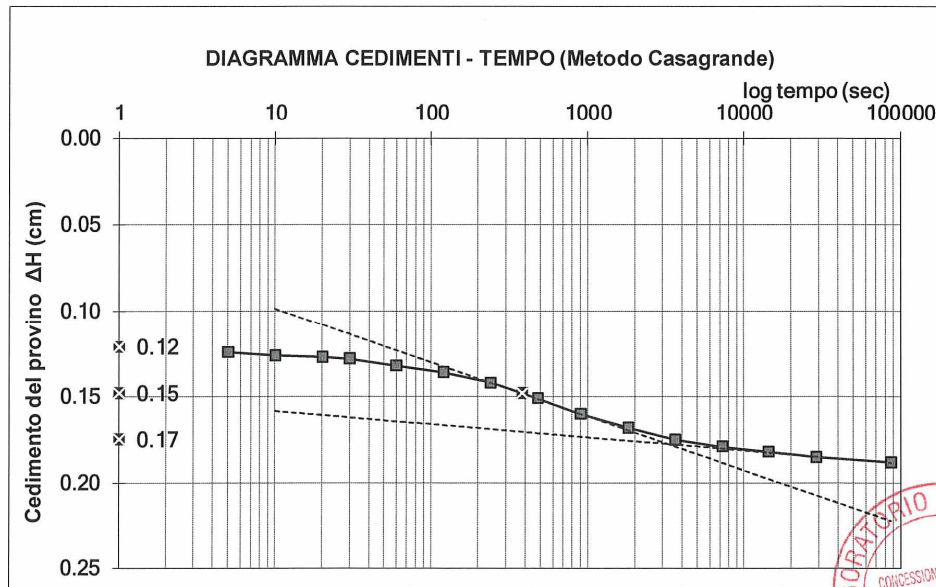
COMMITTENTE: DR. Geol. Raffaele Brunaldi
CANTIERE: Portoverrara (FE)
DATA: 25/05/2020
Verbale accettazione n°: 5 del: 25/05/2020

Sondaggio: S1
Campione: C3
Prof(m): 8.0-8.5

Tempo (sec)	ΔH (cm)
0	0.123
5	0.124
10	0.126
20	0.127
30	0.128
60	0.132
120	0.136
240	0.142
480	0.151
900	0.160
1800	0.168
3600	0.175
7200	0.179
14400	0.182
28800	0.185
86400	0.188

NATURA DEL CAMPIONE: argilla limosa grigia con s.o.

Tensione verticale efficace (kPa) : 98.07
 Cv (cmq/sec): 5.18E-04
 C alfa 3.79E-05
 t50 (sec) 379
 Permeabilità (cm/sec) 3.62887E-08

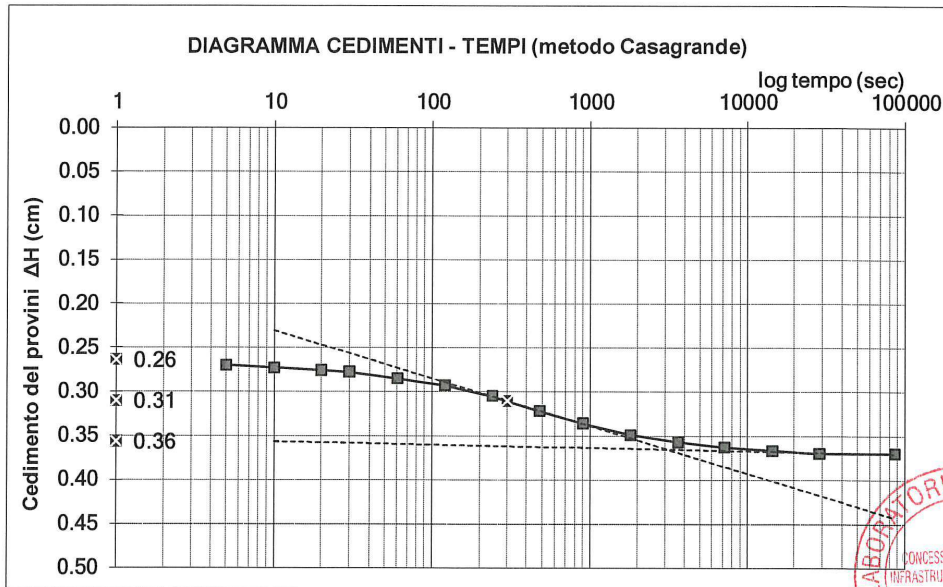


Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova n°:
3 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	57 Data emissione: 04/06/2020

 <p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it</p>	<p>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</p>	<p>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</p>

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE:	DR. Geol. Raffaele Brunaldi	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempo (sec)</th> <th>ΔH (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0.262</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.270</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.273</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.276</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.278</td></tr> <tr><td>60</td><td>0.285</td></tr> <tr><td>120</td><td>0.293</td></tr> <tr><td>240</td><td>0.305</td></tr> <tr><td>480</td><td>0.322</td></tr> <tr><td>900</td><td>0.336</td></tr> <tr><td>1800</td><td>0.349</td></tr> <tr><td>3600</td><td>0.357</td></tr> <tr><td>7200</td><td>0.363</td></tr> <tr><td>14400</td><td>0.367</td></tr> <tr><td>28800</td><td>0.370</td></tr> <tr><td>86400</td><td>0.370</td></tr> </tbody> </table>	Tempo (sec)	ΔH (cm)	0	0.262	5	0.270	10	0.273	20	0.276	30	0.278	60	0.285	120	0.293	240	0.305	480	0.322	900	0.336	1800	0.349	3600	0.357	7200	0.363	14400	0.367	28800	0.370	86400	0.370
Tempo (sec)	ΔH (cm)																																			
0	0.262																																			
5	0.270																																			
10	0.273																																			
20	0.276																																			
30	0.278																																			
60	0.285																																			
120	0.293																																			
240	0.305																																			
480	0.322																																			
900	0.336																																			
1800	0.349																																			
3600	0.357																																			
7200	0.363																																			
14400	0.367																																			
28800	0.370																																			
86400	0.370																																			
CANTIERE:	Portoverrara (FE)																																			
DATA:	25/05/2020																																			
Verbale accettazione n°:	5 del : 25/05/2020																																			
Sondaggio:	S1																																			
Campione:	C3																																			
Prof(m):	8.0-8.5																																			
NATURA DEL CAMPIONE:	argilla limosa grigia con s.o.																																			
Tensione verticale efficace (kPa) :	392.28																																			
Cv (cmq/sec):	6.55E-04																																			
C alfa	1.75E-05																																			
t50 (sec)	299																																			
Permeabilità (cm/sec)	1.78364E-08																																			

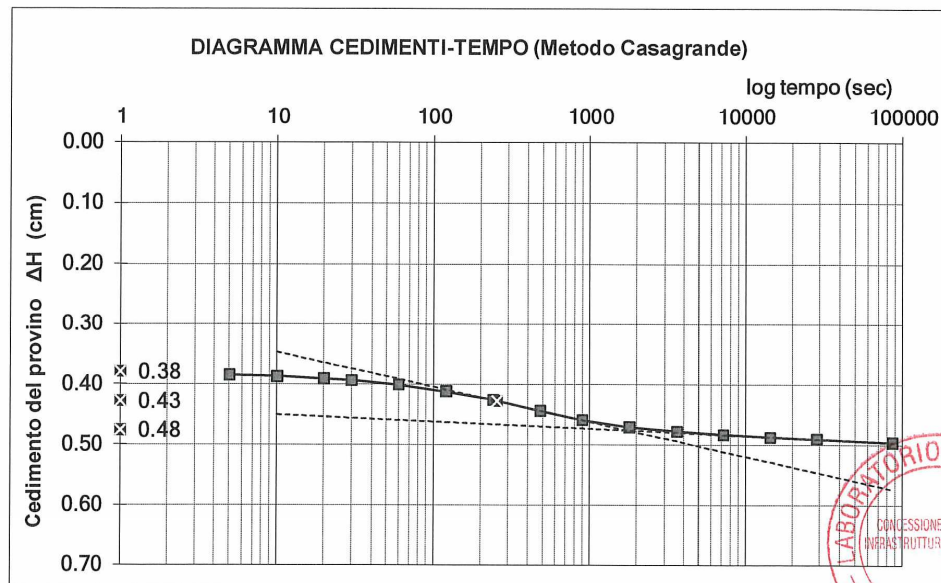


Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova n°:
5 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	58 04/06/2020

 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01 Terre - Inerti - Ricicliati - Asfalti</p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it</p>	<p>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</p>
	<p>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</p>	

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE:	DR. Geol. Raffaele Brunaldi	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempo (sec)</th> <th>ΔH (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0.382</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.385</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.387</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.391</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.394</td></tr> <tr><td>60</td><td>0.401</td></tr> <tr><td>120</td><td>0.412</td></tr> <tr><td>240</td><td>0.426</td></tr> <tr><td>480</td><td>0.444</td></tr> <tr><td>900</td><td>0.459</td></tr> <tr><td>1800</td><td>0.471</td></tr> <tr><td>3600</td><td>0.478</td></tr> <tr><td>7200</td><td>0.483</td></tr> <tr><td>14400</td><td>0.487</td></tr> <tr><td>28800</td><td>0.490</td></tr> <tr><td>86400</td><td>0.496</td></tr> </tbody> </table>	Tempo (sec)	ΔH (cm)	0	0.382	5	0.385	10	0.387	20	0.391	30	0.394	60	0.401	120	0.412	240	0.426	480	0.444	900	0.459	1800	0.471	3600	0.478	7200	0.483	14400	0.487	28800	0.490	86400	0.496
Tempo (sec)	ΔH (cm)																																			
0	0.382																																			
5	0.385																																			
10	0.387																																			
20	0.391																																			
30	0.394																																			
60	0.401																																			
120	0.412																																			
240	0.426																																			
480	0.444																																			
900	0.459																																			
1800	0.471																																			
3600	0.478																																			
7200	0.483																																			
14400	0.487																																			
28800	0.490																																			
86400	0.496																																			
CANTIERE:	Portoverrara (FE)																																			
DATA:	25/05/2020																																			
Verbale accettazione n°:	5 del : 25/05/2020																																			
Sondaggio:	S1																																			
Campione:	C3																																			
Prof(m):	8.0-8.5																																			
NATURA DEL CAMPIONE:	argilla limosa grigia con s.																																			
Tensione verticale efficace (kPa) :	784.56																																			
Cv (cmq/sec):	7.72E-04																																			
C alfa	5.84E-05																																			
t50 (sec)	253																																			
Permeabilità (cm/sec)	1.216E-08																																			

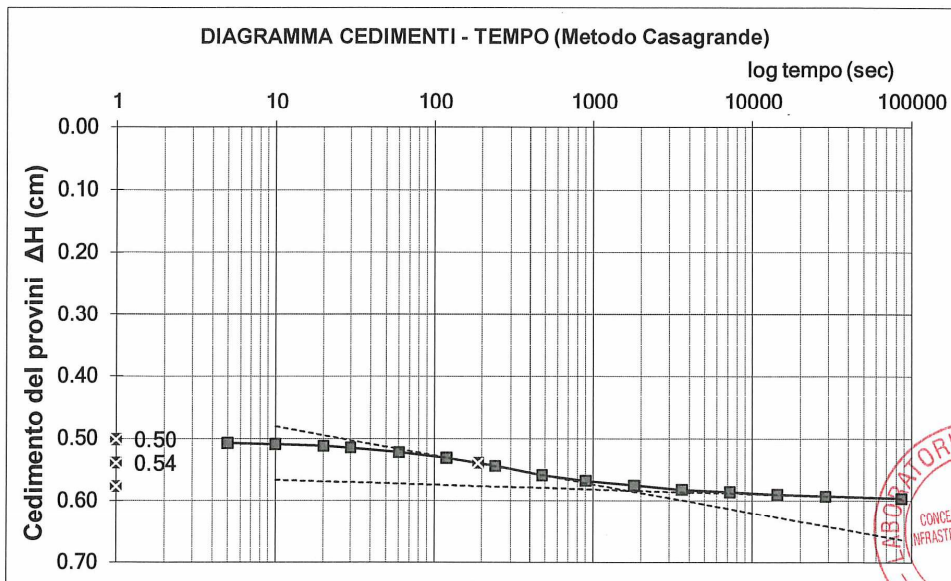


Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova n°: 58
6 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione: 04/06/2020

 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI <small>Auti. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</small> <small>Terre - Inerti - Rifiuti - Asfalti</small></p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</p>	<p><i>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</i></p>
--	--	--

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (Norma A.G.I. 1994)

COMMITTENTE:	DR. Geol. Raffaele Brunaldi	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tempo (sec)</th> <th>ΔH (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0.503</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.507</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.509</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.512</td></tr> <tr><td>30</td><td>0.515</td></tr> <tr><td>60</td><td>0.522</td></tr> <tr><td>120</td><td>0.531</td></tr> <tr><td>240</td><td>0.544</td></tr> <tr><td>480</td><td>0.559</td></tr> <tr><td>900</td><td>0.568</td></tr> <tr><td>1800</td><td>0.575</td></tr> <tr><td>3600</td><td>0.582</td></tr> <tr><td>7200</td><td>0.586</td></tr> <tr><td>14400</td><td>0.590</td></tr> <tr><td>28800</td><td>0.593</td></tr> <tr><td>86400</td><td>0.596</td></tr> </tbody> </table>	Tempo (sec)	ΔH (cm)	0	0.503	5	0.507	10	0.509	20	0.512	30	0.515	60	0.522	120	0.531	240	0.544	480	0.559	900	0.568	1800	0.575	3600	0.582	7200	0.586	14400	0.590	28800	0.593	86400	0.596
Tempo (sec)	ΔH (cm)																																			
0	0.503																																			
5	0.507																																			
10	0.509																																			
20	0.512																																			
30	0.515																																			
60	0.522																																			
120	0.531																																			
240	0.544																																			
480	0.559																																			
900	0.568																																			
1800	0.575																																			
3600	0.582																																			
7200	0.586																																			
14400	0.590																																			
28800	0.593																																			
86400	0.596																																			
CANTIERE:	Portoverrara (FE)																																			
DATA:	25/05/2020																																			
Verbale accettazione n°:	5 del : 25/05/2020																																			
Sondaggio:	S1																																			
Campione:	C3																																			
Prof(m):	8.0-8.5																																			
NATURA DEL CAMPIONE:	argilla limosa grigia con s.c.																																			
Tensione verticale efficace (kPa) :	1569.12																																			
Cv (cmq/sec):	1.03E-03																																			
C alfa	3.80E-05																																			
t50 (sec)	189																																			
Permeabilità (cm/sec)	6.436E-09																																			



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova n°:
7 di 7	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	58 04/06/2020

Figg. 4/8: Certificati di restituzione delle indagini eseguite sul Campione S1C3.

	LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=
	LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01 Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01 Terra - Inerti - Riscicati - Asfalti	

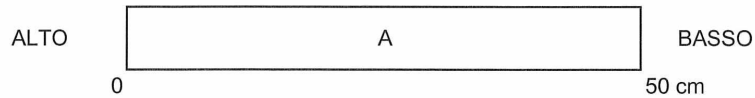
SCHEDA APERTURA CAMPIONE (Norma ASTM D2488 - AGI 1977)

COMMITTENTE: Dr. Geol. Raffaele Brunaldi
CANTIERE: Portoverrara (FE)
DATA APERTURA: 25/05/2020

Commessa n° 5 del 25/05/2020

SONDAGGIO	S1	CAMPIONE	C4	PROF.	12.3-12.6
------------------	----	-----------------	----	--------------	-----------

Tipo di contenitore: fustella sacchetto cassetta



(*) I simboli adottati per le prove sono descritti nella legenda a fondo pagina		PROVE DI LABORATORIO ESEGUITE									
Livello	Descr. litologica	P.P	V.T	Y	W	G	LA	Ed	PT	C	TrCD
A	sabbia fine deb. Limosa grigia	*	*	*	*	*	N.P.		*		
B											

Qualità del campione: Scadente Discreta **Buona** Eccellente

LEGENDA PROVE

Pocket penetrometric P.P. (kPa)	Granulometria G	Compressione E.L.L.C
Vane test V.T (kPa)	Limiti di Atterberg LA	Triassiale T.R
Peso di volume Y	Prova edometrica Ed	Permeabilità K
Contenuto d'acqua W	Prova di taglio PT	Peso specifico G.S



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione : 02/06/2020

 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI <small>Aud. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</small> Terre - Inerti - Riciclati - Asfalti</p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascani, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it</p> <p><i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i></p>	<p><i>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</i></p>
--	---	--

Committente : Dr. Geol. Raffaele Brunaldi
Cantiere : Portoverrara (FE)

Campione : S1C4 mt. 12.3-12.6

Data prova : 25/05/2020 Commessa n° 5 del 25/05/2020

CONTENUTO D'ACQUA (ASTM D 2216)

Massa terreno umido + tara (g)	254.93
Massa terreno secco + Tara (g)	172.42
Massa tara (g)	5.62
Contenuto d'acqua - W (%)	49.5



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	60 Data emissione : 04/06/2020

 LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 330/01 Terre - Inerti - Riciclati - Asfalti	LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIVA =UNI EN ISO 9001=
---	---	--

**DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA
 ANALISI GRANULOMETRICA per SETACCIATURA
 norma UNI EN 933 -1-2**

Committente : Dr. Geol. Raffaele Brunaldi
Cantiere : Portoverrara (FE)

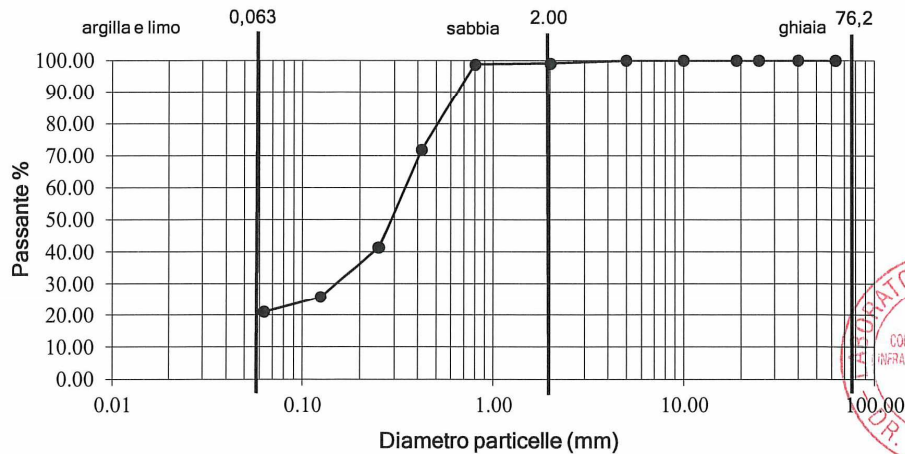
Campione : S1C4 mt. 12.3-12.6

Data prova : 03/06/2020 **Commessa n° 5 del 25/05/2020**

Diametro (mm)	Passante (%)
63	100.00
40	100.00
25	100.00
19	100.00
10	100.00
5	100.00
2	99.08
0.800	98.72
0.420	71.87
0.250	41.28
0.1250	25.73
0.0630	21.12

Classificazione secondo norma AGI	
Ghiaia (> 2.0 mm) :	*
Sabbia (2.0 - 0.063 mm) :	79%
Limo (0.063 - 0.002 mm) :	21%
Argilla (< 0.002 mm) :	*

Umidità naturale W%	24.91
---------------------	-------



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Rapporto di prova n°: 61
1 di 1	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	Data emissione : 04/06/2020

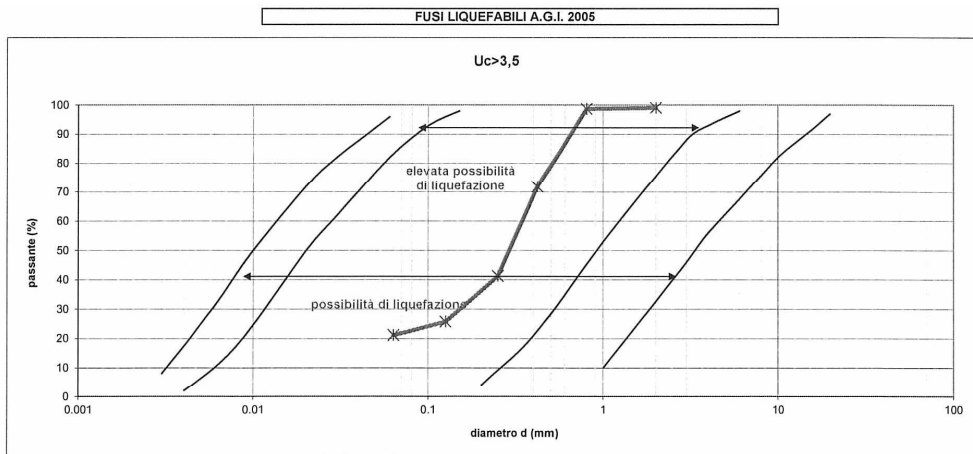
**FUSI LIQUEFACIBILI
 A.G.I. 2005**

campione n°	dimensione granuli (mm)				0.063	0.125	0.25	0.42	0.8	2
	% passante				21.12	25.73	41.28	71.87	98.72	99.08

$$U_c = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

D60= 0.35 D10= 0.003 U_c= 116.67

Indice di plasticità eseguito su pass. 0.075 mm : non plastico



Committente : Dr. Geol. Raffaele Brunaldi
 Campione : S1S4 mt. 12.3-12.6
 Località : Portoverrara (FE)

LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascani, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 - www.mucchilab.it Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=
--	--



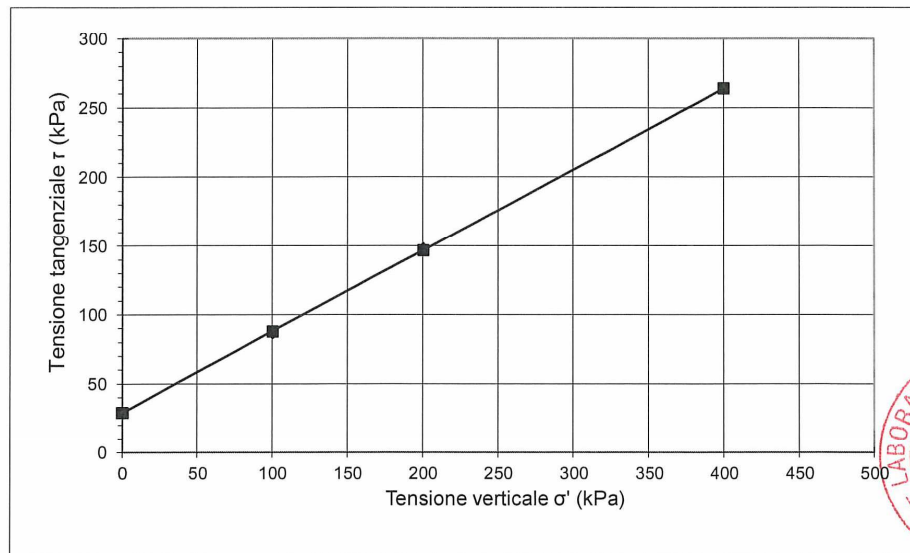
 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI <small>Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</small> <small>Terre - Inerti - Riciclati - Asfalti</small></p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr.Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - mucchilab@tin.it Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</p>	<p><i>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=</i></p>
---	---	--

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Committente: Dr. Geol. Raffaele Brunaldi
Cantiere : Portoverrara (FE)
Campione: S1C4
Prof. (mt) : 12.3-12.6
Data inizio prova : 25/05/2020

MISURE ALLA PROVA DI TAGLIO DIRETTO		
Provino (n°)	Tensione verticale σ' (kPa)	Tensione tangenziale τ (kPa)
1	100	86.988
2	200	148.380
3	400	263.612

COESIONE DRENATA (kPa):	29.37
ANGOLO D'ATTRITO (° sess):	30

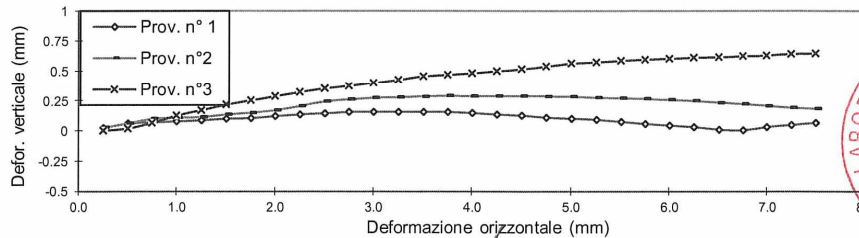
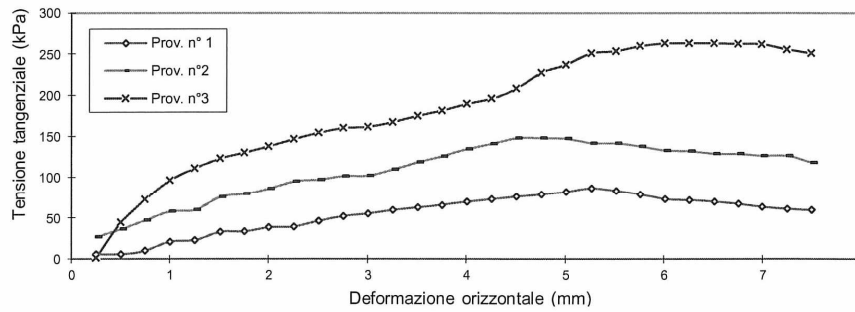


L'interpretazione sopra riportata è frutto di una regressione lineare operata sulle tensioni massime determinate in laboratorio. La scelta dei parametri della resistenza al taglio più opportuni rispetto alla finalità prefissate spetta al Progettista o Professionista incaricato

 LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01 Torre - Inerti - Ricicliati - Asfalti	LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it	Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIWA =UNI EN ISO 9001=
	Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01	

Committente: Dr. Geol. Raffaele Brunaldi **Commessa n°:** 5
Cantiere : Portoverrara (FE) **Data Commessa:** 25/05/2020
Campione: S1C4
Prof. (mt) : 12.3-12.6 **Data inizio prova :** 25/05/2020

Def. Orizzontale (mm)	PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994					
	Tensione Tangenziale (kPa)			Deformazione verticale (mm)		
	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3	Prov. n° 1	Prov. n°2	Prov. n°3
0.25	5.88	26.68	1.47	0.022	0.027	0.002
0.50	5.59	36.78	44.52	0.061	0.061	0.02
0.75	10.00	47.17	72.77	0.073	0.103	0.068
1.00	21.38	58.45	96.50	0.078	0.11	0.127
1.25	22.85	59.92	111.41	0.09	0.115	0.173
1.50	33.25	76.30	123.27	0.1	0.137	0.217
1.75	33.83	79.83	130.63	0.105	0.151	0.252
2.00	38.84	86.40	138.08	0.122	0.173	0.288
2.25	39.42	95.23	147.01	0.137	0.205	0.322
2.50	46.88	97.38	154.46	0.147	0.244	0.352
2.75	52.76	101.80	160.34	0.156	0.261	0.376
3.00	55.80	102.39	161.82	0.159	0.275	0.4
3.26	60.21	109.84	167.80	0.159	0.281	0.427
3.51	63.16	118.66	175.35	0.159	0.286	0.459
3.76	66.20	126.12	181.82	0.156	0.291	0.471
4.01	70.61	135.04	189.77	0.149	0.288	0.484
4.26	73.55	141.02	195.94	0.137	0.288	0.501
4.51	76.59	148.38	208.40	0.127	0.288	0.518
4.76	79.53	148.28	227.72	0.112	0.286	0.54
5.01	82.48	147.50	237.43	0.103	0.283	0.564
5.26	86.99	142.20	251.16	0.093	0.276	0.574
5.51	83.75	141.71	253.90	0.076	0.271	0.586
5.76	79.53	138.28	259.89	0.059	0.266	0.598
6.01	73.65	132.98	263.61	0.044	0.256	0.606
6.26	72.08	132.49	263.61	0.032	0.249	0.613
6.51	70.61	129.06	263.32	0.012	0.234	0.618
6.76	67.57	129.06	262.83	0.007	0.225	0.625
7.00	63.84	126.71	262.34	0.032	0.208	0.632
7.25	61.29	126.71	255.96	0.051	0.193	0.645
7.50	59.92	118.37	251.06	0.066	0.183	0.647



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.
1 di 2	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	62 Data emissione : 04/06/2020

 <p>LABORATORIO PROVE MATERIALI Aut. Min. di cons. dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01 Terre - Inerti - Rifiuti - Asfalti</p>	<p>LABORATORIO GEOTECNICO Dr. Geol. Antonio Mucchi Via Alberto Ascari, 8 - Gualdo di Voghiera (FE) - Tel 0532/815681 www.mucchilab.it - email mucchilab@tin.it</p> <p><i>Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad eseguire e certificare prove geotecniche ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n° 380/01</i></p>	<p>Azienda con sistema di gestione per la qualità certificato da KIVA =UNI EN ISO 9001=</p>
---	---	---

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - raccomandazioni AGI 1994

Committente:	Dr. Geol. Raffaele Brunaldi	Commessa n°	5
Cantiere :	Portoverrara (FE)	Data Commessa:	25/05/2020
Campione:	S1C4		
Prof. (mt) :	12.3-12.6	Data inizio prova :	25/05/2020

Descrizione litologica del provino :	sabbia fine deb. Limosa
--------------------------------------	-------------------------

Caratteristiche dei provini

Provino :	1	2	3
Provino indisturbato :	*	*	*
Provino ricostruito su passante ai 2 mm :			
Altezza del provino (cm)	2.3	2.3	2.3
Sezione del provino (cm ²)	36	36	36
Peso dell'unità di volume allo stato naturale (kN/m ³)	19.774	19.690	19.781
Peso dell'unità di volume allo stato secco (kN/m ³)	15.831	15.761	15.840
Contenuto d'acqua : (W%)	24.91	24.93	24.88

Modalità di consolidazione e rottura

Tensione verticale (kPa)	100	200	400
Velocità di deformazione (mm/min)	0.0052	0.0052	0.0052



Pagina	Sperimentatore	Il Direttore	Certificato di prova n.
2 di 2	Dr. Malaguti D.	Dr. Geol. Mucchi Antonio	52 Data emissione : 04/06/2020

Figg. 4/9: Certificati di restituzione delle indagini eseguite sul Campione S1C4.

6. ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE

La profondità della falda, misurata nell'anno in corso nei punti di esecuzione delle CPTU è la seguente:

- CPTU 1 2020: - 3,50 m dal p.c.;
- CPTU 2 2020: - 3,20 m dal p.c.;
- CPTU 3 2020: - 3,25 m dal p.c.

Tali profondità sono sensibilmente differenti da quanto misurato in data 10/04/2018:

- C.P.T.U. 1: 1,20 m dal p.c.;
- C.P.T. 2: 1,00 m dal p.c.;
- C.P.T. 3: 0,80 m dal p.c.;
- C.P.T. 4: 1,20 m dal p.c.;
- C.P.T. 5: 1,00 m dal p.c.;
- C.P.T. 6: 1,30 m dal p.c.

Fra Aprile 2018 e Maggio 2020 si è quindi registrato un abbassamento della falda di più di due metri. Il dato è rilevante e riconduce direttamente alle possibilità locali di variazione della falda freatica/capillare sospesa, di cui occorrerà tenere debito conto.

Le misure dell'anno 2018 erano sufficientemente congrue con l'assetto delineato dal P.S.C. (di seguito riportato), che risale a più di dieci anni fa, non altrettanto si può dire delle misure dell'anno in corso, a smentire quindi le conclusioni della relazione del 2018 che delineavano una stabilità complessiva della falda freatica locale.

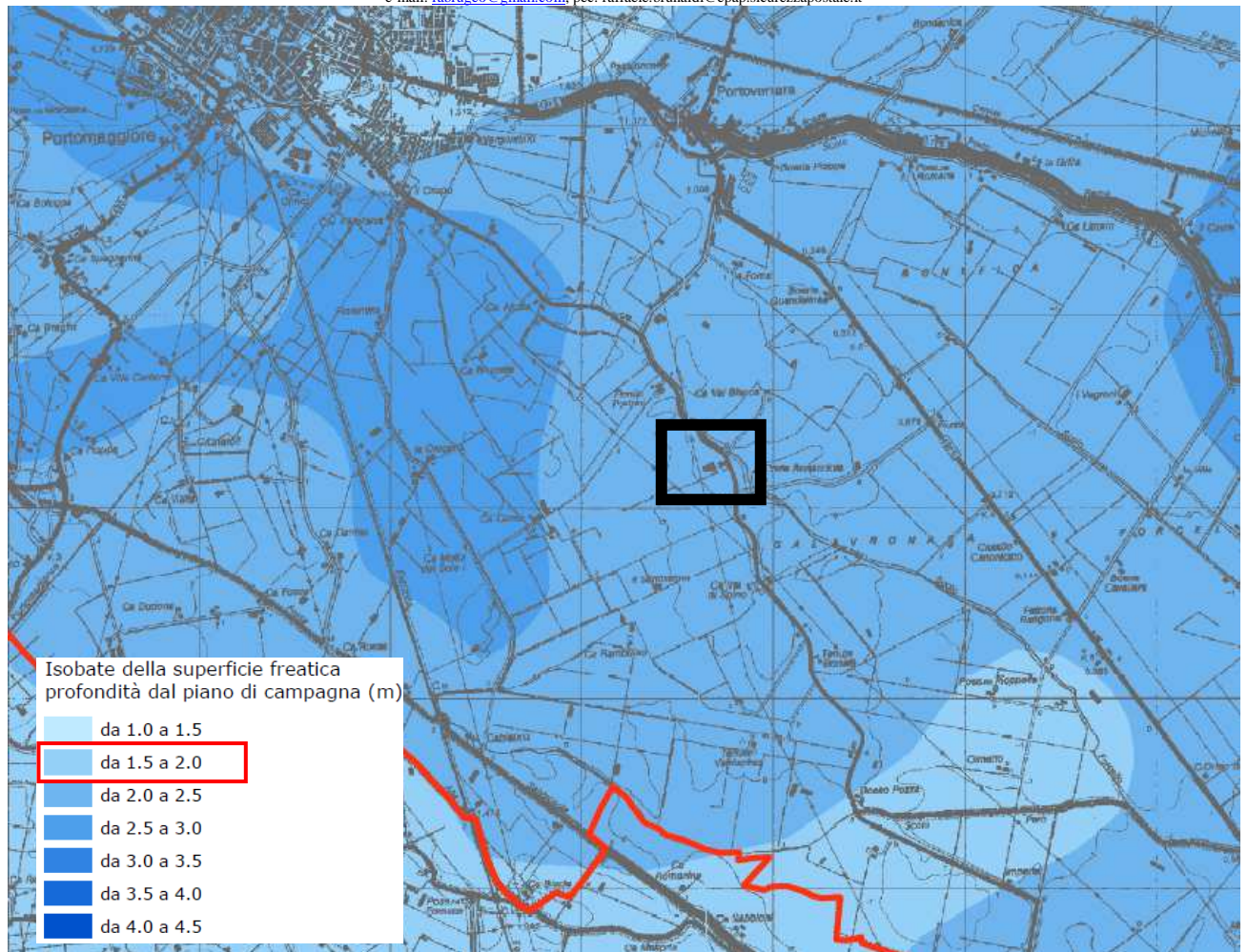


Fig. 5/1: Stralcio a Scala Libera e Legenda della Tav. B.2.13. Carta delle Isobate del P.S.C.

Ovviamente si deve considerare che le misure del 2018 sono state realizzate a seguito di un inverno sufficientemente piovoso mentre la Primavera 2020 è da considerarsi molto meno piovosa. Il piano di campagna presenta irregolarità plani- altimetriche dell'ordine circa metrico: la Via Portoni è posta alla quota di circa 0,20 m s.l.m.m. mentre le porzioni dell'area site ad Est riportano quote di circa - 0,70 m s.l.m.m. (sulla base del rilievo trasmesso allo scrivente dai Progettisti), ciò riconduce le misure di cui sopra ad un assetto della falda freatica, ossia della prima falda sospesa, ovvero della prima frangia capillare, come di seguito riportato. Si osservi che fra l'anno 2018 e l'anno in corso si inverte la direzione di drenaggio.

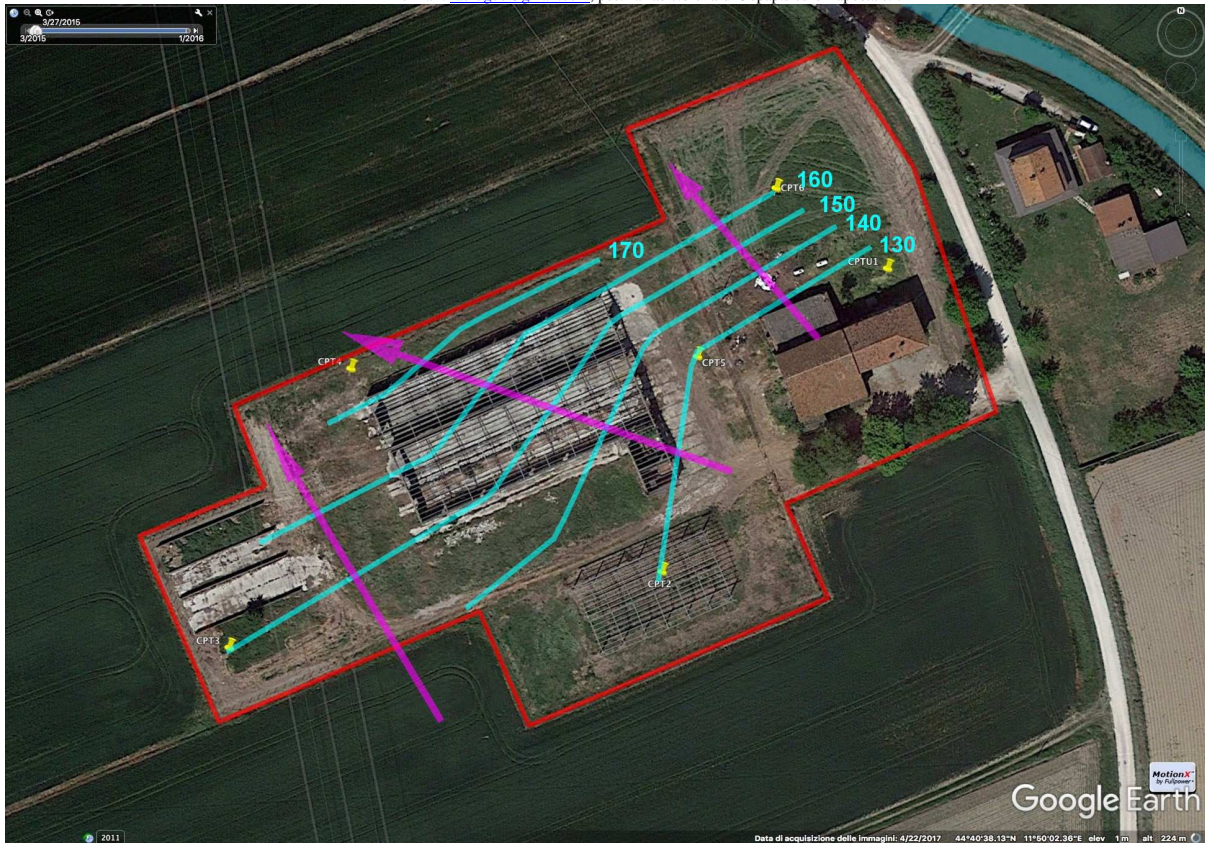


Fig. 5/2: Carta a Scala Libera delle Isobate anno 2018: sono riportate le profondità della falda in m s.l.m.m. e sono riportate le direzioni di drenaggio/deflusso sotterraneo della falda. redatta dallo scrivente su orto- foto tratta da Google Earth (C).

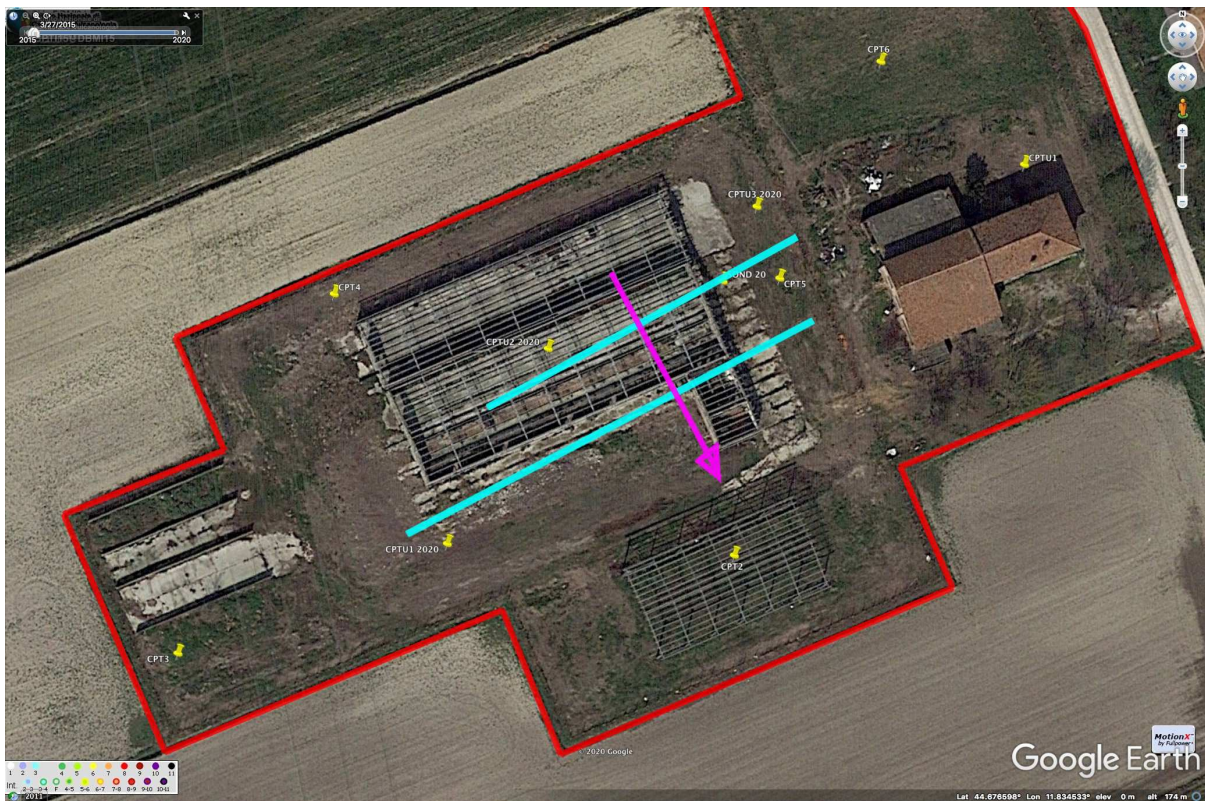


Fig. 5/3: Carta a Scala Libera delle Isobate anno 2020: sono riportate le profondità della falda in m s.l.m.m. e sono riportate le direzioni di drenaggio/deflusso sotterraneo della falda. redatta dallo scrivente su orto- foto tratta da Google Earth (C).

7: NOTAZIONI SIMICHE LOCALI

Per quanto di attinenza alla Caratterizzazione sismica locale si rimanda in toto all'originaria relazione dell'anno 2018. Della quale si ricorda brevemente che si utilizzeranno dati discendenti da apposito Studio di Risposta Sismica Locale che, condotta per Classe d'Uso II come da comunicazioni con i Progettisti riconduce ad un valore di PGA pari a 0,173 g.

8: SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE DEGLI ORIZZONTI SATURI GRANULARI LOCALMENTE RILEVATI (effetti co- sismici).

Sulla base delle risultanze delle nuove CPTU condotte nell'anno in corso ed in completa coerenza con quanto eseguito nella relazione originaria dell'anno 2018 (alla quale si rimanda in toto per l'illustrazione delle metodologie adottate e di ogni altra illustrazione necessaria) si eseguiranno apposite verifiche numeriche che verranno di seguito illustrate. Il metodo di verifica utilizzato è quello di Robertson & Wride (NCEER) 2009, come suggerito dalla documentazione di MSIIL del Comune di Portomaggiore. Circa i valori di Mw utilizzati nelle verifiche e circa le connesse considerazioni sul Rischio Sismico si rimanda alla relazione dell'anno 2018.

CPTU 1 2020

Classe d'Usò II (PGA = 0,17 g); Metodo di Robertson & Wride (NCEER) 2009		
Mw	ILP	Cedimenti, in cm. circa.
6.14	0.04	Ampiamente Inferiore a 1 cm
5.90	0.02	Ampiamente Inferiore a 1 cm
5.50	0	/
5.20	/	/

CPTU 2 2020

Classe d'Usò II (PGA = 0,17 g); Metodo di Robertson & Wride (NCEER) 2009		
Mw	ILP	Cedimenti, in cm. circa.
6.14	0.2	Inferiore a 1 cm
5.90	0.1	Circa 0,5 cm
5.50	0.04	/
5.20	0	/

CPTU 3 2020

Classe d'Usò II (PGA = 0,17 g); Metodo di Robertson & Wride (NCEER) 2009		
Mw	ILP	Cedimenti, in cm. circa.
6.14	0.06	Ampiamente Inferiore a 1 cm
5.90	0	/
5.50	/	/
5.20	/	/

Tabb. 1.

A favore di massima sicurezza si sono ripetute le verifiche anche con il Metodo massimamente penalizzante di Boulanger & Idriss 2014, le risultanze sono le seguenti:

CPTU 1 2020

Classe d'Uso II (PGA = 0,17 g); Metodo di Boulanger & Idriss 2014		
Mw	ILP	Cedimenti, in cm. circa.
6.14	0.08	Ampiamente Inferiore a 1 cm
5.90	0.07	Ampiamente Inferiore a 1 cm
5.50	0.05	Ampiamente Inferiore a 1 cm
5.20	0.04	Ampiamente Inferiore a 1 cm

CPTU 2 2020

Classe d'Uso II (PGA = 0,17 g); Metodo di Boulanger & Idriss 2014		
Mw	ILP	Cedimenti, in cm. circa.
6.14	1.0	4 cm ca.
5.90	0.8	2 cm ca.
5.50	0.6	2 cm ca.
5.20	0.4	1 cm ca.

CPTU 3 2020

Classe d'Uso II (PGA = 0,17 g); Metodo di Boulanger & Idriss 2014		
Mw	ILP	Cedimenti, in cm. circa.
6.14	0.2	2 cm ca.
5.90	0.2	2 cm ca.
5.50	0.1	1 cm ca.
5.20	0.1	1 cm ca.

Tabb. 2.

Si sono ulteriormente ripetute altre verifiche numeriche sempre in favore della massima sicurezza e penalizzazione e con riferimento ad un valore di PGA pari a 0,22 g ovvero discendente dall'applicazione della Cat. C dell'approccio semplificato di cui alla Tab. 3.2.II del DM/NTC. I risultati sono i seguenti:

CPTU 1 2020:

Metodo di Boulanger & Idriss 2014			Metodo di Robertson & Wride (NCEER), 2009		
Mw	ILP	Cedimenti, in cm. circa.	Mw	ILP	Cedimenti, in cm. circa.
6.14	0.1	0.5 cm ca.	6.14	0.1	Inferiore a 0.5 cm ca.
5.90	0.1	Inferiore a 0.5 cm	5.90	0.1	Inferiore a 0.5 cm ca.
5.50	0.1	Inferiore a 0.5 cm	5.50	0	Inferiore a 0.5 cm ca.
5.20	0.1	Inferiore a 0.5 cm	5.20	/	/

CPTU 2 2020:

Metodo di Boulanger & Idriss 2014			Metodo di Robertson & Wride (NCEER), 2009		
Mw	ILP	Cedimenti, in cm. circa.	Mw	ILP	Cedimenti, in cm. circa.
6.14	2.2	7 cm ca.	6.14	0.9	3 cm ca.
5.90	2.1	7 cm ca.	5.90	0.6	2 cm ca.
5.50	1.7	6 cm ca.	5.50	0.2	1 cm ca.
5.20	1.5	5 cm ca.	5.20	0.1	Inferiore a 0.5 cm

CPTU 2 2020:

Metodo di Boulanger & Idriss 2014			Metodo di Robertson & Wride (NCEER), 2009		
Mw	ILP	Cedimenti, in cm. circa.	Mw	ILP	Cedimenti, in cm. circa.
6.14	0.5	3 cm ca.	6.14	0.3	2 cm ca.
5.90	0.4	3 cm ca.	5.90	0.2	2 cm ca.
5.50	0.4	3 cm ca.	5.50	0	Inferiore a 1 cm
5.20	0.3	2 cm ca.	5.20	/	/

Tabb. 3.

Nel complesso si dovrà osservare che l'apposita Delibera regionale indica quanto segue:

$I_L = 0$	Non liquefacibile
$0 < I_L \leq 2$	Potenziale basso
$2 < I_L \leq 5$	Potenziale moderato
$5 < I_L \leq 15$	Potenziale alto
$15 < I_L$	Potenziale molto alto

Dalle risultanze riportate nelle tabelle si può constatare come i valori di ILP denotino un Potenziale di Liquefazione BASSO che può complessivamente essere ritenuto del tutto trascurabile. Solamente in corrispondenza della CPTU e per le combinazioni massimamente penalizzanti di Cat C (Classe d'Uso II) e per Mw pari a 6,14 e 5,90 si riscontrano potenziali Moderati.

Gli orizzonti granulari potenzialmente granulari sono di spessore assolutamente trascurabile, come verrà illustrato alle apposite figure alle quali si rimanda.

Circa i cedimenti massimi e differenziali attesi da liquefazione, questi cedimenti possono essere considerati assolutamente modesti per il Metodo di Robertson & Wride (NCEER) 2009, mentre riferendosi al Metodo di Boulanger & Idriss 2014, si rilevano cedimenti assoluti maggiori i massimi dei quali si rilevano in corrispondenza del punto di esecuzione della CPTU 2, dovranno quindi essere considerati con attenzione i cedimenti assoluti puntuali ed i cedimenti differenziali e le conseguenti distorsioni sulle strutture. I cedimenti potranno essere considerati accettabili dalle strutture qualora le strutture stesse siano in grado di non danneggiarsi per tali cedimenti e per le conseguenti distorsioni, ciò vale anche per le finiture e funzionalità, anche dei vari impianti tecnologici.

Per considerazioni circa il Rischio complessivo da liquefazione si può osservare quanto segue (come anche riportato alla relazione dell'anno 2018): il Rischio complessivo deriva dalla seguente equazione:

$R = P \times V \times E$, dove:
R= Rischio;
P= Pericolo o Pericolosità;
V= Vulnerabilità;
E= Esposizione.

La Pericolosità ovvero il Pericolo è legato al fenomeno, nel caso in questione al fenomeno co-sismico derivante dalla liquefazione degli orizzonti saturi granulari localmente rilevati, e per il caso in esame, come visto è Basso.

La Vulnerabilità è connessa alle caratteristiche delle strutture e può essere controllata, nel senso che si può agire sulle fondazioni e sulle strutture in elevazione in modo tale che subiscano il minor danno possibile qualora l'evento (liquefazione) avvenga. L'Esposizione dipende dagli oggetti (e/o dal loro valore) e dalle vite umane contenute dagli edifici.

Evidentemente qualsiasi termine dell'equazione può modificare enormemente il risultato complessivo avvicinando o meno questo risultato a termini che possano essere ritenuti (o meno) accettabili. Ciò però non è nelle possibilità (oneri) dello scrivente. Starà alla Committenza e/o ai Progettisti valutare il Rischio complessivo. Si osservi che anche la Pericolosità locale (connessa al fenomeno) può essere, anche ulteriormente ridotta (se i Progettisti/la Committenza lo dovessero ritenere necessario). Si può ad esempio operare sui terreni di fondazione. La già citata Delibera Regionale e le pratiche discendenti dalle esperienze di ricostruzione del post sisma dell'Emilia del 2012 presentano metodi di intervento che consentono di operare in tal senso con risultati che possono essere considerati apprezzabili. Ad esempio si possono realizzare compattazioni dei terreni, si possono realizzare fondazioni profonde (pali), si possono eseguire/realizzare apposite iniezioni e/o drenaggi. Ogni eventuale intervento dovrà essere attentamente ed appositamente pensato, progettato, realizzato ed anche, molto importante, testato. Si consideri infatti che esperienze ve ne sono ma la casistica ancora non consente una progettazione scevra dal testare le performances degli interventi realizzati.

Resta poi, soprattutto da capire cosa si intenda, in Pianura Padana per "rischio" (in senso lato e diverso da quello sopra riportato- Rischio- e per riferirsi a ciò, più correttamente da sostituire col termine Pericolo/Pericolosità) da liquefazione, occorre tornare alle basi delle premesse di applicabilità dei metodi di indagine, questi traggono origine da situazioni 1D o 2D dove sostanzialmente un letto sabbioso molto esteso è confinato verso l'alto da depositi argillosi o comunque non liquefacibili. In tali situazioni il "rischio"/Pericolo è insito in cedimenti che possono essere molto rilevanti, in relazione alle spessore dei depositi ed ai meccanismi di veicolazione laterale nelle sabbie e non confinati da "accidenti" stratigrafici quali brusche terminazioni frangiate verso le argille; la bibliografia tecnica di riferimento riporta episodi drammatici di perdite di piano o di tilting (rigido, in dipendenza delle caratteristiche degli edifici) di interi edifici. Durante l'evento sismico dell'Emilia del 2012 non si è registrato niente di tutto ciò, si è invece assistito a fuoriuscite di liquidi costituiti da sabbie ed acqua, da pozzi o da fratture nel terreno che hanno intasato vani più o meno interrati e/o riempito superfici varie, anche con fenomeni di risalita fluida particolarmente difficili da spiegare. Relativamente ai cedimenti, anche nei luoghi di maggior evidenza del fenomeno (San Carlo, Sant'Agostino ecc.) non si è assistito a cedimenti particolari, se non in casi particolari. In sostanza cedimenti centimetrici e/o cedimenti differenziali particolari hanno

interessato solamente pochi edifici. Se il “rischio”/Pericolo dovesse ricondursi solamente alla messa in posto di qualche metro cubo di sabbia e/o altri fluidi occorrerà considerare una adeguata protezione anche nei confronti degli oggetti e degli impianti tecnologici che saranno ospitati nei vari edifici da realizzarsi e/o di quant’altro contenuto e passibile di danneggiamento.

Oltre a quanto già considerato, si prescrive di non realizzare alcun pozzo freatico e/o artesiano negli immediati pressi dell’area in esame. Purtroppo allo stato attuale delle conoscenze non si ha la possibilità di prevedere l’insorgenza di aperture nei terreni (dalle quali come detto possono sgorgare fluidi derivanti da liquefazione).

Di seguito si riportano le restituzioni grafiche delle verifiche eseguite (a seguito dei risultati dello Studio di R.S.L. dallo scrivente, per Classe d’Uso II: $PGA = 0,17 g$) utilizzando il Metodo di Robertson & Wride (NCEER) 2009.

Liquefaction analysis overall plot

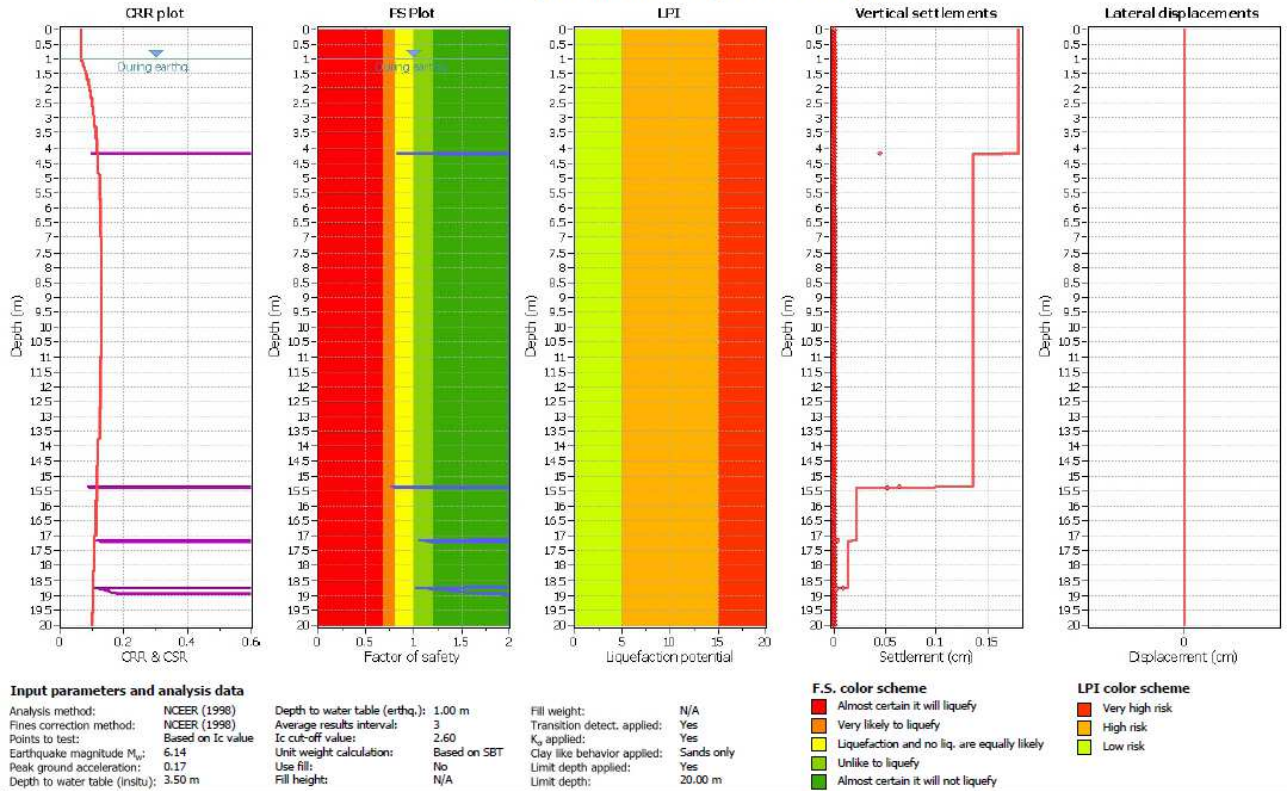


Fig. 6/1: CPTU 1, $M_w=6.14$.

Liquefaction analysis overall plot

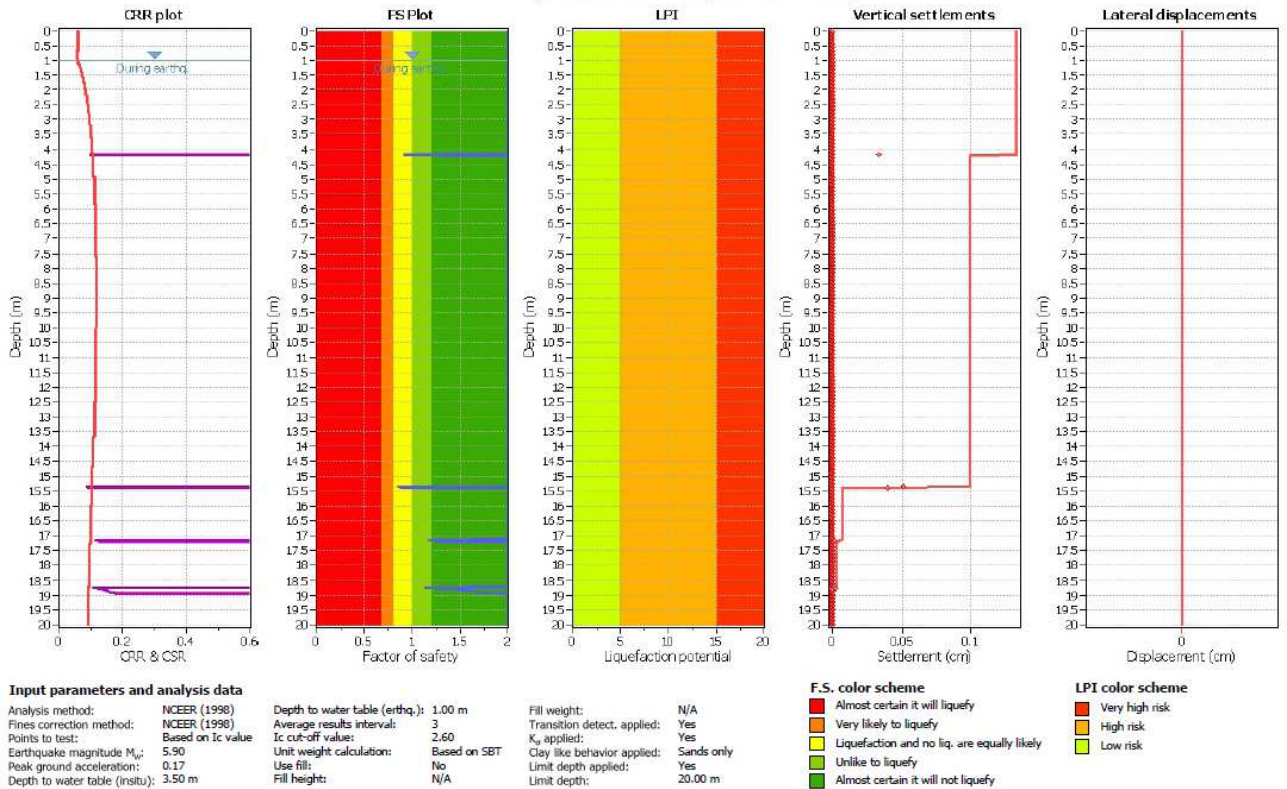


Fig. 6/2: CPTU 1, $M_w=5.90$.

Liquefaction analysis overall plot

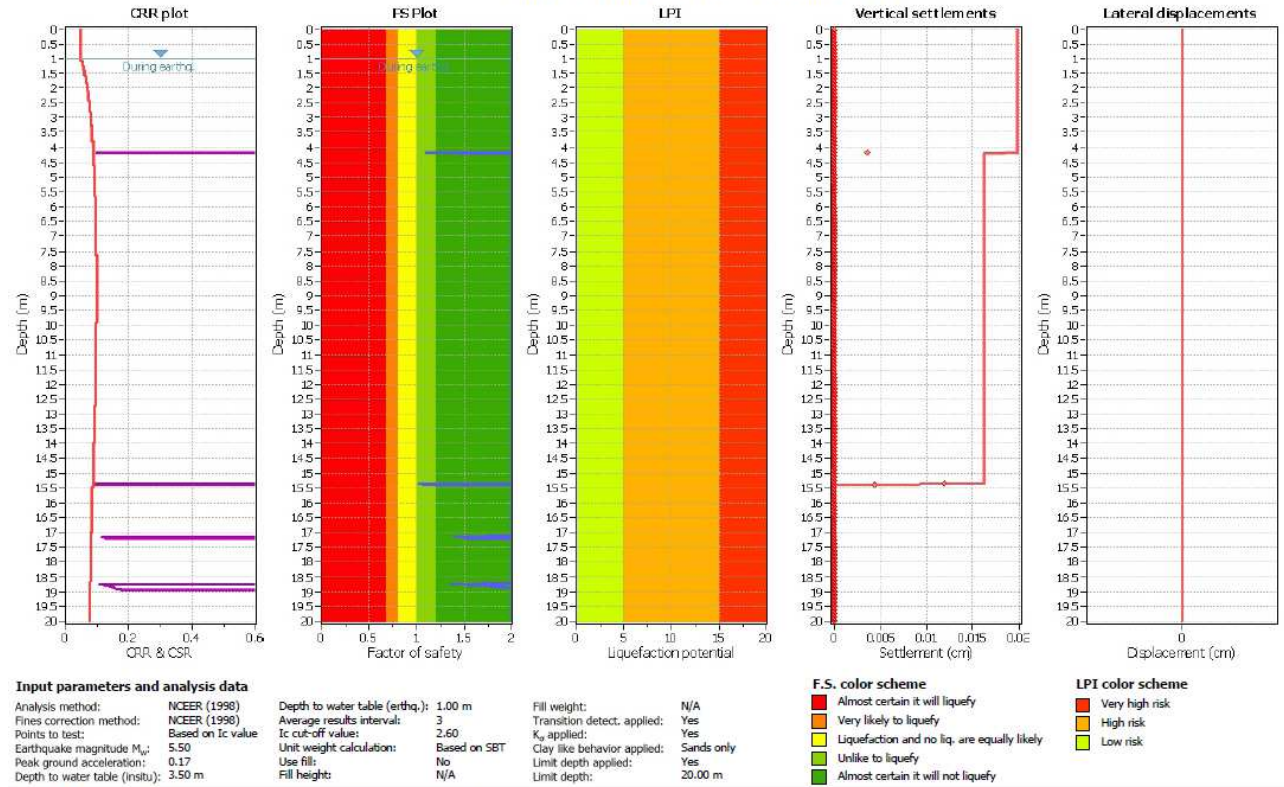


Fig. 6/3: CPTU 1, Mw= 5,50.

Liquefaction analysis overall plot

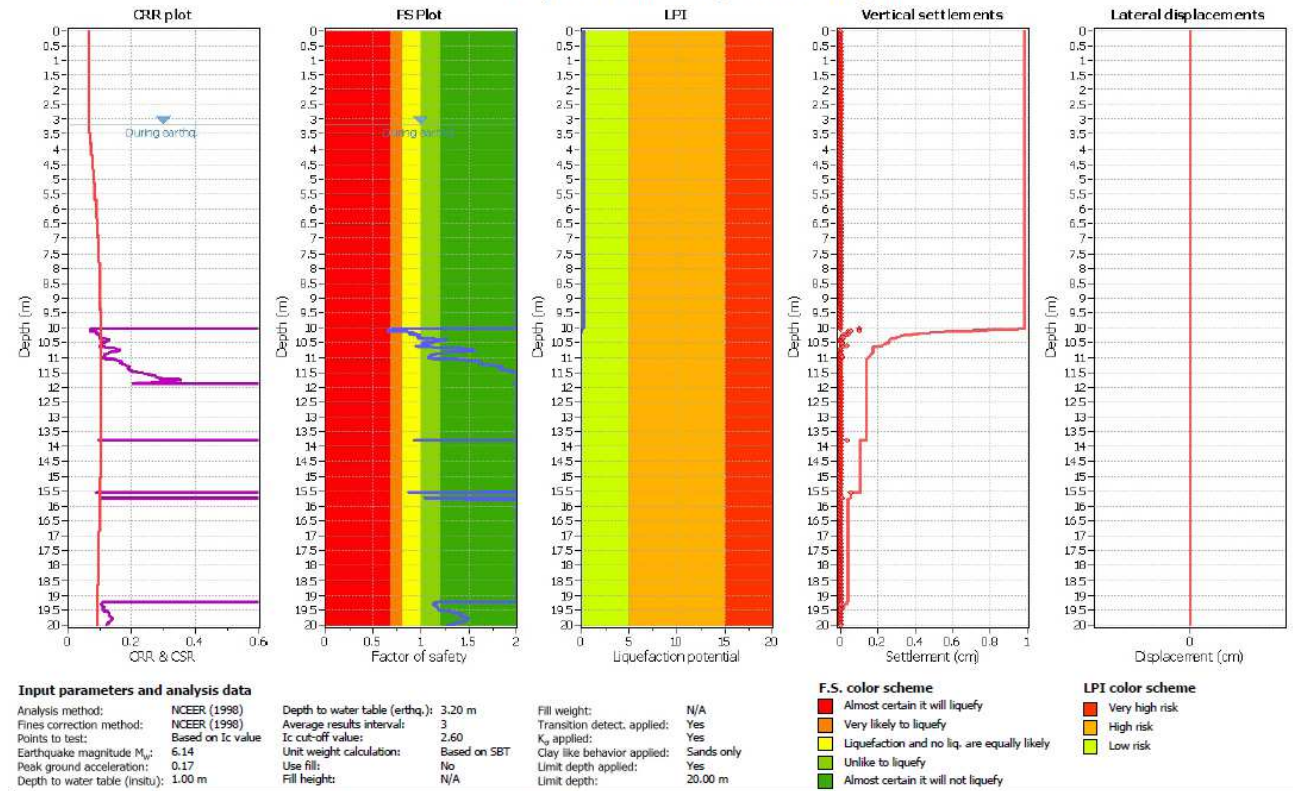
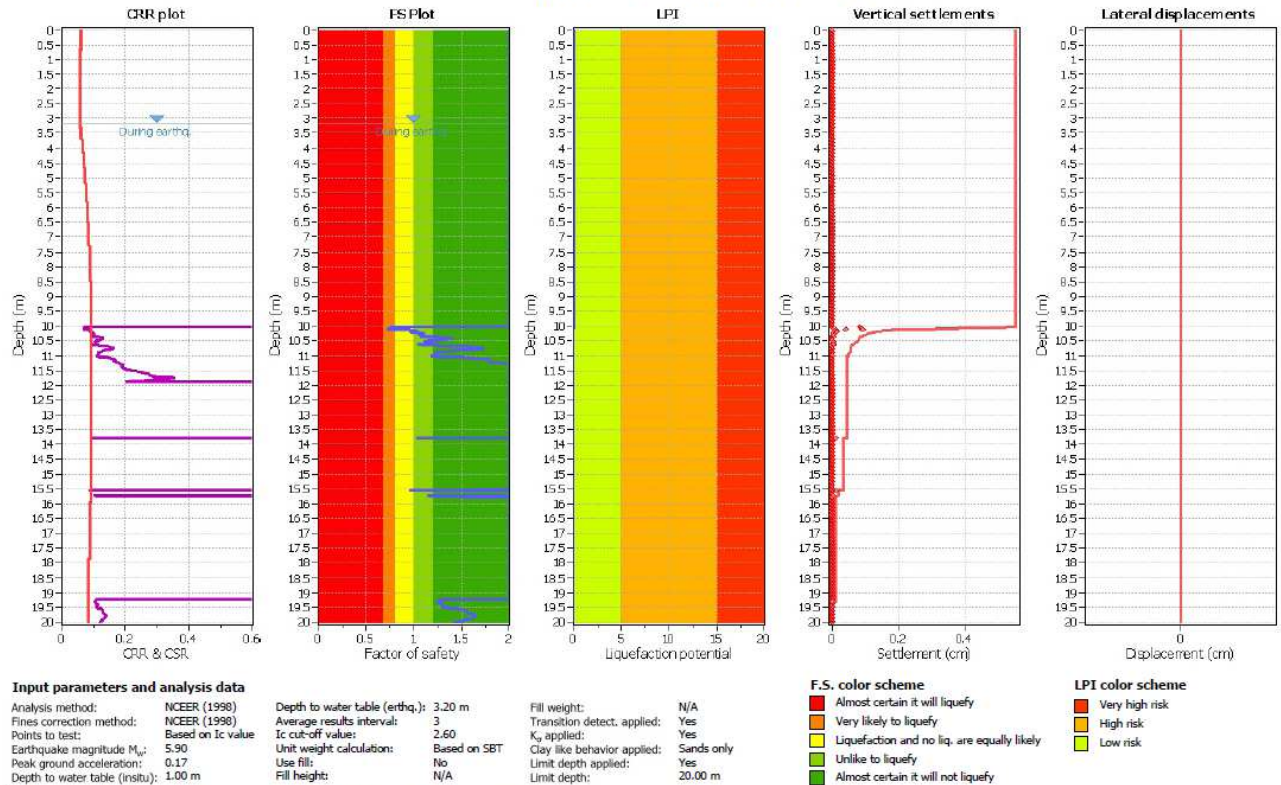


Fig. 6/4: CPTU 2, Mw= 6,14.

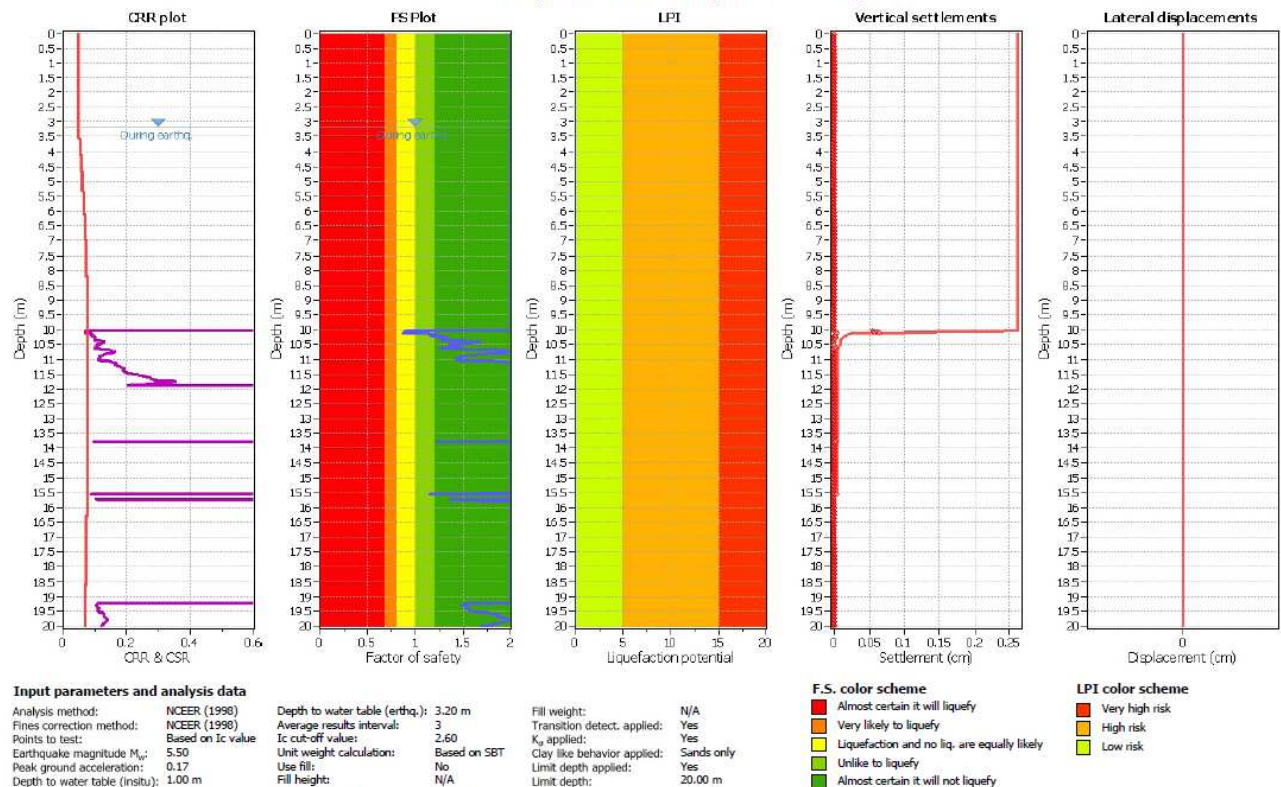
Liquefaction analysis overall plot



Clq v.2.1.6.11 - CPT Liquefaction Assessment Software - Report created on: 17/06/2020, 17:10:40

Fig. 6/5: CPTU 2, Mw= 5,90.

Liquefaction analysis overall plot



Clq v.2.1.6.11 - CPT Liquefaction Assessment Software - Report created on: 17/06/2020, 17:12:59

Fig. 6/6: CPTU 2, Mw= 5,50.

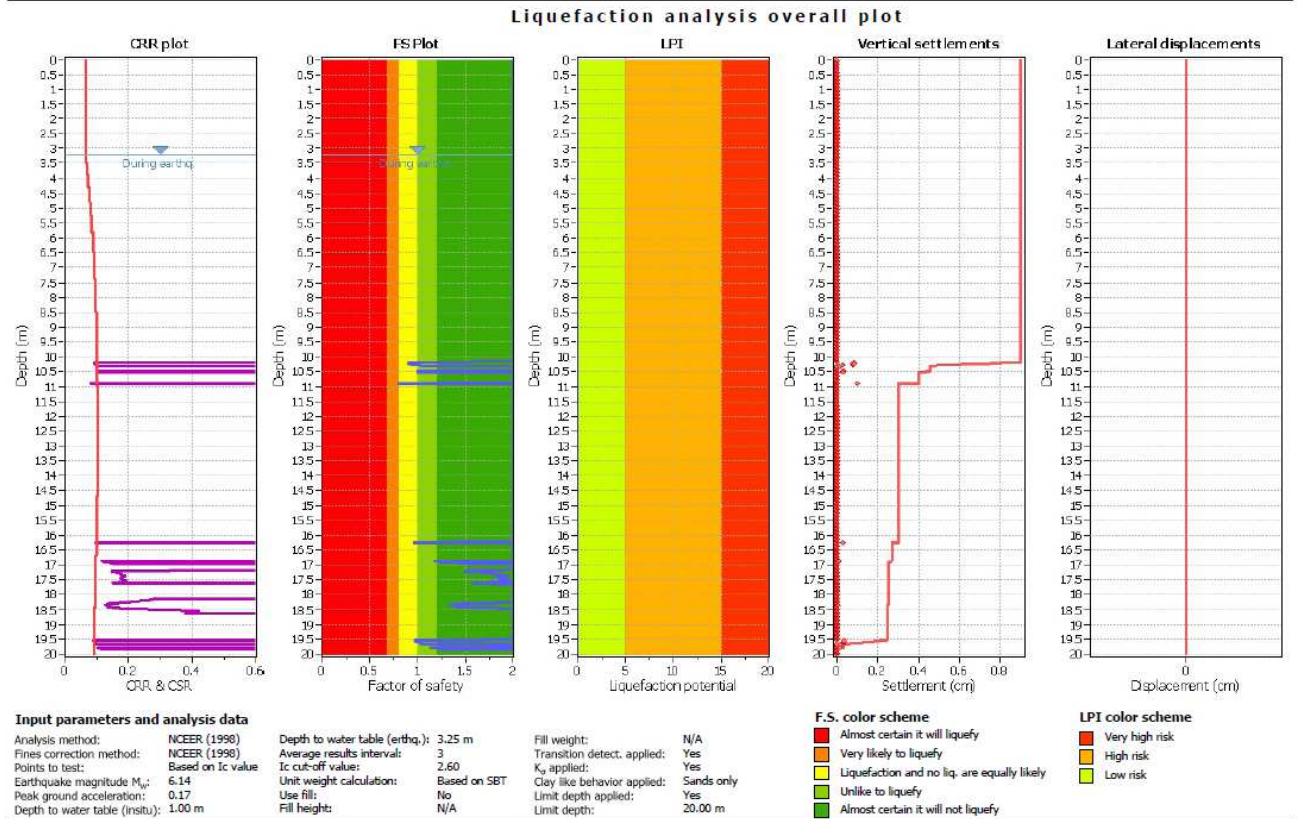


Fig. 6/7: CPTU 3, $M_w=6.14$.

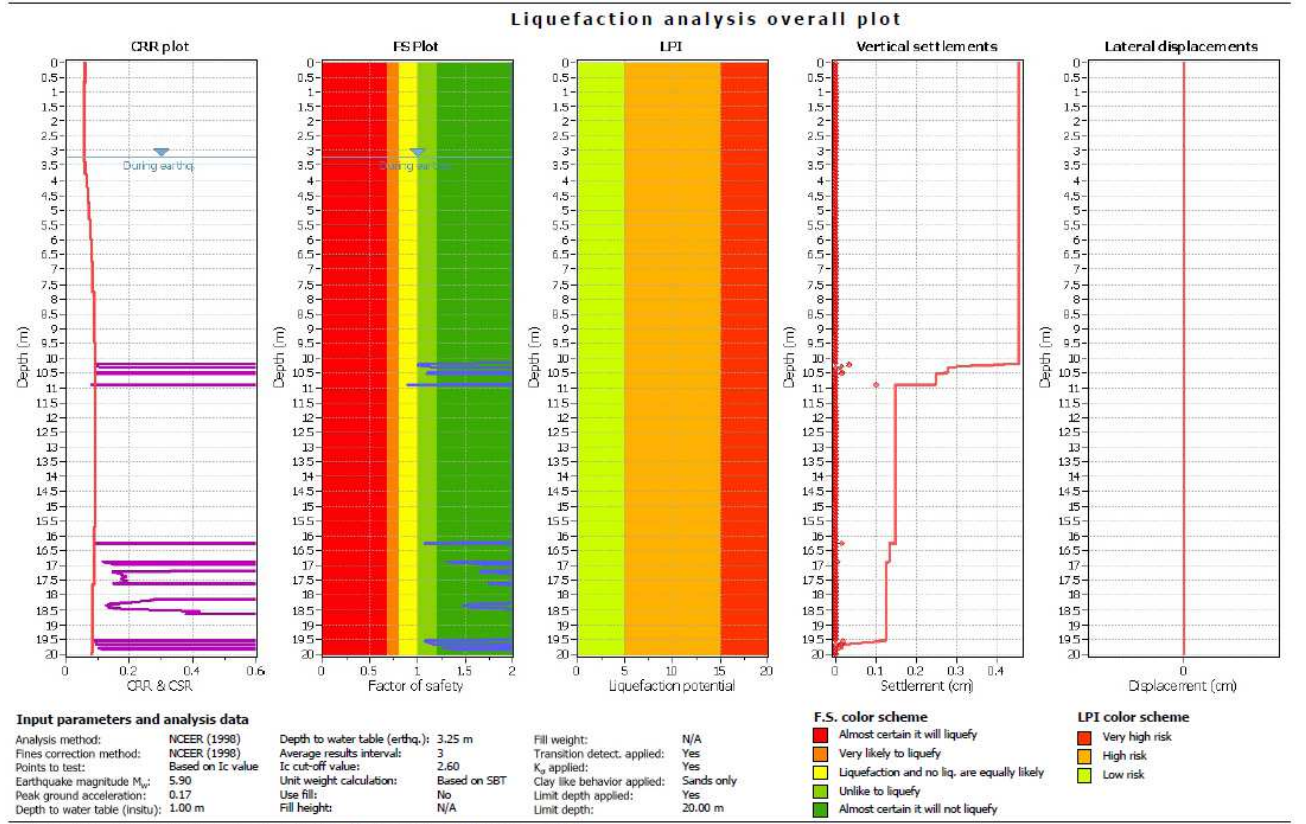


Fig. 6/8: CPTU 3, $M_w=5.90$.

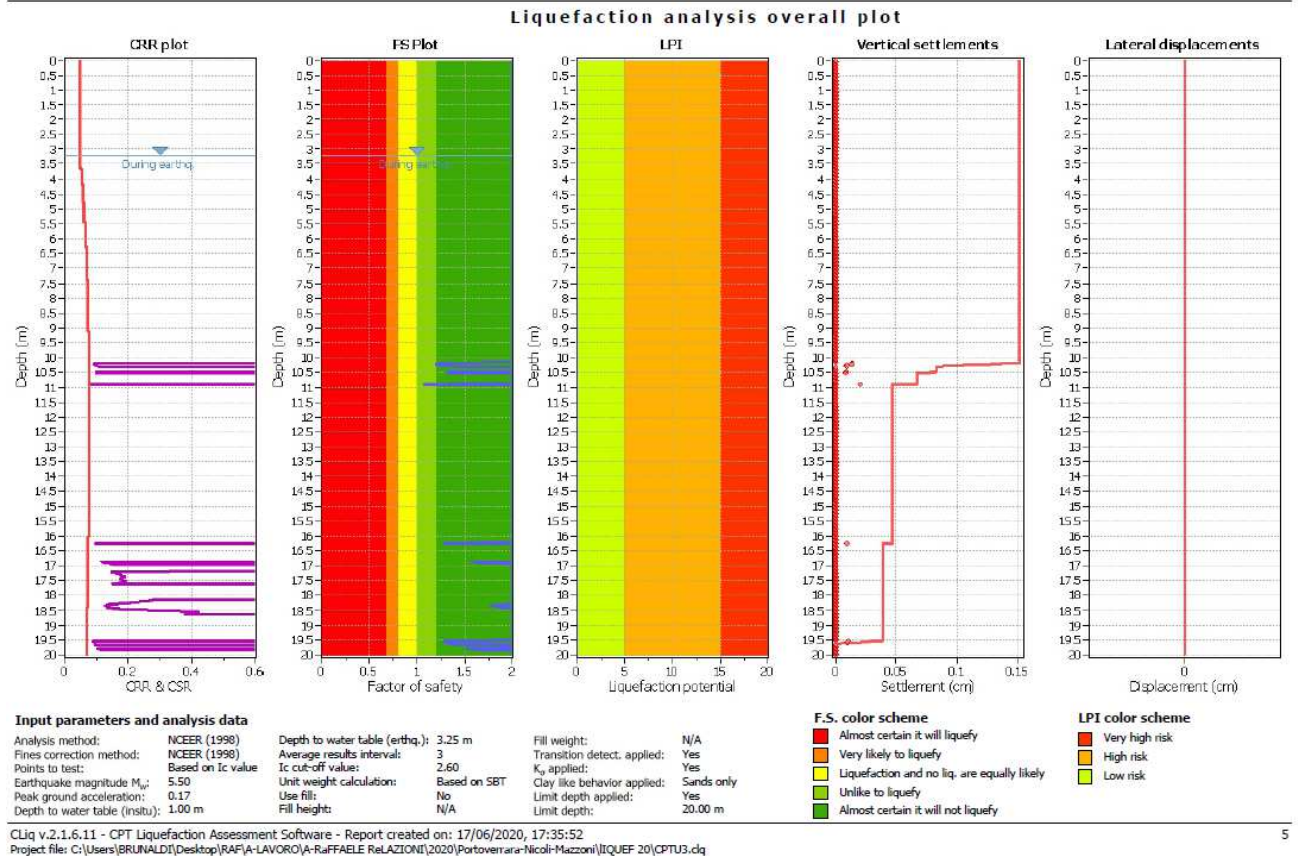


Fig. 6/9: CPTU 3, $M_w=5,50$.

Circa i metodi semplificati (come quelli utilizzati in relazione) occorre ricordare che, al contrario della maggior parte dei metodi empirici, richiedono che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'accelerazione sismica orizzontale massima in superficie e della magnitudo di riferimento. Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilabile nello strato (R) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (T). Cioè in pratica si avrà: $F_s = \frac{R}{T}$.

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza F_s sarà minore di 1,00. R è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche, statiche. La grandezza T dipende invece dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto) e viene ricavata attraverso la

relazione: $T = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d MSF$. dove:

- a_{max} = accelerazione sismica massima.
- G = accelerazione di gravità = $980,7 \text{ cm/s}^2$.
- σ_{v0} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.
- σ'_{v0} = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.
- r_d = coefficiente funzione della profondità dal p.c., valutabile secondo il seguente schema:
 $r_d = 1 - 0,00765z$ per $z \leq 9,15$ m.
 $r_d = 1,174 - 0,0267z$ per $9,15 < z \leq 23$ m.
 $r_d = 0,774 - 0,008z$ per $23 < z \leq 30$ m.
 $r_d = 0,5$ per $z > 30$ m.
- MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma, ricavabile con la relazione:

$$MSF = \left(\frac{M}{7.5} \right)^{-3.3} \text{ se } M \leq 7,5 \text{ o con la formula } MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \text{ se } M > 7,5$$

Il Calcolo della resistenza al taglio mobilata (R), tramite Il metodo di Robertson & Wride che permette di correlare la resistenza al taglio mobilata nel terreno con i risultati delle prove penetrometriche statiche (C.P.T.) avviene secondo le due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \text{ per } (q_{c1n})_{cs} < 50; \quad R = 93 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \text{ per } 50 \leq (q_{c1n})_{cs} < 160$$

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente. Il calcolo di $(q_{c1n})_{cs}$ avviene attraverso i seguenti passaggi: si calcola la resistenza alla punta e l'attrito laterale

specifico normalizzati con le relazioni: $Q = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'}$ e $F = 100 \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}$.

dove:

- q_c (kg/cm²) = resistenza alla punta determinata dalla prova C.P.T.
- f_s (kg/cm²) = attrito laterale specifico determinato dalla prova C.P.T.
- σ_{v0} (kg/cm²) = pressione verticale totale
- σ_{v0}' (kg/cm²) = pressione verticale efficace

Si calcola l'indice di tipo dello strato sabbioso con la formula: $Ic = \sqrt{(\log_{10} F + 1.22)^2 + (\log_{10} Q - 3.47)^2}$

Si applica una correzione che tenga conto dell'approfondimento della prova: $q_{c1n} = C_Q q_c$ dove $C_Q = \left(\frac{1}{\sigma_{v0}'} \right)^n$

L'esponente n viene valutato come segue: se $Ic > 2,6$ allora $n = 1$; se $Ic \leq 2,6$ si calcola un primo valore di q_{c1n} , utilizzando

$n = 0,5$; quindi si ricalcola Ic con la relazione: $Ic = \sqrt{(\log_{10} F + 1.22)^2 + (\log_{10} q_{c1n} - 3.47)^2}$.

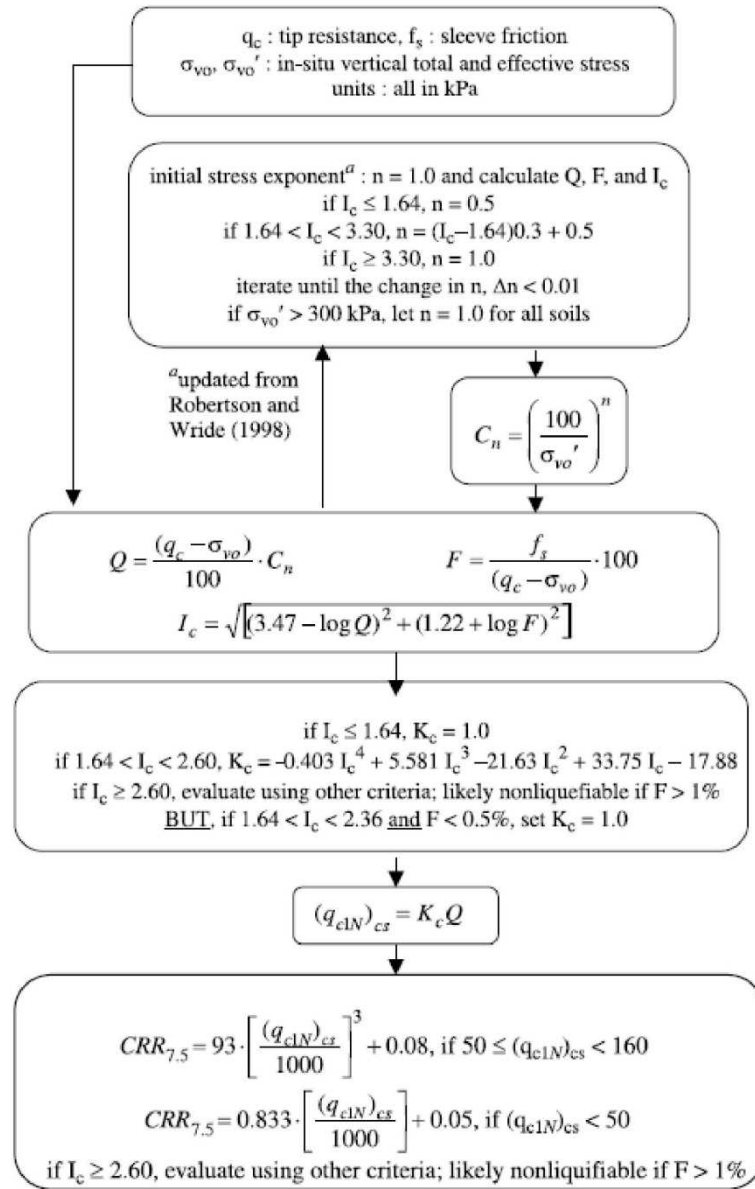
se il nuovo valore di Ic è ancora minore di 2,6 si conferma il valore $n = 0,5$, altrimenti si ricalcola q_{c1n} , utilizzando $n = 0,75$; se $q_{c1n} > 2q_c$ si pone $q_{c1n} = 2q_c$. Si introduce la correzione dovuta alla presenza di fine nel livello sabbioso:

$(q_{c1n})_{cs} = K_c q_{c1n}$, dove K_c è uguale a 1, se $Ic \leq 1.64$, ed è fornito dalla relazione:

$K_c = -0.403Ic^4 + 5.581Ic^3 - 21.63Ic^2 + 33.75Ic - 17.88$, in caso contrario. Il metodo verrà illustrato anche di seguito.

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

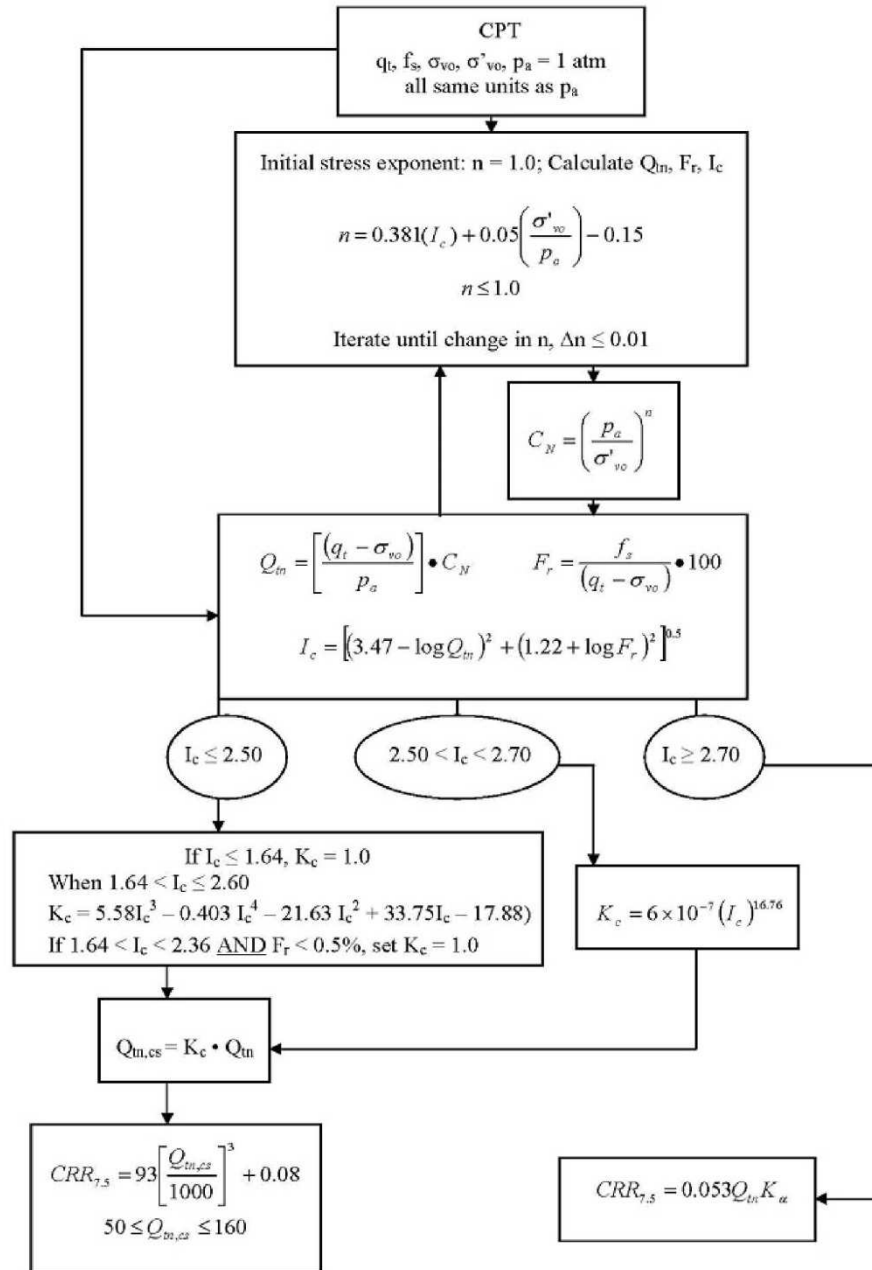
Calculation of soil resistance against liquefaction is performed according to the Robertson & Wride (1998) procedure. The procedure used in the software, slightly differs from the one originally published in NCEER-97-0022 (Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils). The revised procedure is presented below in the form of a flowchart¹:



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

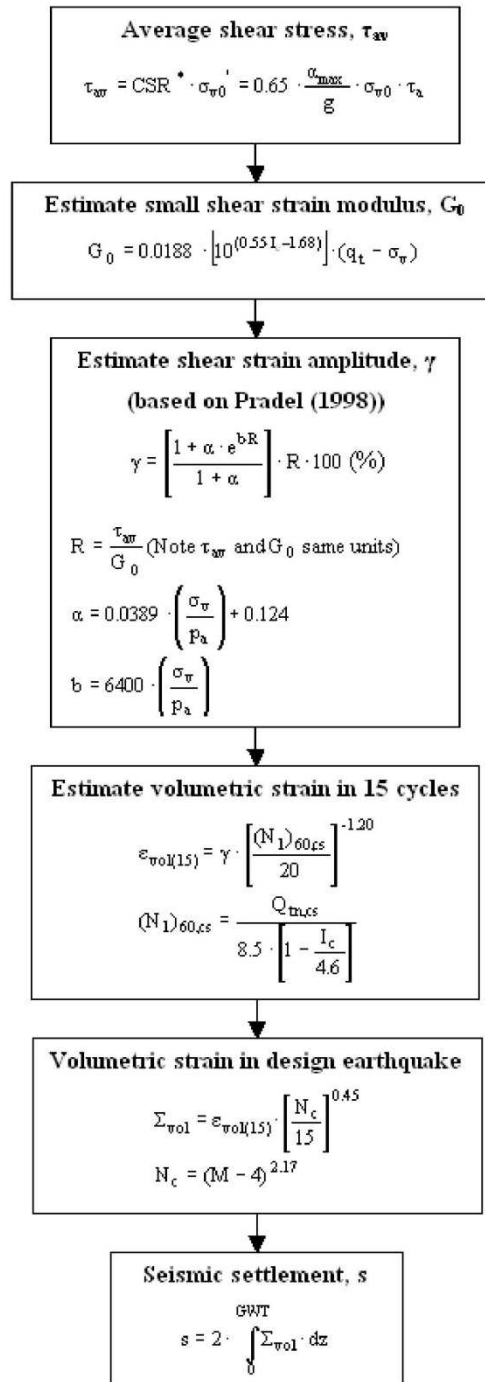
Procedure for the evaluation of soil liquefaction resistance (all soils) - Robertson (2010)

Calculation of soil resistance against liquefaction is performed according to the Robertson & Wride (1998) procedure. This procedure used in the software, slightly differs from the one originally published in NCEER-97-0022 (Proceedings of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils). The revised procedure is presented below in the form of a flowchart¹:



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

Procedure for the estimation of seismic induced settlements in dry sands



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

Liquefaction Potential Index (LPI) calculation procedure

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

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

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

where:

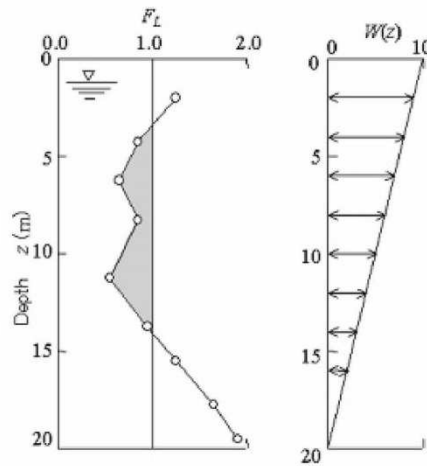
$F_L = 1 - F.S.$ when F.S. less than 1

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

z depth of measurement in meters

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

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



Graphical presentation of the LPI calculation procedure

References

- Lunne, T., Robertson, P.K., and Powell, J.J.M 1997. Cone penetration testing in geotechnical practice, E & FN Spon Routledge, 352 p, ISBN 0-7514-0393-8.
- Boulanger, R.W. and Idriss, I. M., 2007. Evaluation of Cyclic Softening in Silts and Clays. ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering June, Vol. 133, No. 6 pp 641-652
- Robertson, P.K. and Cabal, K.L., 2007, Guide to Cone Penetration Testing for Geotechnical Engineering. Available at no cost at <http://www.geologismiki.gr/>
- Robertson, P.K. 1990. Soil classification using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal, 27 (1), 151-8.
- Robertson, P.K. and Wride, C.E., 1998. Cyclic Liquefaction and its Evaluation based on the CPT Canadian Geotechnical Journal, 1998, Vol. 35, August.
- Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Arango, I., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, W.D.L., Harder, L.F., Hynes, M.E., Ishihara, K., Koester, J., Liao, S., Marcuson III, W.F., Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R., and Stokoe, K.H., Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, ASCE, Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, Vol. 127, October, pp 817-833
- Zhang, G., Robertson. P.K., Brachman, R., 2002, Estimating Liquefaction Induced Ground Settlements from the CPT, Canadian Geotechnical Journal, 39: pp 1168-1180
- Zhang, G., Robertson. P.K., Brachman, R., 2004, Estimating Liquefaction Induced Lateral Displacements using the SPT and CPT, ASCE, Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, Vol. 130, No. 8, 861-871
- Pradel, D., 1998, Procedure to Evaluate Earthquake-Induced Settlements in Dry Sandy Soils, ASCE, Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering, Vol. 124, No. 4, 364-368
- Iwasaki, T., 1986, Soil liquefaction studies in Japan: state-of-the-art, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 5, No. 1, 2-70
- P.K. Robertson, 2009, Interpretation of Cone Penetration Tests - a unified approach., Canadian Geotechnical Journal, Vol. 46, No. 11, pp 1337-1355
- P.K. Robertson, 2009. "Performance based earthquake design using the CPT", Keynote Lecture, International Conference on Performance-based Design in Earthquake Geotechnical Engineering - from case history to practice, IS-Tokyo, June 2009
- Robertson, P.K. and Lisheng, S., 2010, "Estimation of seismic compression in dry soils using the CPT" FIFTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT ADVANCES IN GEOTECHNICAL EARTHQUAKE ENGINEERING AND SOIL DYNAMICS, *Symposium in honor of professor I. M. Idriss*, SAN diego, CA
- R. E. S. Moss, R. B. Seed, R. E. Kayen, J. P. Stewart, A. Der Kiureghian, K. O. Cetin, CPT-Based Probabilistic and Deterministic Assessment of In Situ Seismic Soil Liquefaction Potential, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental

Figg. 6/10: illustrazione dei metodi di calcolo utilizzati.

Raffaele Brunaldi
Geologo in Argenta (FE), Via A. Da Brescia 11
Tel.: 0532852858; cell.: 3355373693
e-mail: rbrugco@gmail.com; pec: raffaele.brunaldi@epap.sicurezza postale.it

Argenta, lì 18/06/20

Raffaele Brunaldi, Geologo

