

Committente:



CACIP S.p.A. Consorzio Industriale Provinciale di Cagliari
Viale Diaz 86, 09125 Cagliari (CA)

Progetto:

Revamping delle linee "A" e "B" del termovalorizzatore di Cagliari - Macchiareddu

Progetto definitivo

Progettisti:

tbf partner
Ingegneri e Consulenti

Strada Regina 70 T+41 91 610 26 26
Postfach E-Mail tbfti@tbf.ch
6982 Agno



R.P. Sarda s.r.l.
VIA GIOTTO, 7 SARROCH (CA)
TEL. 070 902036

SERVIN
SERVIZI INTEGRATI ALL'INGEGNERIA S.p.A.

Via Pitzolo 26 - Cagliari - tel. 070-454146
email: info@servinsrl.it

Committente:

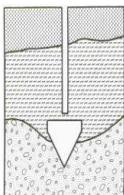
Progettista:

Titolo:

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

Rev.	Data	Modifiche	Disegnato	Controllato
0	28.01.2016	Prima emissione	Franzosi	FC
1	29.06.2018	Revisione per verifica progetto	AA	FC
2	25.07.2018	Ulteriori modifiche	AA	FC
3				
4				
5				

Scala:	Formato:	Data:	Documento no. :	Rev.
-	A4	25.07.2018	R.30.1120	2



DR. ANTONELLO ANGIUS

Geologo

Via Italia, 143

09134 Cagliari

Tel/Fax 070403274

e.mail: angiusgeo@tiscali.it

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA E AMBIENTALE

Comune di Capoterra
Città metropolitana di Cagliari

Progetto:

**REVAMPING LINEE "A" E "B" DEL TERMOVALORIZZATORE
CACIP DI MACCHIAREDDU**

RELAZIONE GEOLOGICA

Giugno 2018

Committente: R.P. Sarda S.r.l.

INDICE

1.0	Premessa	pag. 1
2.0	Ubicazione del sito	pag. 1
3.0	Caratteristiche delle campagne geognostiche	pag. 4
4.0	Attrezzature utilizzate	pag. 4
5.0	Indagini di riferimento	pag. 4
6.0	Prove S.P.T.	pag. 5
7.0	Prove DPSH	pag. 6
8.0	Prelievo campioni e prove di laboratorio sulle terre	pag. 6
9.0	Rilievo della falda, idrogeologia e riferimenti P.A.I.	pag. 7
10.0	Contesto geologico stratigrafico	pag. 7
11.0	Stratigrafia di dettaglio e parametrizzazione geotecnica	pag. 9
12.0	Parametri sismici	pag. 10
13.0	Considerazioni geotecniche	pag. 16

Allegato 1: colonne stratigrafiche

Allegato 2: rassegna fotografica

Allegato 3: elaborati prove DPSH

Allegato 4: prove laboratorio geotecnico

Allegato 5: Sezione litostratigrafica

1.0 PREMESSA

L'impresa BARBAROSSA Srl (per conto di R.P. Sarda Srl) nell'ambito del progetto di Revamping delle linee A e B del Termovalorizzatore CACIP di Macchiareddu, Capoterra (CA) ha affidato allo scrivente Dr. Geol. Antonello Angius (O.R.G. Sardegna n.144) la stesura della relazione geologica e sismica.

L'elaborato si basa su specifiche indagini e su quelle pregresse eseguite sullo stesso sito ed in aree immediatamente limitrofe. In particolare si farà riferimento ai seguenti lavori:

- Indagine geognostica eseguita da GEOTEST Srl nel mese di Novembre 2017 ambientali per l'Impianto di compostaggio e per la Piattaforma ambientale. L'indagine comprendeva sondaggi a carotaggio continuo, piezometri prove MASW e prove di laboratorio geotecnico;
- campagna geognostica attuale (giugno 2018) a mezzo sondaggi a carotaggio, prove DPSH, prove presso laboratorio geotecnico.

I lavori fanno riferimento alla seguente normativa:

D.M. 11.03.1988: Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996: Norme tecniche relative ai - Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998): Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997): Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI

Eurocodice 7.2 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

Eurocodice 7.3 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI

Decreto Ministeriale 14.01.2008: Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

AGI – ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA: Raccomandazioni sui pali di fondazione.

2.0 UBICAZIONE DEL SITO

Il sito interessato dalle opere in progetto è ubicato nell'Impianto del Termovalorizzatore CACIP di Macchiareddu, in Comune di Capoterra (CA).

I riferimenti cartografici sono rappresentati da:

Sezione 566-IV PULA dell'IGMI Scala 1:25.000

Sezione 556-010 della CTR Scala 1:10.000



FIGURA 1: Aerofotogrammetria dell'area d'intervento (Google Earth)

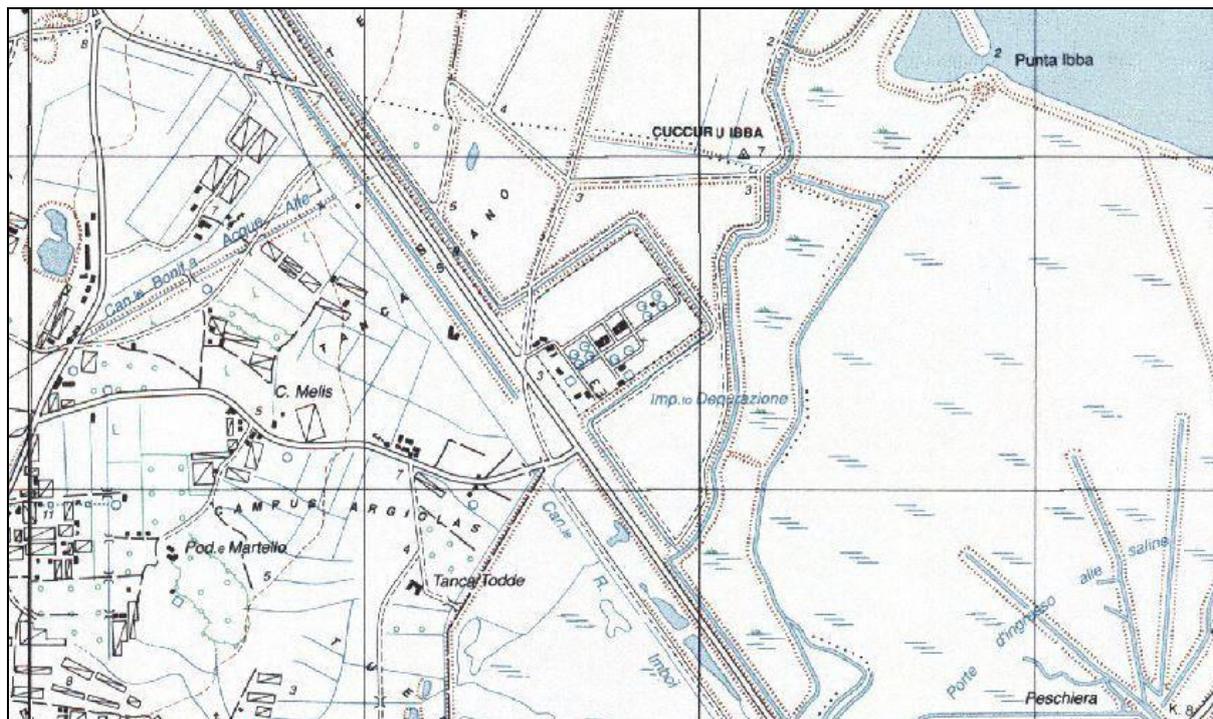


FIGURA 2: Stralcio Carta IGM 1:25.000

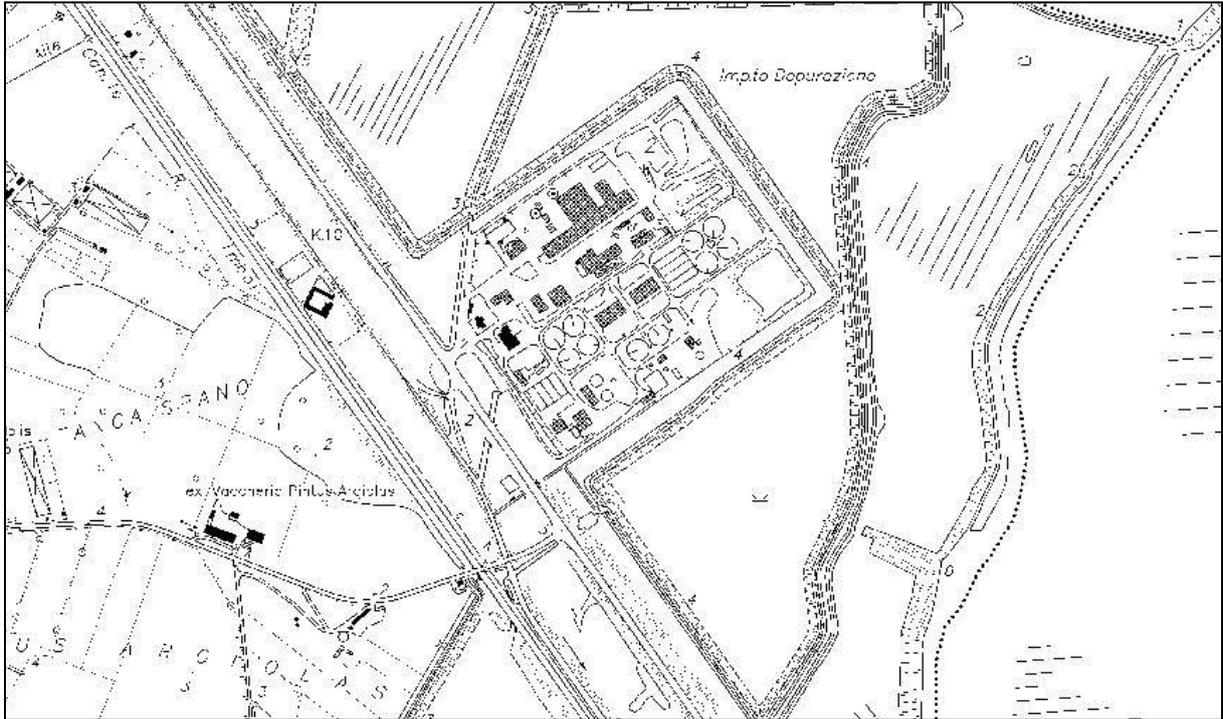
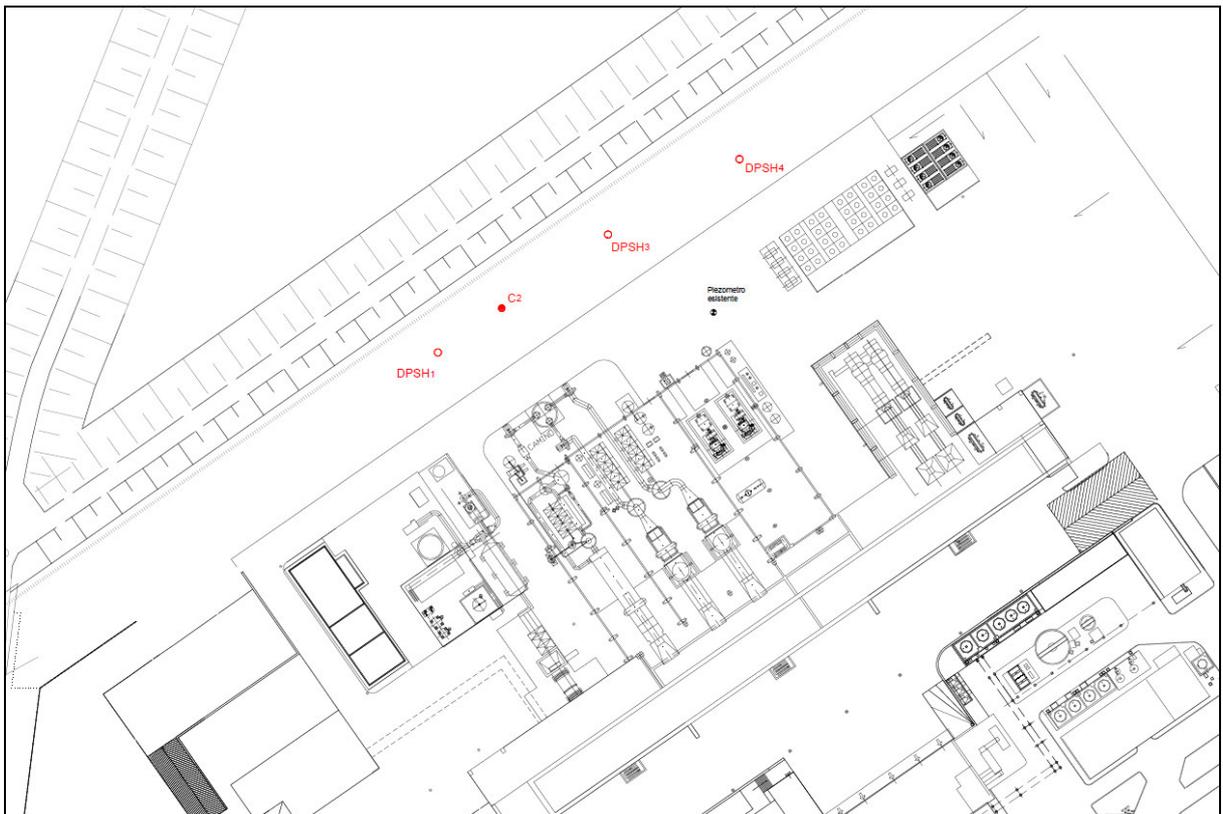


FIGURA 3: Stralcio Carta Tecnica Regionale 1:10.000



Tav. 1: Aree interessate dal progetto e ubicazione indagini

3.0 CARATTERISTICHE DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA

In funzione della tipologia delle opere, dei carichi indotti dalle strutture di fondazione e delle precedenti indagini eseguite in aree limitrofe o adiacenti, i lavori sono stati articolati come segue:

- inquadramento dell'area nel contesto geologico regionale e locale;
- raccolta dei dati ottenuti nel corso di precedenti indagini eseguite nello stesso sito o in siti immediatamente adiacenti e geologicamente affini (Relazione Dr. Geol. Mario Strinna, eseguita nel Novembre 2017 per lo stesso Impianto);
- esecuzione di 3 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH (Dynamic Probing Super Heavy);
- esecuzione di 1 sondaggio a carotaggio continuo, spinto alla profondità di 20 mt dal p.c. integrato da prove SPT e prelievo di campioni;
- Esecuzione presso laboratorio geotecnico autorizzato dal Ministero LL.PP. di prove edometriche e di determinazione delle caratteristiche naturali.

4.0 ATTREZZATURE IMPIEGATE

Sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- Sonda cingolata IPC modello 830L;
- Penetrometro SPT;
- Penetrometro cingolato DPSH Marca FONDECO modello ASTER 200.

5.0 INDAGINI DI RIFERIMENTO

In corrispondenza dell'area interessata dai lavori era stato eseguito, nel corso di una indagine eseguita a Novembre 2017 un sondaggio a rotazione con carotaggio continuo profondo 15 metri, integrati da prove SPT e prelievo di campioni, prove presso laboratorio geotecnico ed indagini geofisiche con metodo MASW, il foro era stato strumentato con piezometro a tubo aperto.



Tav. 2: Foto aerea con area indagini attuali ed indicazione dei sondaggi e piezometri eseguiti nel 2017.

Le indagini eseguite a Maggio 2018 sono state ubicate anche in funzione della disponibilità logistica delle aree e della presenza dei sottoservizi.

Per l'esecuzione delle prove DPSH è stato necessario eseguire un preforo di circa un metro al fine di superare il terreno di riporto con presenza di blocchi.

I carotaggi sono stati eseguiti mediante carotiere semplice con corona in widia del diametro di 101 millimetri. Le carote, scortecciate, riposte in cassette catalogatrici in PVC monostampo, munite di coperchio e fotografate, sono state consegnate al Committente.

Il Geologo ha seguito costantemente l'esecuzione dei lavori, riportando, su appositi tabulati, le note di perforazione e la stratigrafia.

Tab.1: Sintesi stratigrafie sondaggi

Sondaggio	Profondità raggiunta dal p.c. (m)	Prof. dal p.c. dei sedimenti molto addensati	Quota falda dal p.c.
S 2/2017	15.00	5.80	2.50
S 1/2018	20.00	7.10	1.20
DPSH 1	6.80	6.20	1.20
DPSH 2	6.80	6.20	1.20
DPSH 3	6.80	6.00	1.20

6.0 PROVE S.P.T.

Per l'esecuzione della prova si utilizza un'attrezzatura automatica, mediante la quale per battitura (massa battente, altezza di caduta del maglio, peso delle aste, apertura della punta, etc., sono standardizzati) s'infigge nel terreno, a fondo foro, il campionatore Raymond (o una punta conica nei terreni ghiaiosi); viene rilevato il numero di colpi necessario per l'infissione di 3 tratte pari a 15 cm/cad.

La somma del numero dei colpi relativo alla seconda e terza tratta forniscono $N_{SPT} = X$ colpi/30 cm.

Attraverso varie correlazioni si risale al valore dei parametri geotecnici del tratto testato.

Compatibilmente con le caratteristiche granulometriche dei terreni intercettati, le prove sono state eseguite nel totale rispetto delle normative precedentemente citate.

I risultati delle prove sono indicati nelle colonne stratigrafiche e riassunti nella tabella seguente.

Sondaggio	Profondità	$N_{SPT} \times 30 \text{ cm}$ (min e max)	N_{SPT}	Litotipo
S2 2017	1.50	2-4-3	7	Ghiaia limosa
S2 2017	3.00	13-10-10	20	Sabbia ghiaiosa
S2 2017	6.50	7-7-7	14	Ghiaia sabbiosa
S2 2017	12.00	12-22-Rif.	Rif.	Ghiaia sabbiosa
S1 2018	1.50	12-17-25	42	Ghiaia e sabbia
S1 2018	3.00	6-7-6	13	Ghiaia sabbiosa
S1 2018	4.50	2-3-3	6	Sabbia ghiaiosa
S1 2018	6.00	4-4-5	9	Sabbia ghiaiosa
S1 2018	7.50	8-8-15	23	Ghiaia e sabbia
S1 2018	Da 9.00 a 20.00	23÷Rif.	Valore medio = 50	Sabbia e ghiaia

TAB.3: SINTESI RISULTATI PROVE SPT

7.0 PROVE DPSH

Ai fini dell’acquisizione dei parametri geotecnici dei livelli superficiali sono state eseguite 3 prove penetrometriche dinamiche continue superpesanti con penetrometro DPSH, (DPSH1, DPSH2, DPSH3) tutte spinte sino a “rifiuto” alla profondità di -6.80 metri dal p.c.

E’ stato necessario eseguire con la sonda un prescavo di circa un metro per attraversare sedimenti superficiali addensati e con presenza di blocchi.

Al fine dell’interpretazione geotecnica i valori N_{DPSH} sono stati correlati anche con i valori N_{SPT} rilevati nel corso del sondaggio. Attraverso opportune correlazioni si risale al valore dei parametri geotecnici del tratto testato.

Nella elaborazione geotecnica allegata sono riportate le correlazioni maggiormente attendibili per i sedimenti attraversati.

8.0 PRELIEVO DEI CAMPIONI E PROVE DI LABORATORIO SULLE TERRE

Nel corso del sondaggio sono stati prelevati campioni rimaneggiati ed indisturbati (vedi tabella) sui quali sono state eseguite prove di classificazione CNR-UNI 10006 integrate da sedimentazione, e edometriche. I valori riscontrati sono stati correlati con quelli ottenuti nelle precedenti indagini.

Essendo in presenza di sedimenti prevalentemente attritivi la parametrizzazione geotecnica si basa essenzialmente sulla interpretazione dei valori N_{SPT} e DPSH.

Sond.	Prof. dal p.c. (m)	Prove	Densità di prova (T/m ³)	Descrizione litologica	Limiti
S2 2017	3.00 – 3.50	Taglio su campione ricostruito: $\varphi = 26.5^\circ$ $C_U = 22$ KPa	1.78	30% limo e argilla, 42% sabbia, 28% ghiaia	LL=25 LP=15 IP=10
S2 2017	5.60 – 6.00	Taglio su campione ricostruito: $\varphi = 27^\circ$ $C_U = 35$ KPa	1.83	31% limo e argilla, 18% sabbia, 51% ghiaia	LL=46 LP=23 IP=23
S2 2017	12.50 – 13.20	Taglio su campione ricostruito: $\varphi = 23.4^\circ$ $C_U = 81$ KPa	2.15	74% limo e argilla, 26% sabbia, 0% ghiaia	LL=51 LP=26 IP=25
S1 2018	2.50 – 3.00			6% argilla 8% limo 41% sabbia, 45% ghiaia	
S1 2018	5.00 – 6.00			3% argilla 3% limo 63% sabbia, 30% ghiaia	
S1 2018	12.50 – 13.00	Taglio su campione ricostruito: $\varphi = 30.8^\circ$ $C_U = 30$ KPa	2.13	18% argilla 12% limo 53% sabbia, 17% ghiaia	LL=34 LP=13; IP=21
S1 2018	13.70 – 14.10	Modulo edom. a 49 kPa = 5113 kPa Modulo edom. a 98 kPa = 8746 kPa	2.08		

TAB.1: SINTESI RISULTATI PROVE DI LABORATORIO SULLE TERRE

9.0 RILIEVO DELLA FALDA, IDROGEOLOGIA E RIFERIMENTI PAI

La misura del livello della falda scaturisce dalle letture eseguite in corso d’opera sui sondaggi attuali e pregressi. Si assume cautelativamente per la falda una quota pari a -1.20 metri dal p.c.

La permeabilità dei terreni varia da media ad elevata, si esclude il manifestarsi di pressioni neutre non immediatamente dissipabili.

Gli aspetti riguardanti la pericolosità idraulica sono stati trattati nello Studio di Compatibilità Idraulica allegato al progetto e redatto dall’Ing. Caterina Francavilla e dal Geol. Tarcisio Marini.

La relazione evince come sussista la Compatibilità Idraulica per le opere in progetto, pur rientrando l’area in zona Hi2 (pericolosità media per rischio idraulico) del PAI e nella fascia C del Piano Stralcio Fasce Fluviali.

10.0 CONTESTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

Il termovalorizzatore CACIP è ubicato nel margine sud-occidentale del Graben del Campidano. La porzione prossima alla linea di costa e caratterizzata dalla presenza di una morfologia pianeggiante ed ambiente palustre, in gran parte bonificato nel dopoguerra.

Gli Impianti TECNOCASIC occupano un settore della piana alluvionale retrostante l’area di “La Maddalena Spiaggia” e distano circa 2 Km dalla linea di costa, in adiacenza al lato Nord della Dorsale Consortile.

La piana è occupata da sedimenti caratterizzati da accumuli detritici di falda nella porzione adiacente i rilievi montuosi granitici e da terrazzi alluvionali a tessitura prevalentemente ghiaiosa e sabbiosa man mano che si procede verso la linea di costa e lo Stagno di Cagliari.

I terrazzi alluvionali mostrano la tipica morfologia piatta e debolmente inclinata verso i corsi d’acqua principali e la costa. Nel settore in esame gli orli dei terrazzi hanno altezza massima di un metro e delimitano gli alvei attivi, in affioramento sono visibili le alluvioni recenti (Depositi terrazzati Olocenici) le quali sovrastano quelle terrazzate antiche (Subsistema di Portoscuso, Pleistocene sup.).

I corsi d’acqua sono caratterizzati da alveo largo e modestamente inciso in funzione dell’acclività esistemamente modesta e della bassa energia di trasporto, l’andamento è prevalentemente rettilineo o debolmente meandriforme.

In adiacenza al lato orientale degli Impianti sono presenti le vasche di origine antropica ed aree lagunari.

La successione stratigrafica generale caratterizzante il settore vede, a partire dall’alto verso il basso:

- depositi antropici;
- depositi Quaternari lacustri e palustri;
- alluvioni attuali e recenti dei principali corsi d’acqua costituite da ciottoli poligenici ed eterometrici con blocchi e sabbia e matrice limoso argillosa (Olocene). Sono localmente presenti intercalazioni di lenti francamente sabbiose o limoso-sabbiose. Questi depositi possono essere terrazzati o non terrazzati nelle fasce golenali;
- Sistema di Portovesme –Subsistema di Portoscuso: ghiaie alluvionali terrazzate, poligeniche, subordinatamente sabbie e ghiaie con stratificazione incrociata e planare.



LEGENDA	
h1r	– DEPOSITI ANTROPICI: materiale di riporto – Aree bonificate (OLOC-ATTUALE)
h2	SALINE E AREE DI RISPETTO LAGUNARE /(OLOC-ATTUALE)
e1	DEPOSITI LAGUNARI (OLOC.SUP-ATTUALE)
e5	DEPOSITI PALUSTRI (OLOC.SUP-ATTUALE)
Pvm2a	SINTEMA DI PORTOVESME- ghiaie alluvioni terrazzate (PLEIST.SUP)

Tav.3: Stralcio Carta Geologica d'Italia 1:50.000 e legenda

Gli interventi antropici hanno in parte alterato la morfologia superficiale, eliminando orli di terrazzi e colmando aree topograficamente depresse.

I parametri geotecnici, oltre che sulle analisi e prove eseguite nel corso dell’indagine sono cautelativamente attribuiti anche sulla scorta di precedenti indagini eseguite in aree immediatamente adiacenti:

D_R=80-90% (Gibbs-Holtz, 1957) **Massa volumica naturale = 21 kN/m³**
φ = 38-40° (Schmertmann, 1977) **C_u ≥ 0**
E_{Young} = 44 MPa (Begemann, 1974)
Coeff. di Winkler (Pozzati, Mammino) **K_{w,v}** (Coeff. di Winkler verticale) = **15 Kg/cm³**

12.0 Parametri sismici

Le azioni sismiche di progetto in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati si definiscono a partire dalla *pericolosità sismica di base* del sito di costruzione. Ricordando che la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale e suolo di categoria A (secondo la tabella 3.2.II), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad esso corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PV_R , come definite nel par. 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Determinata la tipologia dell’opera (**tipo 2** per quella in esame) e la sua Vita Nominale (per l’opera è prevista una **V_N ≥ 50 anni**) secondo la Tab. 2.4.I

Tab. 2.4.I NTC: Tipo di costruzione e relativa Vita Nominale

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V _N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Si stabilisce la Classe d’uso (**Classe III per l’opera in esame**), secondo la seguente tabella:

- Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l’ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l’ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d’uso *III* o in Classe d’uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l’ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l’ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”, e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Si determina quindi il coeff. d'uso ($C_U = 1,5$ per l'opera in esame) dalla tab. 2.4.II:

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Si ricava quindi il *periodo di riferimento* V_R moltiplicando la vita nominale dell'opera per il coeff. d'uso

$$V_R = V_N \times C_U$$

$$V_R = 50 \times 1,5 = \mathbf{75 \text{ anni}}$$

Il paragrafo 2.7 delle NTC 2008 e la circolare n.617 del 2/2/2009 del CSLP chiariscono che: in zona 4 per il caso in esame il Progettista potrebbe utilizzare anche il seguente metodo semplificato:

- *valido per tutte le costruzioni e classi d'uso, conducendo le verifiche di sicurezza nei confronti dello SLV per una forza di progetto calcolata assumendo uno spettro di progetto costante e pari a 0,07g, ed ammettendo implicitamente un possibile danneggiamento delle strutture, corrispondente ad un fattore di struttura di valore non superiore a $q = 2,15$*

Ricordiamo che tutti i Comuni Sardi sono classificati in **zona 4** e quindi a pericolosità sismica molto bassa.

ZONA SISMICA	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA CONVENZIONALE SU SUOLO DI CATEGORIA A, CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1	ELEVATA	0.35g
2	MEDIA	0.25g
3	BASSA	0.15g
4	MOLTO BASSA	0.05g

Ai fini della normativa le forme spettrali sono definite per ciascuna delle PV_R , nel periodo di riferimento a partire dai seguenti parametri, riferiti al sito di riferimento orizzontale e rigido: a_g , F_0 , T^*_c

- Accelerazione orizzontale massima del terreno a_g (espressa in g/10);
- Valore massimo F_0 (adimensionale) del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- Inizio del periodo del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_c (secondi).

L'allegato B tab.1 delle NTC fornisce, per determinati tempi di ritorno (T_R) e per 10751 punti del territorio nazionale, disposti su un reticolo a maglie quadrate di circa 10 km di lato, i precedenti parametri (i valori sono identici per tutta la Sardegna, a parità di T_R).

Pericolosità sismica locale

Per superfici topografiche non orizzontali e suoli di categoria differente, la risposta del terreno e quindi la pericolosità sismica di base possono essere anche molto differenti da quelli base. La pericolosità di un terremoto dipende infatti non solo dalla sua intensità ma anche dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del sito in esame.

Secondo le NTC in alternativa alla determinazione diretta delle $V_{s,30}$, per la determinazione della pericolosità sismica locale, si può far riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla individuazione di categorie di suolo di riferimento basandosi sulla tabella sottostante (dopo aver determinato la resistenza penetrometrica dinamica equivalente o determinando la C_u).

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < cu_{,30} < 20$ kPa) che includono almeno uno strato di 8 metri di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 metri di torba o di argilla altamente organica.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti

L’esame della geometria stratigrafica interpolato con i risultati delle analisi geofisiche (prove MASW del 2017), considerando che gli spessori indicati in tabella sono riferiti ai terreni sottostanti il piano di posa, suggerisce di attribuire ai terreni in esame la Categoria **C**.

Per le fondazioni superficiali i 30 metri da caratterizzare sono riferiti al piano di posa delle stesse, mentre per le fondazioni su pali sono riferiti alla testa dei pali.

Tab. 3.2.IV - Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i \geq 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $i > 30^\circ$
Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell’azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.	

La categoria topografica per il caso in esame = **T1**

Una volta stabilite le categorie di sottosuolo e topografica, si determinano i coefficienti S_s (di amplificazione stratigrafica), C_c (funzione della categoria di suolo) e S_T (di amplificazione topografica) con l'ausilio delle seguenti tabelle.

Espressioni dei coefficienti S_s e C_c		
Categoria	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T		
Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1 (pendii con $i \leq 15^\circ$)	-----	1,0
T2 (pendii con $i \geq 15^\circ$)	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3 (creste con $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$)	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4 (creste con $i \geq 30^\circ$)	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base, dove S_T assume valore unitario.

Il calcolo dei coeff. sismici varia inoltre in funzione dell'opera (opere di sostegno, pendii o fondazioni, paratie).

I parametri sismici locali (relativi a pendii o fondazioni) sono quindi:

a_{max} ; S_T ; S_s ; (che definiscono le forme spettrali)

si determina quindi $a_{max} = a_g \times S_T \times S_s$

Si determinano, infine, i coefficienti di intensità sismica orizzontale e verticale

$K_h = \beta_s \times (a_{max} / g)$ $K_v = \pm 0.5 K_h$

con β_s coeff. di riduzione dell'accelerazione max attesa al sito

β_s coeff. di riduzione dell'accelerazione max attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) = 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) = 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) = 0,1$	0,20	0,20

Riassumendo le condizioni considerate per la valutazione della risposta sismica dell'opera in oggetto sono le seguenti:

Tipo di elaborazione: stabilità dei pendii e fondazioni
 Coord. topografiche, localizzazione: Sardegna
 Zona sismica: 4
 Tipo di interpolazione: media ponderata
 $a_g = 0.05 g$
 Vita nominale $V_N = 50$ anni
 Categoria sottosuolo = C
 Edificio: Classe III
 Coeff. d'uso $C_U = 1,5$
 Vita di riferimento: 75 anni
 Categoria topografica = T1

Nei confronti delle azioni sismiche gli SL (sia SLU che SLE) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, ogni stato limite da prendere in esame deve essere riferito ad un determinato *Periodo di riferimento* V_R , in funzione di esso si impone una possibilità di superamento P_{V_R} da parte di a_g del valore “base” riferito a tale periodo.

La P_{V_R} in funzione dei diversi stati limite si ricava utilizzando la tabella seguente:

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di P_{V_R} forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Per ciascuno stato limite e relativa P_{V_R} , il periodo di ritorno del sisma T_R è direttamente legato alla vita di riferimento V_R dalla formula:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{V_R}) = -C_U \cdot V_N / \ln(1 - P_{V_R}) \quad (C.3.2.1)$$

Tabella C.3.2.I.- Valori di T_R espressi in funzione di V_R

Stati Limite		Valori in anni del periodo di ritorno T_R al variare del periodo di riferimento V_R
Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO	$(^1) 30 \text{ anni} \leq T_R = 0,60 \cdot V_R$
	SLD	$T_R = V_R$
Stati Limite Ultimi (SLU)	SLV	$T_R = 9,50 \cdot V_R$
	SLC	$T_R = 19,50 \cdot V_R \leq 2475 \text{ anni } (^1)$

Parametri sismici locali

	PV _R %	T _R (anni)	a _g (g)	F ₀	T _c (sec)
Operatività (SLO)	81	45	0.022	2.658	0.291
Danno (SLD)	63	75	0.028	2.704	0.303
Salvaguardia della vita (SLV)	10	712	0.056	2.936	0.358
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	1462	0.066	3.027	0.384

Coefficienti sismici

	S _s	C _c	S _T	Kh	Kv	a _{max} (m/s ²)	β
SLO	1,500	1,580	1,000	0,007	0,003	0,329	0,200
SLD	1,500	1,560	1,000	0,008	0,004	0,410	0,200
SLV	1,500	1,470	1,000	0,017	0,008	0,810	0,200
SLC	1,500	1,440	1,000	0,020	0,010	0,974	0,200

Nelle verifiche sismiche entrano in gioco anche i coeff.ψ funzione della categoria dell'edificio o delle azioni variabili.

Nella progettazione per le AZIONI SISMICHE il rispetto dei vari SL è conseguito:

Nei confronti di tutti gli SLE se sono rispettate le verifiche al solo SLD;

Nei confronti di tutti gli SLU se sono rispettate le verifiche al solo SLV.

I coeff. sismici Kh e Kv agiscono direttamente sui coeff. di carico limite della formula trimomia N_q, N_c, N_γ

Per valutare l'effetto sismico sul carico limite del terreno di fondazione Paolucci & Pecker (1977) introducono sui tre termini della capacità portante i fattori parziali Z così determinati:

$$Z_q = (1 - Kh / \text{tg } \phi)^{0,35}$$

$$Z_c = 1 - 0,32 \times Kh$$

$$Z_\gamma = Z_q$$

La verifica a scorrimento in condizioni sismiche si ottiene imponendo che il taglio sismico T_k sia:

$$T_k \leq \frac{1}{\gamma_R} \left[N_k \cdot \frac{\tan(\phi'_k)}{\gamma_\phi} \right]$$

Il valore di T_k si ottiene da W (carico verticale) x K_{hi}

con K_{hi} = H/W

dove H = carico orizzontale

Stabilità nei confronti della liquefazione

La stabilità del sito nei confronti della liquefazione è necessaria per valutare i fenomeni associati alla perdita di resistenza o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche o dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

La verifica può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti 5 circostanze:

- 1) eventi sismici attesi di magnitudo M (Magnitudo Momento M_w) inferiore a 5;
- 2) accelerazioni max attese al piano campagna, in assenza di manufatti, inferiori a 0,1g (a_{gmax} = a_g x S_s x S_t free field);

Per l’opera in esame non è dunque necessaria la verifica a liquefazione in quanto si manifestano sicuramente le condizioni indicate nei punti 1) (metodo delle zone sismogenetiche), 2).

La possibilità di liquefazione nelle condizioni in esame viene inoltre esclusa dal metodo: storico-empirico, geologico e compositivo.

13.0 CONSIDERAZIONI PER LE VERIFICHE GEOTECNICHE

Le nuove opere prevedono la realizzazione di scale di emergenza, trasformatori e relative strutture di fondazione.

L’ordine dei carichi trasmessi al terreno, la tipologia e le dimensioni delle fondazioni, la successione stratigrafica, la “profondità d’incastro” e le caratteristiche geotecniche dei terreni rendono praticamente superflua la verifica a rottura per taglio del terreno di sedime. Il problema geotecnico appare esclusivamente legato al manifestarsi di cedimenti di natura assoluta o differenziale non tollerabili dalle opere in progetto.

La natura essenzialmente attritiva dei terreni ed i conseguenti percorsi di drenaggio consentono di adottare una verifica in termini di tensioni totali= tensioni efficaci.

L’assenza del manifestarsi di sovrappressioni interstiziali permette di prevedere una rapida evoluzione dei cedimenti.

Cagliari, 20.06.2018

Dr. Geol. Antonello Angius





Committente R.P. Sarda S.r.l.	Profondità raggiunta -20	Quota Ass. P.C.	Certificato n°	Pagina 1
Operatore T. Ollosu	Indagine Geotecnica	Cantiere TERMOVALORIZZATORE CACIP	Inizio/Fine Esecuzione 28/05/2018	
Responsabile Dott. Geol. A. Angius	Sondaggio S. 1	Tipo Carotaggio CAROTAGGIO RCC	Tipo Sonda IPC 830L	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Falda
		TERRENO DI RIPOSTO: ghiaia con blocchi in matrice sabbiosa, asciutta, addensata, grigiastrea.	0.75							
1		Suolo ciottoloso e sabbioso, bruno, asciutto, addensato.	1.20		12-17-25					1.20
2		Ghiaia in matrice sabbiosa e sabbia con ciottoli, da umida a satura, rossiccia, poco addensata o sciolta.			1.50 PC					
3					6-7-6			2.50 R		
			3.60		3.00 PC			3.00		
4		Sabbia debolmente ghiaiosa quasi incoerente, da beige a rossiccia, sciolta o poco addensata, satura.			2-3-3					
5					4.50 PC			5.00 R		
6					4-4-5			5.60		
			7.10		6.00 PC					
7		Alternanza di livelli di sabbia con pochi ciottoli e subordinatamente di ghiaia sabbiosa, beige, da addensata a molto addensata.			8-8-15					
8					7.50 PC					
9			9.50		18-44-48					
10		Ghiaia con matrice sabbiosa, molto addensata.			9.00 PC					
11					13-41-46					
12		Sabbia microciottolosa con matrice argillosa, da grigia a beige, molto addensata.			10.50 PC					
13			11.80		30-27-Rif.					
14		Sabbia microciottolosa con matrice argillosa, da grigia a beige, molto addensata.			12.00 PC			12.50 R		
15		Sabbia fina con pochi ciottoli, nocciola, moderatamente addensata.			4-9-14			13.00 R		
16			14.00		13.45			13.70		
17		Sabbia fina con pochi ciottoli, nocciola, moderatamente addensata.			14.10 PC			14.70 R		
18			15.20		13-26-40			14.80		
19		Sabbia fina con ciottoli, debolmente legata, beige, da addensata a molto addensata.			15.40 PC			15.00		
20					15-28-38					
					17.00 PC					
					23-33-35					
					18.50 PC					
					20-42-47					
			20.00		20.00 PC					



Posizionamento Sondaggio 1



Sondaggio 1, metri 0 – 5



Sondaggio 1, metri 5 - 10



Sondaggio 1, metri 10 - 15



Sondaggio 1, metri 15 - 20



Posizionamento prova DPSH 1



Posizionamento prova DPSH 2



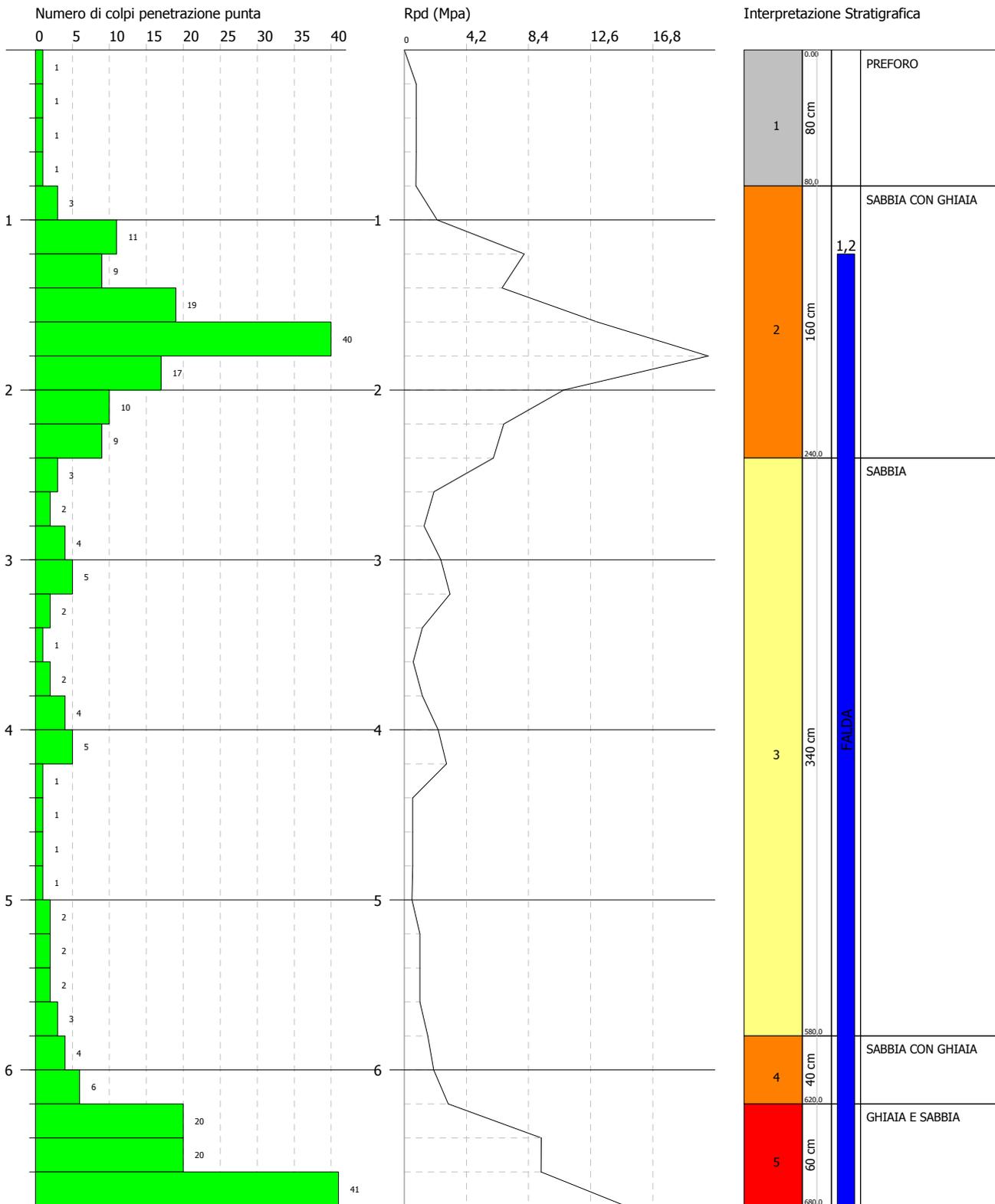
Posizionamento prova DPSH 3

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 1
 Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: R P Sarda Srl
 Cantiere: Termovalorizzatore CACIP
 Località: Maccchiareddu

Data: 30/05/2018

Scala 1:34

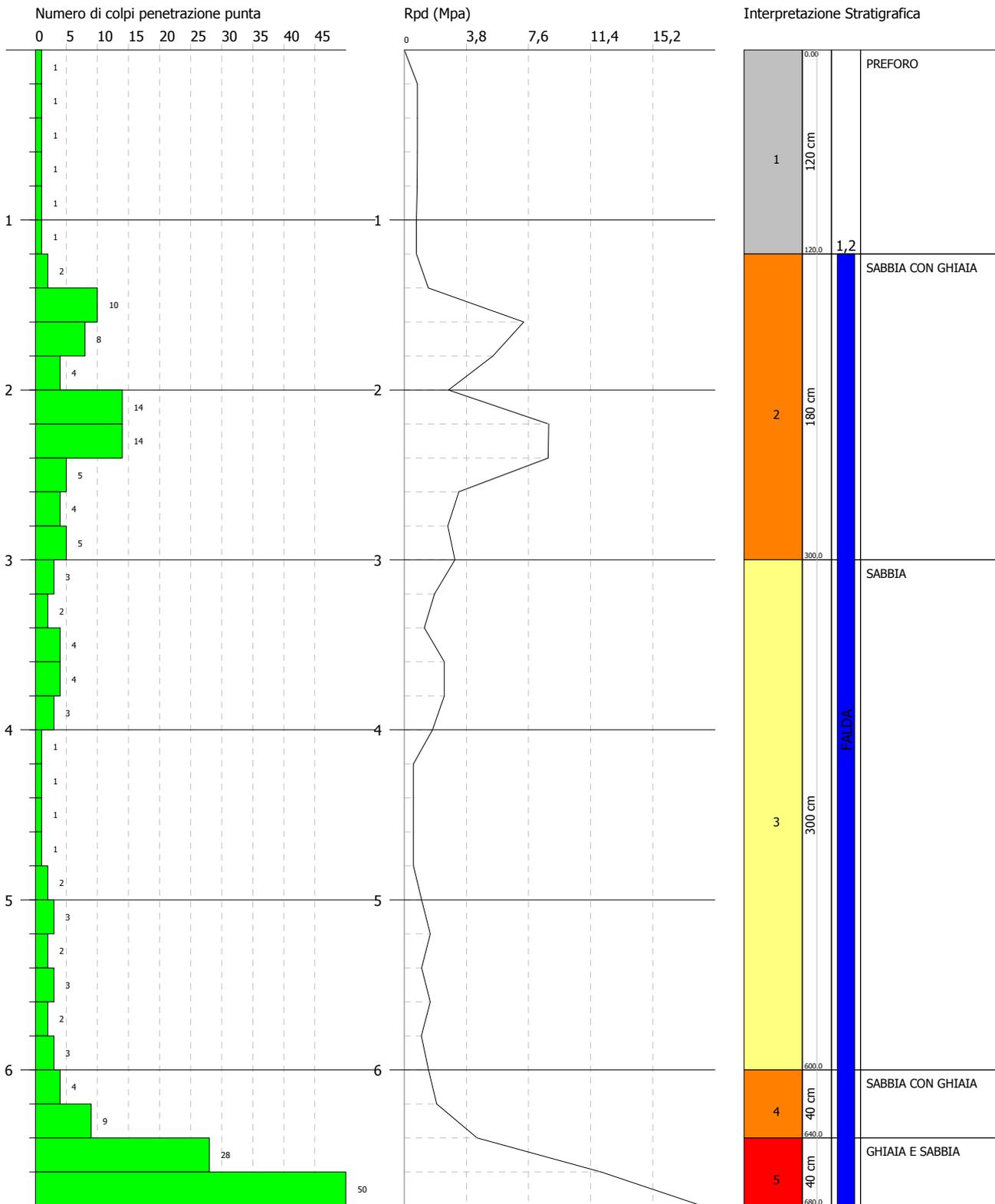


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 2
 Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: R P Sarda Srl
 Cantiere: Termovalorizzatore CACIP
 Località: Maccchiareddu

Data: 30/05/2018

Scala 1:34

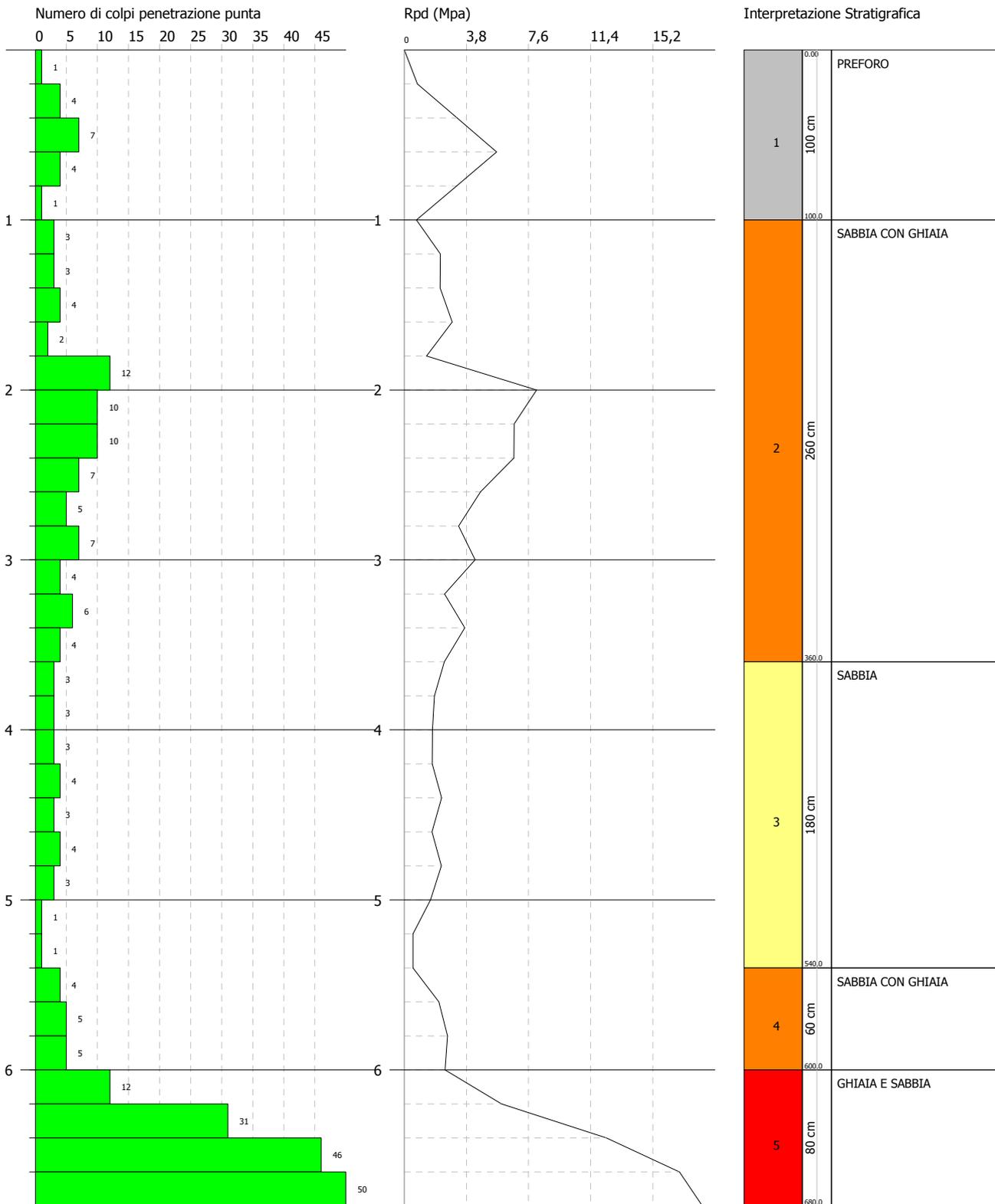


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH 3
 Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: R P Sarda Srl
 Cantiere: Termovalorizzatore CACIP
 Località: Maccchiareddu

Data: 30/05/2018

Scala 1:34



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: R.P. Sarda Srl
Cantiere: Termovalorizzatore CACIP
Località: Macchiareddu

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

OPERATORE
A. Angius

RESPONSABILE
A. Angius

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato la media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione $d = 1$ mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

N_{spt} corretto = $15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie D_r viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di D_r % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

PROVA ... DPSH 1

Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 30/05/2018
 Profondità prova 6,80 mt
 Falda rilevata 1,20 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	1	0,81	0,95	40,72	47,65
0,40	1	0,81	0,95	40,54	47,65
0,60	1	0,81	0,95	40,36	47,65
0,80	1	0,80	0,95	40,18	47,65
1,00	3	2,22	2,64	111,05	132,24
1,20	11	8,11	9,70	405,49	484,88
1,40	9	6,61	7,93	330,42	396,72
1,60	19	13,06	16,75	652,89	837,52
1,80	40	22,09	35,26	1104,34	1763,21
2,00	17	10,78	13,94	539,02	697,14
2,20	10	6,73	8,20	336,32	410,08
2,40	9	6,03	7,38	301,59	369,07
2,60	3	2,00	2,46	100,17	123,02
2,80	2	1,33	1,64	66,55	82,02
3,00	4	2,48	3,07	124,01	153,35
3,20	5	3,09	3,83	154,50	191,68
3,40	2	1,23	1,53	61,60	76,67
3,60	1	0,61	0,77	30,70	38,34
3,80	2	1,22	1,53	61,22	76,67
4,00	4	2,29	2,88	114,60	143,97
4,20	5	2,86	3,60	142,83	179,96
4,40	1	0,57	0,72	28,49	35,99
4,60	1	0,57	0,72	28,41	35,99
4,80	1	0,57	0,72	28,33	35,99
5,00	1	0,53	0,68	26,63	33,92
5,20	2	1,06	1,36	53,11	67,83
5,40	2	1,06	1,36	52,98	67,83
5,60	2	1,06	1,36	52,85	67,83
5,80	3	1,58	2,04	79,09	101,75
6,00	4	1,99	2,57	99,47	128,27
6,20	6	2,98	3,85	148,87	192,41
6,40	20	9,26	12,83	463,08	641,37
6,60	20	9,24	12,83	462,02	641,37
6,80	41	14,96	26,30	747,79	1314,82

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Skempton 1986
[1] - PREFORO	1,5	0,80	29,6	10,89
[2] - SABBIA CON GHIAIA	22,18	2,40	100	54,33
[3] - SABBIA	3,62	5,80	36,19	17,06
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,52	6,20	48,8	27,25
[5] - GHIAIA E SABBIA	40,61	6,80	91,77	61,19

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - PREFORO	1,5	0,80	1,5	27,43	28,42	26,95	<30	19,74	20,33	20,48
[2] - SABBIA CON GHIAIA	22,18	2,40	22,18	33,34	34,21	28,04	30-32	33,24	29,8	36,06
[3] - SABBIA	3,62	5,80	3,62	28,03	29,01	23,51	<30	22,37	21,9	23,51
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,52	6,20	7,52	29,15	30,11	24,07	<30	25,62	24,02	27,26
[5] - GHIAIA E SABBIA	40,61	6,80	27,805	34,94	35,79	25,99	32-35	35,42	28,73	38,58

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - PREFORO	1,5	0,80	1,5	---	---
[2] - SABBIA CON GHIAIA	22,18	2,40	22,18	33,97	18,23
[3] - SABBIA	3,62	5,80	3,62	---	---
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,52	6,20	7,52	---	---
[5] - GHIAIA E SABBIA	40,61	6,80	27,805	38,10	20,99

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - PREFORO	1,5	0,80	1,5	3,00	4,38
[2] - SABBIA CON GHIAIA	22,18	2,40	22,18	7,16	13,43
[3] - SABBIA	3,62	5,80	3,62	3,42	5,31
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,52	6,20	7,52	4,21	7,02
[5] - GHIAIA E SABBIA	40,61	6,80	27,805	8,29	15,89

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - PREFORO	1,5	0,80	1,5	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - SABBIA CON GHIAIA	22,18	2,40	22,18	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - SABBIA	3,62	5,80	3,62	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,52	6,20	7,52	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[5] - GHIAIA E SABBIA	40,61	6,80	27,805	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m ³)
[1] - PREFORO	1,5	0,80	1,5	Meyerhof ed altri	13,53
[2] - SABBIA CON GHIAIA	22,18	2,40	22,18	Meyerhof ed altri	19,91
[3] - SABBIA	3,62	5,80	3,62	Meyerhof ed altri	14,51
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,52	6,20	7,52	Meyerhof ed altri	16,08
[5] - GHIAIA E SABBIA	40,61	6,80	27,805	Meyerhof ed altri	20,69

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m ³)
[1] - PREFORO	1,5	0,80	1,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,34
[2] - SABBIA CON GHIAIA	22,18	2,40	22,18	Terzaghi-Peck 1948-1967	23,93
[3] - SABBIA	3,62	5,80	3,62	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,44
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,52	6,20	7,52	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,63
[5] - GHIAIA E SABBIA	40,61	6,80	27,805	Terzaghi-Peck 1948-1967	24,52

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - PREFORO	1,5	0,80	1,5	(A.G.I.)	0,35
[2] - SABBIA CON GHIAIA	22,18	2,40	22,18	(A.G.I.)	0,31
[3] - SABBIA	3,62	5,80	3,62	(A.G.I.)	0,35
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,52	6,20	7,52	(A.G.I.)	0,34
[5] - GHIAIA E SABBIA	40,61	6,80	27,805	(A.G.I.)	0,3

PROVA ... DPSH 2

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 30/05/2018
 Profondità prova 6,80 mt
 Falda rilevata 1,20 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	1	0,81	0,95	40,72	47,65
0,40	1	0,81	0,95	40,54	47,65
0,60	1	0,81	0,95	40,36	47,65
0,80	1	0,80	0,95	40,18	47,65
1,00	1	0,74	0,88	37,02	44,08
1,20	1	0,74	0,88	36,86	44,08
1,40	2	1,47	1,76	73,43	88,16
1,60	10	7,31	8,82	365,67	440,80
1,80	8	5,83	7,05	291,40	352,64
2,00	4	2,70	3,28	135,03	164,03
2,20	14	8,84	11,48	442,14	574,12
2,40	14	8,81	11,48	440,43	574,12
2,60	5	3,34	4,10	166,95	205,04
2,80	4	2,66	3,28	133,10	164,03
3,00	5	3,10	3,83	155,01	191,68
3,20	3	1,85	2,30	92,70	115,01
3,40	2	1,23	1,53	61,60	76,67
3,60	4	2,46	3,07	122,81	153,35
3,80	4	2,45	3,07	122,43	153,35
4,00	3	1,72	2,16	85,95	107,98
4,20	1	0,57	0,72	28,57	35,99
4,40	1	0,57	0,72	28,49	35,99
4,60	1	0,57	0,72	28,41	35,99
4,80	1	0,57	0,72	28,33	35,99
5,00	2	1,07	1,36	53,25	67,83
5,20	3	1,59	2,04	79,67	101,75
5,40	2	1,06	1,36	52,98	67,83
5,60	3	1,59	2,04	79,28	101,75
5,80	2	1,05	1,36	52,73	67,83
6,00	3	1,49	1,92	74,61	96,21
6,20	4	1,98	2,57	99,25	128,27
6,40	9	4,46	5,77	222,82	288,62
6,60	28	12,04	17,96	601,93	897,92
6,80	50	18,24	32,07	911,94	1603,44

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Skempton 1986
[1] - PREFORO	1,5	1,20	29,07	10,89
[2] - SABBIA CON GHIAIA	11,02	3,00	71,93	35,2
[3] - SABBIA	3,5	6,00	37,15	16,72
[4] - SABBIA CON GHIAIA	9,78	6,40	58,99	32,5
[5] - GHIAIA E SABBIA	58,66	6,80	100	69,77

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - PREFORO	1,5	1,20	1,5	27,43	28,42	26,07	<30	19,74	20,22	20,48
[2] - SABBIA CON GHIAIA	11,02	3,00	11,02	30,15	31,09	26,99	<30	27,86	27,19	29,85
[3] - SABBIA	3,5	6,00	3,5	28	28,98	23,92	<30	22,25	22,16	23,37
[4] - SABBIA CON GHIAIA	9,78	6,40	9,78	29,79	30,74	25,03	<30	27,11	25,6	28,99
[5] - GHIAIA E SABBIA	58,66	6,80	36,83	37,52	38,31	27,03	32-35	38,5	30,47	42,14

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - PREFORO	1,5	1,20	1,5	---	---
[2] - SABBIA CON GHIAIA	11,02	3,00	11,02	25,76	12,76
[3] - SABBIA	3,5	6,00	3,5	---	---
[4] - SABBIA CON GHIAIA	9,78	6,40	9,78	---	---
[5] - GHIAIA E SABBIA	58,66	6,80	36,83	44,74	25,41

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - PREFORO	1,5	1,20	1,5	3,00	4,38
[2] - SABBIA CON GHIAIA	11,02	3,00	11,02	4,91	8,55
[3] - SABBIA	3,5	6,00	3,5	3,40	5,26
[4] - SABBIA CON GHIAIA	9,78	6,40	9,78	4,66	8,00
[5] - GHIAIA E SABBIA	58,66	6,80	36,83	10,11	19,83

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - PREFORO	1,5	1,20	1,5	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - SABBIA CON GHIAIA	11,02	3,00	11,02	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - SABBIA	3,5	6,00	3,5	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[4] - SABBIA CON GHIAIA	9,78	6,40	9,78	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[5] - GHIAIA E SABBIA	58,66	6,80	36,83	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m ³)
[1] - PREFORO	1,5	1,20	1,5	Meyerhof ed altri	13,53
[2] - SABBIA CON GHIAIA	11,02	3,00	11,02	Meyerhof ed altri	17,26
[3] - SABBIA	3,5	6,00	3,5	Meyerhof ed altri	14,42
[4] - SABBIA CON GHIAIA	9,78	6,40	9,78	Meyerhof ed altri	16,87
[5] - GHIAIA E SABBIA	58,66	6,80	36,83	Meyerhof ed altri	21,48

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m ³)
[1] - PREFORO	1,5	1,20	1,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,34
[2] - SABBIA CON GHIAIA	11,02	3,00	11,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,83
[3] - SABBIA	3,5	6,00	3,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,44
[4] - SABBIA CON GHIAIA	9,78	6,40	9,78	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,83
[5] - GHIAIA E SABBIA	58,66	6,80	36,83	Terzaghi-Peck 1948-1967	24,52

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - PREFORO	1,5	1,20	1,5	(A.G.I.)	0,35
[2] - SABBIA CON GHIAIA	11,02	3,00	11,02	(A.G.I.)	0,33
[3] - SABBIA	3,5	6,00	3,5	(A.G.I.)	0,35
[4] - SABBIA CON GHIAIA	9,78	6,40	9,78	(A.G.I.)	0,33
[5] - GHIAIA E SABBIA	58,66	6,80	36,83	(A.G.I.)	0,28

PROVA ... DPSH 3

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 30/05/2018
 Profondità prova 6,80 mt
 Falda non rilevata 1,20 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	1	0,81	0,95	40,72	47,65
0,40	4	3,24	3,81	162,16	190,60
0,60	7	5,65	6,67	282,52	333,55
0,80	4	3,21	3,81	160,74	190,60
1,00	1	0,74	0,88	37,02	44,08
1,20	3	2,21	2,64	110,59	132,24
1,40	3	2,20	2,64	110,14	132,24
1,60	4	2,93	3,53	146,27	176,32
1,80	2	1,46	1,76	72,85	88,16
2,00	12	8,10	9,84	405,09	492,10
2,20	10	6,73	8,20	336,32	410,08
2,40	10	6,70	8,20	335,10	410,08
2,60	7	4,67	5,74	233,73	287,06
2,80	5	3,33	4,10	166,37	205,04
3,00	7	4,34	5,37	217,01	268,36
3,20	4	2,47	3,07	123,60	153,35
3,40	6	3,70	4,60	184,80	230,02
3,60	4	2,46	3,07	122,81	153,35
3,80	3	1,84	2,30	91,83	115,01
4,00	3	1,72	2,16	85,95	107,98
4,20	3	1,71	2,16	85,70	107,98
4,40	4	2,28	2,88	113,94	143,97
4,60	3	1,70	2,16	85,22	107,98
4,80	4	2,27	2,88	113,32	143,97
5,00	3	1,60	2,04	79,88	101,75
5,20	1	0,53	0,68	26,56	33,92
5,40	1	0,53	0,68	26,49	33,92
5,60	4	2,11	2,71	105,70	135,67
5,80	5	2,64	3,39	131,82	169,59
6,00	5	2,49	3,21	124,34	160,34
6,20	12	5,95	7,70	297,75	384,82
6,40	31	12,37	19,88	618,36	994,13
6,60	46	16,83	29,50	841,37	1475,16
6,80	50	18,24	32,07	911,94	1603,44

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Skempton 1986
[1] - PREFORO	5,11	1,00	53,85	21,13
[2] - SABBIA CON GHIAIA	8,9	3,60	60,46	30,51
[3] - SABBIA	4,18	5,40	35,93	18,61
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,02	6,00	43,82	26,02
[5] - GHIAIA E SABBIA	52,26	6,80	100	82,31

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - PREFORO	5,11	1,00	5,11	28,46	29,43	28,21	<30	23,75	24,89	25,11
[2] - SABBIA CON GHIAIA	8,9	3,60	8,9	29,54	30,49	25,68	<30	26,55	25,87	28,34
[3] - SABBIA	4,18	5,40	4,18	28,19	29,17	23,01	<30	22,92	21,66	24,14
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,02	6,00	7,02	29,01	29,97	23,36	<30	25,26	22,92	26,85
[5] - GHIAIA E SABBIA	52,26	6,80	52,26	41,93	42,63	26,3	>38	43	30,01	47,33

Modulo di Young (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - PREFORO	5,11	1,00	5,11	---	---
[2] - SABBIA CON GHIAIA	8,9	3,60	8,9	---	---
[3] - SABBIA	4,18	5,40	4,18	---	---
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,02	6,00	7,02	---	---
[5] - GHIAIA E SABBIA	52,26	6,80	52,26	56,09	32,98

Modulo Edometrico (Mpa)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - PREFORO	5,11	1,00	5,11	3,72	5,96
[2] - SABBIA CON GHIAIA	8,9	3,60	8,9	4,49	7,62
[3] - SABBIA	4,18	5,40	4,18	3,54	5,55
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,02	6,00	7,02	4,11	6,80
[5] - GHIAIA E SABBIA	52,26	6,80	52,26	13,22	26,58

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - PREFORO	5,11	1,00	5,11	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - SABBIA CON GHIAIA	8,9	3,60	8,9	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - SABBIA	4,18	5,40	4,18	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,02	6,00	7,02	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[5] - GHIAIA E SABBIA	52,26	6,80	52,26	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

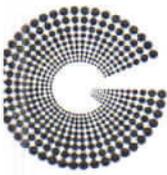
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m ³)
[1] - PREFORO	5,11	1,00	5,11	Meyerhof ed altri	15,10
[2] - SABBIA CON GHIAIA	8,9	3,60	8,9	Meyerhof ed altri	16,57
[3] - SABBIA	4,18	5,40	4,18	Meyerhof ed altri	14,71
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,02	6,00	7,02	Meyerhof ed altri	15,89
[5] - GHIAIA E SABBIA	52,26	6,80	52,26	Meyerhof ed altri	22,06

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (KN/m ³)
[1] - PREFORO	5,11	1,00	5,11	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,53
[2] - SABBIA CON GHIAIA	8,9	3,60	8,9	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,73
[3] - SABBIA	4,18	5,40	4,18	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,44
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,02	6,00	7,02	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,63
[5] - GHIAIA E SABBIA	52,26	6,80	52,26	Terzaghi-Peck 1948-1967	24,52

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - PREFORO	5,11	1,00	5,11	(A.G.I.)	0,34
[2] - SABBIA CON GHIAIA	8,9	3,60	8,9	(A.G.I.)	0,34
[3] - SABBIA	4,18	5,40	4,18	(A.G.I.)	0,35
[4] - SABBIA CON GHIAIA	7,02	6,00	7,02	(A.G.I.)	0,34
[5] - GHIAIA E SABBIA	52,26	6,80	52,26	(A.G.I.)	0,25



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

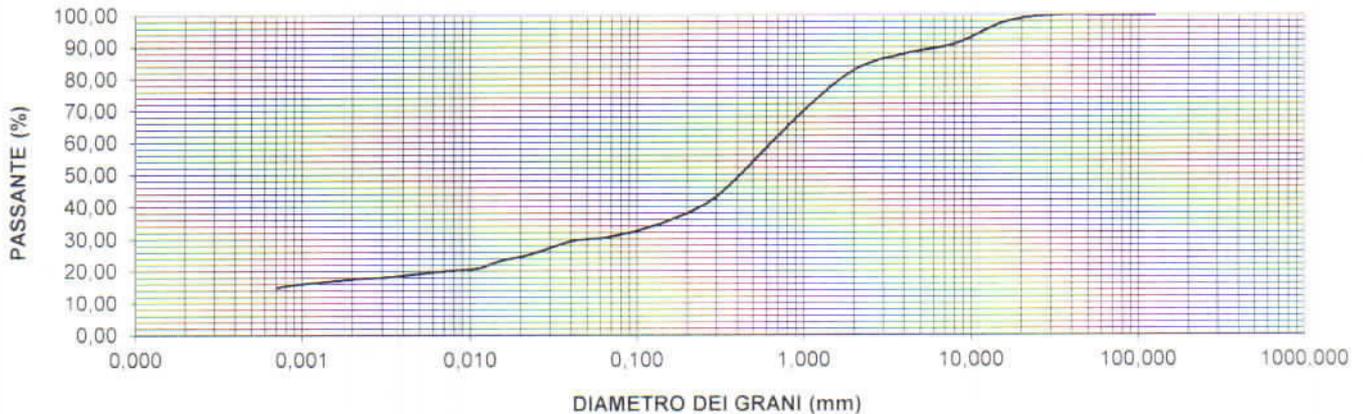
ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA)

TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECU
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE I
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.
CIRCOLARE N.7617/STC I
AUT. MINISTERO N.54313/D
PROVE SUI TERRENI I
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.
CIRCOLARE N.7618/STC I
AUT. MINISTERO N.52467/D
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALC
CERTIFICAZIONE UNI
REGOLAMENTO IT-IND/REI
LABORATORIO CERTIFICAT
CERT. N.IT.1110296/ISO 9001/UNI EN

V.D.A. N° 4398-1 DEL 01/06/2018
COMMITTENTE Imp. Barbarossa Srl
CANTIERE Revamping linee A e B Termovalorizzatore - Macchiareddu
CAMPIONE S2 12.50-13.00m
UBICAZIONE \\
DATA PRELIEVO Maggio 2018 DATA PROVA 14/06/2018
CERTIFICATO N. 036576 DEL 19 GIU. 2018

Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione UNI EN 933-1/17892-4		Limiti di Atterberg UNI CEN ISO/TS 17892-12	
SETACCI (mm)	PASSANTE %	LIMITE LIQUIDO (%)	
125,0	100,00		34
100,0	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	13
63,0	100,00	INDICE PLASTICO	21
31,5	100,00	INDICE DI GRUPPO	2
16,0	97,94	CLASS. UNI EN 11531-1	A2-6
8,0	90,98	P. SPEC. GRANI (kN/m ³)	26,06
4,0	87,78		
2,0	82,78		
1,0	69,94		
0,4	48,99		
0,25	40,47		
0,13	34,02		
0,063	30,27		
0,0569	30,17		
0,0406	29,41		
0,0294	27,13		
0,0213	24,85		
0,0153	23,34		
0,0114	21,06		
0,0081	20,30		
0,0058	19,54		
0,0041	18,78		
0,0029	18,02		
0,0021	17,64		
0,0012	16,51		
0,0009	15,75		
0,0007	14,99		

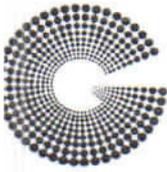


NOTE Campione consegnato a cura del Committente.

IL TECNICO

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA)

TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

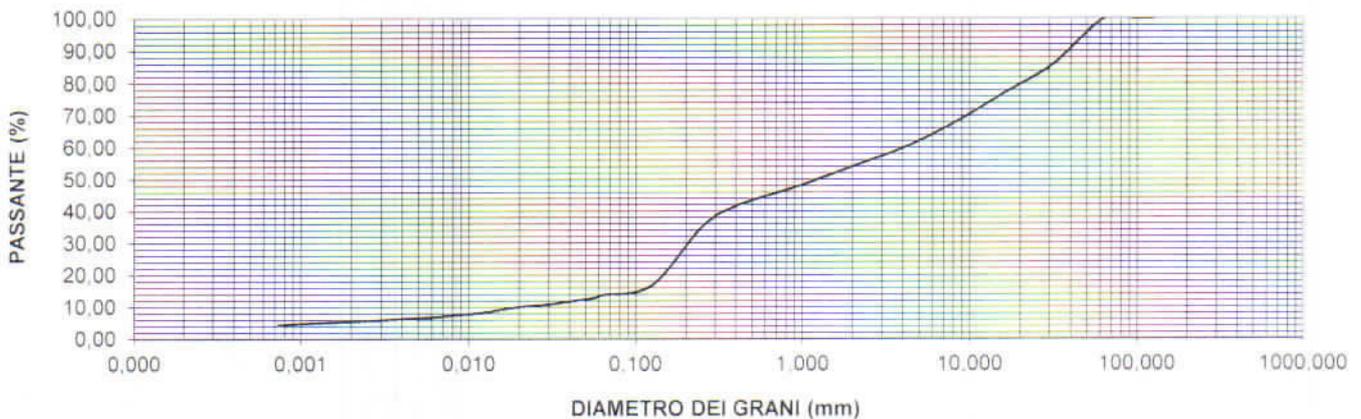
LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECU
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE I
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.
CIRCOLARE N.7617/87C I
AUT. MINISTERO N.54313 D
PROVE SUI TERRENI I
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.
CIRCOLARE N.7618/87C I
AUT. MINISTERO N.52487 D
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALC
CERTIFICAZIONE UN
REGOLAMENTO IT/IND-REI
LABORATORIO CERTIFICAT
CERT. N.IT.11/0996 ISO 9001/UNI EN I

V.D.A. N° 4398-5 DEL 01/06/2018
COMMITTENTE Imp. Barbarossa Srl
CANTIERE Revamping linee A e B Termovalorizzatore - Macchiareddu

CAMPIONE S1 2,50-3,00m
UBICAZIONE \\
DATA PRELIEVO Maggio 2018 DATA PROVA 14/06/2018

CERTIFICATO N. 036577 DEL 19 GIU 2018

Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione UNI EN 933-1/17892-4		Limiti di Atterberg UNI CEN ISO/TS 17892-12	
SETACCI (mm)	PASSANTE %	LIMITE LIQUIDO (%)	
125,0	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	
100,0	100,00	INDICE PLASTICO	
63,0	100,00	INDICE DI GRUPPO	
31,5	85,96	CLASS. UNI EN 11531-1	
16,0	76,93	P. SPEC. GRANI (kN/m ³)	26,23
8,0	67,59		
4,0	59,83		
2,0	54,18		
1,0	48,38		
0,4	41,61		
0,25	35,13		
0,13	16,86		
0,063	13,83		
0,0570	13,01		
0,0413	11,98		
0,0299	10,94		
0,0214	10,25		
0,0155	9,22		
0,0116	8,19		
0,0083	7,50		
0,0059	6,81		
0,0042	6,46		
0,0030	5,95		
0,0021	5,60		
0,0012	5,08		
0,0009	4,74		
0,0007	4,39		

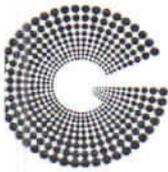


NOTE Campione consegnato a cura del Committente.

IL TECNICO

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA)

TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

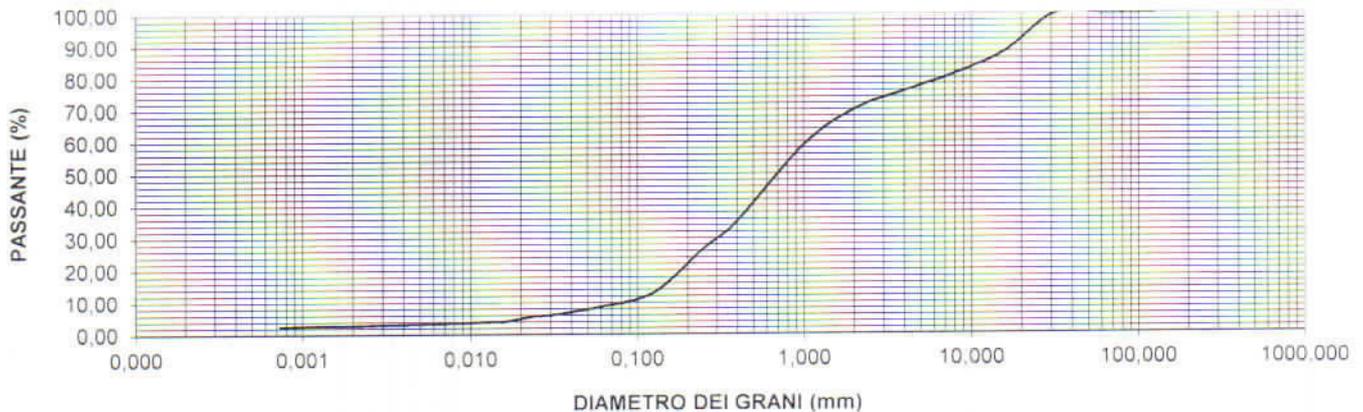
LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECU
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.
CIRCOLARE N.7617/STC D.
AUT. MINISTERO N.54313 D.
PROVE SUI TERRENI
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.
CIRCOLARE N.7618/STC D.
AUT. MINISTERO N.52487 D.
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALC.
CERTIFICAZIONE UN
REGOLAMENTO IT (IND. RE)
LABORATORIO CERTIFICAT
CERT. N.IT. 110596-ISO 9001/UNI EN

V.D.A. N° 4398-6 DEL 01/06/2018
COMMITTENTE Imp. Barbarossa Srl
CANTIERE Revamping linee A e B Termovalorizzatore - Macchiareddu

CAMPIONE S1 5,00-6,00m
UBICAZIONE \\
DATA PRELIEVO Maggio 2018 DATA PROVA 14/06/2018

CERTIFICATO N. **036578** DEL **19 GIU. 2018**

Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione UNI EN 933-1/17892-4		Limiti di Atterberg UNI CEN ISO/TS 17892-12	
SETACCI (mm)	PASSANTE %	LIMITE LIQUIDO (%)	
125.0	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	\
100.0	100,00	INDICE PLASTICO	\
63.0	100,00	INDICE DI GRUPPO	\
31.5	100,00	CLASS. UNI EN 11531-1	\
16.0	88,22	P. SPEC. GRANI (kN/m ²)	26,13
8.0	81,12		
4.0	75,66		
2.0	69,96		
1.0	58,96		
0.4	35,28		
0.25	26,75		
0.13	13,02		
0.063	8,84		
0.0570	8,31		
0.0419	7,21		
0.0308	6,11		
0.0222	5,45		
0.0163	4,13		
0.0120	3,91		
0.0085	3,69		
0.0061	3,47		
0.0043	3,25		
0.0031	3,14		
0.0022	2,92		
0.0013	2,81		
0.0009	2,70		
0.0007	2,59		

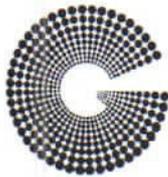


NOTE Campione consegnato a cura del Committente.

IL TECNICO

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA)

TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE DI:
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N. 380/2001
CIRCOLARE N. 7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N. 54313 DEL 19/12/2005
PROVE SUI TERRENI SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N. 380/2001
CIRCOLARE N. 7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N. 52487 DEL 11/10/2004
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALCESTRUZZO
CERTIFICAZIONE UNI EN ISO 9712
REGOLAMENTO IT-IND-REG-02_NDT_CIV
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0995 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 4398-3 DEL 01/06/2018
COMMITTENTE Imp. Barbarossa Srl
CANTIERE Revamping Linee A e B Termovalorizzatore - Macchiareddu

CAMPIONE S1 C2 13,70-14,10 m
UBICAZIONE /
DATA PROVA 13/06/2018 DATA PRELIEVO Maggio 2018

CERTIFICATO N. 036587 DEL 21 GIU. 2018

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE: Argilla molto consistente

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

Altezza provino	cm	2.000
Area provino	cm ²	40.00
Umidità iniziale	%	18.40
Densità naturale	kg/m ³	2079.63
Densità secca	kg/m ³	1756.49
Massa volumica reale dei grani	kg/m ³	2656.73
Grado di saturazione	%	95.36
Indice dei vuoti	e	0.513
Pocket Penetrometer	kPa	300

CICLI DI CARICO

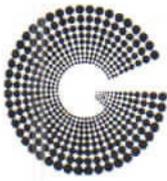
Pressione kPa	Cedimento mm	Indice dei vuoti e	Modulo Edometrico kPa	Coeff di consolidazione cm ² /sec	Coeff. di Permeabilità cm/sec
0,00	0,000	0,513	/		
24,52	0,110	0,504	6096	\	\
49,04	0,190	0,498	5113	\	\
98,07	0,380	0,484	8746	\	\
196,14	0,600	0,467	11192	\	\
392,28	0,940	0,441	16254	\	\
784,56	1,400	0,407	27534	\	\
1569,12	1,930	0,367	\	\	\
\	\	\	\	\	\
\	\	\	\	\	\

NOTE: \

LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

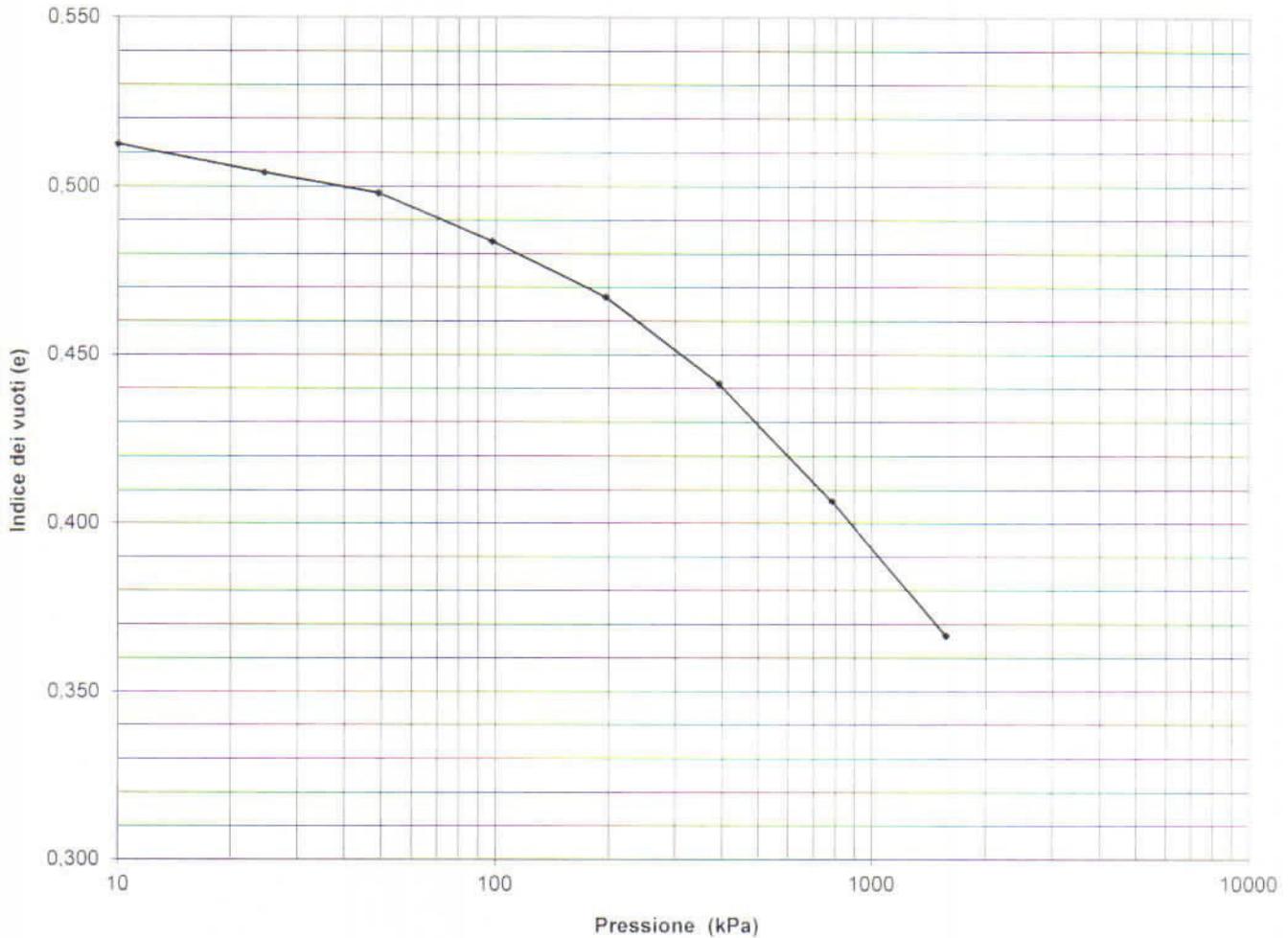
ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA)

TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE DI:
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N. 380/2001
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005
PROVE SUI TERRENI SETTORE A
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N. 380/2001
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALCESTRUZZO
CERTIFICAZIONE UNI EN ISO 9712
REGOLAMENTO IT-IND-REG-02, NDT CIV
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N°	4398-3	DEL	01/06/2018
COMMITTENTE	Imp. Barbarossa Srl		
CANTIERE	Revamping Linee A e B Termovalorizzatore - Macchiareddu		
CAMPIONE	S1 C2 13,70-14,10 m		
UBICAZIONE	/		
DATA PROVA	13/06/2018	DATA PRELIEVO	Maggio 2018
CERTIFICATO N.	036587	DEL	21 GIU. 2018

PROVA EDOMETRICA
GRAFICO Indice dei vuoti-Log Pressioni

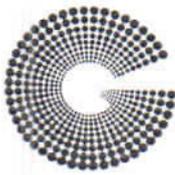


NOTE: \

LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILLE MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA)

TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it
email geosystemca@yahoo.it - pec geosystem@pec.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESE
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONI
DI CUI ALL'ART. 59 DEL
CIRCOLARE N.7617/S
AUT. MINISTERO N.543
PROVE SUI TERRE
DI CUI ALL'ART. 59 DEL
CIRCOLARE N.7618/S
AUT. MINISTERO N.524
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU C/
CERTIFICAZIONI
LABORATORIO CERTIFICATO
CERT. N.IT 11/0696 ISO 9001/UNI

V.D.A. N° 4398-1 DEL 01/06/2018

COMMITTENTE Imp. Barbarossa Srl

CANTIERE Revamping Linee A e B Termovalorizzatore- Macchiaredu

CAMPIONE S1 C2 12,50-13,00m

UBICAZIONE \

DATA PRELIEVO Maggio 2018 DATA PROVA 13/06/2018

CERTIFICATO N. **036579** DEL **19 GIU. 2018**

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(Apparecchio di Casagrande) ASTM D3080-98

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE: Sabbia argillosa con ghiaia

STATO DEL CAMPIONE * Ricostituito

POCKET PENETROMETER \ kPa

VELOCITA' DI PROVA: 0,10 mm/min

CARATTERISTICHE INIZIALI

	N	1	2	3
Provini				
Altezza	mm	20,50	20,50	20,50
Lato	mm	59,50	59,50	59,50
Umidita' naturale	W %	/	/	/
Umidita' di prova	W %	14,31	14,31	14,31
Massa campione secco	gr	135,30	48,40	135,42
Densita' naturale	kg/m ³	2131,2	762,4	2133,1
Densita' secca	kg/m ³	1864,4	667,0	1866,1

FASE DI CONSOLIDAZIONE

	kPa	98,1	196,1	294,2
Carico verticale				
Altezza dopo consolidazione	mm	19,83	19,38	18,90

FASE DI ROTTURA

	kPa	98,1	196,1	294,2
Carico verticale				
Altezza finale provino	mm	19,81	19,35	18,73
Umidita' di prova finale	W %	13,45	13,45	13,45
Densita' umida finale	kg/m ³	2188,9	801,7	2317,3
Densita' secca finale	kg/m ³	1929,4	706,6	2042,5

	mm	9,63	9,67	9,47
Scorrimento orizzontale				
Sforzo al taglio (massimo) t	kPa	89,47	138,60	201,90

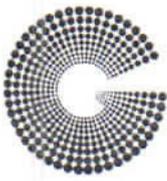
NOTE: Campione consegnato a cura del Committente
* Campione ricostituito mantenendo però il nucleo intatto

LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE

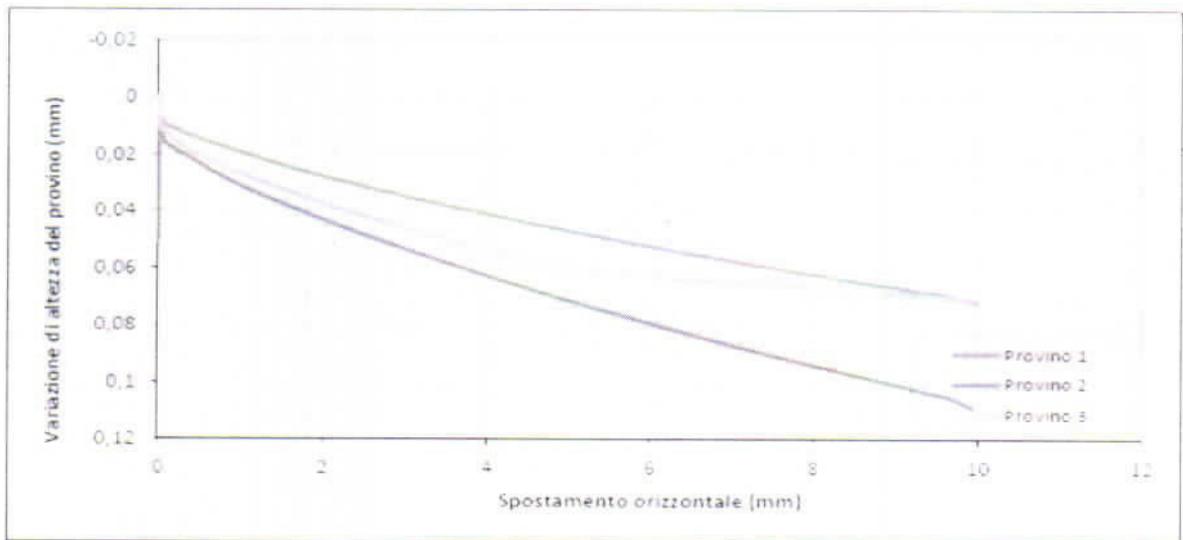
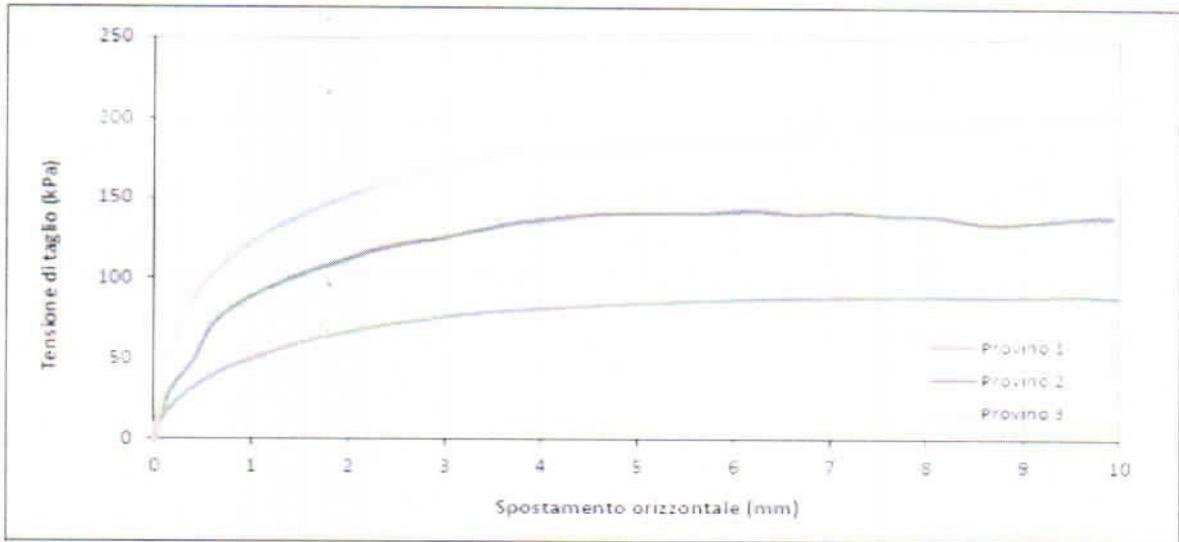
Dott. Geol. Guido Demontis

C.C.I.A.A. CAGLIARI 52034 - CODICE FISCALE DMN GNN 64D15 B354K - PARTITA IVA 01588890929



V.D.A. N°	4398-1	DEL	01/06/2018
COMMITTENTE	Imp. Barbarossa Srl		
CANTIERE	Revamping Linee A e B Termovalorizzatore- Macchiaredù		
CAMPIONE	S1 C2 12,50-13,00m		
UBICAZIONE	\		
DATA PRELIEVO	Maggio 2018	DATA PROVA	13/06/2018
CERTIFICATO N.	036579	DEL	19 GIU. 2018

PROVA DI TAGLIO DIRETTO
(Apparecchio di Casagrande) ASTM D3080-98



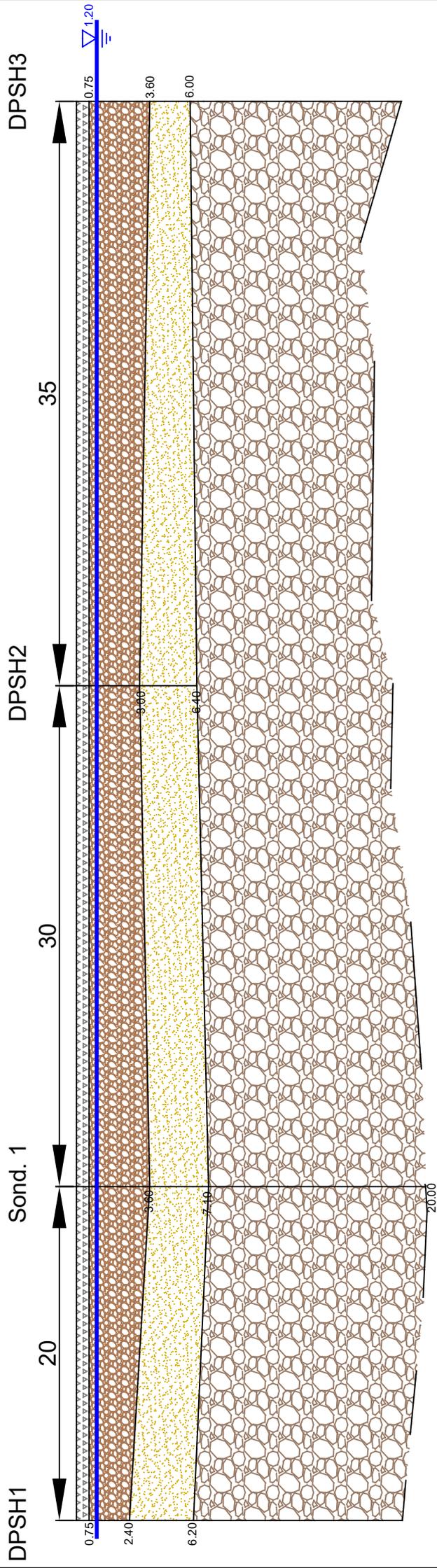
NOTE: Campione consegnato a cura del Committente

LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA



LEGENDA

-  STRATO 1a: Terreno di riporto
-  STRATO 1b: Alluvioni ciottolose
-  STRATO 2: Sabbia satura e sciolta
-  STRATO 3: Alluvioni antiche