



**Impianto Complesso
Raffineria, IGCC e Impianti Nord**

**NUOVI SERBATOI DI STOCCAGGIO GASOLI
ST209 e ST210**

Relazione Geologica e Geotecnica

0901-GA-67152-E

STUDIO GEOTECNICO ITALIANO S.r.l.
Dott. Ing. Valeriano Pastore
Iscrizione Albo degli Ingegneri
Provincia di Milano
N. 22123

Sommario

1	PREMESSA.....	4
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
2.1	Normativa di riferimento.....	5
2.2	Dati di progetto.....	5
2.3	Software.....	5
3	DESCRIZIONE DEL SITO	6
4	GEOLOGIA	7
4.1	Inquadramento geologico-strutturale	7
4.2	Inquadramento geografico-morfologico	9
4.3	Inquadramento idrogeologico	10
5	CAMPAGNA DI INDAGINE 2016	11
5.1	Attività di sito.....	11
5.2	Analisi di laboratorio.....	12
6	CONDIZIONI DEL SOTTOSUOLO E DELLA FALDA.....	13
6.1	Stratigrafie di progetto	13
6.2	Livello di falda	15
6.3	Caratterizzazione geotecnica delle formazioni.....	16
6.3.1	Formazione alluvionale (Glacis) e coltri superficiali	17
6.3.2	Formazione rocciosa	18
7	DETERMINAZIONE AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	21
7.1	Stati limite di riferimento	21
7.2	Vita utile dell'opera e periodo di riferimento.....	21
7.3	Periodo di ritorno dell'azione sismica T_R	21
7.4	Parametri su sito di riferimento rigido orizzontale	22
7.5	Determinazione della categoria di suolo	22
7.6	Accelerazione massima attesa in sito	23
7.6.1	Componenti dell'accelerazione equivalente	24
7.7	Suscettibilità alla liquefazione	25

8	FONDAZIONI NUOVI SERBATOI.....	26
8.1	Geometria serbatoio.....	26
8.2	Anello di fondazione e materiale di riempimento.....	26
8.3	Livello di falda, stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo	27
8.4	Criteri di verifica.....	27
8.4.1	Verifiche SLU – Collasso per carico limite dell’insieme fondazione – terreno	28
8.4.2	Verifiche SLU –Collasso per scorrimento sul piano di posa.....	34
8.4.3	Verifiche SLU – Stabilità globale	34
8.4.4	Verifiche SLE – Stima dei cedimenti.....	34
9	MURO DI CONTENIMENTO	38
9.1	Geometria della muro di contenimento	38
9.2	Livello di falda, stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo	38
9.3	Criteri di verifica.....	38
9.3.1	Verifiche SLU – Collasso per carico limite dell’insieme fondazione – terreno	40
9.3.2	Verifiche SLU – Verifica a Scivolamento	45
9.3.3	Verifiche SLU – Ribaltamento	48
10	STABILITA’ SCARPATE.....	53
10.1	Livello di falda, stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo	53
10.2	Livello di falda, stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo	53
10.3	Verifiche SLU – Stabilità globale	53
11	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	55

1 PREMESSA

Oggetto del presente documento tecnico è lo studio geologico e geotecnico dell'area nella raffineria esistente SARLUX nel comune di Sarroch (CA) in cui è prevista la realizzazione di due nuovi serbatoi denominati ST209 e ST210 e le verifiche geotecniche pertinenti alle opere in progetto su tale area.

In particolare le opere da realizzarsi sono:

- i serbatoi ST209 e ST210 e relative fondazioni
- i muri di contenimento del liquido che accidentalmente può fuoriuscire dai serbatoi
- le scarpate definitive di raccordo tra il piazzale serbatoi e strade perimetrali all'area di intervento

Per le valutazioni necessarie alla progettazione delle opere sopra citate, si riporta in questa sede un inquadramento geologico, geotecnico e sismico dell'area, la sintesi dei criteri adottati per le verifiche geotecniche previste ai sensi della normativa vigente (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, di seguito NTC2008) e dei relativi risultati, con riferimento all'attuale livello progettuale.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa di riferimento

- [1] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- [2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

2.2 Dati di progetto

- [3] Dr. Antonello Angius per SARLUX S.p.A. – Comune di Sarroch (CA) – Progetto nuovi serbatoi ST209 – ST210 – Indagine Geognostica (APPENDICE A) (nb allegare versione finale)
- [4] T E R G A M S.r.l. Territorio Geologia Ambiente - Indagine Geofisica con metodologie Sismiche a Rifrazione ed in foro in corrispondenza dell’area di sedime di due serbatoi denominati ST209 e ST210 presso la Raffineria Sarlux S.R.L. in Sarroch (Ca) (APPENDICE B)

2.3 Software

- [5] Ministero LLPP - Foglio elettronico “Spettri-NTC ver.1.0.3.xls” (<http://www.cslp.it>)
- [6] Slope/W Geostudio 2007 versione 7.23.

3 DESCRIZIONE DEL SITO

Il sito oggetto del presente studio è ubicato all'interno della Raffineria esistente Sarlux Spa nel comune di Sarroch (CA) nell'estremità Ovest del Golfo di Cagliari (Figura 1).

L'area di interesse per la realizzazione dei futuri serbatoi rispetto all'esistente è mostrata in Figura 2.



Figura 1 – Posizione dell'area in esame (inquadramento cartografico: Carta Tecnica Regionale Sezione n. 566 090 - Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 - Foglio 566 Pula - Carta Topografica d'Italia IGM in scala 1:25.000 Foglio: 566 sez. III)

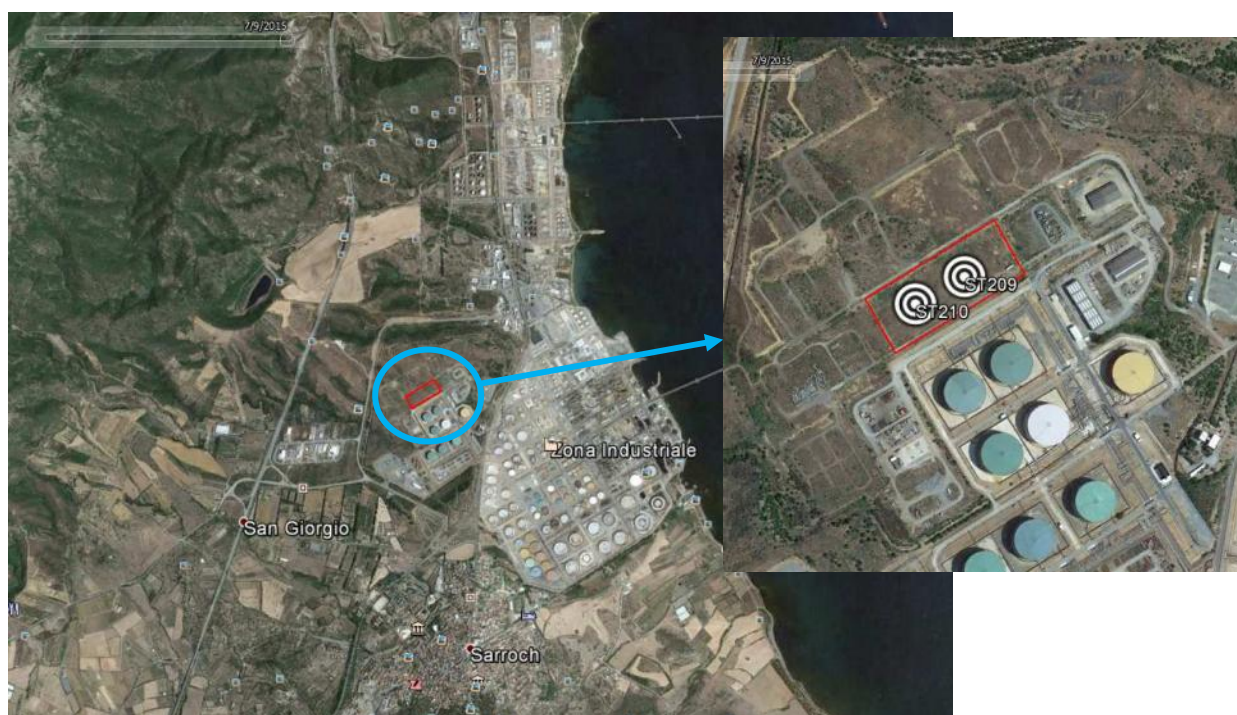


Figura 2: Ubicazione Serbatoi in progetto (da Google Earth)

4 GEOLOGIA

4.1 Inquadramento geologico-strutturale

Il sito in esame si trova nella parte nordorientale di una piana alluvionale formata da unità sedimentarie neogeniche: le ghiaie e sabbie del Subsistema di Portoscuso e dei Depositi olocenici.

A Sud-Est del sito è presente un'area collinare in cui affiorano rocce ignee effusive oligoceniche (Andesiti di Monte Arrubiu), e a Nord-Ovest un'area collinare più estesa in cui affiora la Formazione di Pala Manna (unità vulcanica sedimentaria flyschioide di età carbonifera, formata da metareniti, quarziti e metasiltiti alternate), intrusa dai granitoidi dell'Unità intrusiva di Villacidro.

In corrispondenza del sito in esame, il substrato presenta una successione formata da (in ordine stratigrafico):

- Depositi olocenici: coltre eluvio-colluviale (in affioramento sulla superficie topografica), di spessore non superiore a pochi metri, composta da sedimenti grossolani e fini (sabbia, silt) arricchiti di frazione organica e pedogenizzati. I depositi di questa unità erodono canali nell'unità sottostante, terrazzandola. Il grado di alterazione generale dei depositi è basso. Nell'intorno del sito è presente un livello superficiale rimaneggiato antropicamente spesso alcuni decimetri.
- Depositi di conoide alluvionale (Subsistema di Portoscuso): depositi continentali pleistocenici di conoide alluvionale composti da ghiaie medio-grossolane subarrotondate e subangolose e livelli sabbiosi, in affioramento sulla superficie topografica a N del sito in esame. Lo spessore totale nell'area è generalmente di alcuni metri. Sono presenti canali incisi nell'unità sottostante, in cui lo spessore dei depositi aumenta e può superare i 10 m. Questi depositi rappresentano i residui di estese conoidi alluvionali coalescenti, successivamente incise e terrazzate dai depositi olocenici. Si presentano argillificati e ossidati, con una pedogenizzazione pervasiva, con colori bruno-rossastri.
- Andesiti (Andesiti di Monte Arrubiu, complesso vulcanico di Monte Sarroch): corpi lavici oligocenici a chimismo andesitico con intercalazioni di tufi e cineriti. Presentano una struttura porfirica, con colore da grigio scuro a grigio-violaceo. Nell'area in esame presentano un livello superficiale molto alterato spesso alcuni metri, caratterizzato da una argillificazione pervasiva e generalmente intensa. L'andesite alterata assume colori bruno-ocra. Sotto il livello maggiormente alterato, l'andesite si presenta semilapidea o lapidea, solo leggermente alterata o con alterazione concentrata in particolari livelli. La roccia si presenta moderatamente fratturata, con sistemi di fratturazione suborizzontali e subverticali. Lo spessore supera la decina di metri; l'unità presenta una superficie superiore erosiva ondulata a dossi e depressioni. Le andesiti affiorano a partire da circa 650 m a S del sito (Monte Arrubiu) e in affioramenti minori a N ed E.

Per quanto riguarda l'assetto strutturale, il sito in esame è situato all'estremità Nord del Distretto vulcanico di Sarroch. Il Distretto vulcanico di Sarroch si trova all'interno di una regione caratterizzata da un regime tettonico distensivo, intermedia tra le zone di faglia dirette che delimitano ad Est l'Horst del Sulcis e quelle che delimitano ad Ovest il Graben del Campidano (Figura 5).

Il sito si trova ad alcune centinaia di metri dalla faglia diretta che delimita il Graben del Campidano. Essa si esprime morfologicamente in una scarpata sottomarina parallela alla linea di costa.

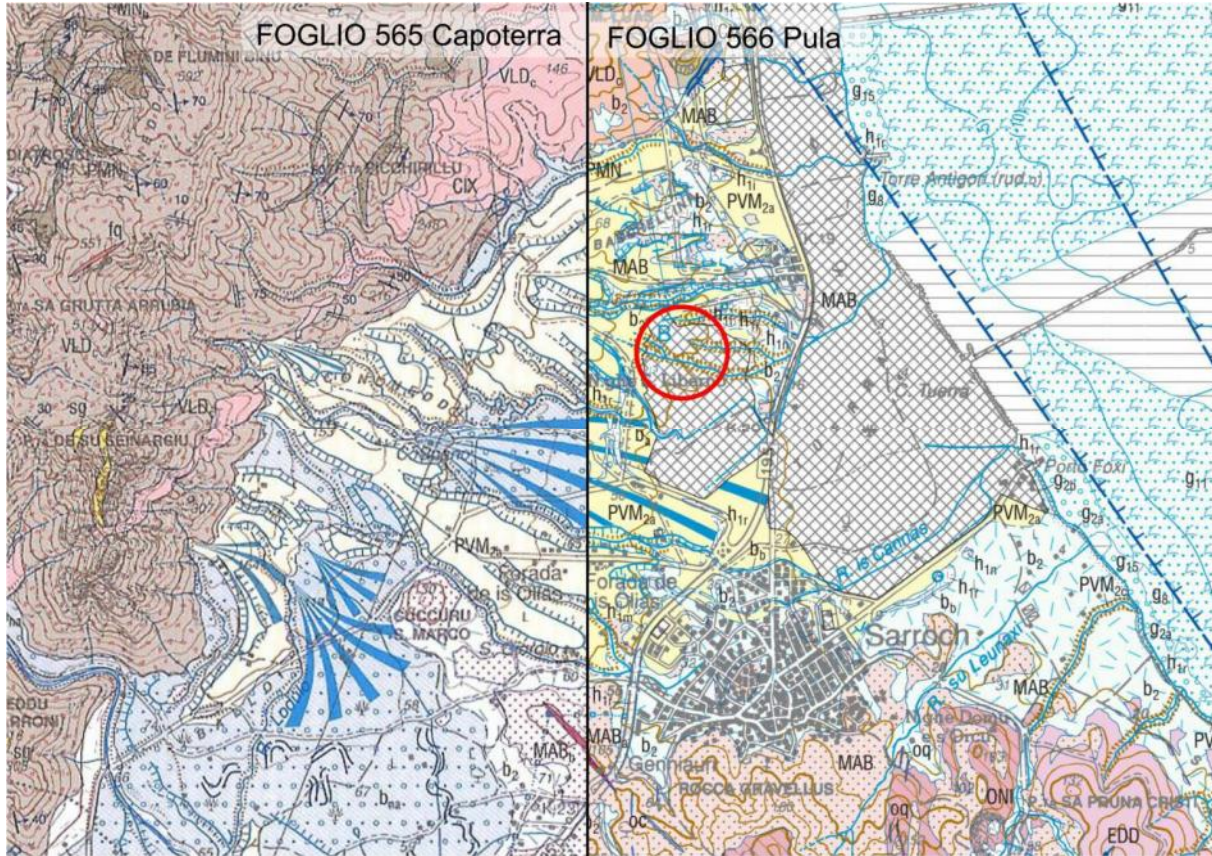


Figura 3 – Estratto dalla Carta Geologica d'Italia 1:50.000, Foglio 565 Capoterra e Foglio 566 Pula. In rosso è evidenziata l'area in esame. (I due Fogli sono stati realizzati in tempi diversi, da qui la diversa grafica.) PMN: Formazione di Pala Manna. VLD: Unità intrusiva di Villacidro. MAB: Andesiti di Monte Arrubiu. PVM₂: Subsistema di Portoscuso. b₂: coltre eluvio-colluviale pleistocenica. h_{1r}: depositi antropici.

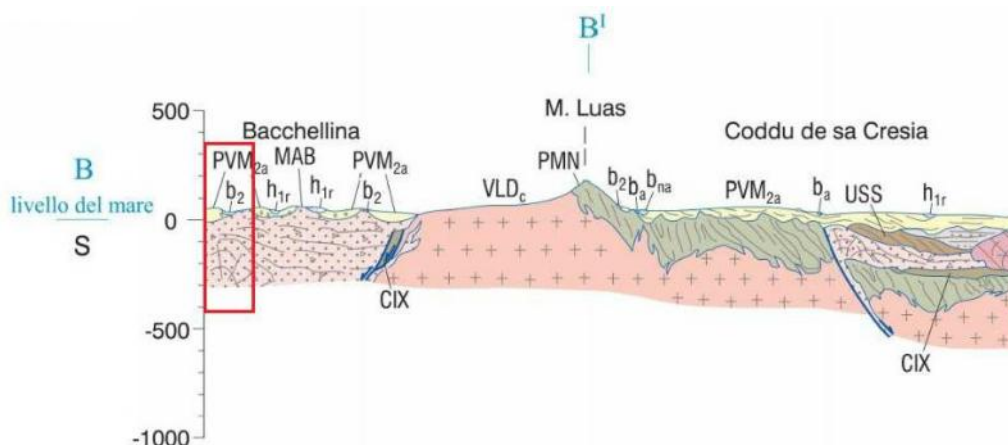


Figura 4 – Sezione geologica dalla Carta Geologica d'Italia 1:50.000 Foglio 566 Pula. La stratigrafia prevista per l'area in esame è evidenziata in rosso. PMN: Formazione di Pala Manna. VLD: Unità intrusiva di Villacidro. MAB: Andesiti di Monte Arrubiu. PVM₂: Subsistema di Portoscuso. b₂: coltre eluvio-colluviale pleistocenica. h_{1r}: depositi antropici.

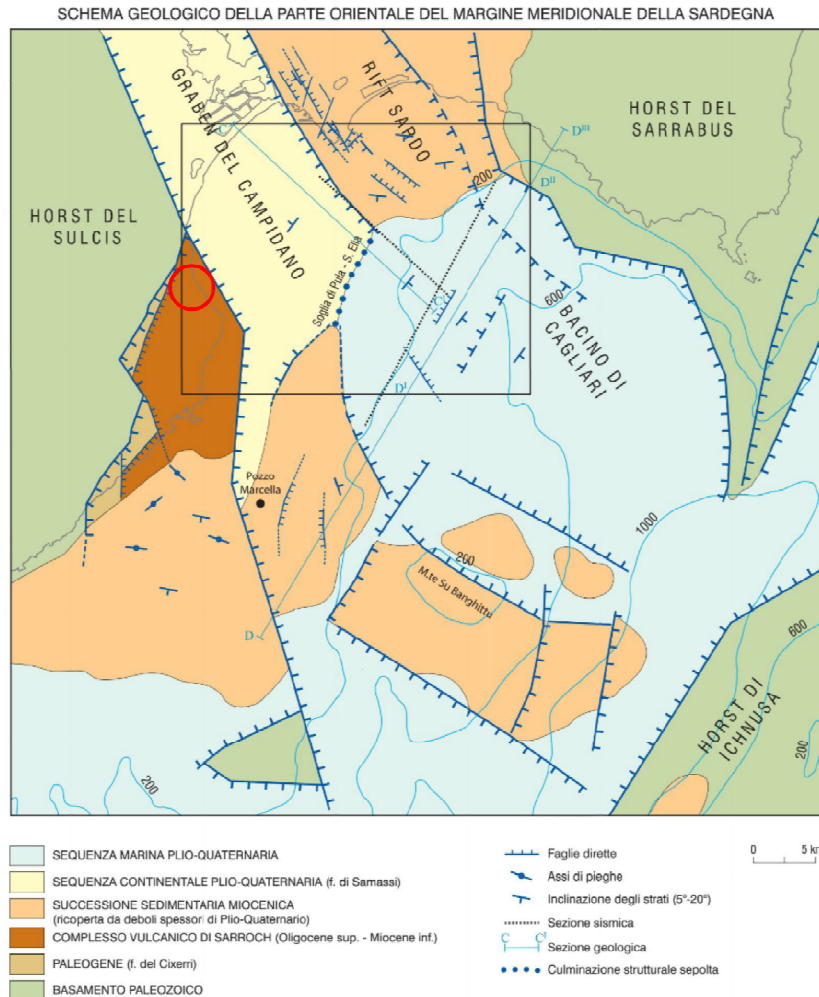


Figura 5 – Schema geologico della parte orientale del margine meridionale della Sardegna. Da Foglio 566 Pula, CARG. L'estensione del Foglio 566 Pula è indicata dal riquadro nero. La posizione di Sarroch è indicata dal cerchio rosso.

4.2 Inquadramento geografico-morfologico

Il sito è ubicato all'estremità Nord-Ovest dell'area industriale nel comune di Sarroch (CA), lungo la costa Ovest del Golfo di Cagliari (Figura 1), si trova a circa 1250 m dalla costa e ad una quota di 45 m s.l.m.. Il territorio, rimaneggiato antropicamente, si presenta in corrispondenza del sito pressoché pianeggiante. Nell'area circostante, il piano campagna presenta una debole pendenza verso ESE: il sito si trova immediatamente ai piedi di una porzione di territorio leggermente acclive, composta da conoidi alluvionali coalescenti, i cui apici raggiungono una quota di poco inferiore a 200 m s.l.m.. Tale fascia di conoidi si sviluppa ai piedi del versante SE di un'area collinare che raggiunge i 500 m circa di quota.

4.3 Inquadramento idrogeologico

La circolazione idrica superficiale nell'area in esame è limitata alla presenza di alcuni corsi d'acqua a carattere torrentizio: Riu di Bacchelina, Riu Brillante, Riu is Cannas. Quest'ultimo, di dimensioni leggermente maggiori, è stato deviato nel suo percorso durante la costruzione di infrastrutture di servizio alla raffineria Saras. Il Piano di Assetto Idrogeologico non evidenzia criticità per l'area in esame (Figura 6).

Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea, i depositi alluvionali del Pleistocene-Olocene che costituiscono parte del substrato presentano una permeabilità alta per porosità.

Per contro, le vulcaniti oligoceniche del Monte Arrubiu e la formazione carbonifera di Pala Manna presentano permeabilità rispettivamente medio-bassa (dovuta a fratturazione), e bassa (dovuta sia a fratturazione che a porosità).

Durante la fase di cantierizzazione della campagna 2016, non è stato eseguito il rilievo del livello di falda in foro di sondaggio in quanto la modalità di esecuzione del sondaggio stesso rendeva inattendibile qualunque lettura.

Al paragrafo 6.2 si riportano le condizioni di falda di riferimento assunte per il progetto.



Figura 6 – Pericolosità idraulica da PAI Regione Sardegna. In azzurro sono evidenziati i corsi d'acqua, in rosso l'ubicazione dell'area in esame.

5 CAMPAGNA DI INDAGINE 2016

5.1 Attività di sito

La campagna di indagine, eseguita nel mese di Maggio 2016 e finalizzata allo studio dell'area di interesse per le opere in progetto, ha previsto:

- n° 8 sondaggi a carotaggio continuo. In dettaglio per ciascun serbatoio è stato previsto un sondaggio centrale spinto alla profondità di 30 metri dal piano campagna e n°3 perimetrali disposti a 120°, spinti per almeno 5 metri nel substrato lapideo;
- n° 59 prove S.P.T. ad intervallo regolare di 1 m per i primi 9 m e successivamente con intervallo pari a 1.5 m fino all'intercettazione dello strato lapideo;
- Esecuzione di prove sulle carote con pocket penetrometer e vane test tascabile e calcolo dell'indice RQD;
- n°2 prove down-hole in corrispondenza dei sondaggi ST209-04 e ST210-04 (entrambi in corrispondenza del centro dei serbatoi);
- n° 3 stendimenti sismici a rifrazione con onde si taglio S.
- Prelievo di campioni di terreno indisturbati, rimaneggiati e campioni in roccia.

In Figura 7 è riportato uno stralcio planimetrico con indicazione della posizione delle indagini.

Per maggiore dettaglio circa quanto sopra descritto e riassunto si rimanda ai documenti di progetto Doc.Rif.[3] e [4] riportati in APPENDICE A e APPENDICE B.

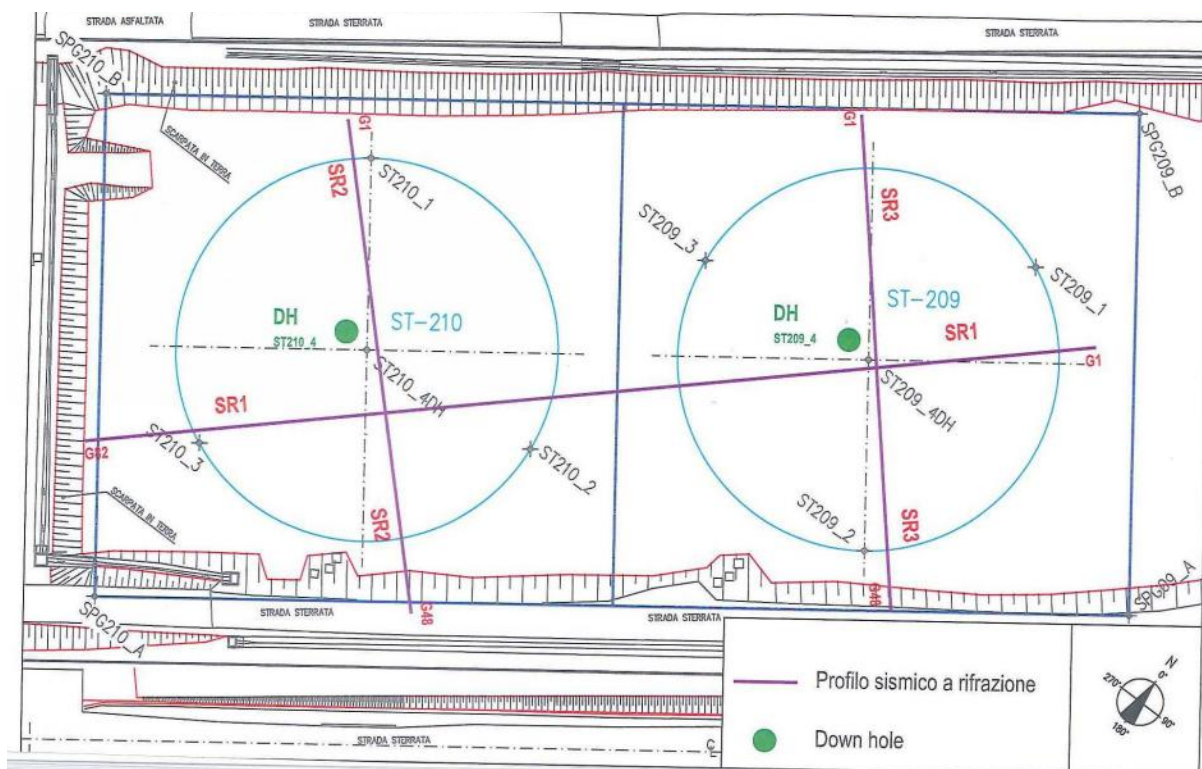


Figura 7: Ubicazione indagini 2016

5.2 Analisi di laboratorio

Sui campioni prelevati in sito, sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio:

Campioni di terreno

- Prove di classificazione (peso di volume, peso dei grani, contenuto di acqua, analisi granulometrica per vagliatura e per sedimentazione);
- Prove edometriche;
- Prove triassiali;
- Prove di taglio diretto;
- Analisi chimiche (PH, contenuto cloruri e contenuto solfati).

Campioni lapidei

- Prove per la determinazione del peso di volume;
- Prove di compressione monoassiale;
- Point load Test.

Per maggiore dettaglio circa quanto sopra descritto e riassunto si rimanda al documento di progetto Doc.Rif.[3] riportato in APPENDICE A.

6 CONDIZIONI DEL SOTTOSUOLO E DELLA FALDA

6.1 Stratigrafie di progetto

In accordo ai risultati delle indagini disponibili, sono state identificate le seguenti unità geotecniche:

- **Terreno di riporto**, da p.c. a max 2.20 m da p.c.
Costituito dalle ghiaie con blocchi e matrice sabbiosa con limo ed argilla. Il grado di addensamento varia da basso a medio. La permeabilità di questo livello è molto elevata ed il grado di umidità è strettamente legato alle precipitazioni
- **“Glacis”**, al di sotto del riporto fino a max fino 7.6 m da p.c.
Si tratta dei depositi alluvionali continentali costituiti da ghiaie con blocchi in matrice sabbiosa con limo ed argilla.
Il grado di addensamento è medio o elevato, sono frequenti valori SPT “a rifiuto” qualora si intercettino dei blocchi.
Tale formazione è presente solo in corrispondenza del Serbatoio ST209 con spessore variabile in relazione all’originario andamento topografico ed alle pregresse operazioni di gradonatura del versante.
- **Coltre superficiale del substrato lapideo**, tra 2.0 m (max 7.6 m) e 3.3 m (max 9.7 m)
Si tratta della facies superficiale del substrato vulcanico con grado di alterazione (argillificazione) molto elevato molto elevato e progressivamente degradante verso il basso.
In questo livello è possibile distinguere due facies:
 - **superiore** particolarmente alterata con struttura non più riconoscibile o solo localmente riconoscibile, generalmente umida, ossidata e di colore variabile dal giallastro al marroncino. Il grado di consistenza varia da basso a medio.
 - **inferiore** con struttura sempre riconoscibile. Il grado di coesione è sempre elevato o molto elevato. Caratterizzata dalla presenza sempre più frequente di livelli semilapidei.
- **Substrato roccioso**, al di sotto della coltre superficiale fino alle massime profondità indagate
Si tratta di andesite da molto fratturata a fratturata.
E’ possibile distinguere due livelli:
 - un livello superficiale, debolmente o mediamente alterato, con due famiglie di giunti, nella prima da obliqui a molto inclinati, nella seconda sub-verticali, generalmente serrati o debolmente beanti (1-2 mm), il materiale di riempimento quando presente è argilloso. Le pareti sono debolmente rugose o lisce, quasi sempre ossidate con superficie scalfibile da punta d’acciaio. Il grado di resistenza del campione intatto è medio o medio-basso.
 - un livello inferiore intatto (privo di alterazione), caratterizzato dalla presenza due famiglie di giunti , nella prima da obliqui a molto inclinati, nella seconda sub-verticali, generalmente serrati e privi di materiale di riempimento, localmente cementati da calcite. Le pareti sono debolmente rugose o lisce ma debolmente ossidate con superficie appena scalfibile da punta d’acciaio. Il grado di resistenza del campione intatto è elevato

Ai fini dei dimensionamenti/verifiche di ciascuna delle opere in progetto possono essere assunti i seguenti profili stratigrafici:

- Serbatoio ST209: stratigrafia centro e bordo serbatoio come da Tabella 1;
- Serbatoio ST210: stratigrafia centro e bordo serbatoio come Tabella 2;
- Muri di contenimento: stratigrafia come da Tabella 3, assumendo in via cautelativa la stratigrafia relativa al sondaggio ST209-1
- Muri perimetrali: stratigrafia come da Tabella 4, assumendo in via cautelativa la stratigrafia relativa al sondaggio ST209-1

Tabella 1 – Serbatoio ST209 – Stratigrafie di riferimento

Sondaggio	Centro	Bordo		
	ST209-4	ST209-1	ST209-2	ST209-3
STRATO	Da / A	Da / A	Da / A	Da / A
	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.
Riporto	0→2	0→2	0→2	0→2
Glacis	2→4	2→8	2→2.5	-
Coltre Superficiale	4→5	-	2.5→5	2→5
Coltre Inferiore	5→9	8→15	5→8	5→8
Substrato roccioso alterato	9→26	-	8→11	8→9
Substrato roccioso intatto	>26	>15	>11	>9

Tabella 2 – Serbatoio ST210 – Stratigrafie di riferimento

Sondaggio	Centro	Bordo		
	ST210-4	ST210-1	ST210-2	ST210-3
STRATO	Da / A	Da / A	Da / A	Da / A
	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.	m da p.c.
Riporto	0→2	0→2	0→2	0→2
Glacis	-	-	-	-
Coltre Superficiale	2→4	2→4	2→3	2→8
Coltre Inferiore	4→5	4→12.5	3→7.5	8→10.5
Substrato roccioso alterato	5→10	12.5→13	7.5→9	10.5→17.5
Substrato roccioso intatto	>10	>13	>9	>17.5

Tabella 3 – Muri di contenimento – Stratigrafia di riferimento

Sondaggio	ST209-1
STRATO	Da / A
	m da p.c.
Riporto	0→2
Glacis	2→8
Coltre Superficiale	-
Coltre Inferiore	8→15
Substrato roccioso alterato	-
Substrato roccioso intatto	>15

Tabella 4 – Muri di sostegno – Stratigrafia di riferimento

Sondaggio	ST209-1
STRATO	Da / A
	m da p.c.
Riporto	0→2
Glacis	2→8
Coltre Superficiale	-
Coltre Inferiore	8→15
Substrato roccioso alterato	-
Substrato roccioso intatto	>15

6.2 Livello di falda

Durante la campagna 2016, non è stato eseguito il rilievo del livello di falda in foro di sondaggio.

Dall'analisi dei risultati delle prove di sismica a rifrazione (si veda Doc.Rif.[4]) in accordo ai valori misurati di velocità delle onde di compressione V_p , il livello di saturazione (V_p circa 1500 m/s) è stato rilevato in media a circa 14÷15 m da p.c., localmente si registrano livelli di saturazione a profondità inferiori (circa 10÷12 m da p.c.).

Poiché sono disponibili di misure periodiche dei livelli di falda effettuate sui piezometri della rete della raffineria, è stato richiesto di individuare le verticali più prossime ai serbatoi in progetto e di fornirne le relative misure più aggiornate.

In Figura 8 è riportato uno stralcio planimetrico con indicazione della posizione di tali sondaggi attrezzati con piezometro (cerchiati in blu) distanti dai serbatoi in progetto (indicati in rosso) circa 150 m.

Dalle misure attualmente disponibili, in essi la falda è stata rinvenuta a profondità variabili tra 7 m e 11 m da piano campagna, in particolare:

Piezometro PZ12

- Quota boccaforo $z=39.18\text{m s.l.m.}$
- falda media rinvenuta a:
7.15 m da piano campagna - letture di riferimento 18 Marzo 2015;
8.20 m da piano campagna - letture di riferimento 10 Settembre 2015.

Piezometro PZ49

- Quota boccaforo $z=39.63\text{m s.l.m.}$
- falda media rinvenuta a:
10.53 m da piano campagna - letture di riferimento 13 Marzo 2015;
11.19 m da piano campagna - letture di riferimento 14 Settembre 2015.

Nelle verifiche oggetto del presente documento, considerando la distanza piezometri-serbatoi, i risultati delle prove a rifrazione e la morfologia del sito, il livello di falda in area di interesse è stato cautelativamente posto a 10 m dal piano campagna.



Figura 8: Ubicazione piezometri

6.3 Caratterizzazione geotecnica delle formazioni

La caratterizzazione geotecnica delle formazioni incontrate in sito si è basata sull'insieme delle informazioni desunte dai certificati dei sondaggi, dai risultati delle prove in sito e delle prove di laboratorio effettuate su campioni, indisturbati e rimaneggiati, prelevati nei sondaggi.

6.3.1 Formazione alluvionale (Glacis) e coltri superficiali

La Figura 9 riporta i risultati delle misure in sito SPT. Dall'analisi dei dati risulta quanto segue:

- Il numero di colpi registrato in corrispondenza dello strato alluvionale denominato "Glacis" è pari a circa $N_{SPT} = 10$ colpi/30cm con valori puntuali fino a 20 colpi/30cm.
- Il numero di colpi registrato entro le coltri (inferiore e superiore), pari a circa $N_{SPT} = 10$ colpi/30cm a 2 m da piano campagna e risulta essere crescente con la profondità, andando sistematicamente a rifiuto al di sotto dei 10 m da piano campagna.

È importante ancora precisare che alcuni dei valori di N_{SPT} riscontrati potrebbero essere stati influenzati dalla presenza di ciottoli di grandi dimensioni, pertanto, nel seguito, i parametri di resistenza al taglio e di rigidezza sono stati valutati in modo prudenziale per tenere conto di questa eventualità.

I risultati delle prove SPT sono stati interpretati per la formazione alluvionale del "Glacis" in termini di densità relativa (DR) utilizzando la formula di Skempton (1986), risultando variabili tra il 30% ed il 60%.

L'angolo di attrito interno ricavati sulla base della stima della DR, utilizzando la formula di Bolton (1986) e considerando la presenza di fine nella matrice del materiale. Le valutazioni portano ad un valor medio dell'angolo di attrito interno dell'ordine dei 32°.

L'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche in termini di resistenza al taglio non drenata per i materiali a grana fine delle coltri è stata effettuata adottando la correlazione proposta in Kulhawy e Mayne (1990), $C_u = 5 \cdot N_{SPT}$. I valori ottenuti risultano variabili tra 50 kPa e 150 kPa nella coltre superficiale e tra variabili 150 kPa e 250 kPa nella coltre inferiore con diversi locali valori superiori 250 kPa al di sotto degli 8 ÷ 10 m da p.c.. Tali valori risultano in buon accordo con i dati disponibili da prove di laboratorio TXUU.

Sulle coltri superficiali sono state effettuate prove di laboratorio sia di taglio diretto che triassiali consolidate drenate, che hanno fornito i seguenti range di valori dei parametri di resistenza:

$$c' = 35 \div 38 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 23 \div 28^\circ$$

Per quanto riguarda i parametri di deformabilità con riferimento ai materiali granulari i profili dei moduli di deformabilità operativi derivano dall'interpretazione delle prove penetrometriche SPT utilizzando la formula di Jamiolkowski et al. (1988).

Per quanto concerne i materiali a grana fine delle coltri si è fatto riferimento alla relazione che lega il modulo edometrico alla coesione non drenata $(150 \div 200) \cdot C_u$, valida nell'ambito di campi tensionali inferiori alla tensione di preconsolidazione. I valori risultano in buon accordo con i valori valutabili in campo sovraconsolidato dalle prove edometriche di laboratorio.

In Tabella 5 si riportano i valori caratteristici dei parametri geotecnici delle formazioni in oggetto valutati come sopra definito.

In accordo alla normativa vigente NTC2008 (Doc.Rif.[1]), ai fini delle verifiche SLU geotecniche, i valori di caratteristici indicati in Tabella 5 devono essere opportunamente fattorizzati mediante i coefficienti parziali definiti nella tabella 6.2.II delle NTC2008 (Doc. Rif. [1]).

6.3.2 Formazione rocciosa

Per quanto concerne i dati di sito SPT in corrispondenza del substrato roccioso alterato i colpi sono sempre a rifiuto, non sono state effettuate le prove nella parte intatta della formazione

In Figura 10 è riportato il valore di resistenza a compressione σ_c da prove di UCS e Point Load Test per i campioni di materiale lapideo, generalmente nella sua facies intatta, un solo dato è infatti disponibile per il livello alterato della formazione rocciosa. Dall'analisi dei dati risulta quanto segue:

- In corrispondenza del substrato roccioso alterato il dato disponibile fornisce un valore di $\sigma_c = 1$ MPa.
- In corrispondenza del substrato roccioso intatto i valori di resistenza a compressione σ_c risultano pari a circa 10 MPa tra 6 m e 8 m da p.c., al di sotto degli 8 m da p.c. sono mediamente nell'intervallo $15 \div 30$ MPa con locali valori > 50 MPa.

Per la caratterizzazione della formazione lapidea si è fatto uso del codice di calcolo Roclab 1.03 (Rockscience), assumendo:

- Indice GSI = 40, valore cautelativo sulla base della descrizione del materiale rilevato
- $\sigma_c = 1$ MPa nella parte alterata e cautelativamente pari a 10 MPa nella parte intatta
- parametro $m = 20$ tipico di vulcaniti
- parametro $MR = 300$ tipico di vulcaniti

Il codice Roclab 1.03 ha fornito i valori dei parametri di resistenza e di deformabilità, nell'ambito delle tensioni di interesse, da attribuire alla formazione di base trattata come ammasso. Tali valori sono riportati in Tabella 5.

Per la parte alterata della formazione è disponibili una prova di taglio diretto che fornisce valori di resistenza compatibili con quanto valutato.

In accordo alla normativa vigente NTC2008 (Doc.Rif.[1]), ai fini delle verifiche SLU geotecniche, i valori di caratteristici indicati in Tabella 5 devono essere opportunamente fattorizzati mediante i coefficienti parziali definiti nella tabella 6.2.II delle NTC2008 (Doc. Rif. [1]).

Tabella 5- Parametri geotecnici caratteristici

STRATO	γ	ϕ'_k	c'_k	cu_k	E_{op}
	kN/mc	°	kPa	kPa	MPa
Riporto	-	-	-	-	-
Glacis	18	32	0	-	14÷30
Coltre Superficiale	18	23	35	60÷150	12÷30
Coltre Inferiore	18	23	38	150÷250	30
Substrato roccioso alterato	19	37	40	500	50
Substrato roccioso non alterato	21	45	150	>> 1000	500

γ = peso di volume naturale
 ϕ'_k = valore caratteristico dell'angolo di attrito
 c'_k = valore caratteristico della resistenza al taglio in condizioni drenate
 cu_k = valore caratteristico della coesione non drenata
 E'_{op} = valore operativo del modulo di Young.

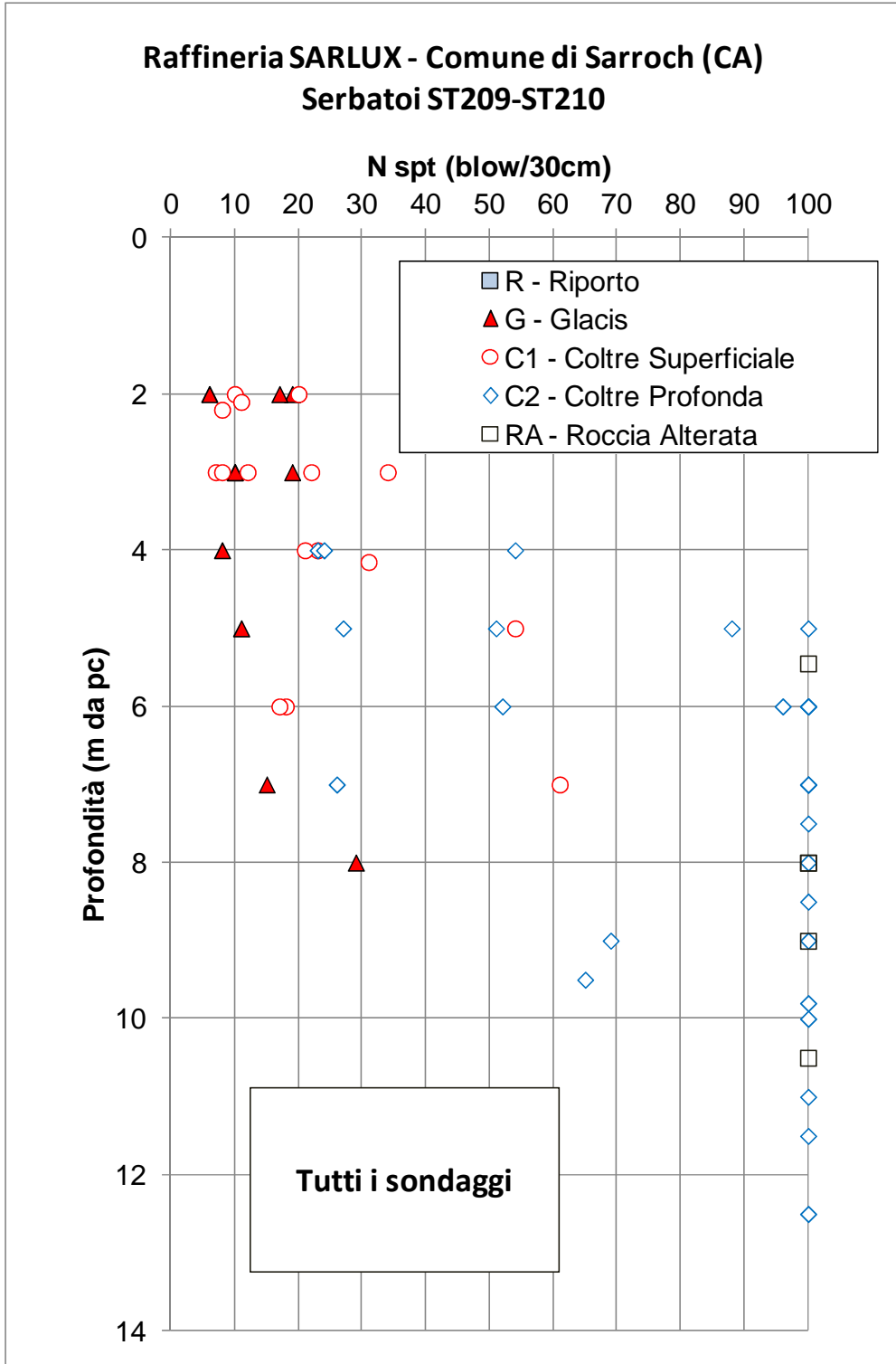


Figura 9: Prove SPT – Numero di colpi sui secondi 30 cm

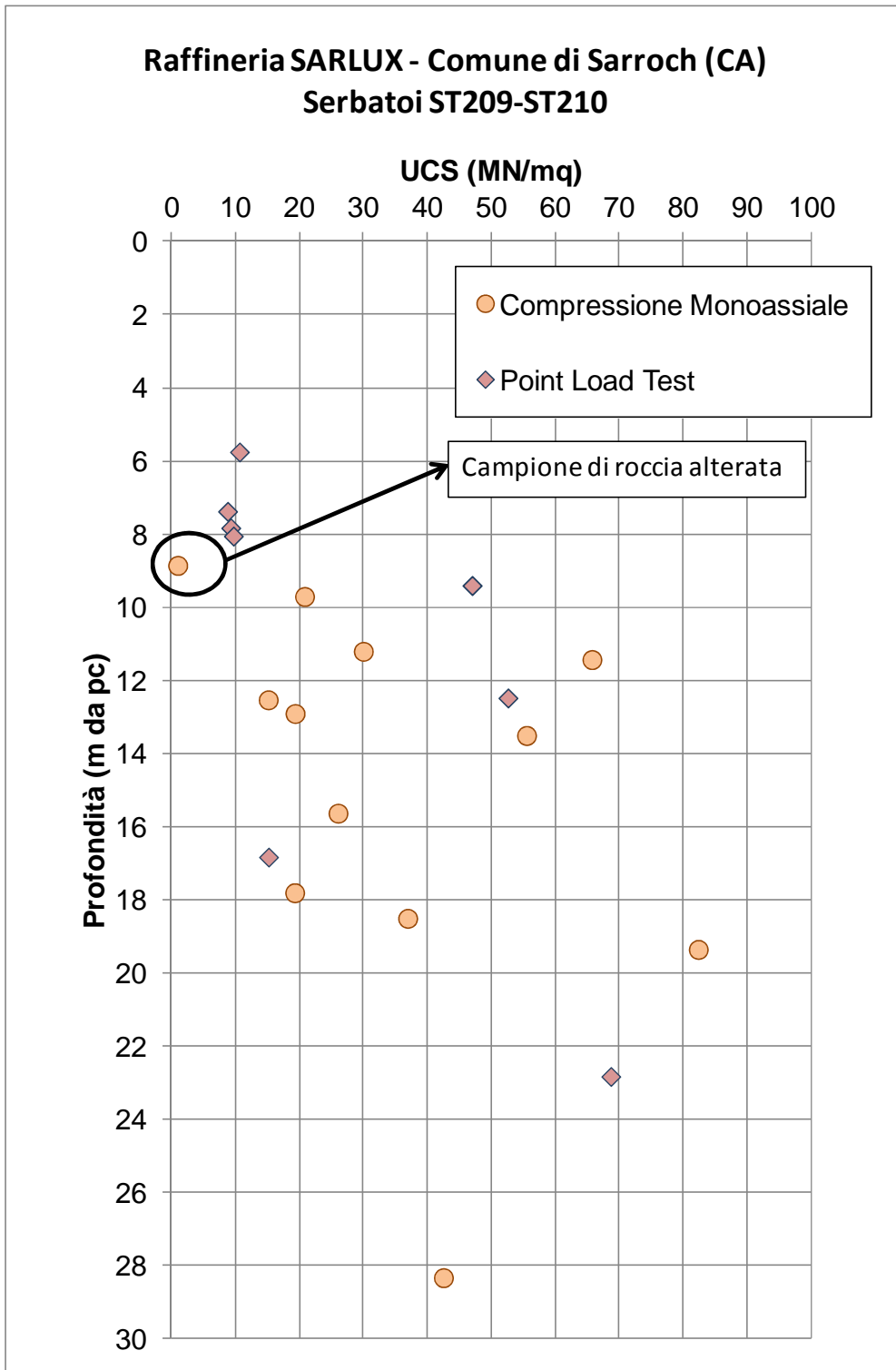


Figura 10: Resistenza a compressione monoassiale per i campioni in roccia

7 Determinazione azione sismica di riferimento

7.1 Stati limite di riferimento

In accordo alla normativa vigente (Doc. Rif. [1]), l'azione sismica di progetto, così come i parametri del terreno di progetto da considerare, devono essere valutati sulla base degli Stati Limite relativi all'opera da verificare, pertanto, per l'opera in oggetto, per le verifiche agli Stati Limite Ultimi l'accelerazione equivalente di progetto è quella associata allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (**SLV**), mentre per le verifiche agli Stati Limite di Esercizio si farà riferimento allo Stato Limite di Danno (**SLD**).

7.2 Vita utile dell'opera e periodo di riferimento

La Vita Nominale dell'opera, in accordo al punto 2.4.1 del Doc.Rif.[1], in assenza di precise indicazioni in merito, è assunta pari a:

$$V_n = 50 \text{ anni}$$

La Classe d'Uso utilizzabile per le verifiche oggetto del presente studio è definita in accordo al punto 2.4.2 della Normativa (Doc. Rif. [1]); per le finalità dell'opera, si è assunta la seguente classe d'uso IV da cui è definito il coefficiente d'uso:

$$C_u = 2.0$$

Di conseguenza, il periodo di riferimento per l'azione sismica, definito in accordo al Par. 2.4.3 della Normativa (Doc. Rif. [1]), risulta pari a:

$$V_r = V_n * C_u = 100 \text{ anni}$$

7.3 Periodo di ritorno dell'azione sismica T_R

Definita la vita utile dell'opera, i valori del periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , in funzione della probabilità di superamento P_{vr} associata allo stato limite considerato (si veda il paragrafo 4.2.1), sono dati dalla seguente relazione (Par. C.3.2. ed Eq. C.3.2.1. del Doc. Rif. [1]):

$$T_R = -V_r / (\ln(1-P_{vr}))$$

In Tabella 6 sono riportati i valori di T_R calcolati.

Tabella 6: Valori delle probabilità di superamento P_{vr} e dei periodi di ritorno T_R al variare dello Stato Limite considerato.

Stati Limite		P_{vr} (%)	T_R (anni)
Stati Limite di Esercizio SLE	SLO	81	60
	SLD	63	101
Stati Limite Ultimi SLU	SLV	10	949
	SLC	5	1950

7.4 Parametri su sito di riferimento rigido orizzontale

L'opera in oggetto è ubicata nel comune di Sarroch in provincia di Cagliari, cui corrispondono le seguenti coordinate geografiche:

Longitudine: 9.0104°;

Latitudine: 39.0683°.

Nella Tabella 1 allegata alla Normativa (Doc. Rif. [1]) in funzione delle coordinate geografiche, sono assegnati i valori dei seguenti parametri, rispetto ad una griglia di punti prefissati sul territorio:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori dei parametri al sito d'interesse sono stati determinati in accordo alla Tabella 2 dell'Allegato B alle Norme Tecniche per le Costruzioni (Doc. Rif. [1]).

Considerati gli stati limite di riferimento assunti per l'opera in progetto (paragrafo 7.1), per i corrispondenti tempi di ritorno indicati in Tabella 6, si ottengono i seguenti valori dei parametri spettrali (Tabella 7).

Tabella 7: Valori dei parametri a_g, F_0 e T_c^* per suolo rigido per i diversi periodi di ritorno dell'azione sismica. Valori forniti dal foglio di calcolo "Spettri di risposta - V. 1.0.3" ([5])

STATO LIMITE	T_R	a_g	F_0	T_c^*
	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLD	101	0.031	2.730	0.307
SLV	949	0.060	2.976	0.371

7.5 Determinazione della categoria di suolo

La determinazione della categoria di suolo, in accordo con le prescrizioni della Normativa (Par. 3.2.2. del Doc.Rif.[1]), è basata sulla stima dei valori di velocità media di propagazione delle onde di taglio $V_{S,30}$ o alternativamente sui valori della resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$ entro i primi 30 m di profondità (per terreni a grana grossa), o sulla resistenza non drenata equivalente media sempre entro i primi 30 m di profondità $C_{U,30}$ (per terreni a grana fina).

Con riferimento alla formula, definita in normativa (Doc.Rif.[1]) che determina la media pesata delle velocità delle onde di taglio:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum \frac{H_i}{V_{Si}}}$$

i terreni interessati dalle opere sono ascrivibili, ai fini della pericolosità sismica, alla categoria B, ossia "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.

Si vedano anche i risultati dell'indagine geofisica riportati nel Doc.Rif.[4].

7.6 Accelerazione massima attesa in sito

L'accelerazione massima attesa al sito a_{max} è definita attraverso la seguente relazione (Par. 3.2.3.2.1. del Doc. Rif. [1]):

$$a_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

in cui

- a_g = Accelerazione massima su sito rigido;
- S_s = Coefficiente d'amplificazione stratigrafica;
- S_T = Coefficiente d'amplificazione topografica.

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s (per suolo di Cat. B) è calcolato come

$$S_s = 1.4 - 0.4 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g}$$

con

$$1 \leq S_s \leq 1.2$$

(vedi par. 3.2.3.2.1 e tabella 3.2.V del Doc. Rif. [1]), ed F_0 come da Tabella 7.

In Tabella 8 si riporta il valore di S_s definito per gli stati limite di riferimento selezionati.

Tabella 8: Valori del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s

STATO LIMITE	T_R	S_s
	[anni]	[-]
SLD	101	1.20
SLV	949	1.20

Il coefficiente di amplificazione topografica S_T per il sito in esame è dato in funzione della categoria topografica dell'opera (Tab. 3.2.VI del Doc. Rif. [1]). Nel caso in esame è stato assunto pari a 1.0, valore assegnato per siti con categoria topografica T1, caratterizzati da pendii con pendenza inferiore a 15° (Tab. 3.2.IV. del Doc. Rif. [1]).

Sulla base di quanto sopra, in Tabella 9 si riportano i valori di accelerazione massima attesa al sito per ogni stato limite di riferimento selezionato (paragrafo 7.1).

Tabella 9: Valori di accelerazione massima attesa al sito

STATO LIMITE	T_R	a_{max}
	[anni]	[g]
SLD	101	0.037
SLV	949	0.072

7.6.1 Componenti dell'accelerazione equivalente

Come definito in normativa, a meno di specifiche analisi dinamiche, è possibile svolgere le verifiche di sicurezza per l'opera di sostegno mediante analisi pseudostatiche o analisi agli spostamenti.

Nello specifico, la valutazione dell'impatto dell'azione sismica sull'opera di sostegno è stata condotta mediante analisi pseudostatica come definito nel Paragrafo 7.11.6.3 della Normativa (Doc. Rif.[1]).

7.6.1.1 Calcolo coefficienti sismici per la verifica di stabilità globale

La verifica di stabilità globale va condotta mediante il metodo di analisi definito al Par. 7.11.3.5 del Doc. Rif.[1], inerente alla stabilità dei pendii.

Sulla base di quanto definito al Par.7.11.3.5.2 del Doc. Rif.[1], i coefficienti sismici k_h (orizzontale) e k_v (verticale) sono definiti come:

$$k_h = \beta_s \cdot a_{\max}$$

$$k_v = \pm k_h / 2$$

essendo:

$$a_{\max} (g) = 0.072 < a_g (g) = 0.1$$

ne risulta un coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito $\beta_s = 0.20$ (Tabella 10).

Con riferimento agli Stati Limite Ultimi di riferimento SLV, si ottengono i seguenti coefficienti per la verifica di stabilità globale (Tabella 11).

Tabella 10: Coefficiente β_s

	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

Tabella 11: Valori dei coefficienti sismici per le verifiche di stabilità globale

STATO LIMITE	T_R	k_h	k_v
	[anni]	[g]	[g]
SLV	949	0.0144	± 0.0072

7.6.1.2 Calcolo delle componenti dell'accelerazione equivalente per la verifica di stabilità del muro di sostegno

Sulla base di quanto definito al Par.7.11.6.2.1 del Doc. Rif.[1], i coefficienti sismici k_h (orizzontale) e k_v (verticale) sono definiti come:

$$k_h = \beta_m \cdot a_{max}$$

$$k_v = \pm k_h / 2$$

essendo

$a_{max}(g) = 0.072 < a_g(g) = 0.1$ ne risulta un $\beta_m = 0.18$ (Tabella 12).

Tabella 12: Coefficiente β_m

	Categoria di sottosuolo	
	A	B,C,D,E
	β_m	β_m
$0.2 < a_g(g) < 0.4$	0.31	0.31
$0.1 < a_g(g) < 0.2$	0.29	0.24
$a_g(g) < 0.1$	0.20	0.18

Con riferimento agli Stati Limite Ultimi SLV, si ottengono i seguenti coefficienti per la verifica di stabilità dell'opera (Tabella 13).

Tabella 13: Valori dei coefficienti sismici per le verifiche di stabilità locale

STATO LIMITE	T_R	k_h	k_v
	[anni]	[g]	[g]
SLV	949	0.01296	± 0.006

7.7 Suscettibilità alla liquefazione

In accordo al Par. 7.11.3.4.2 della normativa vigente (Doc. Rif. [1]), per il sito in oggetto la verifica può essere omessa.

8 FONDAZIONI NUOVI SERBATOI

In accordo a quanto emerso dalla campagna di indagine 2016 in area di interesse, date le caratteristiche di resistenza e deformabilità dei terreni rilevati in sito, i serbatoi oggetto del presente documento potranno essere posti su un terreno selezionato e compattato confinato da una trave ad anello in cemento armato.

Nei seguenti paragrafi si riportano:

- la geometria della struttura (paragrafo 8.1)
- le caratteristiche geometriche della fondazione, ovvero dell'anello in cls, ed i requisiti del materiale che costituisce il riempimento e su cui poggerà la base del serbatoio (paragrafo 8.2)
- le caratteristiche del sito in termini di stratigrafia e livelli di falda si rimanda (paragrafo 8.3).
- i criteri di progettazione e le verifiche ai sensi della normativa vigente delle opere di fondazione dei serbatoi in progetto (paragrafo 8.4)

8.1 Geometria serbatoio

In Figura 11 è riportata la geometria di progetto dei serbatoi. Le dimensioni di riferimento sono:

- Diametro del serbatoio $D=60.96\text{m}$
- Altezza del serbatoio $H=17.68\text{m}$

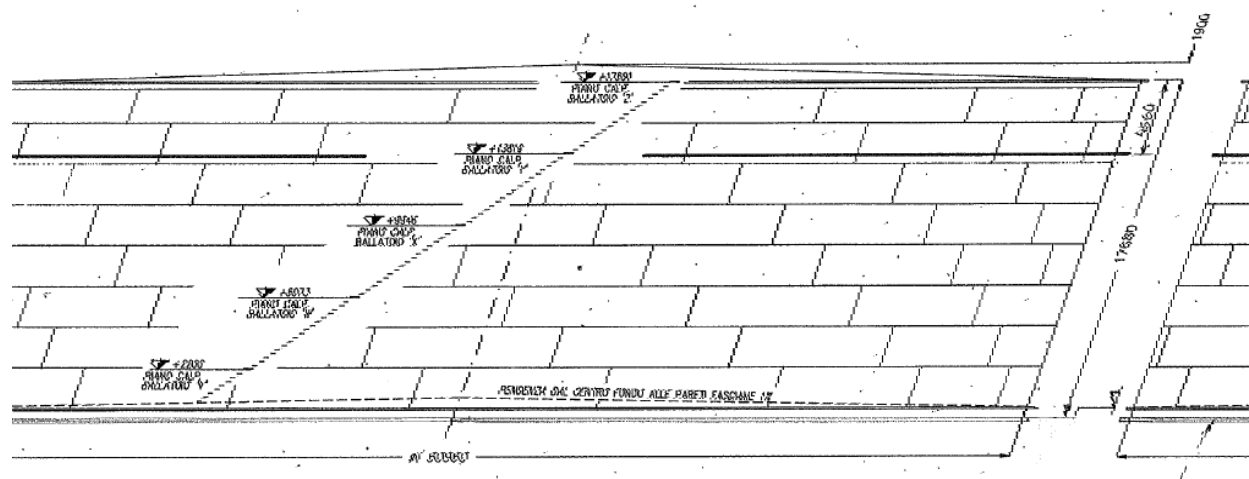


Figura 11: Serbatoi ST209 e ST210 – Geometria di progetto

8.2 Anello di fondazione e materiale di riempimento

Come anticipato i serbatoi potranno essere posti su un terreno selezionato e compattato confinato da una trave ad anello in cemento armato, aventi le seguenti caratteristiche:

- Larghezza minima della base dell'anello $d=2.50\text{ m}$
- Quota imposta fondazione da piano campagna finito (assunto a +44m s.l.m.) $z=2.5\text{ m da p.c.}$

Per quanto concerne il materiale di riempimento si dovrà prevedere la stesa di materiale granulare selezionato tipo A1, in accordo alla classificazione HRB-AASHTO (CNR-UNI 10006)

Il riempimento dovrà essere eseguiti in strati di spessore costante con metodi e attrezzature al fine di evitare la segregazione, le improvvise variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua. Ciascuno strato dovrà essere compattato fino a raggiungere almeno il 95% della densità secca massima ottenuta da prova Proctor Modificata (CNR-BU n. 69). e un modulo di deformazione M_d , misurato con prova di carico su piastra, pari almeno a 50 MPa (CNR-BU n.146) nell'intervallo di carico compreso tra 150 e 250 kPa.

8.3 Livello di falda, stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo

Con riferimento alle stratigrafie di progetto, ai livelli di falda attesi ed ai parametri di calcolo si rimanda rispettivamente ai paragrafi 6.1, 6.2 e 6.3.

8.4 Criteri di verifica

Come riportato al Par. 6.4.2.1 della Normativa di riferimento (Doc. Rif. [1]), per le verifiche delle fondazioni superficiali in ambito geotecnico devono essere prese in considerazione almeno le seguenti condizioni agli Stati Limite Ultimi:

- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;
- Collasso per scorrimento sul piano di posa;
- Stabilità globale.

Le verifiche oggetto di questa sezione sono state condotte in accordo all'Approccio 1 –Combinazione 2 (di seguito DA1-C2 e/o verifiche geotecniche GEO-SLU) tenendo conto dei coefficienti parziali riportati in Tab. 6.2.1 Doc. Rif. [1] (A2), Tab. 6.2.2 Doc. Rif. [1] (M2) e Tab. 6.8.1 Doc. Rif. [1] (R2).

8.4.1 Verifiche SLU – Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno

Si riportano di seguito le verifiche a collasso per carico limite dell'insieme “fondazione – terreno” in accordo in accordo all'Approccio 1 –Combinazione 2 considerando sia la “fondazione ad anello” (par. 8.4.1.1) che il “serbatoio nel suo complesso” (par. 8.4.1.2).

Per le verifiche di capacità portante in campo statico, in accordo a quanto riportato al paragrafo 3.3 delle NTC2008, è stata considerata come componente orizzontale del carico di progetto la forza statica equivalente del vento assunto, per il sito in esame, con velocità pari a $V=47$ m/s.

L'azione orizzontale equivalente, applicata in corrispondenza del “serbatoio nel suo insieme”, è pari a:

$$F=43'110\text{kN}$$

ed è agente ad una distanza pari a 9.28 m misurata dal piano di posa del serbatoio.

Ai fini delle verifiche della “fondazione ad anello”, è stata calcolata la componente di tale azione applicata ad intradosso anello.

Per le verifiche di capacità portante in campo sismico, è stata considerata come componente pseudo-statica orizzontale il carico dovuto al liquido accelerato dall'azione sismica di cui al paragrafo 7, in accordo a quanto riportato all' Appendice A delle Eurocodice 8.

L'azione sismica equivalente in corrispondenza del "serbatoio nel suo insieme" è pari a:

$F=10'844$ kN (componente orizzontale)

$M=195'101$ kNm

Ai fini delle verifiche della "fondazione ad anello", è stata calcolata la componente di tale azione applicata ad intradosso anello.

8.4.1.1 Fondazione ad anello

In questo paragrafo è riportato il calcolo della capacità portante della *fondazione ad anello* riportata in Figura 12 assumendo uno sviluppo della fondazione fuori piano pari a 10 volte la larghezza.

In accordo alle NTC 2008, le verifiche SLU di capacità portante sono soddisfatte se è soddisfatta la relazione:

$$E_d \leq R_d$$

con

E_d = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

R_d = valore di progetto della resistenza (capacità portante).

I valori di progetto per la verifica a capacità portante fanno riferimento all'approccio DA1C2.

Il valore di progetto della resistenza R_d , in accordo all'approccio DA1C2, è stato calcolato tramite formulazione trinomia classica (Formula generale di Brinch – Hansen, (1970)) assumendo i valori di progetto (fattorizzati) per i parametri geotecnici di cui al paragrafo 6.3 ed imponendo i valori di eccentricità del carico e il rapporto tra carichi orizzontali H e verticali V come di seguito dettagliati.

Nel caso sismico, il valore di resistenza R_d è stato corretto in accordo a Paolucci e Pecker (1997) considerando l'input sismico di cui al paragrafo 7.

I carichi orizzontali di progetto dovuti alla spinta del liquido all'interno del serbatoio e/o dal rinterro sono trascurati dal momento che si ritiene che questi i carichi orizzontali e i momenti applicati localmente (esercitati sull'anello di calcestruzzo dal serbatoio e/o da rinterro) siano controbilanciati dalle tensioni circonferenziali che si generano nell'anello tali da equilibrare la struttura nel suo insieme (le verifiche dovranno essere eseguite dal progettista strutturale). I carichi orizzontali e i momenti esercitati dal serbatoio dovranno essere presi in considerazione come carichi verticali aggiuntivi agenti sull'anello dovuti all'eccentricità del carico globale.

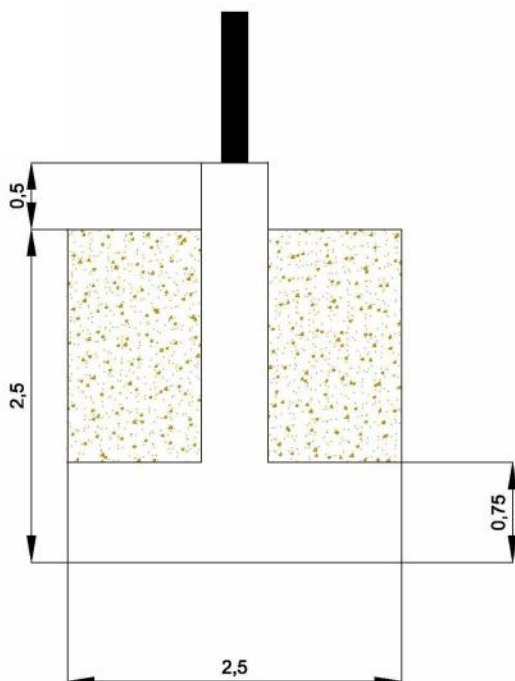


Figura 12: Serbatoi ST209 e ST210 – Geometria di progetto della fondazione ad anello

Per le **verifiche di capacità portante in campo statico**, si sono assunte le seguenti componenti del carico ad intradosso fondazione anello assumendo il carico del vento sopra descritto:

componente orizzontale:	H=0 kN/m;
componente verticale dovuta al peso proprio	V1=258 kN/m;
componente verticale dovuta al vento	V2=136kN/m;
componente del momento	M=115 kNm/m;

Da tali valori di forze e momenti, ne seguono i seguenti valori di:

rapporto H/V pari a	H/V=0
eccentricità del carico pari a	e=M/V=0.29 m

Il valore di progetto dell'azione Ed in accordo all'approccio DA1C2 risulta pertanto pari a:

$$Ed = (V1/A) \gamma_{A2} + (V2/A) \gamma_{A2} = (258 \cdot 1 + 136 \cdot 1.3) \text{kN} \cdot 1 / 2.5 \text{mq} = 175 \text{ kPa}$$

con

$$A = B \cdot L = 2.5 \text{ m}^2$$

γ_{A2} = moltiplicatori del carico in accordo all'approccio 1 combinazione 2.

Il valore di progetto della resistenza Rd (capacità portante) con le ipotesi di cui sopra risulta pari a:

$$Rd = 322 \text{ kPa}$$

Essendo verificata la relazione:

$$E_d < R_d$$

la verifica a collasso del sistema terreno struttura è verificata in campo statico.

Per le **verifiche di capacità portante in campo sismico**, si sono assunte le seguenti componenti del carico ad intradosso fondazione anello:

componente orizzontale	H=0 kN/m;
componente verticale dovuta al peso proprio	V1=258 kN/m;
componente verticale dovuta al sisma	V2=66kN/m;
componente del momento	M= 98 kNm/m;

Da tali valori di forze e momenti, ne seguono i seguenti valori di:

rapporto H/V pari a	H/V= 0
eccentricità del carico pari a	e=M/V= 0.30 m

Il valore di progetto dell'azione E_d in accordo all'approccio DA1C2 risulta pertanto pari a:

$$E_d = (V1/A) \gamma_{A2} + (V2/A) \gamma_{A2} = (258 \cdot 1 + 66 \cdot 1.3) \text{kN} \cdot 1 / 2.5 \text{mq} = 137 \text{ kPa}$$

con

$$A = B \cdot L = 2.5 \text{ mq}$$

γ_{A2} = moltiplicatori del carico in accordo all'approccio 1 combinazione 2.

Il valore di progetto della resistenza R_d (capacità portante) con le ipotesi di cui sopra risulta pari a:

$$R_d = 301 \text{ kPa}$$

Essendo verificata la relazione:

$$E_d < R_d$$

la verifica a collasso del sistema terreno struttura è verificata in campo sismico.

8.4.1.2 Serbatoio nel suo complesso - Pressione media di progetto raccomandata

In questo paragrafo è riportato il calcolo della capacità portante del serbatoio nel suo complesso (diametro 60 m).

In accordo alle NTC 2008, le verifiche SLU di capacità portante sono soddisfatte se è soddisfatta la relazione:

$$E_d \leq R_d$$

con

E_d = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

R_d = valore di progetto della resistenza (capacità portante).

I valori di progetto per la verifica a capacità portante fanno riferimento all'approccio DA1C2.

Il valore di progetto della resistenza R_d , in accordo all'approccio DA1C2, è stato calcolato tramite formulazione trinomia classica (Formula generale di Brinch – Hansen, 1070) assumendo i valori di progetto (fattorizzati) per i parametri geotecnici di cui al paragrafo 6.3 ed imponendo i valori di eccentricità del carico e il rapporto tra carichi orizzontali e verticali come di seguito dettagliati.

Per le **verifiche di capacità portante in campo statico**, si sono assunte le seguenti componenti del carico ad intradosso fondazione anello:

componente orizzontale dovuta al vento:	H=43'110 kN
componente verticale dovuta al peso proprio	V=436'510 kN
componente del momento dovuta al vento:	M=400'061 kN

Da tali valori di forze e momenti, ne seguono i seguenti valori di:

rapporto H/V pari a	H/V=0.1
eccentricità del carico pari a	e=M/V=1m

Il valore di progetto dell'azione Ed in accordo all'approccio DA1C2 risulta pertanto pari a:

$$Ed = (V/A) \gamma_{A2} = 155 \text{ kPa}$$

con

$$A = \pi D^2/4 = 2'827 \text{ mq}$$

Il valore di progetto della resistenza Rd (capacità portante) con le ipotesi di cui sopra risulta pari a:

$$Rd = 774 \text{ kPa (valore riferito all'area reale della fondazione)}$$

Essendo verificata la relazione:

$$Ed < Rd$$

la verifica a collasso del sistema terreno struttura è verificata in campo statico.

Per le **verifiche di capacità portante in campo sismico**, si sono assunte le seguenti componenti del carico ad intradosso serbatoio:

componente orizzontale dovuta al sisma:	H=10'844 kN
componente verticale dovuta al peso proprio	V=436'510 kN
componente del momento dovuta al sisma:	M=195'101 kN

Da tali valori di forze e momenti, ne seguono i seguenti valori di:

rapporto H/V pari a	H/V = 0.02
eccentricità del carico pari a	e = M/V = 0.44

Il valore di progetto dell'azione Ed in accordo all'approccio DA1C2 risulta pertanto pari a:

$$Ed = (V/A) \gamma_{A2} = 155 \text{ kPa}$$

con

$$A = \pi D^2/4 = 2'827 \text{ mq}$$

γ_{A2} = moltiplicatori del carico in accordo all'approccio 1 combinazione 2.

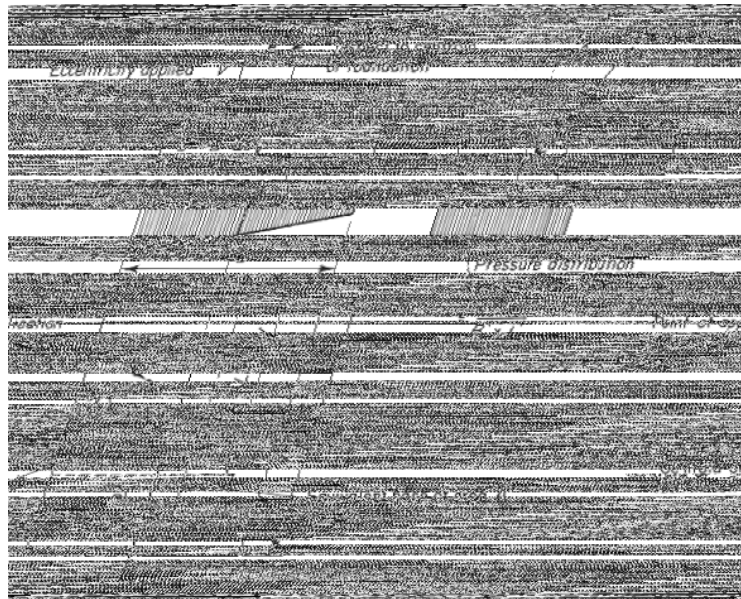
Il valore di progetto della resistenza Rd (capacità portante) con le ipotesi di cui sopra risulta pari a:

$$Rd = 730 \text{ kPa (valore riferito all'area reale della fondazione)}$$

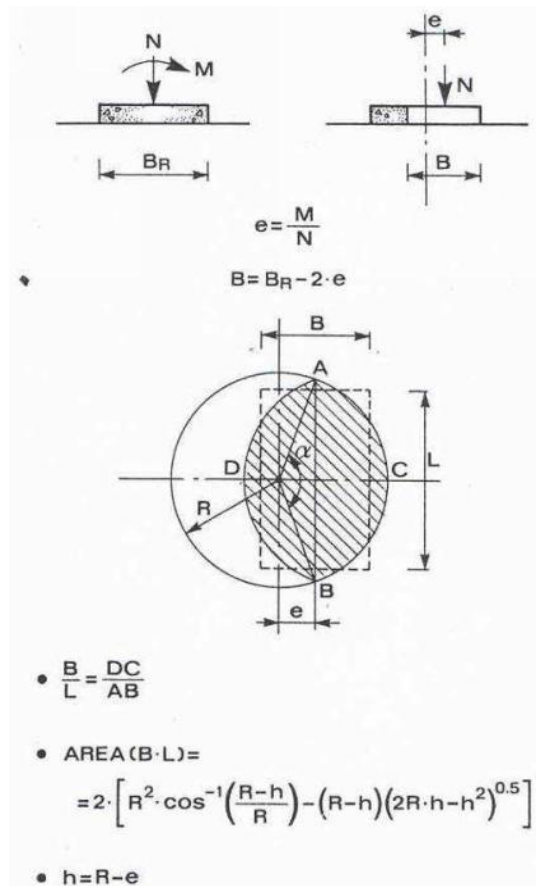
Essendo verificata la relazione:

$$Ed < Rd$$

la verifica a collasso del sistema terreno struttura è verificata in campo statico.



(a) fondazione rettangolare



(b) fondazione circolare

Figura 13: Dimensioni effettive fondazione in accordo a Meyerhof (1953)

8.4.2 Verifiche SLU –Collasso per scorrimento sul piano di posa

La verifica a scorrimento globale deve essere eseguita in accordo all'approccio DA1-C2, considerando il valore di progetto di resistenza dei materiali (parametri del terreno fattorizzati secondo il parametro γ_{M2} riportato in Tab. 6.2.II del Doc.Rif. [1]) e il coefficiente parziale per la resistenza $\gamma_{R2} = 1.1$ (Tab. 6.4.I del Doc.Rif. [1]).

Le verifiche sono effettuate in corrispondenza dei seguenti livelli:

- soletta in acciaio del tank e terreno di rinterro compattato, assumendo un coefficiente di attrito di progetto tra la soletta in acciaio pari a $\mu = \tan \delta'_d = 0.4$;
- base dell'anello di fondazione, assumendo un angolo di attrito di progetto tra il terreno di rinterro compattato ed il terreno di fondazione pari a $\mu = \tan \delta'_d = 0.3$.

L'effetto benefico fornito dalla pressione del terreno laterale sul lato passivo della fondazione è stato trascurato.

Dati i valori dei carichi orizzontale H e verticale V valutati al punto 8.4.1.2, opportunamente fattorizzati per la combinazione DA1-C2, la verifica a scorrimento globale risulta soddisfatta sia in condizioni statiche che sismiche.

8.4.3 Verifiche SLU – Stabilità globale

Con riferimento alla verifica di stabilità globale, essa si assume implicitamente verificata.

8.4.4 Verifiche SLE – Stima dei cedimenti

I cedimenti a lungo termine dei serbatoi nel loro insieme e la loro distribuzione spaziale sono stati stimati considerando l'approccio elastico come formulato da Ahlvin e Ulery (1962) per i calcoli di incremento di tensione nel terreno e i parametri di deformabilità operativi riportati al paragrafo 8.3.

Per stimare i possibili cedimenti differenziali massimi dei serbatoi, sono stati considerati differenti profili stratigrafici limite caratterizzanti il centro e il bordo del serbatoio riportati al paragrafo 8.3 a cui si rimanda anche per il livello di falda.

Ai fini della stima dei cedimenti si è assunto che i cedimenti indotti siano trascurabili per profondità tali che l'incremento di tensione dovuto ai carichi medi nominali applicati risulta inferiore a $0.10 \cdot \sigma_{vo}'$.

Con riferimento ai cedimenti puntuali calcolo lati in corrispondenza del centro e del bordo, sono stati calcolati i cedimenti differenziali in accordo a quanto definito e schematizzato in Figura 14:

- o centro-bordo (ced. differenziale tra centro e bordo)/(diametro del serbatoio)
- o fuori piano (ced. differenziale tra due punti sul bordo)/(arco)
- o fuori piombo (ced. differenziale tra due punti diametralmente opposti)/(diametro del serbatoio)

I valori calcolati sono stati confrontati con i valori generalmente raccomandati in letteratura.

In particolare, con riferimento al diametro del serbatoio D e all' altezza H, risulta:

- o centro-bordo
in accordo alle PIP STE03020 si assume che $\delta_{MAX} = (1/100 \sim 1/50)D = (1\% - 2\%)D$
- o fuori piano
in accordo alle PIP STE03020 si assume che $\delta_{MAX} = L/(350 \sim 450)$
con L distanza intesa come lunghezza dell'arco di circonferenza tra i punti considerati;
considerando $L1 = 32ft$ (~10m) $\delta_{MAX} = (0.2\% - 0.3\%)L1$;
considerando $L2 = 1/8 (D\pi)$ $\delta_{MAX} = (0.2\% - 0.3\%)L2$.

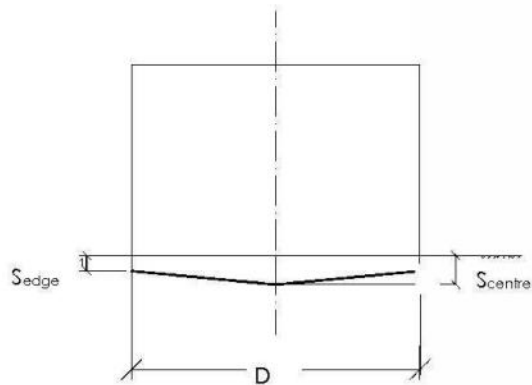
- fuori piombo
in accordo alle PIP STE03020 si assume che
in accordo alle API650 si assume che
in accordo alle API653 si assume che

$$\delta_{MAX} = (1/50)D = 2\%D;$$

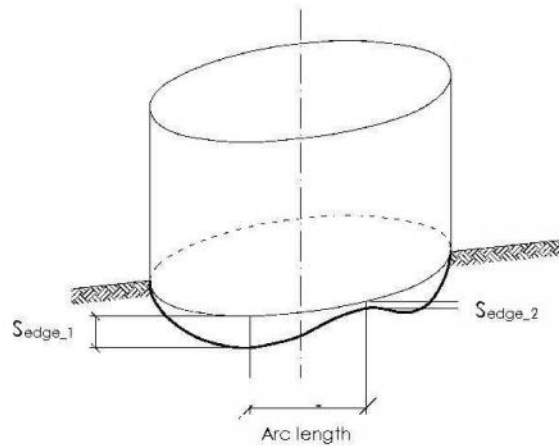
$$\delta_{MAX} = (1/200)D = 0.5\%D;$$

$$\delta_{MAX} = (1/100)H = 1\%H.$$

Centre-to-Edge
 $(S_{centre} - S_{edge}) / D$



Out-of-Plane
 $(S_{edge_1} - S_{edge_2}) / \text{Arc length}$



Out-of-Verticality
 $\Delta S_{edge} / D = S_n / H$

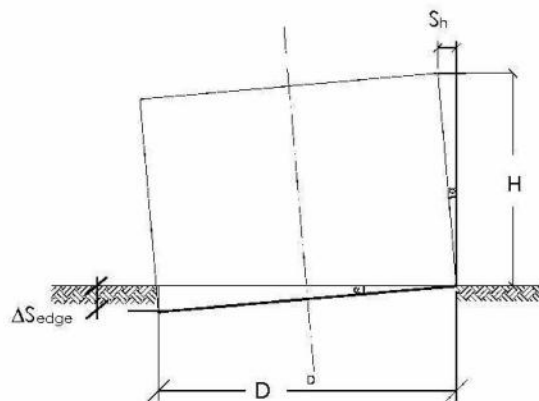


Figura 14: Meccanismi cinematici indotti dai cedimenti dei serbatoi

8.4.4.1 Carichi

Conservativamente, i calcoli sono stati effettuati considerando i carichi applicati durante la prova idraulica del serbatoio. In questa fase, il carico totale previsto alla base del serbatoio risulta pari a 180 kPa, di cui:

- 4K Pa dovuti al peso proprio della struttura ($P=1'126'000\text{kg}$);
- 176 kPa dovuti a 17.6 m di carico idraulico (riempimento a tutta altezza).

8.4.4.2 Risultati a lungo termine

I cedimenti a lungo termine calcolati in corrispondenza dei centro e dei bordi dei serbatoi sotto i carichi della prova idraulica sono riportati in Tabella 14 e Tabella 15 rispettivamente per il serbatoio ST209 e ST210.

Tabella 14: ST09 - Cedimento massimo del serbatoio sotto il carico previsto per la prova idraulica

ST209				
Sondaggio di riferimento	Centro	Bordo		
	ST210-04	ST210-01	ST210-02	ST210-03
ced (cm)	10	4	4	4

Tabella 15: ST09 - Cedimento massimo del serbatoio sotto il carico previsto per la prova idraulica

ST210				
Sondaggio di riferimento	Centro	Bordo		
	ST210-04	ST210-01	ST210-02	ST210-03
ced (cm)	9	5	4	4

I valori stimati per il caso in esame sono riportati in Tabella 16 e in Tabella 17.

I valori di cedimento totale e differenziale stimati sono al di sotto dei limiti generalmente raccomandati in letteratura per questo tipo di serbatoi.

Tuttavia i cedimenti stimati devono essere confrontati con i valori di cedimento tollerabili che sono stati impiegati per la progettazione geometrica e strutturale del serbatoio stesso e delle connessioni.

Se necessario, i collegamenti definitivi delle tubazioni potranno essere eseguiti al completamento della prova idraulica, per mitigare gli effetti dei cedimenti che si verificano durante la prova idraulica lungo il perimetro sul rendimento delle connessioni in esercizio.

Tabella 16: ST09 - Cedimento massimo del serbatoio sotto il carico previsto per la prova idraulica

ST209	<u>Centro-bordo</u> <u>Centre to Edge</u>	<u>Fuori piano</u> <u>Out Of plane</u>	<u>Fuori piombo</u> <u>Out Of vertically</u>
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>m</u>
	0.06	0	0.04
	<u>%D</u>	<u>[1] %L1 (*)</u> <u>[2] %L2 (*)</u>	<u>[1] %D</u> <u>[2] %H</u>
	0.1%	0%	[1] 0.06% [2] 0.22%

(*) - L1=32ft (~10m);L2=1/8 (D π)

Tabella 17: ST10 - Cedimento massimo del serbatoio sotto il carico previsto per la prova idraulica

ST210	<u>Centro-bordo</u> <u>Centre to Edge</u>	<u>Fuori piano</u> <u>Out Of plane</u>	<u>Fuori piombo</u> <u>Out Of vertically</u>
	<u>m</u>	<u>m</u>	<u>m</u>
	0.04	0.01	0.04
	<u>%D</u>	<u>[1] %L1 (*)</u> <u>[2] %L2 (*)</u>	<u>[1] %D</u> <u>[2] %H</u>
	0.06%	[1] 0.10% [2] 0.04%	[1] 0.06% [2] 0.22%

(*) - L1=32ft (~10m);L2=1/8 (D π)

9 MURO DI CONTENIMENTO

In questa sezione si riportano i criteri di verifica ed i relativi risultati per la progettazione geotecnica delle opere di fondazione dei muri previsti per il contenimento del liquido in caso di versamento dai serbatoi.

In particolare si riporta:

- la geometria della struttura (paragrafo 9.1)
- le caratteristiche del sito in termini di stratigrafia e livelli di falda (paragrafo 9.2)
- i criteri di verifica agli Stati Limite in accordo alle NTC2008 e relativi risultati (paragrafo 9.3)

9.1 Geometria della muro di contenimento

Dai sondaggi in area di interesse si evidenzia nei primi 2 m da piano campagna finito (+44m slm) la presenza di un materiale, genericamente indicato come rinterro, con scarse caratteristiche meccaniche e pertanto non idoneo come terreno di fondazione. Alla luce di tale osservazione, si prescrive per il muretto di contenimento un affondamento dell'intradosso fondazione di 2 m da piano campagna e quindi al di sotto dello strato non competente sopra descritto.

In Figura 15 e Figura 16 è riportata la geometria dei muri di contenimento rispettivamente per quelli esterni posti sul perimetro del bacino e per quello interno che divide le aree di pertinenza a ciascuno dei serbatoi; le dimensioni caratteristiche sono:

- Larghezza della fondazione $B=4$ m
- Spessore soletta $s=0.5$ m
- Altezza del muro $H=4$ m di cui 2 m fuori terra
- Altezza del dente $H=1.0$ m
- Quota imposta fondazione da piano campagna finito (+44m s.l.m.) $z = 2$ m da p.c.

9.2 Livello di falda, stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo

Con riferimento al livello di falda, alle stratigrafie e ai parametri di calcolo si rimanda rispettivamente ai capitolo 6.

9.3 Criteri di verifica

Come riportato al Par. 6.4.2.1 della Normativa di riferimento (Doc. Rif. [1]), per le verifiche del muro di contenimento in ambito geotecnico, devono essere prese in considerazione le seguenti condizioni agli Stati Limite Ultimi:

- Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno
- Collasso per scorrimento sul piano di posa
- Ribaltamento

Le verifiche di collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno e collasso per scorrimento sul piano di posa sono state condotte per la combinazione eccezionale in condizioni statiche di versamento del liquido nel piazzale (paragrafo 3.6 del Doc. Rif.[1]) e per la condizione sismica, adottando i coefficienti parziali γ_{M2} per i parametri geotecnici di cui alla tabella 6.2.II del Doc.Rif.[1] e i coefficienti parziali sulle resistenze γ_{R2} per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali di cui alla tabella 6.4.I del Doc.Rif.[1].

Per quanto concerne la verifica al ribaltamento, essa non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione ed il muro è trattato come corpo rigido; si adottano i coefficienti parziali sulle azioni della Tab. 6.2.1 Doc.Rif.[1] relativi alla verifica EQU ed i valori caratteristici degli angoli di attrito per il calcolo delle spinte delle terre.

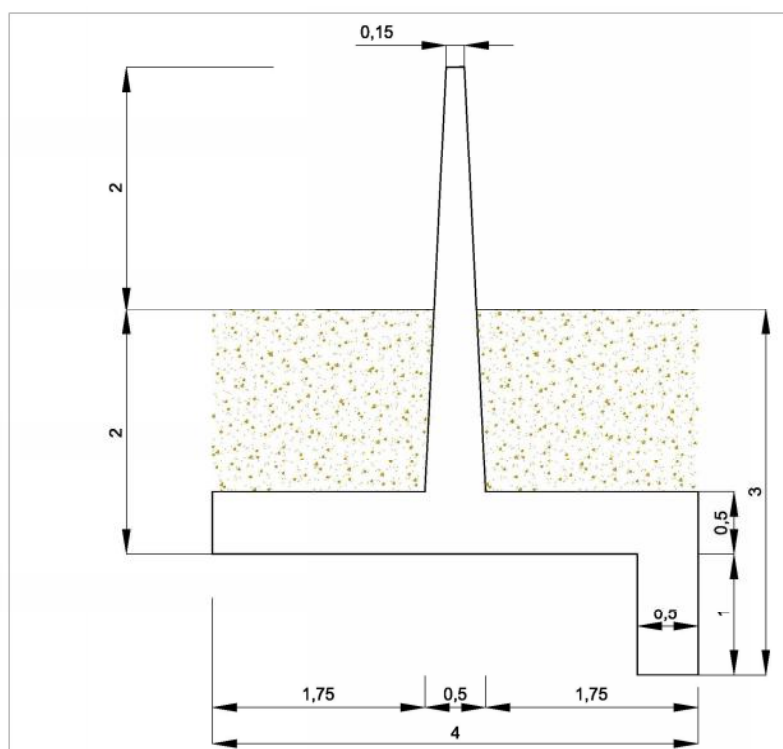


Figura 15: Geometria di progetto del Muro di contenimento – Tipologico muro perimetrale esterno

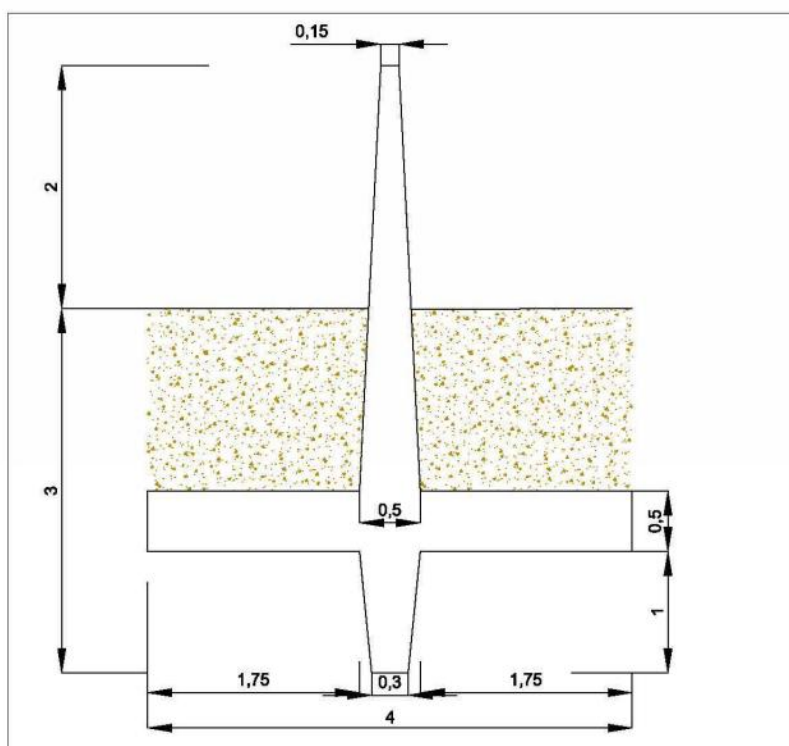


Figura 16: Geometria di progetto del Muro di contenimento – Tipologico muro interno

9.3.1 Verifiche SLU – Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno

Si riportano di seguito le verifiche a collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno. In accordo alle NTC 2008, le verifiche SLU di capacità portante sono soddisfatte se è soddisfatta la relazione:

$$Ed \leq Rd$$

con

Ed = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

Rd = valore di progetto della resistenza (capacità portante).

I valori di progetto per la verifica a capacità portante fanno riferimento all'approccio DA1C2.

Per il muro di contenimento risulta che la pressione media da utilizzare (azione di progetto Ed) per la verifica a capacità portante del muro di contenimento è data dalla somma del carico ad intradosso fondazione dovuto al peso della struttura, al peso del terreno gravante sulla soletta e al peso della colonna di liquido nell'ipotesi più sfavorevole di versamento del liquido dal serbatoio.

Tale pressione media “gross” ad intradosso soletta è definita come:

$$q \text{ (kPa)} = [P_{\text{tot}}/A_{\text{soletta}}]$$

dove:

A_{soletta} area fondazione $A = B \cdot L$ con B larghezza e L sviluppo fuori piano della sezione assunta pari a pari a 10 volte la larghezza.

P_{tot} Carico ad intradosso fondazione pari a $P_{\text{tot}} = P1 + P2 + P3 + Pw$ con:

$P1$ - Carico dovuto al peso proprio della struttura: $P1 = A \cdot L \cdot \gamma$

A =area della sezione in cls; L sviluppo fuori piano della sezione assunta pari a pari a 10 volte la larghezza della soletta e γ peso di volume del calcestruzzo.

$P2$ e $P3$ - Carico dovuto al peso del rinterro: $Pn = A \cdot L \cdot \gamma$

A =area della rinterro; L sviluppo fuori piano della sezione assunta pari a pari a 10 volte la larghezza della soletta e γ peso di volume del terreno.

PW - Carico dovuto alla colonna di liquido: $P2 = A \cdot L \cdot \gamma$

A =area della colonna di acqua; L sviluppo fuori piano della sezione assunta pari a pari a 10 volte la larghezza della soletta e γ peso di volume dell’acqua.

In Tabella 18 sono riportati i valori caratteristici e di progetto (E_d) delle pressioni calcolate.

Il valore di progetto della resistenza R_d , fattorizzato adottando i coefficienti parziali $M2$ per i parametri geotecnici di cui alla Tabella 6.2. Il del Doc. Rif. [1], è stato calcolato tramite formulazione trinomia classica (Formula generale di Brinch – Hansen (1970)).

Nel caso sismico, il valore di resistenza R_d è stato corretto in accordo a Paolucci e Pecker (1997) considerando l’input sismico di cui al paragrafo 7.

Verifica in campo statico

Il valore di progetto della resistenza (capacità portante) calcolato risulta pari a

$R_d = 114 \text{ kPa}$ (valore riferito all’area reale della fondazione)

Tale valore di progetto della resistenza R_d è stato valutato assumendo:

- un angolo di attrito di progetto per il terreno di fondazione pari a $\phi = 26.6^\circ$ (corrispondente al valore caratteristico pari a $\phi = 32^\circ$) in accordo a quanto riportato in Tabella 3 e in Tabella 5.
- un rapporto tra le forze orizzontali (H) e verticali (V) H/V pari a 0.3 nella condizione più sfavorevole di versamento del liquido nel piazzale e spinta del liquido a tergo del muro (vedi Tabella 18).
- un’eccentricità del carico pari a $e = 0.7 \text{ m}$ nella condizione più sfavorevole di versamento del liquido nel piazzale e spinta del liquido a tergo del muro (vedi Tabella 18).

Per il valore di azione di progetto E_d si rimanda alla Tabella 18.

Essendo verificata la relazione:

$$Ed < Rd$$

la verifica a collasso del sistema terreno struttura è verificata.

Verifica in campo sismico

Il valore di progetto della resistenza (capacità portante) calcolato risulta pari a

$Rd=81kPa$ (valore riferito all'area reale della fondazione)

Tale valore di progetto della resistenza Rd è stato valutato assumendo:

- un angolo di attrito di progetto per il terreno di fondazione pari a $\phi=26.6^\circ$ (corrispondente al valore caratteristico pari a $\phi=32^\circ$) in accordo a quanto riportato in Tabella 3 e in Tabella 5.
- un rapporto tra le forze orizzontali (H) e verticali (V) H/V pari a 0 in presenza di sisma (vedi Tabella 19).
- un'eccentricità del carico pari a $e=0m$ in presenza di sisma (vedi Tabella 19).

Per il valore di azione di progetto Ed si rimanda alla Tabella 19.

Essendo verificata la relazione:

$$Ed < Rd$$

la verifica a collasso del sistema terreno struttura è verificata.

Tabella 18: Muro di contenimento - carico intradosso fondazione – combinazione statica

		A (mq)	γ (kN/mc)	Fuori piano L (m)	Componente verticale del carico V(kN)	Coefficiente parziale γ_F	
Terreno	P1	2.68	8.00	40.00	858	1.00	
Terreno	P2	2.68	18.00	40.00	1930	1.00	
Struttura	P3	3.60	25.00	40.00	3600	1.00	
Liquido	Pw	6.43	8.60	40.00	2212	1.00	
Liquido	S1	-	-	-	-69	1.00	
				Forza Pn (kN)	Valore caratteristico (kPa)	Ed DA1C2 (kPa)	
					8530	8530	
				Pressione Intradosso pn (kPa)	Valore caratteristico (kPa)	Ed DA1C2 (kPa)	
					53	53	
H/V (*)							
Componente orizzontale dovuta alla spinta del liquido	Fuori piano L (m)	m	40	Spinta Fw (kN)	Braccio B(Fw) (m)	M (kNm)	
	altezza colonna liquido - h	m	4				
	γ	kN/mc	8.6				
SPINTA ATTIVA Componente orizzontale dovuta alla spinta delle terre	Fuori piano L (m)	m	40	Spinta Fw (kN)	Braccio B(Fw) (m)	M (kNm)	
	Terreno - ϕ M2	*	26.60				
	Spinta attiva - Ka	-	0.38				
	altezza colonna terreno - h	m	2				
	γ	kN/mc	8				
SPINTA PASSIVA Componente orizzontale dovuta alla spinta delle terre	Fuori piano L (m)	m	40	Spinta Fw (kN)	Braccio B(Fw) (m)	M (kNm)	
	Terreno - ϕ M2	*	26.60				
	Spinta passiva - Kp	-	1.31				
	altezza colonna terreno - h	m	0.5				
	γ	kN/mc	18				
				Componente orizzontale del carico H(kN)			
							2878
							H/V
						0.3	
eccentricità caso statico(*)							
S1	L	m	4.00	Spinta Fw (kN/m)	Braccio B(Fw) (m)	M (kNm/m)	
	q1	kPa	34.40				
Componente orizzontale dovuta alla spinta del liquido	Fuori piano L (m)	m	1	Spinta Fw (kN/m)	Braccio B(Fw) (m)	M (kNm/m)	
	altezza colonna liquido - h	m	4				
	γ	kN/mc	8.6				
SPINTA ATTIVA Componente orizzontale dovuta alla spinta delle terre	Fuori piano L (m)	m	1	Spinta Fw (kN/m)	Braccio B(Fw) (m)	M (kNm/m)	
	Terreno - ϕ M2	*	26.60				
	Spinta attiva - Ka	-	0.38				
	altezza colonna terreno - h	m	2				
	γ	kN/mc	8				
SPINTA PASSIVA Componente orizzontale dovuta alla spinta delle terre	Fuori piano L (m)	m	1	Spinta Fw (kN/m)	Braccio B(Fw) (m)	M (kNm/m)	
	Terreno - ϕ M2	*	26.60				
	Spinta attiva - Ka	-	1.31				
	altezza colonna terreno - h	m	0.5				
	γ	kN/mc	18				
						M (kNm)	
						141	
						e (m)	
						0.7	

(*) Per maggiore dettaglio si rimanda alla Tabella 19

Tabella 19: Muro di contenimento - carico intradosso fondazione – combinazione sismica

		A (mq)	γ (kN/mc)	Fuori piano L (m)	Componente verticale del carico V (kN)	Coefficiente parziale γ_F
Terreno	P1	2.68	8.00	40.00	858	1.00
Terreno	P2	2.68	18.00	40.00	1930	1.00
Struttura	P3	3.60	25.00	40.00	3600	1.00
Liquido	Pw	6.43	8.60	40.00	2212	1.00
Liquido	S1	-	-	-	-69	1.00
				Forza Pn (kN)	Valore caratteristico (kPa)	Ed DA1C2 (kPa)
					8530	8530
				Pressione Intradosso pn (kPa)	Valore caratteristico (kPa)	Ed DA1C2 (kPa)
					53	53
H/V (*)						
SPINTA ATTIVA Componente orizzontale dovuta alla spinta delle terre	Fuori piano L (m)	m	40	Spinta Fw (kN)	Braccio B(Fw) (m)	M (kNm)
	Terreno – ϕ M2	*	26.60	-256	0.66	-169
	Spinta attiva - Ka	-	0.40			
	altezza colonna terreno - h	m	2			
	γ	kN/mc	8			
SPINTA PASSIVA Componente orizzontale dovuta alla spinta delle terre	Fuori piano L (m)	m	40	Spinta Fw (kN)	Braccio B(Fw) (m)	M (kNm)
	Terreno – ϕ M2	*	26.60	118	0.17	20
	Spinta passiva - Kp	-	1.31			
	altezza colonna terreno - h	m	0.5			
	γ	kN/mc	18			
				Componente orizzontale del carico H (kN)		
				-138		
				H/V		
				0.0		
eccentricità caso statico(*)						
SPINTA ATTIVA Componente orizzontale dovuta alla spinta delle terre	Fuori piano L (m)	m	1	Spinta Fw (kN/m)	Braccio B(Fw) (m)	M (kNm/m)
	Terreno – ϕ M2	*	26.60	6	0.66	-4
	Spinta attiva - Ka	-	0.40			
	altezza colonna terreno - h	m	2			
	γ	kN/mc	8			
SPINTA PASSIVA Componente orizzontale dovuta alla spinta delle terre	Fuori piano L (m)	m	1	Spinta Fw (kN/m)	Braccio B(Fw) (m)	M (kNm/m)
	Terreno – ϕ M2	*	26.60	3	0.17	1
	Spinta attiva - Ka	-	1.31			
	altezza colonna terreno - h	m	0.5			
	γ	kN/mc	18			
						M (kNm)
						-4
						e (m)
						0.0

(*) Per maggiore dettagli si rimanda alla Tabella 23

9.3.2 Verifiche SLU – Verifica a Scivolamento

In accordo alle NTC 2008, le verifiche SLU di scorrimento sono soddisfatte se è soddisfatta la relazione:

$$Ed \leq Rd$$

con

Ed = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

Rd = valore di progetto della resistenza.

Per l'approccio della verifica si rimanda al paragrafo 9.3.

Nell'ambito della verifica a scorrimento, si assume:

Ed = valore di progetto dell'azione la risultante della componente orizzontale del carico;

Rd = valore di progetto della resistenza allo scorrimento definita come $R_d = [V_d \cdot \tan(\phi_{d,M2})] / \gamma_R$

dove:

Vd = risultante delle azioni verticali opportunamente amplificata in accordo all'approccio progettuale,

$\phi_{d,M2}$ = angolo di attrito del terreno portante opportunamente fattorizzato in accordo all'approccio progettuale pari a $\phi=26.6^\circ$ (corrispondente al valore caratteristico pari a $\phi=32^\circ$) in accordo a quanto riportato in Tabella 3 e in Tabella 5;

γ_R = coefficiente parziale R2 per la resistenza.

Verifica in campo statico

Con riferimento alla condizione statica più sfavorevole di versamento del liquido nel piazzale, in Tabella 20 sono riportati i valori caratteristici delle azioni agenti in fondazione, in particolare, essendo verificata la relazione:

$$Ed < Rd$$

la verifica a scorrimento della fondazione del muro sul piano di posa è verificata.

Verifica in campo sismico

Con riferimento alla verifica in campo sismico, in Tabella 21 sono riportati i valori caratteristici delle azioni agenti in fondazione, in particolare, essendo verificata la relazione:

$$E_d < R_d$$

la verifica a scorrimento della fondazione del muro sul piano di posa è verificata.

Tabella 20: Muro di contenimento – verifica scorrimento – combinazione statica

VERIFICA A SCORRIMENTO STATICA							
STATICA							
Vd							
	A	L	gamma	Pck	gamma A2	Vd i	
	mq	m	kN/mc	kN	-	kN	
cls	3.6	1	25	90	1	90	
Terreno	2.68	1	8	21	1	21	
Terreno	2.68	1	18	48	1	48	
liquido	6.43	1	8.6	55	1	55	
	Lx	qmax		Pck	gamma A2	Vd i	
	m	kPa		kN	-	kN	
sottospinta	4	34.4		69	1	-69	
Vd (kN)							146
Hd							
	ϕ M2	L	gamma	k(ϕ M2)	H	gamma A2	Hd i
	°	m	kN/mc	-	m	-	kN
Spinta terre (Ka)	26.6	1	8	0.38	2.0	1	6
Spinta terre (Kp/2)	26.6	1	18	1.31	1.5	1	-27
	g		L	H		gamma A2	Hd i
	kN/mc		m	m		-	kN
liquido	8.60		1	4.0		1	69
Hd (kN)							48
Rd							
ϕ ck	δ ck= ϕ ck	δ M2	Tan(δ M2)	γ R		Rd	
°	°	°	°	-		kN	
32	32	27	0.50	1.1		66	
Ed							
							Ed
							kN
							48

(*) Per maggiore dettagli si rimanda alla Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.

Tabella 21: Muro di contenimento - verifica scorrimento - combinazione sismica

VERIFICA A SCORRIMENTO STATICA							
STATICA							
Vd							
	A	L	gamma	Pck	gamma A2	Vd i	
	mq	m	kN/mc	kN	-	kN	
cls	3.6	1	25	90	1	90	
Terreno	2.68	1	18	48	1	48	
Terreno	2.68	1	18	48	1	48	
Vd (kN)							186
Hd							
	ϕ M2	L	gamma	k(ϕ M2)	H	gamma A2	Hd i
	°	m	kN/mc	-	m	-	kN
Spinta terre (Ka)	26.6	1	18	0.40	2.0	1	14
Spinta terre (Kp/2)	26.6	1	18	1.31	1.5	1	-33
Hd (kN)							-19
Rd							
ϕ ck	δ ck= ϕ ck	δ M2	Tan(δ M2)	γ R		Rd	
°	°	°	°	-		kN	
32	32	27	0.50	1.1		85	
Ed							
Ed							kN
Ed							19

(*) Per maggiore dettagli si rimanda alla Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.

9.3.3 Verifiche SLU – Ribaltamento

In accordo alle NTC 2008 le verifiche SLU di ribaltamento sono soddisfatte se è soddisfatta la relazione:

$$Ed \leq Rd$$

con

Ed = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione vale a dire il momento ribaltante;

Rd = valore di progetto della resistenza vale a dire il momento stabilizzante.

I valori di progetto per la verifica a capacità portante fanno riferimento all'approccio EQU.

Per l'approccio della verifica si rimanda al paragrafo 9.3.

La verifica a ribaltamento statica è stata condotta nella condizione più sfavorevole cioè in caso di versamento del liquido nel piazzale.

Nelle verifiche oggetto di questo documento le spinte del terreno a monte e valle del paramento sono state valutate considerando un valore caratteristico dell'angolo di attrito.

Le azioni considerate nel calcolo sono:

Momenti stabilizzanti dovuti alle Forze peso (Pn in Figura 17):

$$M_{stab} = Pn \cdot b(Pn) = [A \cdot L \cdot \gamma] \cdot b(Pn)$$

con

b(Pn) = braccio della forza rispetto al punto C (si veda Figura 17)

A = area in sezione;

L = sviluppo fuori piano della sezione assunta pari a pari a 1m

γ = peso di volume \rightarrow cls $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ e terreno $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

Momenti ribaltanti dovuti alle Spinte attive delle terre (Ftn in Figura 17):

$$M_{rib} = F_n \cdot b(F_{tn}) = [1/2 \cdot k \cdot \gamma_t \cdot H^2] \cdot b(F_{tn})$$

con

b(Ftn) = braccio della spinta rispetto al punto C (si veda Figura 17)

k = k_a in condizioni statiche = coefficiente di spinta del terreno assunto in "spinta attiva" a tergo;

k = k_{ah} in condizioni sismiche = coefficiente di spinta del terreno in condizioni sismiche come da Eurocodice 8 assumendo l'input sismico si cui al paragrafo 7.6.1.2;

L = sviluppo fuori piano della sezione assunta pari a pari a 1m

γ_t = peso di volume del terreno $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$.

Cautelativamente per la spinta delle terre si è assunto un angolo di attrito caratteristico pari a 32°.

Momenti stabilizzanti dovuti alle Spinte passive delle terre (Ftn in Figura 17):

$$M_{rib} = F_n \cdot b(F_{tn}) = [1/2 \cdot (k/2) \cdot \gamma_t \cdot H^2] \cdot b(F_{tn})$$

con

b(Ftn) braccio della spinta rispetto al punto C (si veda Figura 17)

k = k_p in condizioni statiche = coefficiente di spinta del terreno assunto agente sul dente in "spinta passiva";

k = k_{ph} in condizioni sismiche = coefficiente di spinta del terreno in condizioni sismiche come da Eurocodice 8 assumendo l'input sismico si cui al paragrafo 7.6.1.2;

L = sviluppo fuori piano della sezione assunta pari a pari a 1m

γ_t = peso di volume di riferimento del terreno $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$

Cautelativamente per la spinta delle terre si è assunto un angolo di attrito caratteristico pari a 32°.

Momenti ribaltanti dovuti alla Spinta del liquido versato(F_{wstat} Figura 17):

$$M_{rib} = F_{wstat} \cdot b(F_{wstat}) = F_{wstat} \cdot [1/2 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot L] \cdot b(F_{wstat})$$

con

$b(F_{wstat})$ braccio della spinta rispetto al punto C (si veda Figura 17)

L = sviluppo fuori piano della sezione assunta pari a pari a 1m,

γ = peso di volume del liquido,

H = altezza colonna d'acqua assunta pari a 4m.

In accordo all'approccio EQU adottato risulta:

Momento ribaltante di progetto:

$$Ed = M_{rib} \times \gamma_{G2} = \sum M_{rib} \cdot \gamma_{G2}$$

dove

$\gamma_{G2} = 1.1$ coefficiente parziale sulle azioni (Tab. 6.2.1 Doc. Rif. [1])

Momento stabilizzante di progetto:

$$Rd = \sum M_{stab} \cdot \gamma_{G1}$$

dove

$\gamma_{G1} = 0.9$ coefficiente parziale sulle azioni (Tab. 6.2.1 Doc. Rif. [1])

Per il dettaglio del calcolo si rimanda rispettivamente per le condizioni statiche alla Tabella 22 e alla Tabella 23 per le condizioni sismiche.

In accordo alle NTC 2008 , essendo soddisfatta la relazione:

$$Ed \leq Rd$$

le verifiche SLU di ribaltamento sono soddisfatte.

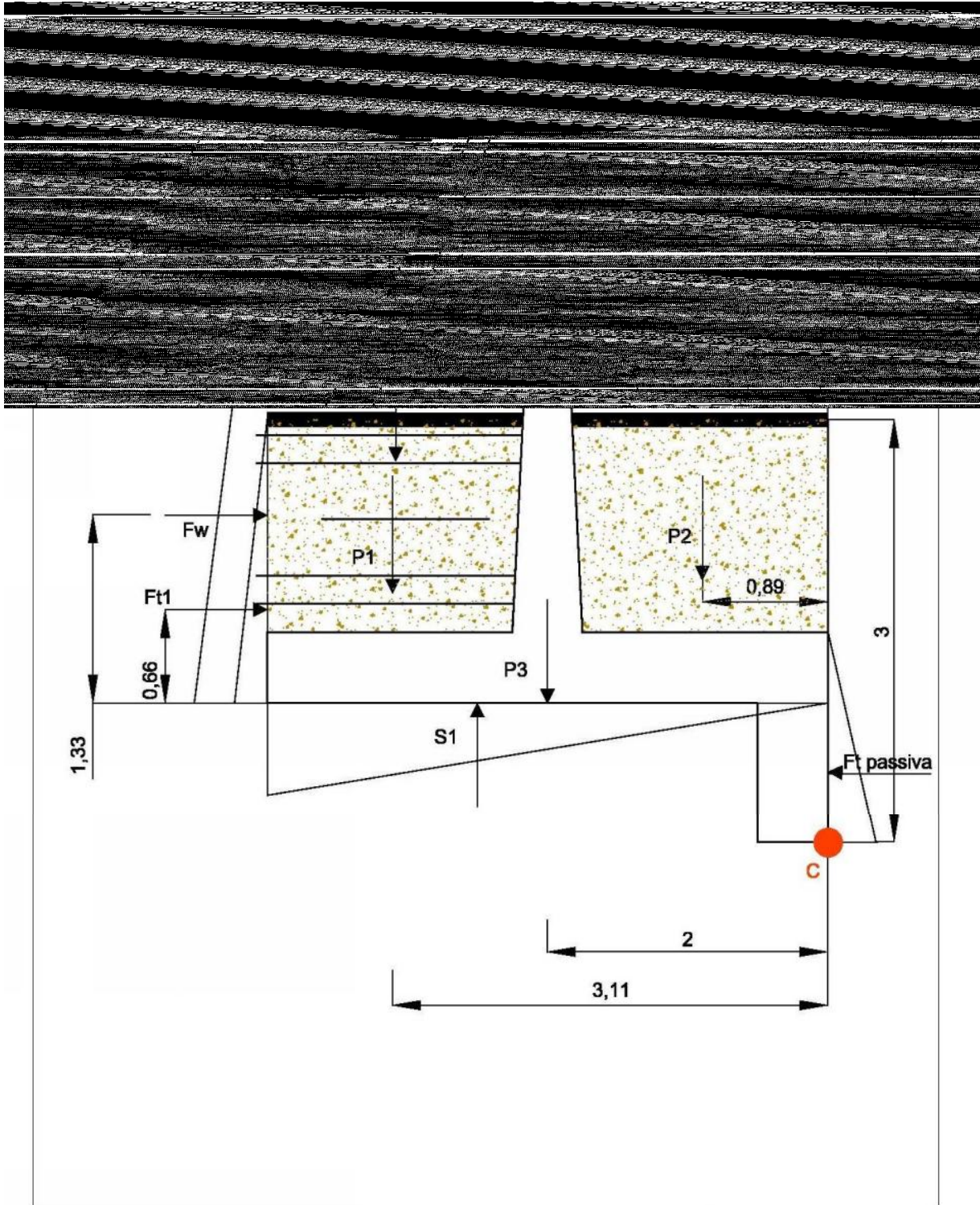


Figura 17: Muro di contenimento –verifica a ribaltamento

Tabella 22: Muro di contenimento –Condizioni statiche - Verifica a ribaltamento

						Momenti	
	A (mq)	γ (kN/mc)	L fuori piano (m)	Forze Pn (kN)	Bracci B(Pn) (m)	Stabilizzante Rd (kNm)	Instabilizzante Ed (kNm)
P1	2.68	8.00	1.00	21.44	3.11	66.68	
P2	2.68	18.00	1.00	48.24	0.89	42.93	
P3	3.60	25.00	1.00	90.00	2.00	180.00	
PW	6.43	8.60	1.00	55.30	3.08	170.32	
						Momenti	
				Spinta Fw (kN)	Braccio B(Fw) (m)	Stabilizzante Rd (kNm)	Instabilizzante Ed (kNm)
Fw stat	h	m	4.00	68.80	2.33		160.30
	γ	kN/mc	8.60				
S1	L	m	2.00	34.40	1.66		57.10
	q1	kPa	34.40				
						Momenti	
				Spinta Ft1 (kN)	Braccio B(Fn) (m)	Stabilizzante Rd (kNm)	Instabilizzante Ed (kNm)
Ft 1	ϕ	°	32.00	4.92	1.66		8.16
	Ka	-	0.31				
	h	m	2.00				
	γ	kN/mc	8.00				
Ft passiva	ϕ	°	32.00	32.95	0.50	16.48	
	Kp / 2	-	1.63				
	h	m	1.50				
	γ	kN/mc	18.00				
						Stabilizzante Rd (kNm)	Instabilizzante Ed (kNm)
						Risultante Momenti	
						476	226
						Coeff. Parziali azioni	
						0.90	1.10
						Momenti di progetto	
						Rd	Ed
						428.77	248.13
						Rd>Ed -->Verificato	
						Fos=Rd/Ed	
						1.73	

Tabella 23: Muro di contenimento – Condizioni sismiche - Verifica a ribaltamento

						Momenti	
	A (mq)	γ (kN/mc)	L fuori piano (m)	Forze Pn (kN)	Bracci B(Pn) (m)	Stabilizzante Rd (kNm)	Instabilizzante Ed (kNm)
P1	2.68	8.00	1.00	21.44	3.11	66.68	
P2	2.68	18.00	1.00	48.24	0.89	42.93	
P3	3.60	25.00	1.00	90.00	2.00	180.00	
						Momenti	
				Spinta Ft1 (kN)	Braccio B(Fn) (m)	Stabilizzante Rd (kNm)	Instabilizzante Ed (kNm)
F t 1	ϕ	$^{\circ}$	32.00	5.18	1.66		8.61
	Kh	-	0.32				
	h	m	2.00				
	γ	kN/mc	8.00				
F t passiva	ϕ	$^{\circ}$	32.00	32.95	0.50	16.48	
	Kp / 2	-	1.63				
	h	m	1.50				
	γ	kN/mc	18.00				
						Stabilizzante Rd (kNm)	Instabilizzante Ed (kNm)
						Risultante Momenti	
						306	9
						Coeff. Parziali azioni	
						0.90	1.10
						Momenti di progetto	
						Rd	Ed
						275.48	9.47
						Rd>Ed -->Verificato	
						Fos=Rd/Ed	
						29.10	

10 STABILITA' SCARPATE

In questa sezione si riportano le verifiche di stabilità globale delle scarpate non sostenute da opere che separano il piazzale dei nuovi serbatoi dalle strade circostanti l'area in esame.

10.1 Livello di falda, stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo

L'analisi è stata condotta per l'altezza di scarpata massima prevista tra piazzale serbatoi e strada sovrastante, ovvero 6 m.

Si è considerata una pendenza delle scarpate pari a 2V:3H con banca intermedia di larghezza 1.5 m posta a 3 m dalla quota piazzale serbatoi.

10.2 Livello di falda, stratigrafia e parametri geotecnici di calcolo

Come stratigrafia di calcolo si è assunta la stratigrafia relativa alla verticale di indagine ST210-1 (si veda il capitolo 6), assumendo in via cautelativa la presenza della coltre superficiale superiore sull'intera scarpata fino alla strada.

Per quanto concerne il livello di falda e ai parametri di calcolo si rimanda al capitolo 6.

Si precisa che in condizioni statiche le analisi di stabilità globale sotto riportate sono state condotte utilizzando per le coltri i parametri di resistenza in condizioni drenate, mentre per la verifica sismica si sono adottati i parametri di resistenza in condizioni non drenate.

10.3 Verifiche SLU – Stabilità globale

Per l'analisi di stabilità globale in campo statico e sismico si è fatto riferimento all'Approccio 1 - Combinazione 2.

In accordo a quanto riportato al paragrafo 7.6.1.1, l'azione sismica è stata modellata tramite i coefficienti sismici:

$$k_h=0.0144$$

$$k_v=\pm 0.0072$$

Il carico stradale (q) è stato assunto con valore caratteristico pari a 20kPa, considerando il coefficiente parziale sulle azioni variabili γ_{A2} di cui in tabella 6.2.I delle NTC2008, ne consegue il seguente valore di progetto:

$$\text{combinazione statica: } q_d = q_k \gamma_{Q1} = 20\text{kPa} \cdot 1.3 = 26\text{kPa}$$

$$\text{combinazione sismica: } q_d = q_k \gamma_{Q1} = 20\text{kPa} \cdot 1.0 = 20\text{kPa}$$

In Figura 18 e Figura 19 sono riportati i risultati delle analisi di stabilità in campo statico e sismico.

Essendo, in tutti i casi:

$$FS_{\text{MIN}} \geq \gamma_{R2} = 1.1$$

la verifica di stabilità globale risulta soddisfatta.

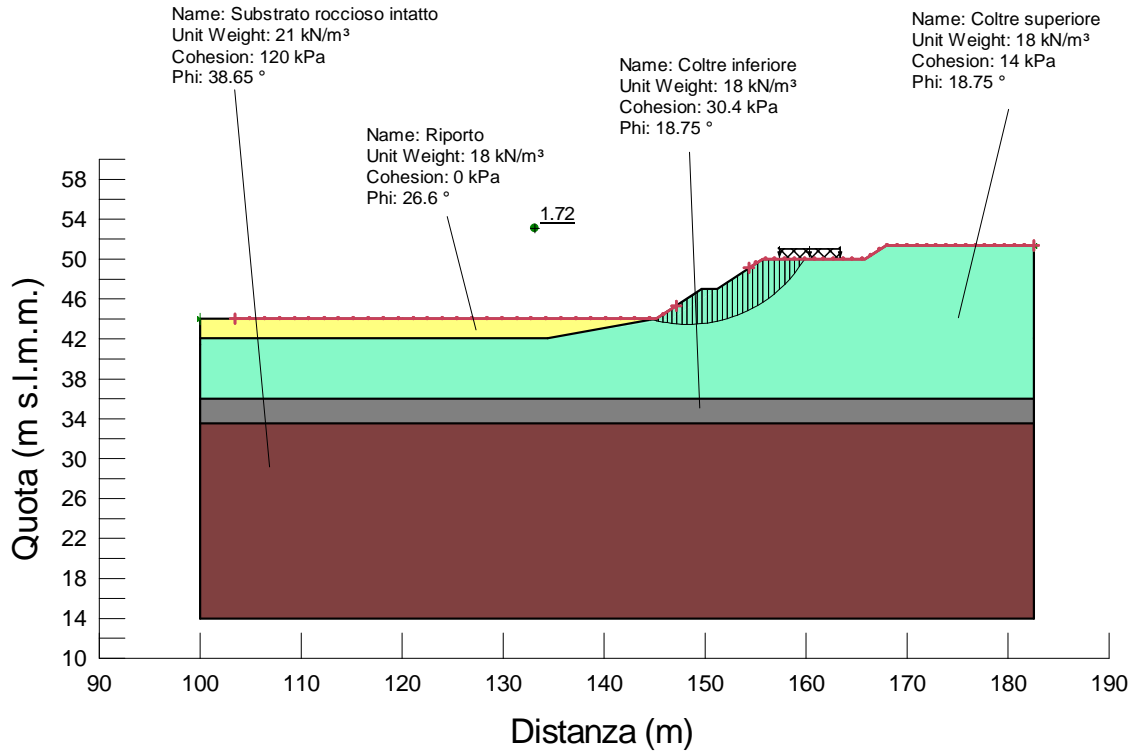


Figura 18: Scarpata - verifica stabilità globale in campo statico

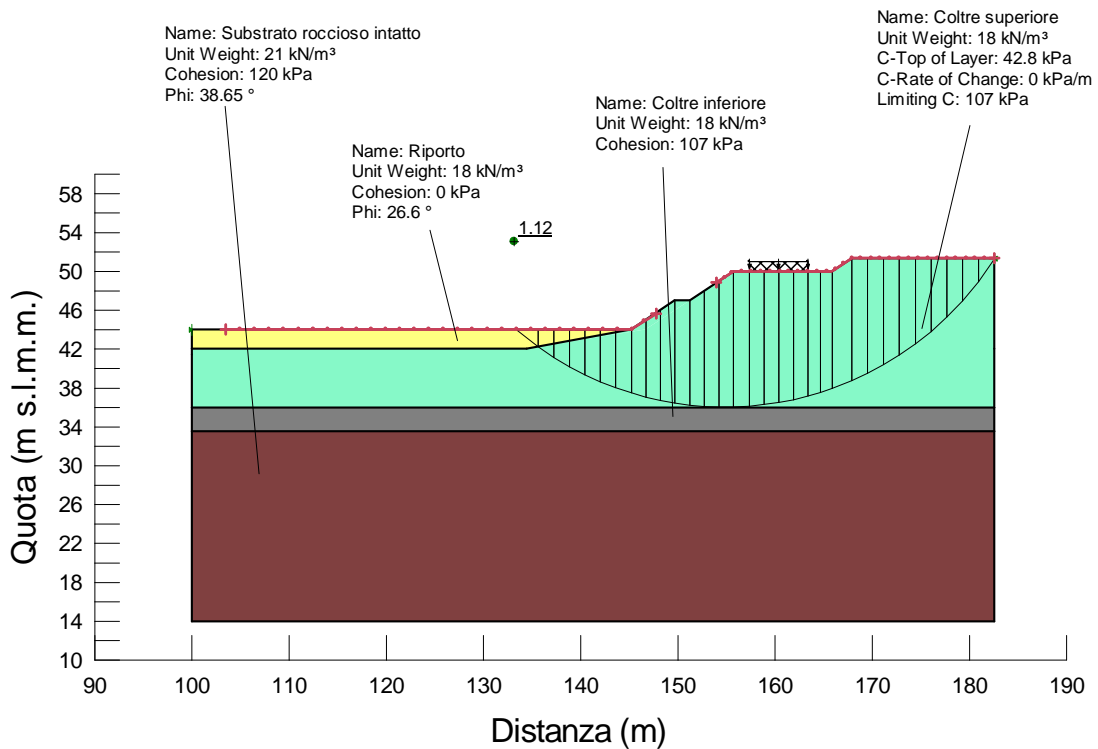


Figura 19: Scarpata - verifica stabilità globale in campo sismico

11 Considerazioni conclusive

Il sito oggetto del presente studio è ubicato all'interno della Raffineria esistente Sarlux Spa nel comune di Sarroch (CA) nell'estremità Ovest del Golfo di Cagliari .

L'area d'intervento si sviluppa ad una quota media di circa 44 – 45 m s.l.m..

Secondo il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Sardegna, nella zona non sussistono condizioni di pericolosità di frana e idraulica.

Sull'area è stata eseguita apposita campagna geognostica che ha previsto la realizzazione di 8 sondaggi a carotaggio continuo, una serie di prove geotecniche in sito e di laboratorio, un rilievo geofisico.

L'indagine ha evidenziato un contesto litologico rappresentato principalmente da depositi continentali pleistocenici di conoide alluvionale sovrastanti la formazione di base costituita da vulcaniti.

Per quanto concerne le caratteristiche di resistenza e deformabilità dei terreni in sito si è fatto riferimento all'insieme dei risultati delle prove di sito e di laboratorio disponibili assumendo per i parametri caratteristici da utilizzare nelle verifiche geotecniche condotte per le opere in progetto una stima ragionevolmente cautelativa.

Le caratteristiche delle formazioni presenti in sito hanno consentito l'adozione di fondazioni superficiali per tutte le opere in progetto (serbatoi e muri di contenimento).

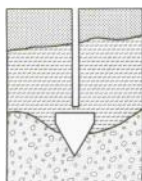
Non si rileva presenza di falda superficiale che va ad interessare le opere in progetto, dai dati disponibili essa è in genere posta al di sotto dei 14÷15 m da piano campagna attuale.

Per le opere in progetto, in relazione alla fase progettuale in corso, sono state effettuate tutte le verifiche richieste dalla normativa italiana vigente (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, di seguito NTC2008), le quali, per i carichi previsti sulle strutture sia in condizioni statiche che sismiche, hanno dato esito positivo.

APPENDICE A

Dr. Antonello Angius per SARLUX S.p.A. – Comune di Sarroch (CA)

Progetto nuovi serbatoi ST209 – ST210 – Indagine Geognostica



DR. ANTONELLO ANGIUS

Geologo

Tel/Fax: +39 070 40 32 74

Geotecnica – Ambiente – Idrogeologia - Territorio

Pec: angiusgeo@epap.sicurezzapostale.it

e-mail: angiusgeo@tiscali.it

Comune di Sarroch (CA)

Raffineria SARLUX SpA

PROGETTO

Nuovi serbatoi ST209 – ST210

INDAGINE GEOGNOSTICA

Giugno 2016



Committente: SARLUX SpA

INDICE

1.0	Premessa	pag. 1
2.0	Contesto geologico-stratigrafico	pag. 1
3.0	Caratteristiche della campagna geognostica	pag. 1
4.0	Attrezzature impiegate	pag. 2
5.0	Sondaggi	pag. 3
6.0	Prelievo dei campioni e prove di laboratorio sulle terre	pag. 4
7.0	Analisi chimiche	pag. 4
8.0	Prove S.P.T.	pag. 6
9.0	R.Q.D. (Rock Quality Designation)	pag. 6
10.0	Indagini geofisiche	pag. 6
11.0	Prove su campioni di roccia	pag. 7
12.0	Rilievo della falda e idrogeologia	pag. 7
13.00	Stratigrafia di dettaglio e parametrizzazione geotecnica	pag. 8

ALLEGATI

- a) Planimetria ubicazione indagini geognostiche
- b) Colonne stratigrafiche
- c) Foto cassette catalogatrici
- d) Tabella prove di laboratorio
- e) Prove laboratorio geotecnico
- f) Analisi chimiche

1.0 PREMESSA

La presente relazione illustra la campagna geognostica operata per conto di SARLUX S.p.A. nel mese di Maggio 2016 presso la Raffineria di Sarroch (CA).

Lo scopo dell’indagine era di acquisire i dati, di natura geologica e geotecnica, necessari alla verifica ed al dimensionamento dei nuovi serbatoi ST209 ed ST210.

I lavori sono stati diretti dallo scrivente Dr. Antonello Angius geologo senior iscritto all’ORG Sardegna con il numero 144.

I lavori fanno riferimento alle raccomandazioni AGI 1977 ed alle norme ISRM.

2.0 CONTESTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO GENERALE

L’area che ospita gli impianti della raffineria s’inserisce nella fascia di raccordo compresa tra gli acclivi contrafforti dei rilievi del Sulcis e la linea di costa, il sito interessato dalla presente indagine è ubicato nel “Parco serbatoi”, immediatamente a monte della SS 195 “Sulcitana”.

La morfologia del settore è caratterizzata da forme subpianeggianti incise da modesti corsi d’acqua a carattere torrentizio. Il sito è stato gradonato antropicamente per la realizzazione della Raffineria, presenta quindi settori in sterro ed altri in riporto.

Nel lotto la coltre pedogenizzata è assente mentre affiorano i sedimenti ghiaioso ciottolosi, come detto localmente rimaneggiati, che costituiscono i ”Glacis” (depositi alluvionali di versante).

Le quote topografiche del sito sono molto omogenee con differenze altimetriche inferiori a 20-30 cm.

Il substrato dell’area è costituito da andesiti e subordinatamente da piroclastiti e tufi. Al tetto del substrato vulcanico è presente una coltre con grado d’argillificazione variabile, spesso alcuni metri.

3.0 CARATTERISTICHE DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA

Il programma d’indagine è stato articolato come segue:

- esecuzione di 8 sondaggi a carotaggio continuo. In dettaglio per ciascun serbatoio un sondaggio centrale spinto alla profondità di 30 metri dal p.c. e 3 perimetrali disposti a 120°, spinti per almeno 5 metri nel substrato lapideo.
- esecuzione nel corso delle perforazioni di prove S.P.T., ripetute ogni metro per i primi 9 metri e successivamente ogni 1.50 metri sino all’intercettazione del substrato lapideo;
- esecuzione di prove speditive sulle carote con pocket penetrometer e vane test tascabile, calcolo dell’indice R.Q.D.;
- prelievo di campioni indisturbati Shelby e Mazier, campioni rimaneggiati e spezzoni di carota lapidea;
- esecuzione in laboratorio di determinazioni del peso di volume e dei grani, contenuto d’acqua, prove di Classificazione CNR-UNI 10006, analisi granulometriche per vagliatura e sedimentazione, prove edometriche, di taglio diretto e triassiali;
- sui campioni lapidei sono state eseguite prove di compressione uniassiale, determinazione del peso di volume e point load test;
- determinazione del contenuto in cloruri, solfati e pH su campioni di terre;
- strumentazione dei due fori centrali ST209-4 ed ST210-4 per l’esecuzione di prove Down-hole;
- esecuzione di 3 linee sismiche in onde P ed S e di 2 dispositivi down-hole per la determinazione della distribuzione delle onde S e P sino alla profondità di 30 metri. I risultati delle indagini geofisiche sono riportati nella relazione redatta da TERGAM Srl.

4.0 ATTREZZATURE IMPIEGATE

Sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- Sonda idraulica cingolata Boart Longyear modello Deltabase 520 e sonda idraulica cingolata Soilmec modello SM401;
- Carotieri semplici Ø101 mm, corone widia, tubi di rivestimento provvisorio Ø127 e 178 mm, carotiere T2 e T6 Ø101 mm con corona diamantata;
- Maglio S.P.T.;

- Campionatori Shelby e Mazier.

Su entrambe le sonde hanno operato sondatori specializzati con esperienza ventennale.

5.0 SONDAGGI

In corrispondenza di ogni sondaggio è stato preliminarmente eseguito uno scavo manuale per l'individuazione dei sottoservizi, in media lo scavo ha raggiunto 2.00 metri dal p.c., il pozzetto è stato successivamente rinterrato con pietrame arido. Risulta pertanto impossibile caratterizzare geotecnicamente in maniera diretta il corrispondente livello presente in sito.

SARLUX ha fornito le foto dei pozzetti dalle quali, con molta difficoltà, è approssimativamente individuabile il limite tra Glacis in posto o ridepositato (per le operazioni di terrazzamento) ed il tetto della coltre argillificata. Apparentemente in corrispondenza del Serbatoio ST209 pare sia riscontrabile in tutti i pozzetti solo la presenza del Glacis, ad esclusione del pozzetto ST209-3 che mostra da -1 a -2 metri una facies priva di scheletro ed apparentemente argillificata. In corrispondenza del serbatoio ST 210 in tutti i pozzetti è visibile un livello sottostante il Glacis privo di scheletro ed apparentemente argillificato con spessore massimo rilevabile in corrispondenza del pozzetto ST 210-1.

Per la campagna geognostica sono state utilizzate due sonde cingolate, una Boart Longyear mod. Deltabase 520 ed una Soilmec mod. SM410.

Il carotaggio è stato eseguito, nella porzione non lapidea, mediante carotiere semplice con corona in widia del diametro di 101 millimetri, per quanto possibile “a secco”. Per il sostegno provvisorio del foro sono stati utilizzati tubi di rivestimento Ø 127 mm.

Per l'attraversamento del substrato lapideo è stato utilizzato il carotiere T2 o T6 con corona diamantata.

Le carote, opportunamente scortecciate, sono state riposte in cassette catalogatrici in PVC monostampo munite di coperchio e consegnate a lavori ultimati al Committente.

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

6.0 PRELIEVO DEI CAMPIONI E PROVE DI LABORATORIO SULLE TERRE

Le caratteristiche granulometriche dei terreni hanno consentito il prelievo di campioni indisturbati e di campioni rimaneggiati (vedi tabella allegata) sui quali sono state eseguite prove geotecniche presso il laboratorio Geosystem di Quartucciu (CA), laboratorio autorizzato dal Ministero LL.PP.

Al fine di definire il set di prove sono stati preliminarmente individuati i seguenti livelli geotecnico-stratigrafici (i colori, riportati anche in alcune tabelle, richiamano i singoli livelli):

- Glacis;
- Coltre della vulcanite, intensamente argillificata;
- Coltre della vulcanite parzialmente argillificata;
- Substrato lapideo parzialmente alterato;
- Substrato lapideo integro.

7.0 ANALISI CHIMICHE

Su 3 campioni di terre è stata eseguita la determinazione del pH e del tenore in cloruri e solfati.

8.0 PROVE S.P.T.

In tutti i sondaggi sono state eseguite prove SPT a partire da -2 metri dal p.c. (quota del prescavo), ad intervalli di un metro sino a -9 metri dal p.c. e successivamente ad intervalli di 1,5 metri sino all'intercettazione del substrato lapideo.

Per l'esecuzione della prova si è utilizzata 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 (utilizzato costantemente in tutte le prove); rilevando 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 $N_{SPT} = X \text{ colpi}/30 \text{ cm}$.

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

Tab.1: Prove SPT

Sondaggio	Prof. dal p.c. (m)	N _{SPT} x 15 cm	N _{SPT}	Litotipo
ST209-1	2.00	4 - 3- 3	6	Terreno di riporto
“	3.00	3 - 4 - 6	10	Glacis
“	4.00	5 - 3- 5	8	Glacis
“	5.00	5 - 6- 5	11	Glacis
“	6.00	7 - 7- 11	18	Vulcanite argillificata
“	7.00	10 - 7 - 8	15	Glacis
“	8.00	5 - 13- 16	29	Vulcanite argillificata
“	9.50	7 - 20- 45	65	Vulcanite parzialmente argillificata
“	11.00	50 colpi = 6 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
“	12.50	50 colpi = 5 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
ST209-2	2.00	6 - 8- 11	19	Vulcanite argillificata
“	3.00	5 - 8 - 11	19	Vulcanite argillificata
“	4.00	7 - 8- 15	23	Vulcanite argillificata
“	5.00	20 - 43- 45	88	Vulcanite parzialmente argillificata
“	6.00	32 - 44- 52	96	Vulcanite parzialmente argillificata
“	7.00	50 colpi = 13 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
“	8.00	50 colpi = 14 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
“	9.00	50 colpi = 11 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
“	10.50	50 colpi = 6 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
ST209-3	3.00	3 - 3- 4	7	Vulcanite argillificata
“	5.00	15 - 24 - 30	54	Vulcanite parzialmente argillificata
“	6.00	36 - 50 colpi = 13 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
“	7.50	47 - 50 colpi = 4 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
ST209-4	2.00	6 - 9- 8	17	Glacis
“	3.00	7 - 5 - 5	10	Glacis
“	4.15	4 - 12 - 19	31	Vulcanite parzialmente argillificata
“	5.00	14 - 35 - 50 colpi = 11 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
“	6.00	24 - 50 colpi = 14 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
“	7.00	50 colpi = 14 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
“	8.00	41 - 50 colpi = 7 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
“	9.00	23 - 23 - 46	69	Vulcanite parzialmente argillificata
ST210-1	2.20	7 - 5- 3	8	Vulcanite argillificata

■	3.00	2 - 3 - 5	8	Vulcanite argillificata
■	4.00	6 - 11 - 12	23	Vulcanite argillificata
■	5.00	8 - 13 - 14	27	Vulcanite argillificata
■	6.00	9 - 15 - 27	52	Vulcanite argillificata
■	7.00	14 - 13 - 13	26	Vulcanite argillificata
■	8.50	22 - 50 colpi = 13 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
■	9.80	50 colpi = 11 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
■	11.50	50 colpi = 13 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
■	2.00	5 - 5 - 5	10	Vulcanite argillificata
■	3.00	3 - 5 - 7	12	Vulcanite argillificata
■	4.00	4 - 10 - 14	24	Vulcanite argillificata
■	5.00	8 - 31 - 20	51	Vulcanite parzialmente argillificata
■	6.00	35 - 50 colpi = 12 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
■	7.00	50 colpi = 14 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
■	8.00	50 colpi = 12 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
■	2.00	6 - 9 - 11	20	Vulcanite argillificata
■	3.00	8 - 15 - 19	34	Vulcanite argillificata
■	4.00	7 - 9 - 12	21	Vulcanite argillificata
■	6.00	5 - 8 - 9	17	Vulcanite argillificata
■	7.00	12 - 23 - 38	61	Vulcanite parzialmente argillificata
■	8.00	15 - 33 - 50 colpi = 6 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
■	9.00	36 - 50 colpi = 5 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
■	10.00	42 - 50 colpi = 9 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata
■	2.10	2 - 4 - 7	11	Vulcanite argillificata
■	3.00	3 - 8 - 14	22	Vulcanite argillificata
■	4.00	23 - 27 - 27	54	Vulcanite parzialmente argillificata
■	5.45	50 colpi = 13 cm	Rif.	Vulcanite parzialmente argillificata

9.0 R.Q.D. (ROCK QUALITY DESIGNATION)

Tale valore rappresenta un indice della continuità della massa rocciosa attraversata dal sondaggio ed è definito come:

$$R.Q.D. = \sum l_i / L_f \quad \text{in cui,}$$

l_i = singole lunghezze dei pezzi di carota maggiori di 10 cm

L_f = lunghezza totale del tratto di manovra

Il rilievo dell'indice R.Q.D. (Rock Quality Designation, Deere-1964) è stato eseguito dai Geologi che hanno controllato tutte le fasi di perforazione, ciò ha consentito di distinguere i giunti di taglio naturali da quelli d'origine antropica dovuti alle operazioni di “scarotaggio”.

I valori rilevati evidenziano l'intensa fratturazione della maggior parte del substrato lapideo e la presenza di locali fasce di intenso disturbo tettonico (faglie).

La qualità della perforazione è attestata dall'uso continuo per quasi tutti i tratti lapidei del carotiere T2 o T6 munito di corona diamantata.

I valori R.Q.D., rilevati per singola manovra, sono stati “accorpati” per livelli omogenei e riportati a lato delle colonne stratigrafiche.

10.0 INDAGINI GEOFISICHE

La descrizione delle prove ed i relativi risultati sono riportate nella specifica relazione allegata.

11.0 PROVE SUI CAMPIONI DI ROCCIA

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati numerosi spezzoni di carota del substrato lapideo da sottoporre a prova di compressione monoassiale, prova Point Load e/o determinazione del peso di volume.

La vulcanite lapidea presenta essenzialmente due livelli, uno più superficiale, parzialmente alterato ed intensamente fratturato ed un secondo più profondo, quasi privo o privo di alterazione, con grado di fratturazione da medio ad elevato. In corrispondenza di alcuni sondaggi è evidente la presenza di fasce di faglia con cataclasiti.

L'elenco dei campioni è riportato nella tabella “Prove di laboratorio”.

12.0 RILIEVO DELLA FALDA E IDROGEOLOGIA

Le condizioni climatiche durante tutto lo svolgimento dei lavori e nei giorni immediatamente precedenti sono state caratterizzate da assenza di precipitazioni.

Il rilievo della falda durante la perforazione non è stato eseguito in quanto assolutamente non rappresentativo a causa della necessità di rivestire costantemente il foro con immissione d’acqua e successivamente di perforare con circolazione diretta di fluido il substrato lapideo.

E’ stato comunque evidenziato un discreto grado di umidità nella coltre alterata della vulcanite e, durante l’alesaggio a rotopercolazione dei fori centrali da strumentare per la geofisica, si è riscontrata la presenza della falda con modesta trasmissività a partire da circa -28 metri dal p.c..

Dati di dettaglio sulla profondità della superficie piezometrica potranno essere desunti dalle letture periodicamente eseguite sulla estesa rete piezometrica della Raffineria.

13.0 STRATIGRAFIA DI DETTAGLIO E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

Nel sito in esame, escludendo il materiale arido (blocchi e ghiaia) utilizzato per rinterrare gli scavi eseguiti per la ricerca dei sottoservizi, a partire dal p.c. e procedendo verso il basso si riscontra la seguente successione stratigrafica (le quote sono riferite alle profondità misurate dal p.c. il quale mostra dislivelli minimi):

LIVELLO 1) mt 0.00 a max 2.20 Terreno di riporto

Lo spessore di questo livello coincide approssimativamente con la profondità dei pozzetti eseguiti per la ricerca sottoservizi (-2.00 mt dal p.c.), conseguentemente non è stato possibile determinarlo con i sondaggi. Dall’analisi delle foto eseguite durante l’esecuzione dei pozzetti per i prescavi, in corrispondenza del Serbatoio ST209 pare sia riscontrabile, in tutti i pozzetti, solo la presenza del Glacis, ad esclusione del pozzetto ST209-3 che mostra da -1 a -2 metri una facies priva di scheletro ed apparentemente argillificata. In corrispondenza del serbatoio ST 210 in tutti i pozzetti è visibile un livello sottostante il Glacis privo di scheletro ed apparentemente argillificato con spessore massimo coincidente con il pozzetto ST 210-1.

Il terreno di riporto è costituito dalle ghiaie con blocchi e matrice sabbiosa con limo ed argilla che costituiscono i “Glacis”, depositi alluvionali messi in posto da un reticolo di corsi d’acqua, divagante nel tempo, a carattere torrentizio. I clasti sono

costituiti da rocce granitoidi e metamorfiche originate dallo smantellamento dei vicini rilievi.

La continentalità dei depositi è testimoniata dall'elevato grado di ossidazione e di locale coesione per “aging”. Lo scheletro ciottoloso, se si escludono locali lenti, è prevalente sulla matrice, il diametro dei clasti è assai variabile, mediamente pari a 2-4 cm ma sono presenti blocchi sino a 20 cm.

Il grado di arrotondamento (da subangolari ad arrotondati) rispecchia un trasporto non particolarmente prolungato in ambiente ad elevata energia.

Il grado di addensamento varia da basso a medio. La permeabilità di questo livello è molto elevata ed il grado di umidità è strettamente legato alle precipitazioni.

LIVELLO 2) mt 0.00 (max 2.20)÷a max 7.60 “Glacis”

Si tratta dei depositi alluvionali continentali precedentemente descritti come rimaneggiati ma in questo caso in posto. Sono presenti solo in corrispondenza del Serbatoio ST209 con spessore crescente da monte verso valle, in accordo con la paleo morfologia del settore.

Il grado di addensamento è medio o elevato, sono frequenti valori SPT “a rifiuto” qualora si intercettino dei blocchi.

La presenza di questo livello solo in alcuni sondaggi appare legata oltre che all'originario andamento topografico anche alle operazioni di gradonatura del versante originario.

Il livello è rappresentato dai seguenti campioni:

RIMANEGGIATO	ST209-1	mt 4.50-5.00
RIMANEGGIATO	ST209-4	mt 2.40-2.80

LIVELLO 3) mt 2.00 (max 7.60)÷3.30 (max 9.70) Coltre superficiale del substrato lapideo

Facies superficiale del substrato vulcanico con grado di alterazione (argillificazione) molto elevato e progressivamente degradante verso il basso.

Le variazioni dello spessore di questo livello appaiono ascrivibile ad una alterazione preferenziale originata da un pattern tettonico e dunque irregolare e non correlabile alla paleomorfologia.

In questo livello è possibile distinguere due facies. Quella superiore particolarmente alterata con struttura non più riconoscibile o solo localmente riconoscibile, generalmente umida, ossidata e di colore variabile dal giallastro al marroncino. Il grado di consistenza varia da basso a medio. E' stato possibile prelevare campioni indisturbati.

La facies inferiore ha sempre struttura riconoscibile, il colore varia dal marroncino al grigio, il grado di coesione è sempre elevato o molto elevato. Sfuma in termini caratterizzati dalla presenza sempre più frequente di livelli semilapidei. In questo livello il prelievo di campioni indisturbati, anche con campionatore rotativo, è risultato particolarmente difficile.

Il livello è rappresentato dai seguenti campioni:

Facies totalmente argillificata

SHELBY	ST209-3	mt 2.00-2.60
SHELBY	ST209-3	mt 4.00-4.50
SHELBY	ST210-3	mt 3.00-3.70
SHELBY	ST210-3	mt 3.00-3.70
RIMANEGGIATO	ST210-4	mt 2.50-3.00

Facies parzialmente argillificata

RIMANEGGIATO	ST209-4	mt 7.50-7.80
RIMANEGGIATO	ST210-2	mt 5.70-6.00
MAZIER	ST210-4	mt 5.00-5.45

LIVELLO 4) da mt 5.20 max 14.90 ed oltre Substrato lapideo

Andesite da molto fratturata a fratturata. E' riscontrabile la presenza di un livello più superficiale, debolmente o mediamente alterato, con due famiglie di giunti, nella prima da obliqui a molto inclinati, nella seconda sub verticali, generalmente serrati o debolmente beanti (apertura 1-2 mm), il materiale di riempimento quando presente è argilloso. Le pareti sono debolmente rugose o lisce, quasi sempre ossidate con superficie scalfibile da punta d'acciaio. Il grado di resistenza del campione intatto è medio o medio-basso.

La facies inferiore è priva di alterazione, continuano ad essere presenti le due famiglie di giunti precedentemente descritte ma questi risultano, generalmente serrati e privi di materiale di riempimento, localmente cementati da calcite. Le pareti sono

debolmente rugose o lisce ma debolmente ossidate con superficie appena scalfibile da punta d'acciaio. Il grado di resistenza del campione intatto è elevato.

In alcuni sondaggi sono state intercettate fasce di disturbo tettonico, in particolare nel sondaggio ST210-3, associate ad elevata fratturazione con livelli brecciati e conseguente alterazione preferenziale.

Il livello è rappresentato dai seguenti campioni:

Livello debolmente alterato

LAPIDEO	ST210-2	mt 7.30-7.45
LAPIDEO	ST210-3	mt 16.75-16.90
LAPIDEO	ST210-4	mt 5.70-5.80
LAPIDEO	ST210-4	mt 7.75-7.90
LAPIDEO	ST210-4	mt 8.00-8.10
LAPIDEO	ST210-4	mt 8.80-8.90

Livello integro

LAPIDEO	ST209-1	mt 22.75-22.90
LAPIDEO	ST209-3	mt 9.30-9.50
LAPIDEO	ST209-3	mt 11.10-11.45
LAPIDEO	ST209-3	mt 12.40-12.55
LAPIDEO	ST209-4	mt 13.40-13.60
LAPIDEO	ST209-4	mt 19.20-19.50
LAPIDEO	ST209-4	mt 13.40-13.60
LAPIDEO	ST209-4	mt 24.40-24.60
LAPIDEO	ST210-2	mt 9.60-9.80
LAPIDEO	ST210-4	mt 11.10-11.30
LAPIDEO	ST210-4	mt 12.80-13.00
LAPIDEO	ST210-4	mt 15.50-15.75
LAPIDEO	ST210-4	mt 18.40-18.60
LAPIDEO	ST210-4	mt 28.20-28.45

Cagliari, 13.06.2016

Dr. Geol. Antonello Angius

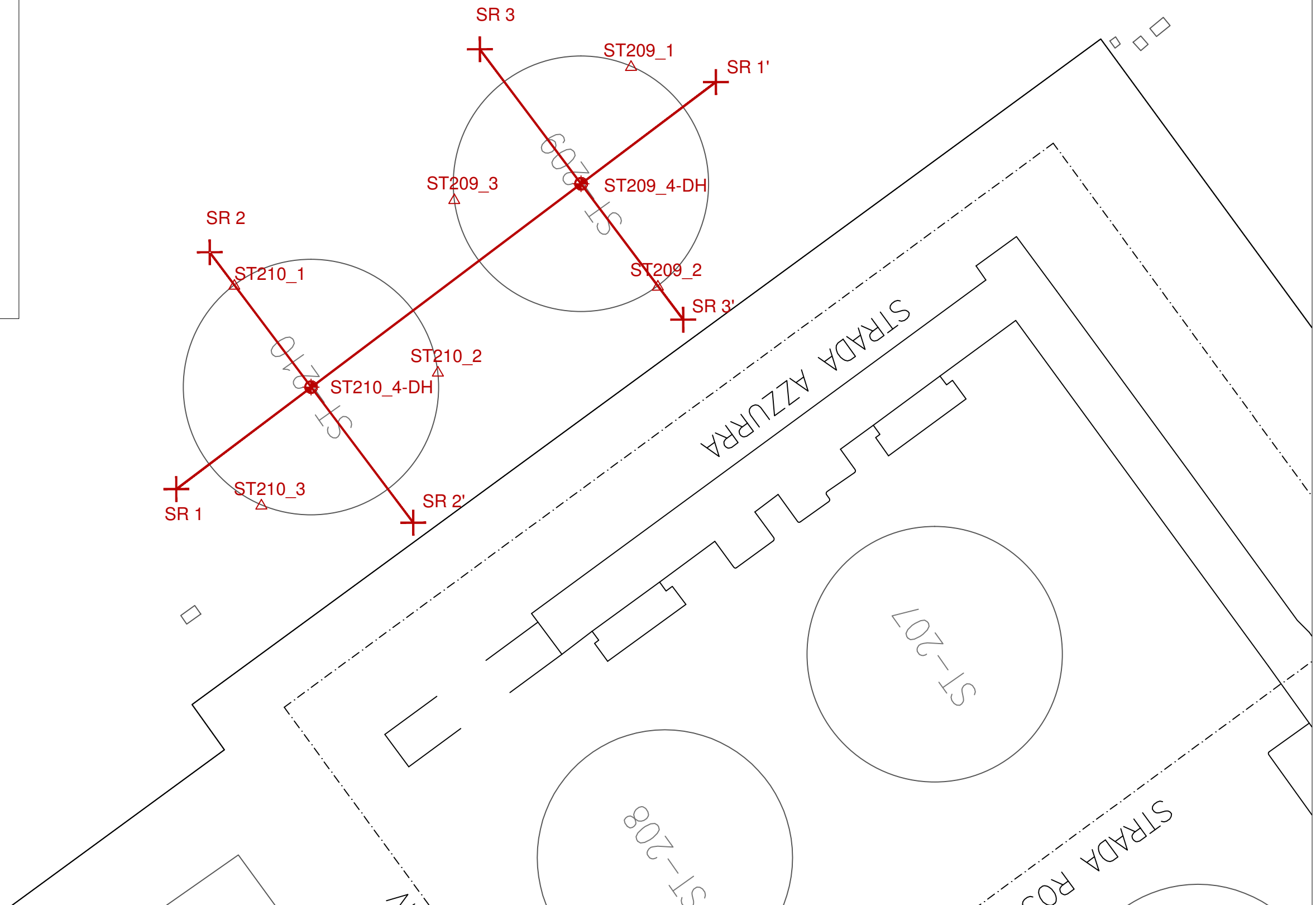


LEGENDA

- Sondaggio geotecnico a 30 mt con installazione tubazioni da 3" per prova "Down-hole"
- △ Sondaggio geotecnico spinto 5 mt all'interno della roccia intatta
- ++ Sismica a rifrazione in onde S

COORDINATE PUNTI DI INDAGINE

	X	Y
ST209_1	1500539.0172	4325727.9286
ST209_2	1500544.9559	4325677.1429
ST209_3	1500498.0366	4325696.9797
ST209_4-DH	1500527.2658	4325700.7866
ST210_1	1500445.5817	4325676.2321
ST210_2	1500492.7265	4325655.8356
ST210_3	1500451.5410	4325625.5629
ST210_4-DH	1500463.3156	4325652.6667



DR. ANTONELLO ANGIUS

Via Italia, 143 Cagliari 09134

angiusgeo@tiscali.it www.angiusgeo.com

SONDAGGI GEOGNOSTICI - MONITORAGGIO AMBIENTALE

Committente Barbarossa S.r.l.	Profondità raggiunta 25.80 mt	Quota Ass. P.C.	Certificato n° 1	Pagina 1
Operatore Ollosu T.	Indagine Geotecnica	Cantiere SARLUX SPA Serbatoi 209 e 210	Inizio/Fine Esecuzione 27-28.05.2016	
Responsabile Dott. Geol. Antonello Angius	Sondaggio Sond. ST 209_1	Tipo Carotaggio Continuo 101 mm	Tipo Sonda Soilmec SM 401	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Falida
1		Terreno di riporto messo in opera dopo il prescavo per ricerca sottoservizi: ghiaia da spigolosa a moderatamente arrotondata, priva di matrice, asciutta, diametro medio clasti 1-3 cm con blocchi sino a 6 cm, scheletro 40-50 %, grigia, poco addensata.	2.00		4-3-3					
2		"Glacis": depositi alluvionali costituiti da ghiaia da moderatamente arrotondata ad arrotondata, clasti diametro medio 2-4 cm con blocchi sino a 10 cm, cheletro 40-60 %, in matrice sabbiosa con limo ed argilla, ossidata, debolmente umida, poco addensata.			2.00 PA 6-4-6					
3					3.00 PA 5-3-5					
4					4.00 PA 5 - 6 - 5					
5			5.60		5.00 PA 7 - 7 - 11					4.50 5.00
6		Coltre superficiale della vulcanite in facies detritica, da marrone a grigia, argillificata, ossidata, debolmente umida, moderatamente consistente.	6.80		6.00 PA 10 - 7 - 8					
7		"Glacis": depositi alluvionali costituiti da ghiaia da moderatamente arrotondata ad arrotondata, clasti diametro medio 2-4 cm con blocchi sino a 10 cm, cheletro 40-60 %, in matrice sabbiosa con limo ed argilla, ossidata, debolmente umida, poco addensata.	7.60		7.00 PA 5 - 13 - 16					
8		Coltre superficiale della vulcanite, da marrone a grigia, parzialmente alterata, ossidata, debolmente umida, molto consistente.			8.00 PA					
9					7 - 20 - 45					
10		Coltre superficiale della vulcanite, da marrone a grigia, parzialmente alterata, ossidata, debolmente umida, molto consistente con livelli semilapidei.	9.70		9.50 PA					
11					50 colpi= 13 cm 11.00 PA					
12					50 colpi= 11 cm 12.50 PA					
13										
14										
15		Andesite grigia, fratturata con livelli molto fratturati, alterazione assente, giunti da molto inclinati a subverticali, pareti scalfibili da punta d'acciaio, lisce o debolmente rugose, serrate, localmente ossidate e con tracce di mineralizzazione (calcite).	14.90							
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										22.75 22.90
24										
25			25.80							
26										
27										
28										
29										
30										

DR. ANTONELLO ANGIUS

Via Italia, 143 Cagliari 09134

angiusgeo@tiscali.it www.angiusgeo.com

SONDAGGI GEOGNOSTICI - MONITORAGGIO AMBIENTALE

Committente Barbarossa S.r.l.	Profondità raggiunta 16.60 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n° 2	Pagina 1
Operatore Ollosu T.	Indagine Geotecnica	Cantiere SARLUX SPA Serbatoi 209 e 210	Inizio/Fine Esecuzione 19-20.05.2016	
Responsabile Dott. Geol. Antonello Angius	Sondaggio Sond. ST 209_2	Tipo Carotaggio Continuo 101 mm	Tipo Sonda Soilmec SM 401	Coordinate X Y

Scale (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Falda
1		Terreno di riporto messo in opera dopo il prescavo per ricerca sottoservizi: ghiaia da spigolosa a moderatamente arrotondata, priva di matrice, asciutta, diametro medio clasti 1-3 cm con blocchi sino a 6 cm, scheletro 40-50 %, marrone chiaro, poco addensata.	1.80		6-8-11					
2		"Glacis": depositi alluvionali costituiti da ghiaia da moderatamente arrotondata ad arrotondata, clasti diametro medio 2-4 cm con blocchi sino a 10 cm, cheletro 40-60 %, in matrice sabbiosa con limo ed argilla, ossidata, asciutta, moderatamente addensata.	2.30		2.00 PA 5-8-11					
3		Coltre superficiale della vulcanite, grigio violacea, intensamente argillificata e parzialmente ossidata, struttura solo localmente riconoscibile, debolmente umida, da moderatamente consistente a consistente.			3.00 PA 7-8-15					
4			4.70		4.00 PA 20-43-45					
5		Coltre superficiale della vulcanite, grigio violacea, parzialmente argillificata ed ossidata, struttura riconoscibile, da debolmente umida ad asciutta, molto consistente.			5.00 PA 32-44-52					
6					6.00 PA 50=13 cm					
7			7.80		7.00 PA 50=14 cm					
8		Coltre superficiale della vulcanite semilapidea con livelletti lapidei, grigia, debolmente alterata.			8.00 PA 50=11 cm					
9					9.00 PA					
10			10.60		50=6 cm					
11		Andesite grigia, fratturata con livelli molto fratturati, alterazione assente, giunti da molto inclinati a subverticali, pareti scalfibili da punta d'acciaio, liscie o debolmente rugose, serrate, localmente ossidate e con tracce di mineralizzazione (calcite).			10.50 PA					
12										
13										
14										
15										
16			16.70	%RQD=50						
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										

DR. ANTONELLO ANGIUS

Via Italia, 143 Cagliari 09134

angiusgeo@tiscali.it www.angiusgeo.com

SONDAGGI GEOGNOSTICI - MONITORAGGIO AMBIENTALE

Committente Barbarossa S.r.l.	Profondità raggiunta 15.00 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n° 3	Pagina 1
Operatore Salis G.P.	Indagine Geotecnica	Cantiere SARLUX SPA Serbatoi 209 e 210	Inizio/Fine Esecuzione 31.05-01.06.2016	
Responsabile Dott. Geol. Antonello Angius	Sondaggio Sond. ST 209_3	Tipo Carotaggio Continuo 101 mm	Tipo Sonda Deltabase 520	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Falda
1		Terreno di riporto messo in opera dopo il prescavo per ricerca sottoservizi: ghiaia da spigolosa a moderatamente arrotondata, priva di matrice, asciutta, diametro medio clasti 1-3 cm con blocchi sino a 6 cm, scheletro 40-50 %, marrone chiaro, poco addensata.	2.00							
2		Coltre superficiale della vulcanite, da grigia a marroncina, intensamente argillificata e parzialmente ossidata, struttura solo localmente riconoscibile, debolmente umida, da moderatamente consistente a consistente.			3-3-4					
3					3.00 PA					
4		Coltre superficiale della vulcanite, grigio violacea, parzialmente argillificata ed ossidata, struttura riconoscibile, da debolmente umida ad asciutta, molto consistente.	4.80		15-24-30					
5					5.00 PA					
6					36-50 colpi=13 cm					
7		Vulcanite lapidea, grigia, debolmente alterata, molto fratturata, giunti inclinati con superfici scabre ed ossidate .	7.60		6.00 PA					
8					47-50 colpi=4 cm					
9		Andesite grigia, fratturata con livelli molto fratturati, alterazione assente, giunti da obliqui a molto inclinati, pareti scalfibili da punta d'acciaio, lisce o debolmente rugose, serrate, localmente ossidate e con tracce di mineralizzazione (calcite).	9.20	RQD=10	7.50 PA					
10										
11										
12										
13										
14										
15			15.00							
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										

DR. ANTONELLO ANGIUS

Via Italia, 143 Cagliari 09134

angiusgeo@tiscali.it www.angiusgeo.com

SONDAGGI GEOGNOSTICI - MONITORAGGIO AMBIENTALE

Committente Barbarossa S.r.l.	Profondità raggiunta 30 mt	Quota Ass. P.C.	Certificato n° 4	Pagina 1
Operatore Ollosu T.	Indagine Geotecnica	Cantiere SARLUX SPA Serbatoi 209 e 210		Inizio/Fine Esecuzione 20-24.05.2016
Responsabile Dott. Geol. Antonello Angius	Sondaggio Sond. ST 209_4	Tipo Carotaggio Continuo 101 mm	Tipo Sonda Soilmec SM 401	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Falda
1		Terreno di riporto messo in opera dopo il prescavo per ricerca sottoservizi: ghiaia da spigolosa a moderatamente arrotondata, priva di matrice, asciutta, diametro medio clasti 1-3 cm con blocchi sino a 6 cm, scheletro 40-50 %, grigia, poco addensata.	2.00		6-9-8					
2		"Glacis": depositi alluvionali costituiti da ghiaia da moderatamente arrotondata ad arrotondata, clasti diametro medio 2-4 cm con blocchi sino a 10 cm, cheletro 40-60 %, in matrice sabbiosa con limo ed argilla, ossidata, debolmente umida, poco addensata.	3.80		2.00 PA 7-5-5			2.40 R		
3		Coltre superficiale della vulcanite, da marrone a grigia, da molto a parzialmente alterata, ossidata, debolmente umida, da consistente a molto consistente.	4.80		3.00 PA 4-12-19			2.80		
4		Coltre superficiale della vulcanite, da marrone a grigia, da molto a parzialmente alterata, ossidata, debolmente umida, molto consistente con livelletti semilapidei.	4.80		4.15 PA 14-35-50 colpi=11 cm					
5					5.00 PA 24-50 colpi=14 cm					
6					6.00 PA 50 colpi=14 cm					
7					7.00 PA 41 - 50 colpi=7 cm			7.50 R		
8					8.00 PA 23 - 23 - 46			7.80		
9			9.40		9.00 PA					
10		Andesite grigia, fratturata con livelli molto fratturati, alterazione assente, giunti da molto inclinati a subverticali, pareti scalfibili da punta d'acciaio, lisce o debolmente rugose, serrate, localmente ossidate e con tracce di mineralizzazione (calcite).								
11										
12										
13								13.40 R		
14								13.60		
15										
16										
17										
18										
19								19.20 R		
20								19.50		
21										
22										
23										
24										
25								24.40 R		
26			25.80					24.60		
27		Andesite grigia, fratturata con qualche livello decimetrico totalmente fratturato, alterazione assente, giunti molto inclinati e subverticali, serrati, pareti scalfibili da punta d'acciaio, debolmente rugose, debolmente ossidate.								
28										
29										
30			30.00							

Campioni: S-Pireti Sottili, O-Osterberg, M-Mosler, R-Rimarneggiato, Ro-Rimarneggiato da SPT
 Perforazione:CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
 Prove SPT-PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
 Carotaggio:Continuo 101 mm

Sonda:Soilmec SM 401

Responsabile

DR. ANTONELLO ANGIUS

Via Italia, 143 Cagliari 09134

angiusgeo@tiscali.it www.angiusgeo.com

SONDAGGI GEOGNOSTICI - MONITORAGGIO AMBIENTALE

Committente Barbarossa S.r.l.	Profondità raggiunta 20.00 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n° 6	Pagina 1
Operatore Olosu T.	Indagine Geotecnica	Cantiere SARLUX SPA Serbatoi 209 e 210	Inizio/Fine Esecuzione 30-31.05.2016	
Responsabile Dott. Geol. Antonello Angius	Sondaggio Sond. ST 210_1	Tipo Carotaggio Continuo 101 mm	Tipo Sonda Soilmec SM 401	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Falda
1		Terreno di riporto messo in opera dopo il prescavo per ricerca sottoservizi: ghiaia da spigolosa a moderatamente arrotondata, priva di matrice, asciutta, diametro medio clasti 1-3 cm con blocchi sino a 6 cm, scheletro 40-50 %, grigia, poco addensata.	2.00		7-5-3					
2		Coltre superficiale della vulcanite, giallastra, intensamente argillificata e parzialmente ossidata, struttura solo localmente riconoscibile, debolmente umida, da poco a moderatamente consistente.	3.40		2.00 PA 2-3-5					
3		Coltre superficiale della vulcanite, grigio violacea, parzialmente argillificata ed ossidata, struttura riconoscibile, da debolmente umida ad asciutta, molto consistente.			3.00 PA 6-11-12					
4					4.00 PA 8-13-14					
5					5.00 PA 9-15-27					
6					6.00 PA 14-13-13					
7					7.00 PA					
8					22-50= 13 cm					
9					8.50 PA					
10					50= 11 cm					
11					9.80 PA					
12			12.40		50= 13 cm					
13		Vulcanite lapidea debolmente alterata, violacea, molto fratturata.	12.90		11.50 PA					
14		Andesite grigia, fratturata con livelli molto fratturati, alterazione assente, giunti da molto inclinati a subverticali, pareti scalfibili da punta d'acciaio, lisce o debolmente rugose, serrate, localmente ossidate e con tracce di mineralizzazione (calcite).								
15										
16										
17										
18										
19										
20			20.00							
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										

DR. ANTONELLO ANGIUS

Via Italia, 143 Cagliari 09134

angiusgeo@tiscali.it www.angiusgeo.com

SONDAGGI GEOGNOSTICI - MONITORAGGIO AMBIENTALE

Committente Barbarossa S.r.l.	Profondità raggiunta 17.20 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n° 7	Pagina 1
Operatore Ollosu T.	Indagine Geotecnica	Cantiere SARLUX SPA Serbatoi 209 e 210	Inizio/Fine Esecuzione 30-31.05.2016	
Responsabile Dott. Geol. Antonello Angius	Sondaggio Sond. ST 210_2	Tipo Carotaggio Continuo 101 mm	Tipo Sonda Soilmec SM 401	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Falda
1		Terreno di riporto messo in opera dopo il prescavo per ricerca sottoservizi: ghiaia da spigolosa a moderatamente arrotondata, priva di matrice, asciutta, diametro medio clasti 1-3 cm con blocchi sino a 6 cm, scheletro 40-50 %, grigia, poco addensata.	2.00		5-5-5					
2		Coltre superficiale della vulcanite, giallastra, intensamente argillificata e parzialmente ossidata, struttura solo localmente riconoscibile, debolmente umida, da poco a moderatamente consistente.	3.30		2.00 PA 3-5-7					
3		Coltre superficiale della vulcanite, grigio violacea, parzialmente argillificata ed ossidata, struttura riconoscibile, da debolmente umida ad asciutta, molto consistente.	7.00		3.00 PA 4-10-14 4.00 PA 8-31-20 5.00 PA 35-50 colpi=12 cm				5.70 6.00	
4		Vulcanite lapidea debolmente alterata, violacea, molto fratturata.	9.20	RQD=30	7.00 PA 50 colpi=12 cm				7.30 7.45	
5		Andesite grigia, fratturata con livelli molto fratturati, alterazione assente, giunti da molto inclinati a subverticali, pareti scalfibili da punta d'acciaio, lisce o debolmente rugose, serrate, localmente ossidate e con tracce di mineralizzazione (calcite).	17.20	RQD=30	8.00 PA 50 colpi=11 cm 9.00 PA				9.60 9.80	

DR. ANTONELLO ANGIUS

Via Italia, 143 Cagliari 09134

angiusgeo@tiscali.it www.angiusgeo.com

SONDAGGI GEOGNOSTICI - MONITORAGGIO AMBIENTALE

Committente Barbarossa S.r.l.	Profondità raggiunta 21.00 m	Quota Ass. P.C.	Certificato n° 8	Pagina 1
Operatore Salis G.P.	Indagine Geotecnica	Cantiere SARLUX SPA Serbatoi 209 e 210	Inizio/Fine Esecuzione 27-30.05.2016	
Responsabile Dott. Geol. Antonello Angius	Sondaggio Sond. ST 210_3	Tipo Carotaggio Continuo 101 mm	Tipo Sonda Deltabase 520	Coordinate X Y

Scale (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Falda
1		Terreno di riporto messo in opera dopo il prescavo per ricerca sottoservizi: ghiaia da spigolosa a moderatamente arrotondata, priva di matrice, asciutta, diametro medio clasti 1-3 cm con blocchi sino a 6 cm, scheletro 40-50 %, grigia, poco addensata.	2.00		6-9-11					
2		Coltre superficiale della vulcanite, marrone chiaro, intensamente argillificata e parzialmente ossidata, struttura localmente riconoscibile, debolmente umida, moderatamente consistente.			2.00 PA 8-15-19					
3					3.00 PA 7-9-12					
4					4.00 PA					
5					5 - 8 - 9					
6					6.00 PA 12 - 23 - 38					
7					7.00 PA 15-33-50 colpi=6 cm					
8		Coltre superficiale della vulcanite, marroncina, parzialmente argillificata, ossidata, struttura riconoscibile, da debolmente umida ad asciutta, molto consistente.	7.80		8.00 PA 36-50 colpi=5 cm					
9					9.00 PA 42-50 colpi=9 cm					
10					10.00 PA					
11		Vulcanite lapidea ma parzialmente alterata da giallastra a grigia, totalmente fratturata con livelli brecciati, varie famiglie di giunti da obliqui a subverticali, pareti scalfibili da punta d'acciaio, debolmente rugose, debolmente beanti, ossidate.(probabile zona di faglia)	10.40							
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18		Vulcanite lapidea grigia, da totalmente fratturata a brecciata, debolmente alterata o integra (probabile zona di faglia).	17.50							
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										

DR. ANTONELLO ANGIUS

Via Italia, 143 Cagliari 09134

angiusgeo@tiscali.it www.angiusgeo.com

SONDAGGI GEOGNOSTICI - MONITORAGGIO AMBIENTALE

Committente Barbarossa S.r.l.	Profondità raggiunta 30 mt	Quota Ass. P.C.	Certificato n° 5	Pagina 1
Operatore Salis G.P.	Indagine Geotecnica	Cantiere SARLUX SPA Serbatoi 209 e 210	Inizio/Fine Esecuzione 23-27.05.2016	
Responsabile Dott. Geol. Antonello Angius	Sondaggio Sond. ST 210_4	Tipo Carotaggio Continuo 101 mm	Tipo Sonda Deltabase 520	Coordinate X Y

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Falda
1		Terreno di riporto messo in opera dopo il prescavo per ricerca sottoservizi: ghiaia da spigolosa a moderatamente arrotondata, priva di matrice, asciutta, diametro medio clasti 1-3 cm con blocchi sino a 6 cm, scheletro 40-50 %, grigia, poco addensata.	1.95		2-4-7					
2		Coltre superficiale della vulcanite con struttura solo localmente riconoscibile, marrone, molto alterata, ossidata, debolmente umida, da poco consistente consistente.			2.10 PA 3-8-14			2.50 R		
3			3.80		3.00 PA 23-27-27			3.00 R		
4		Coltre superficiale della vulcanite, da marrone a grigia, da molto a parzialmente alterata, ossidata, debolmente umida, molto consistente con molti livelli semilapidei.			4.00 PA					
5		Andesite grigia lapidea ma debolmente alterata ed ossidata, molto fratturata con livelli quasi brecciati, giunti da molto inclinati a subverticali, pareti facilmente scalfibili da punta d'acciaio, rugose, leggermente beanti, prevalentemente ossidate.	5.20		50 colpi=13 cm			5.00 M		
6					5.45 PA			5.45 R		
7								7.75 R		
8								8.10 R		
9								8.80 R		
10			10.10					9.00 R		
11		Andesite grigia, molto fratturata, alterazione assente, giunti molto inclinati e subverticali, serrati, pareti scalfibili da punta d'acciaio, debolmente rugose, debolmente ossidate.						11.10 R		
12								11.30 R		
13								12.80 R		
14								13.00 R		
15								15.50 R		
16								15.75 R		
17										
18								18.40 R		
19								18.60 R		
20										
21										
22										
23										
24								24.40 R		
25								24.60 R		
26										
27										
28								28.20 R		
29								28.45 R		
30			30.00							

Campioni: S-Pireti Sottili, O-Osterberg, M-Mozler, R-Rimarneggiato, Ro-Rimarneggiato da SPT
 Perforazione:CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua
 Prove SPT-PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
 Carotaggio:Continuo 101 mm

Sonda Deltabase 520

Responsabile



ST 209-1: metri 0 - 5



ST 209-1: metri 5 - 10



ST 209-1: metri 10 - 15



ST 209-1: metri 15 - 20



ST 209-1: metri 20 – 25,80



ST 209-2: metri 0 – 5



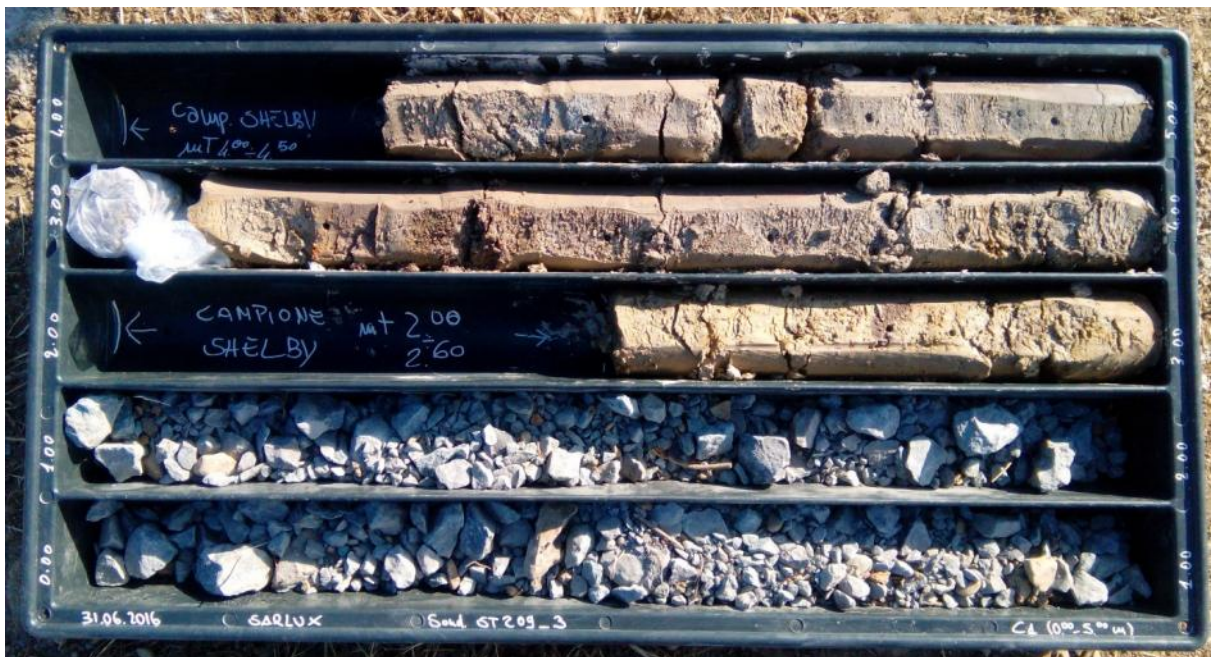
ST 209-2: metri 5 – 10



ST 209-2: metri 10 – 15



ST 209-2: metri 15 – 16.60



ST 209-3: metri 0 – 5



ST 209-3: metri 5 – 10



ST 209-3: metri 10 – 15



ST 209-4: metri 0 – 5



ST 209-4: metri 5 – 10



ST 209-4: metri 10 – 15



ST 209-4: metri 15 – 20



ST 209-4: metri 20 – 25



ST 209-2: metri 25 – 30



ST 210-1: metri 0 – 5



ST 210-1: metri 5 – 10



ST 210-1: metri 10 – 15



ST 210-1: metri 15 – 20



ST 210-2: metri 0 – 5



ST 210-2: metri 5 – 10



ST 210-2: metri 10 – 15



ST 210-2: metri 15 – 17.20



ST 210-3: metri 0 – 5



ST 210-3: metri 5 – 10



ST 210-3: metri 10 – 15



ST 210-3: metri 15 – 21



ST 210-4: metri 0 – 5



ST 210-4: metri 5 – 10



ST 210-4: metri 10 – 15



ST 210-4: metri 15 – 20

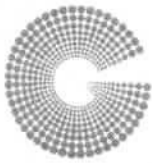


ST 210-4: metri 20 – 25



ST 210-4: metri 25 – 30

Sond.	Camp*	Prof. (m)	Gran	Aerom	γ	W	Gs	Limiti	Ed*	TD	Class. CNR UNI 10006	TxCD	TxUU	PLT	C Unix**	Prove
ST209-1	RIM (A)	4,50-5,00	X	X	X	X	X	X			X					Classificazione + sedimentazione
ST209-1	CAR (D)	22,75-22,90			X									X		Point load + peso di volume
ST209-3	CIND (B)	2,00-2,60	X	X	X	X	X	X	X				X			Classificazione, sedimentazione, triassiale UU, EDOM FINO A 32 KG/CMQ CON CED.TEMPO
ST209-3	CIND (B)	4,00-4,50	X	x	X	X	X	x				X				Classificazione + sedimentazione + triassiale CD
ST209-3	CAR (D)	9,30-9,50			X									X		Point load + peso di volume
ST209-3	CAR (D)	11,10-11,45			X										X	Compressione monoassiale + peso di volume
ST209-3	CAR (D)	12,40-12,55			X									X		Point load + peso di volume
ST209-4	RIM (A)	2,40-2,80	X	X	X	X	X	X			X					Classificazione + sedimentazione, PH, CLOR., SOLF.
ST209-4	RIM (B1)	7,50-7,80	X	X	X	X	X	X			X					Classificazione + sedimentazione, PH, CLOR., SOLF.
ST209-4	CAR (D)	13,40-13,60			X										X	Compressione monoassiale + peso di volume
ST209-4	CAR (D)	19,20-19,50			X										X	Compressione monoassiale + peso di volume
ST209-4	CAR (D)	24,40-24,60			X										X	Compressione monoassiale + peso di volume
ST210-1	CAR (D)	17,70-17,90			X										X	Compressione monoassiale + peso di volume
ST210-2	RIM (B1)	5,70-6,00	X	X	X	X	X	X			X					Classificazione + sedimentazione, PH, CLOR., SOLF.
ST210-2	CAR (C)	7,30-7,45			X									X		Point load + peso di volume
ST210-2	CAR (D)	9,60-9,80			X										X	Compressione monoassiale + peso di volume
ST210-3	CIND (B)	3,50-3,70	X	x	X	X	X	x	X		X					Classificazione, sedimentazione, EDOM FINO A 32 KG/CMQ CON CED.TEMPO
ST210-3	CIND (B)	5,00-5,60	X	x	X	X	X	x	X	X	X		X			Classificazione, sedimentazione, triassiale UU, EDOMETRICA, taglio diretto
ST210-3	CAR (C)	16,75-16,90			X									X		Point load + peso di volume
ST210-4	RIM (B)	2,50-3,00	X	X	X	X	X	X			X					Classificazione + sedimentazione, in corso PH, CLOR., SOLF.
ST210-4	CIND (B1)	5,00-5,45	X		X	X	X	x		X	X					Classificazione + taglio diretto
ST210-4	CAR (C)	5,70-5,80			X									X		Point load + peso di volume
ST210-4	CAR (C)	7,75-7,90			X									X		Point load + peso di volume
ST210-4	CAR (C)	8,00-8,10			X									X		Point load + peso di volume
ST210-4	CAR (C)	8,80-8,90			X										X	Compressione monoassiale + peso di volume
ST210-4	CAR (C)	11,10-11,30			X										X	Compressione monoassiale + peso di volume
ST210-4	CAR (D)	12,80-13,00			X										X	Compressione monoassiale + peso di volume
ST210-4	CAR (D)	15,50-15,75			X										X	Compressione monoassiale + peso di volume
ST210-4	CAR (D)	18,40-18,60			X										X	Compressione monoassiale + peso di volume
ST210-4	CAR (D)	28,20-28,45			X										X	Compressione monoassiale + peso di volume



V.D.A. N° 3908-24 DEL 01/06/16
 COMMITTENTE Impresa Barbarossa srl
 CANTIERE Sarlux spa - Sarroch
 CAMPIONE ST210-3
 PROFONDITA' 5,00-5,60 m
 DATA PRELIEVO \ DATA PROVA 22/06/16
 CERTIFICATO N. 34110 DEL 29 GIU. 2016

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(Apparecchio di Casagrande) ASTM D3080-90

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE: Argilla poco consistente
 STATO DEL CAMPIONE Parzialmente ricostruito
 POCKET PENETROMETER \ kPa
 VELOCITA' DI PROVA: 0,02 mm/min

CARATTERISTICHE INIZIALI

	1	2	3
Umidita' naturale W %	43,79	43,79	43,79
Umidita' di prova W %	43,79	43,79	43,79
Densita' di prova kg/m ³	1627,8	1638,9	1652,2
Densita' secca kg/m ³	1132,1	1139,8	1149,1

CONSOLIDAZIONE

	100	200	300
Carico verticale kPa	100	200	300
Cedimento mm	0,75	0,83	1,03
Densita' secca kg/m ³	1176,2	1189,2	1211,5

ROTTURA

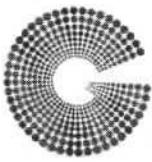
	100	200	300
Carico verticale (s) kPa	100	200	300
Scorrimento orizzontale mm	7,44	8,00	5,89
Sforzo al taglio (massimo) t kPa	86,37	143,80	191,45
Sforzo al taglio (residuo) t kPa	/	/	/

NOTE: Campione consegnato a cura del Committente

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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

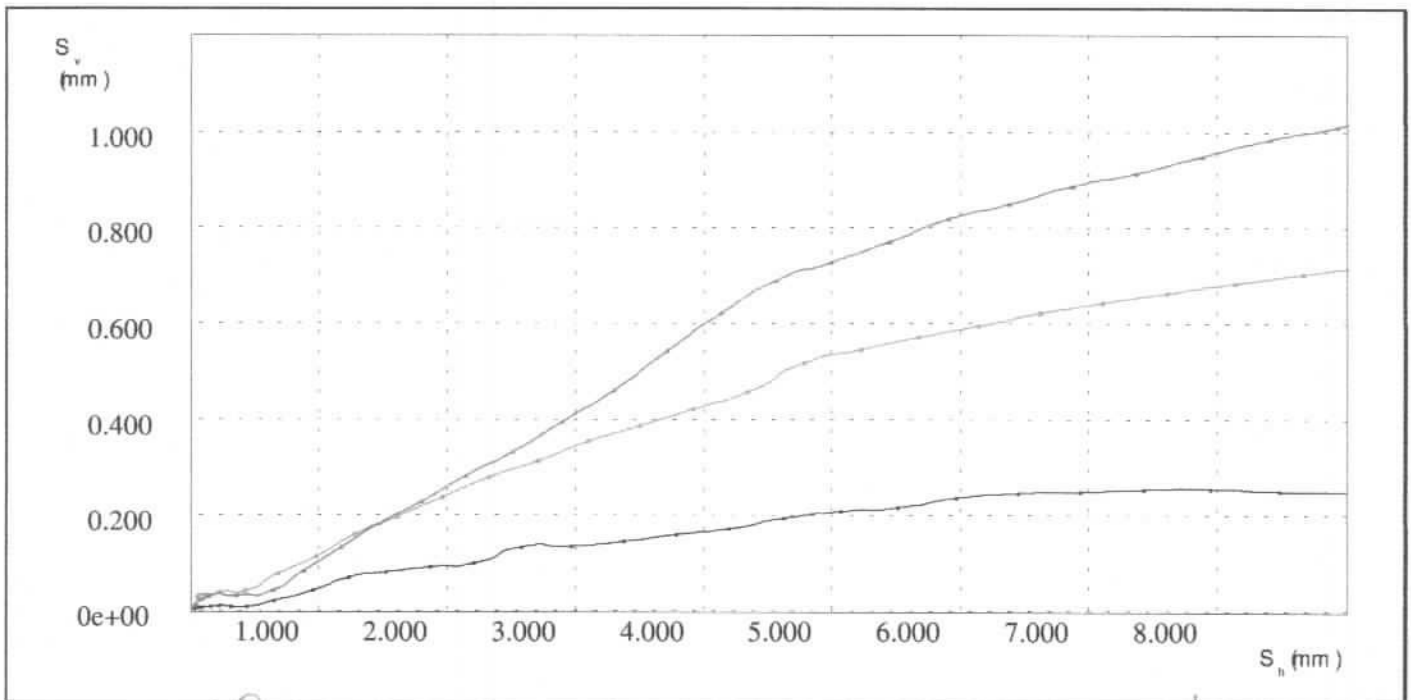
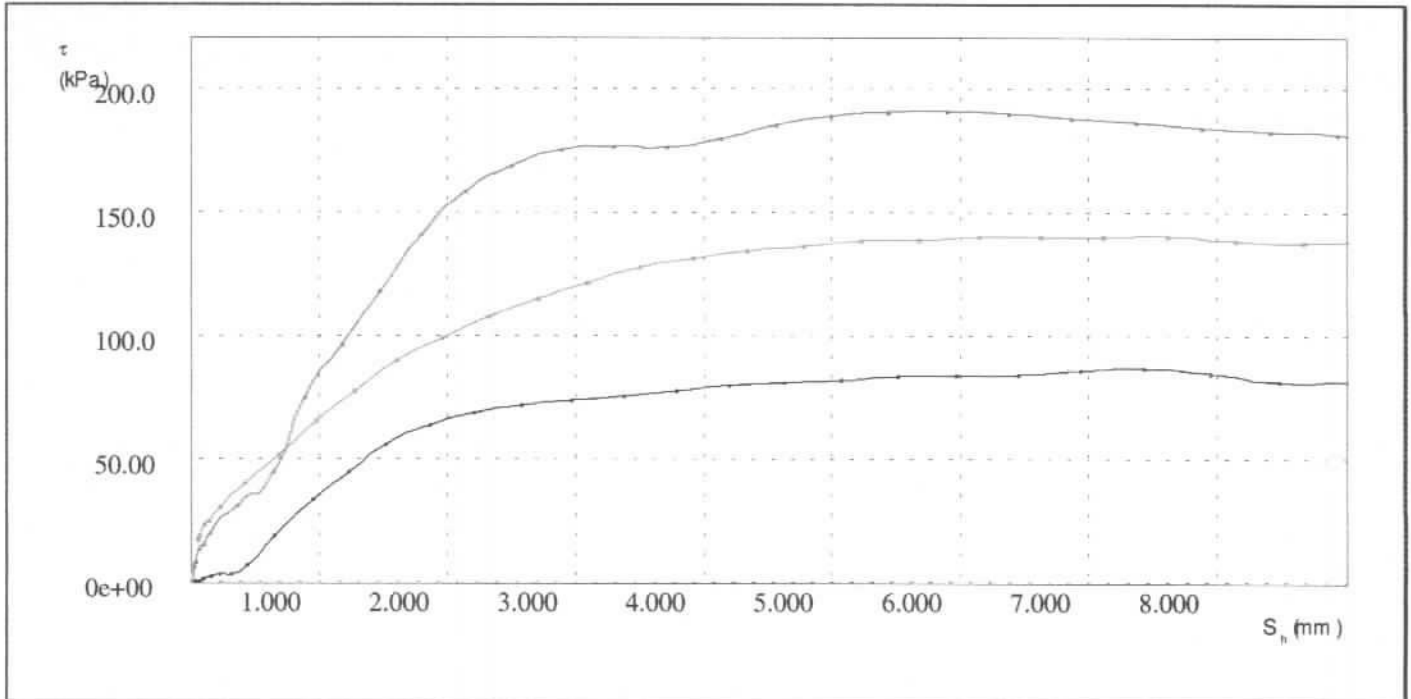
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Dati del Cliente

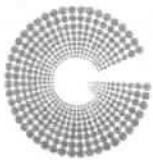
Cliente	Imp. Barbarossa srl
Indirizzo	
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch
Sondaggio	ST 210-3
Campione	3908-24
Profondità	5.00-5.60m

Certificato N° 034110
Data 29 GIU. 2016



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



V.D.A. N° 3908-29 DEL 01/06/16
 COMMITTENTE Impresa Barbarossa srl
 CANTIERE Sarlux spa - Sarroch
 CAMPIONE ST210-4
 PROFONDITA' 5,00-5,45 m
 DATA PRELIEVO / DATA PROVA 22/06/16
 CERTIFICATO N. 34111 DEL 29 GIU. 2016

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

(Apparecchio di Casagrande) ASTM D3080-90

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE : Argilla molto consistente
 STATO DEL CAMPIONE Parzialmente ricostruito
 POCKET PENETROMETER R kPa
 VELOCITA' DI PROVA: 0,02 mm/min

CARATTERISTICHE INIZIALI

		1	2	3
Umidita' naturale	W %	18,95	18,95	18,95
Umidita' di prova	W %	18,95	18,95	18,95
Densità di prova	kg/m ³	1982,8	1945,8	1919,4
Densità secca	kg/m ³	1666,9	1635,8	1613,6

CONSOLIDAZIONE

		100	200	300
Carico verticale	kPa	100	200	300
Cedimento	mm	0,41	0,97	1,17
Densità secca	kg/m ³	1701,8	1719,2	1713,9

ROTTURA

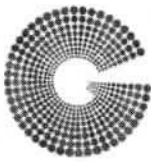
		100	200	300
Carico verticale (s)	kPa	100	200	300
Scorrimento orizzontale	mm	3,02	4,64	5,90
Sforzo al taglio (massimo) t	kPa	107,21	217,70	304,13
Sforzo al taglio (residuo) t	kPa	/	/	/

NOTE: Campione consegnato a cura del Committente

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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

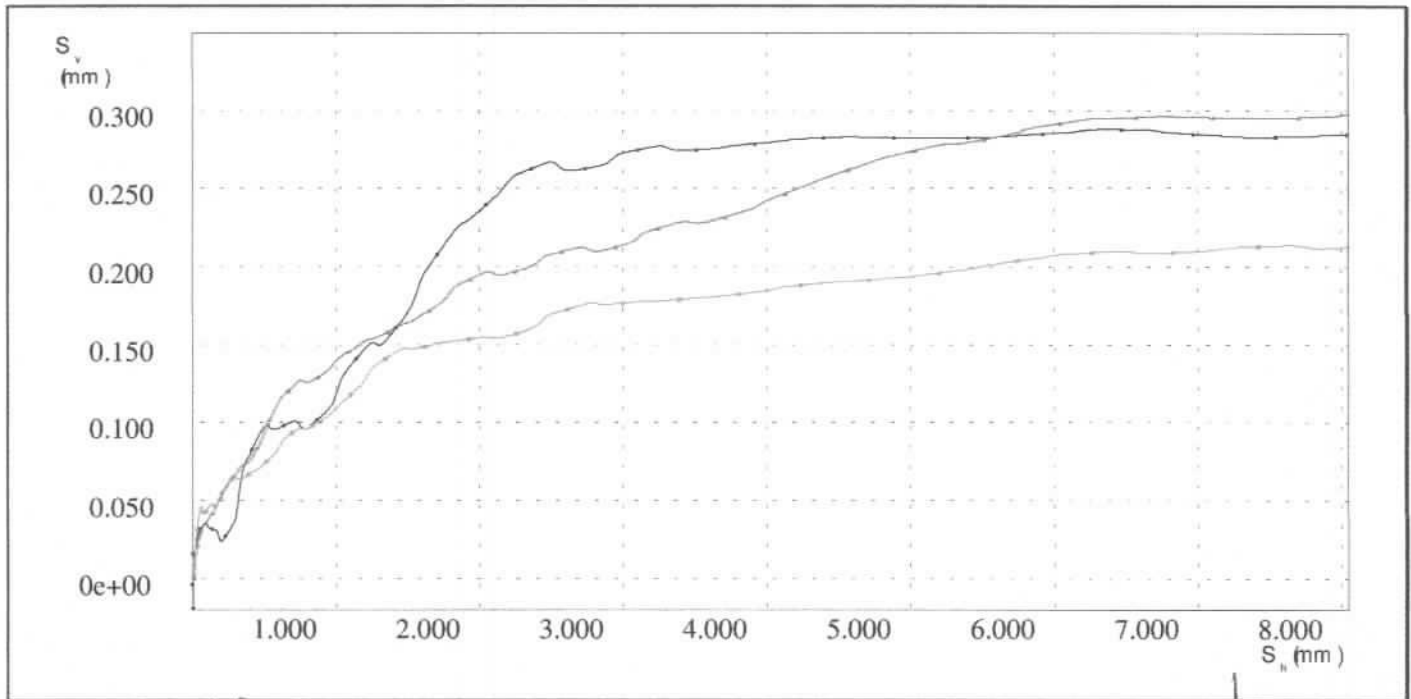
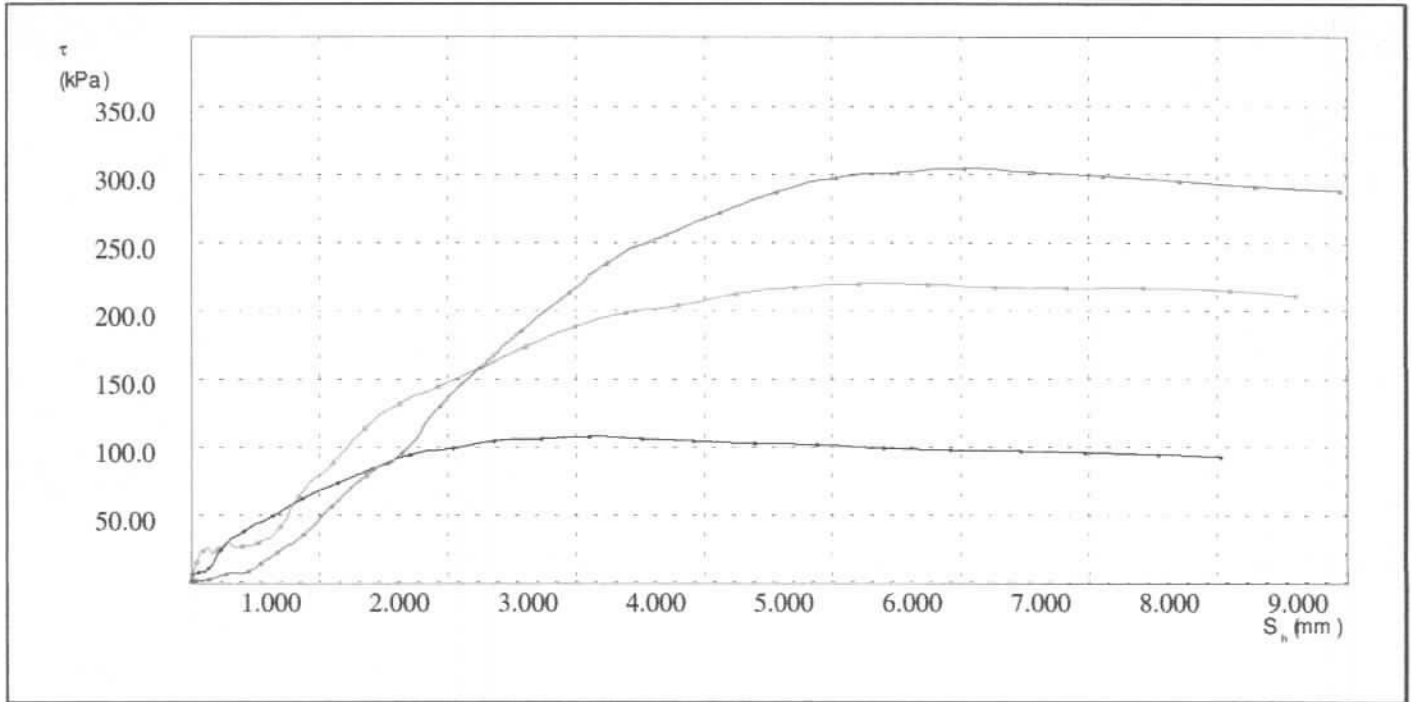
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N. IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

PROVA DI TAGLIO DIRETTO (UNI CEN ISO/TS 17892-10)

Dati del Cliente

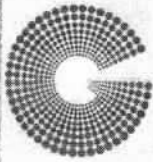
Cliente	Imp. Barbarossa srl
Indirizzo	
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch
Sondaggio	ST 210-4
Campione	3908-29
Profondità	5.00-5.45\m

Certificato N° 034111
Data 29 GIU 2016



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 3908/1
COMMITTENTE Imp.Barbarossa srl
CANTIERE Sari lux spa - Sarroch

DEL 01/06/16

CAMPIONE ST 209-1
PROFONDITA' (4,50-5,00 m)

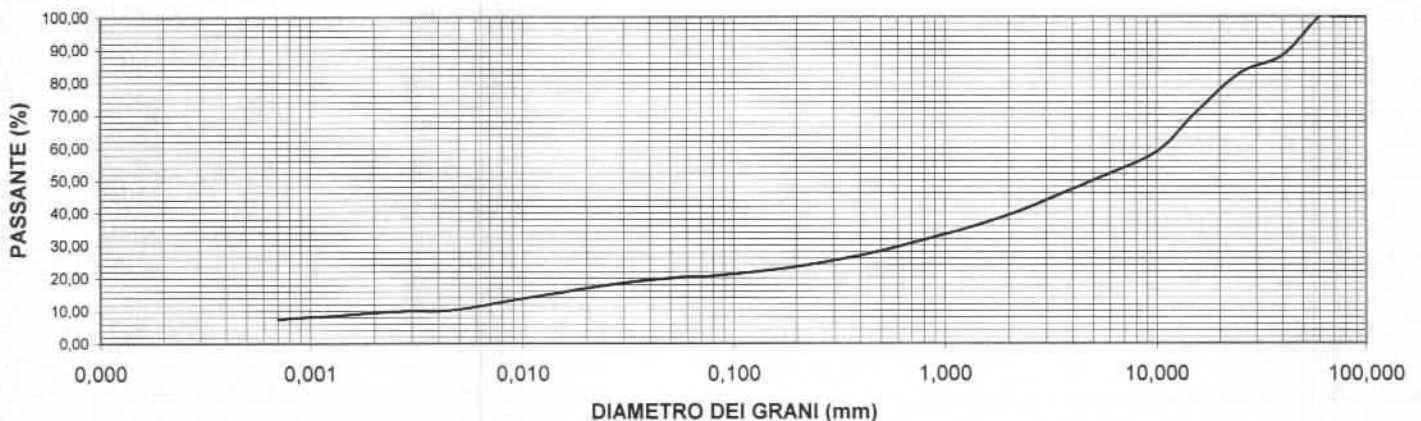
DATA PROVA 30/06/16

DATA PRELIEVO \

CERTIFICATO N. 034133

DEL 04 LUG. 2016

Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione ASTM D 422 / AGI 1994		Limiti di Atterberg ASTM D 4318	
SETACCI (mm)	PASSANTE %	LIMITE LIQUIDO (%)	
100	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	33
71	100,00	INDICE PLASTICO	16
60	100,00	INDICE DI GRUPPO	17
40	88,17	CLASS. UNI CNR 10006	0
25	82,76	P. SPEC. GRANI (kN/m ³)	A2-6
15	69,99	UMIDITA' %	25,70
10	58,81	MASSA VOLUMICA (kg/m ³)	12,90
5	49,97		2252,29
2	39,40		
1	33,41		
0,42	27,16		
0,18	23,05		
0,075	20,52		
0,0550	20,18		
0,0394	19,40		
0,0283	18,35		
0,0204	17,05		
0,0148	15,49		
0,0110	14,19		
0,0079	12,63		
0,0057	11,07		
0,0041	10,02		
0,0029	10,02		
0,0021	9,50		
0,0012	8,46		
0,0009	7,94		
0,0007	7,42		



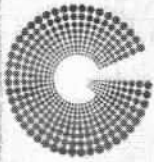
NOTE

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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

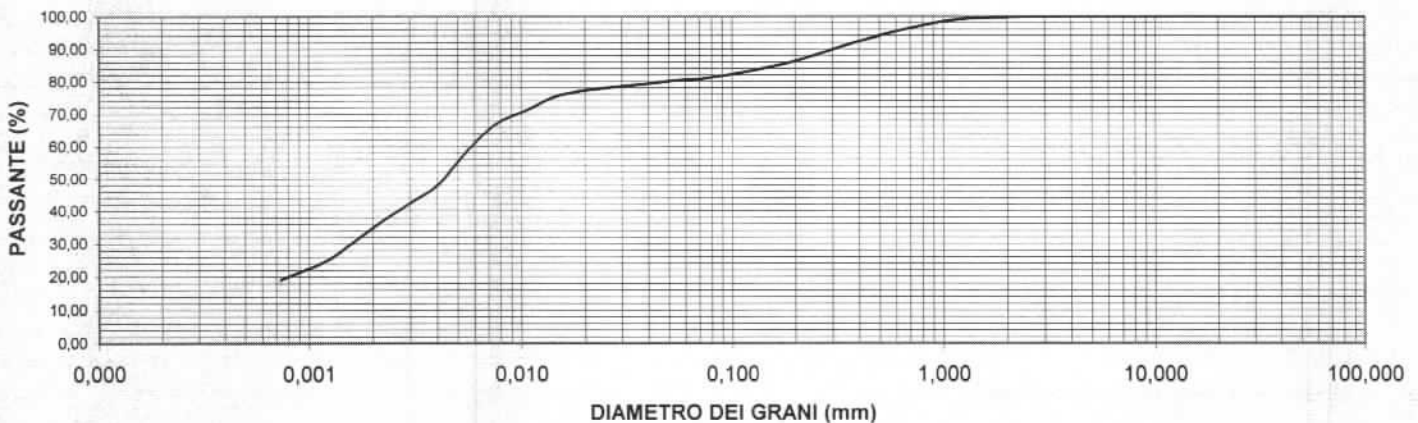
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 3908-6 DEL 01/06/16
 COMMITTENTE Imp.Barbarossa srl
 CANTIERE Sarlux spa - Sarroch

CAMPIONE ST209-3
 PROFONDITA' 2,00-2,60 m
 DATA PRELIEVO 1 DATA PROVA 30/06/16

CERTIFICATO N. 034134 DEL 04 LUG. 2016

Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione ASTM D 422 / AGI 1994		Limiti di Atterberg ASTM D 4318	
SETACCI (mm)	PASSANTE %	LIMITE LIQUIDO (%)	
100	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	58
75	100,00	INDICE PLASTICO	40
60	100,00	INDICE DI GRUPPO	18
40	100,00	CLASS. UNI CNR 10006	15
25	100,00	P. SPEC. GRANI (kN/m ³)	A7-5
15	100,00	UMIDITA' %	25,26
10	100,00	MASSA VOLUMICA (kg/m ³)	54,19
5	100,00		1602,63
2	99,67		
1	98,42		
0,42	92,70		
0,18	85,44		
0,075	80,92		
0,0559	80,37		
0,0397	79,33		
0,0282	78,29		
0,0200	77,25		
0,0143	75,18		
0,0106	71,03		
0,0076	66,89		
0,0055	58,59		
0,0040	48,22		
0,0029	42,00		
0,0021	35,78		
0,0013	25,41		
0,0009	21,26		
0,0007	19,18		

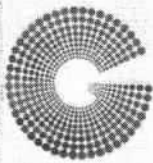


NOTE Campione consegnato a cura del Committente.

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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

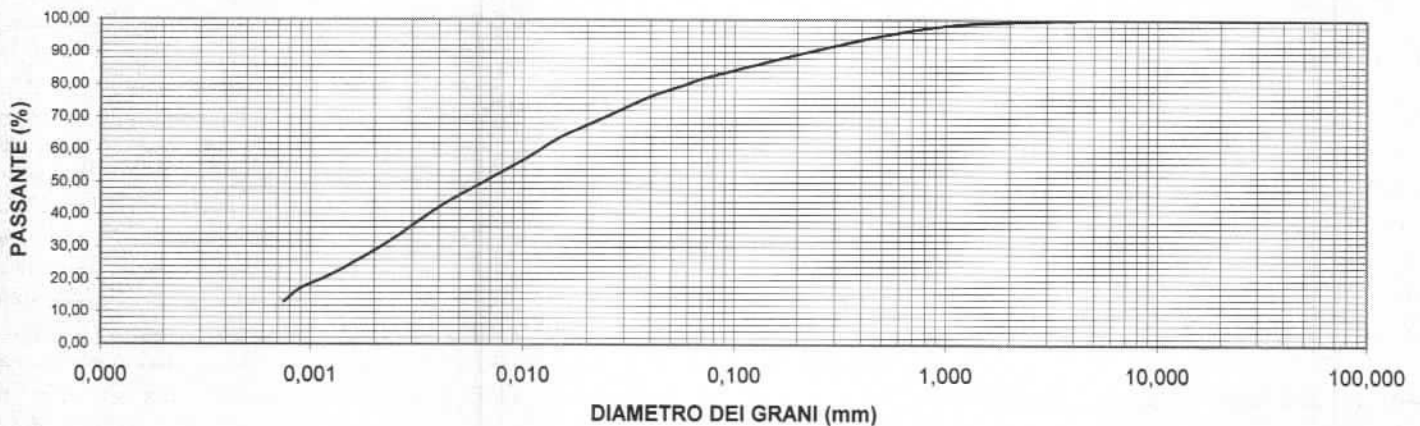
LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N. IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 3908-7 DEL 01/06/16
 COMMITTENTE Imp.Barbarossa srl
 CANTIERE Sarlux spa - Sarroch

CAMPIONE ST209-3
 PROFONDITA' 4,00-4,50 m
 DATA PRELIEVO DATA PROVA 30/06/16
 CERTIFICATO N. 034135 DEL 04 LUG. 2016

Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione ASTM D 422 / AGI 1994		Limiti di Atterberg ASTM D 4318	
SETACCI (mm)	PASSANTE %		
100	100,00	LIMITE LIQUIDO (%)	46
75	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	31
60	100,00	INDICE PLASTICO	15
40	100,00	INDICE DI GRUPPO	11
25	100,00	CLASS. UNI CNR 10006	A7-5
15	100,00	P. SPEC. GRANI (kN/m ³)	25,20
10	100,00	UMIDITA' %	21,46
5	99,98	MASSA VOLUMICA (kg/m ³)	1721,70
2	99,36		
1	98,21		
0,42	94,10		
0,18	88,66		
0,075	82,40		
0,0564	79,72		
0,0403	76,55		
0,0290	72,33		
0,0208	68,11		
0,0149	63,88		
0,0111	58,60		
0,0080	53,32		
0,0057	48,04		
0,0041	42,77		
0,0030	36,43		
0,0021	30,09		
0,0013	21,65		
0,0009	17,42		
0,0007	13,20		

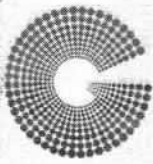


NOTE Campione consegnato a cura del Committente.

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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

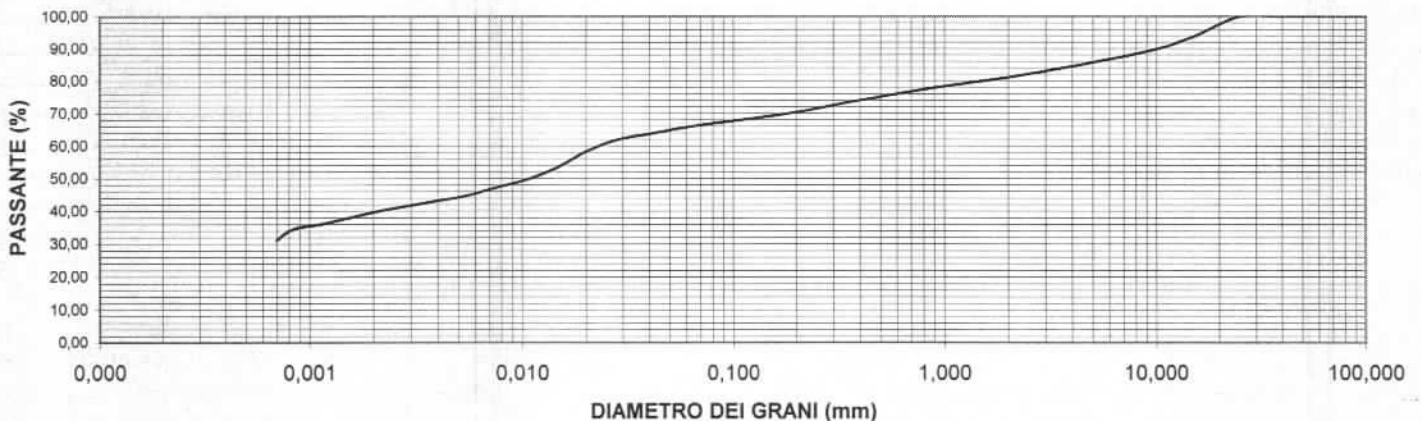
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 3908-12 DEL 01/06/16
COMMITTENTE Imp.Barbarossa srl
CANTIERE Sarlux spa - Sarroch

CAMPIONE ST209-4
PROFONDITA' 2,40-2,80 m
DATA PRELIEVO \ DATA PROVA 30/06/16

CERTIFICATO N. 034136 DEL 04 LUG. 2016

Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione ASTM D 422 / AGI 1994		Limiti di Atterberg ASTM D 4318	
SETACCI (mm)	PASSANTE %	LIMITE LIQUIDO (%)	
100	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	49
75	100,00	INDICE PLASTICO	16
60	100,00	INDICE DI GRUPPO	33
40	100,00	CLASS. UNI CNR 10006	16
25	100,00	P. SPEC. GRANI (kN/m³)	A7-6
15	93,60	UMIDITA' %	25,10
10	89,78	MASSA VOLUMICA (kg/m³)	8,18
5	85,71		2039,14
2	81,09		
1	78,33		
0,42	74,28		
0,18	69,86		
0,075	66,69		
0,0561	65,44		
0,0400	63,73		
0,0285	62,02		
0,0205	58,60		
0,0148	53,47		
0,0110	50,05		
0,0079	47,48		
0,0056	44,91		
0,0040	43,20		
0,0028	41,49		
0,0020	39,78		
0,0012	36,36		
0,0008	34,65		
0,0007	31,23		

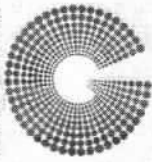


NOTE Campione consegnato a cura del Committente.

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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 3908-13
COMMITTENTE Imp.Barbarossa srl
CANTIERE Sarlux spa - Sarroch

DEL 01/06/16

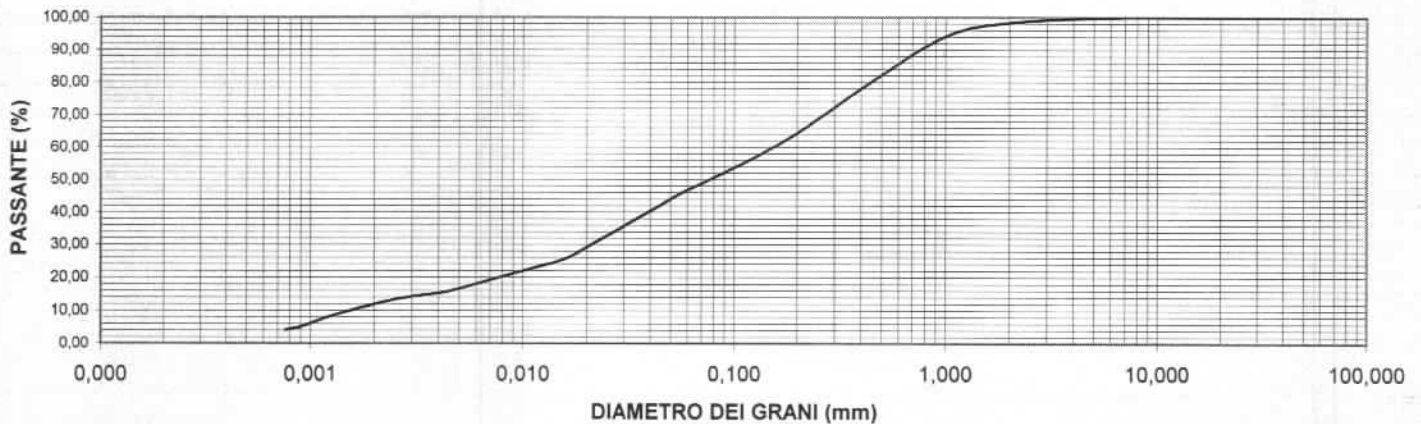
CAMPIONE ST209-4
PROFONDITA' 7,50-7,80 m
DATA PRELIEVO

DATA PROVA 30/06/16

CERTIFICATO N. 034137

DEL 04 LUG. 2016

Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione ASTM D 422 / AGI 1994		Limiti di Atterberg ASTM D 4318	
SETACCI (mm)	PASSANTE %		
100	100,00	LIMITE LIQUIDO (%)	27
75	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	22
60	100,00	INDICE PLASTICO	5
40	100,00	INDICE DI GRUPPO	3
25	100,00	CLASS. UNI CNR 10006	A4
15	100,00	P. SPEC. GRANI (kN/m ³)	25,12
10	100,00	UMIDITA' %	12,48
5	99,81	MASSA VOLUMICA (kg/m ³)	1942,03
2	98,30		
1	94,14		
0,42	78,91		
0,18	62,48		
0,075	49,67		
0,0570	46,13		
0,0416	41,04		
0,0303	35,95		
0,0220	30,86		
0,0160	25,77		
0,0118	23,23		
0,0085	20,68		
0,0061	18,14		
0,0043	15,59		
0,0031	14,32		
0,0022	12,54		
0,0013	8,59		
0,0009	5,41		
0,0008	4,14		

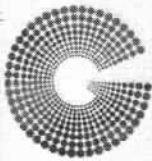


NOTE Campione consegnato a cura del Committente.

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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

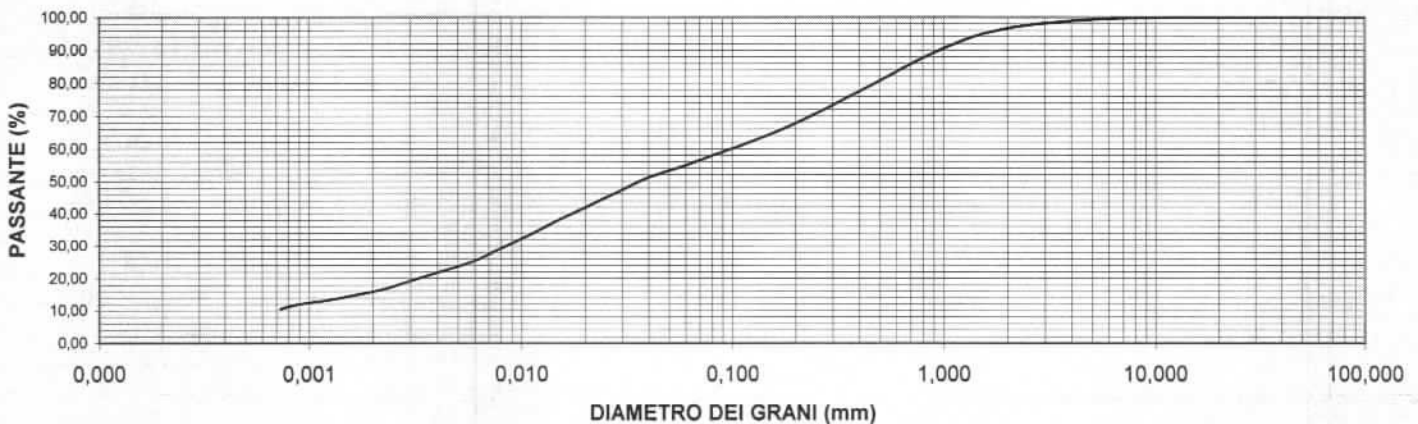
LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 3908-19 DEL 01/06/16
 COMMITTENTE Imp.Barbarossa srl
 CANTIERE Sarlux spa - Sarroch
 CAMPIONE ST210-2
 PROFONDITA' 5,70-6,00 m
 DATA PRELIEVO DATA PROVA 30/06/16
 CERTIFICATO N. 034138 DEL 04 LUG. 2016

Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione ASTM D 422 / AGI 1994		Limiti di Atterberg ASTM D 4318	
SETACCI (mm)	PASSANTE %	LIMITE LIQUIDO (%)	
100	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	29
75	100,00	INDICE PLASTICO	22
60	100,00	INDICE DI GRUPPO	7
40	100,00	CLASS. UNI CNR 10006	4
25	100,00	P. SPEC. GRANI (kN/m ³)	A4
15	100,00	UMIDITA' %	25,52
10	99,88	MASSA VOLUMICA (kg/m ³)	11,52
5	99,36		1939,38
2	96,66		
1	90,56		
0,42	78,22		
0,18	66,47		
0,075	57,24		
0,0557	54,17		
0,0400	51,26		
0,0290	46,90		
0,0209	42,53		
0,0151	38,17		
0,0113	33,81		
0,0081	29,45		
0,0059	25,08		
0,0042	22,18		
0,0030	19,27		
0,0021	16,36		
0,0013	13,45		
0,0009	12,00		
0,0007	10,54		

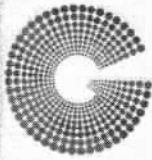


NOTE Campione consegnato a cura del Committente.

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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52467 DEL 11/10/2004

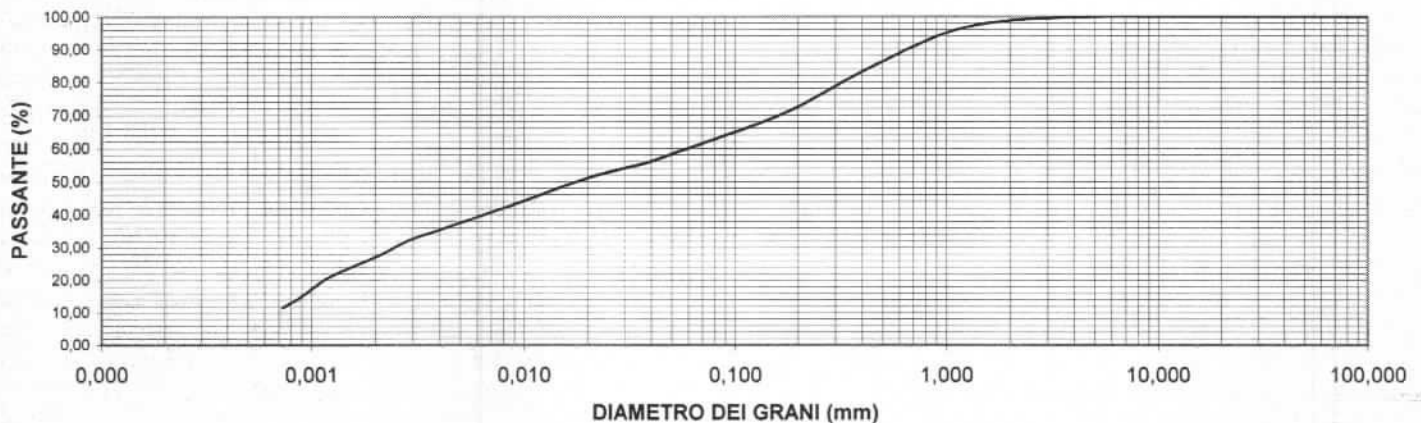
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 3908-23 DEL 01/06/16
COMMITTENTE Imp.Barbarossa srl
CANTIERE Sarlux spa - Sarroch

CAMPIONE ST210-3
PROFONDITA' 3,50-3,70m
DATA PRELIEVO \ DATA PROVA 30/06/16

CERTIFICATO N. 034139 DEL 04 LUG. 2016

Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione ASTM D 422 / AGI 1994		Limiti di Atterberg ASTM D 4318	
SETACCI (mm)	PASSANTE %		
100	100,00	LIMITE LIQUIDO (%)	39
75	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	30
60	100,00	INDICE PLASTICO	9
40	100,00	INDICE DI GRUPPO	5
25	100,00	CLASS. UNI CNR 10006	A4
15	100,00	P. SPEC. GRANI (kN/m ³)	25,51
10	100,00	UMIDITA' %	29,20
5	99,97	MASSA VOLUMICA (kg/m ³)	1723,88
2	98,79		
1	95,03		
0,42	83,82		
0,18	71,15		
0,075	62,09		
0,0557	59,33		
0,0400	56,15		
0,0286	53,76		
0,0205	51,37		
0,0147	48,18		
0,0109	45,00		
0,0078	41,81		
0,0056	38,63		
0,0040	35,44		
0,0029	32,26		
0,0021	27,48		
0,0012	21,11		
0,0009	14,73		
0,0007	11,55		

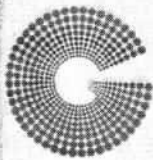


NOTE Campione consegnato a cura del Committente.

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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

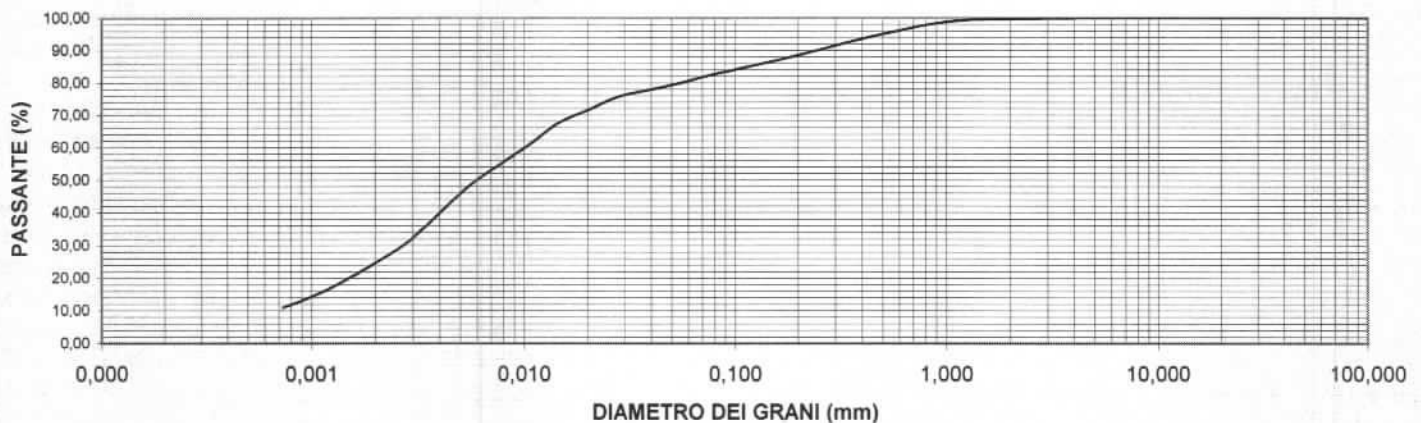
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N. IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 3908-24 DEL 01/06/16
 COMMITTENTE Imp.Barbarossa srl
 CANTIERE Sarlux spa - Sarroch

CAMPIONE ST210-3
 PROFONDITA' 5,00-5,60m
 DATA PRELIEVO \ DATA PROVA 30/06/16

CERTIFICATO N. 034140 DEL 04 LUG. 2016

Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione ASTM D 422 / AGI 1994		Limiti di Atterberg ASTM D 4318	
SETACCI (mm)	PASSANTE %		
100	100,00	LIMITE LIQUIDO (%)	47
75	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	33
60	100,00	INDICE PLASTICO	14
40	100,00	INDICE DI GRUPPO	11
25	100,00	CLASS. UNI CNR 10006	A7-5
15	100,00	P. SPEC. GRANI (kN/m ³)	25,15
10	100,00	UMIDITA' %	40,86
5	100,00	MASSA VOLUMICA (kg/m ³)	1710,63
2	99,75		
1	98,78		
0,42	93,89		
0,18	87,79		
0,075	82,21		
0,0548	79,89		
0,0391	77,80		
0,0279	75,71		
0,0200	71,53		
0,0144	67,35		
0,0107	61,09		
0,0077	54,82		
0,0056	48,56		
0,0041	40,20		
0,0029	31,85		
0,0021	25,58		
0,0012	17,23		
0,0009	13,05		
0,0007	10,96		



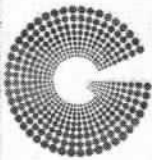
NOTE

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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

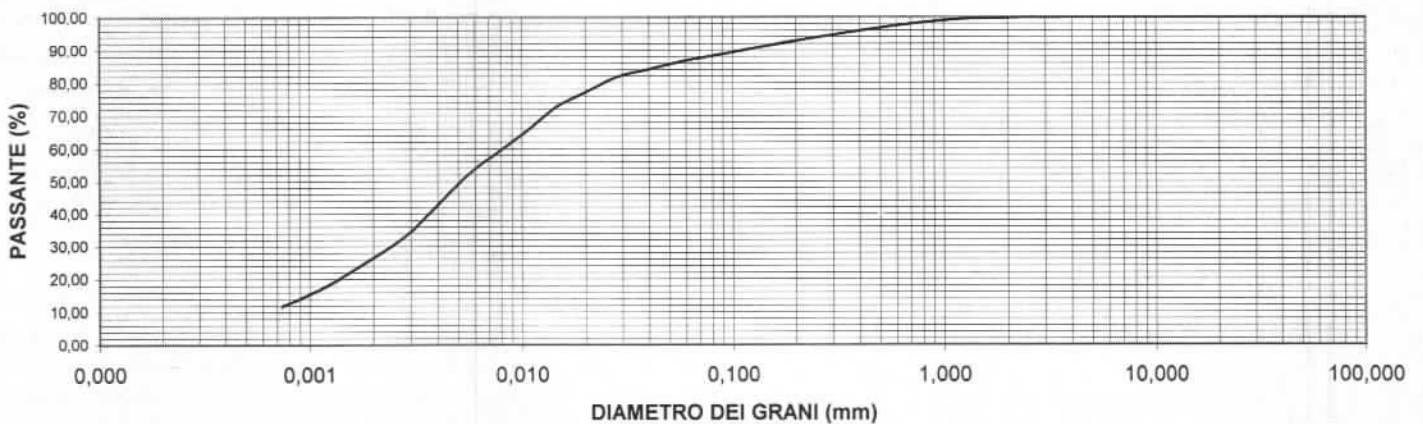
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 3908-28 DEL 01/06/16
COMMITTENTE Imp.Barbarossa srl
CANTIERE Sarlux spa - Sarroch

CAMPIONE ST210-4
PROFONDITA' 2,50-3,00 m
DATA PRELIEVO \ DATA PROVA 30/06/16

CERTIFICATO N. 034141 DEL 04 LUG. 2016

Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione ASTM D 422 / AGI 1994		Limiti di Atterberg ASTM D 4318	
SETACCI (mm)	PASSANTE %	LIMITE LIQUIDO (%)	
100	100,00	LIMITE LIQUIDO (%)	46
75	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	32
60	100,00	INDICE PLASTICO	14
40	100,00	INDICE DI GRUPPO	11
25	100,00	CLASS. UNI CNR 10006	A7-5
15	100,00	P. SPEC. GRANI (kN/m³)	25,13
10	100,00	UMIDITA' %	34,71
5	100,00	MASSA VOLUMICA (kg/m³)	1666,27
2	99,80		
1	98,99		
0,42	96,11		
0,18	92,29		
0,075	87,91		
0,0552	86,26		
0,0394	84,01		
0,0281	81,75		
0,0202	77,24		
0,0145	72,73		
0,0108	65,96		
0,0078	59,20		
0,0056	52,43		
0,0041	43,41		
0,0030	34,39		
0,0021	27,63		
0,0013	18,61		
0,0009	14,09		
0,0007	11,84		

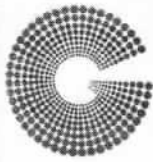


NOTE Campione consegnato a cura del Committente.

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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N 7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N 7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

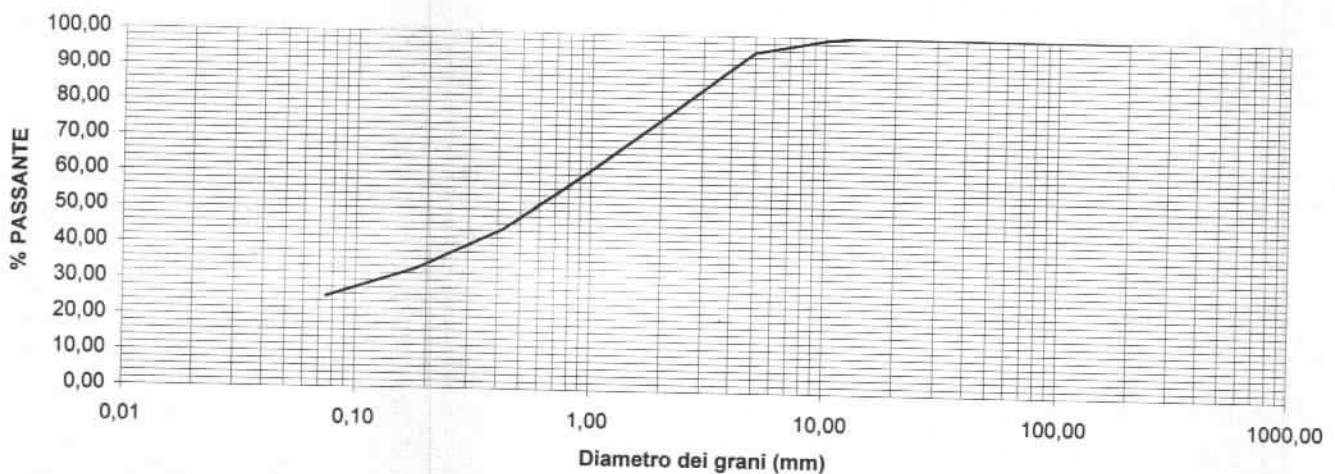
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 3908-29 DEL 01/06/16
COMMITTENTE Impresa Barbarossa srl
CANTIERE Sarlux spa - Sarroch

CAMPIONE ST210-4
UBICAZIONE : 5,00-5,45 m
DATA PRELIEVO \ DATA PROVA 23/06/16

CERTIFICATO N. 034142 DEL 04 LUG. 2016

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA ASTM D 422 / AGI 1994		LIMITI DI ATTERBERG ASTM D 4318	
SETACCI (mm)	PASSANTE %		
200	100,00	LIMITE LIQUIDO (%)	29
150	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	23
125	100,00	INDICE PLASTICO	6
100	100,00	INDICE DI GRUPPO	0
75	100,00	CLASS. UNI-CNR 10006	A2-4
60	100,00	Peso Specifico (kN/m ³)	25,24
40	100,00	Umidità naturale (%)	18,95
25	100,00	Massa Volumica (kg/m ³)	1638,78
15	100,00		
10	99,14		
5	95,40		
2	75,81		
1	61,29		
0,42	44,44		
0,18	33,39		
0,075	25,38		

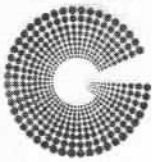


NOTE: Campione consegnato a cura del Committente.

IL TECNICO

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis



V.D.A. N° 3908

DEL 01/06/16

COMMITTENTE Impresa Barbarossa srl

CANTIERE Sarlux spa - Sarroch

CAMPIONE Roccia

UBICAZIONE \

DATA PRELIEVO \

DATA PROVA 16/06/16

CERTIFICATO N. 034131

DEL 04 LUG. 2016

PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE SU CAROTE DI ROCCIA

(ASTM D7012-14) - Metodo C

VDA n.	Identificativo	Profondità	Dimensioni (mm)		Massa volumica	Res.Unit.	NOTE
		m	Diametro	Altezza	Kg/m ³	N/mm ²	
3908/9	ST209-3	11,10 - 11,45	83,0	166,0	2341,9	65,68	\
3908/14	ST209-4	13,40 - 13,60	83,0	166,0	2455,0	55,46	\
3908/15	ST209-4	19,20 - 19,50	83,0	166,0	2521,8	82,31	\
3908/16	ST209-4	24,40 - 24,60	83,0	166,0	2506,8	134,99	\
3908/17	ST210-1	12,45 - 12,60	83,0	166,0	2150,3	15,07	\
3908/18	ST210-1	17,70 - 17,90	83,0	166,0	2238,8	19,21	\
3908/21	ST210-2	9,60 - 9,80	83,0	166,0	2255,2	20,75	\
3908/33	ST210-4	8,80 - 8,90	83,0	171,0	2045,6	0,92	Roccia alterata
3908/34	ST210-4	11,10 - 11,30	83,0	166,0	2203,8	29,94	\
3908/35	ST210-4	12,80 - 13,00	83,0	166,0	2287,9	19,27	\
3908/36	ST210-4	15,50 - 15,75	83,0	166,0	2235,6	25,98	\
3908/37	ST210-4	18,40 - 18,60	83,0	166,0	2357,9	36,87	\
3908/39	ST210-4	28,20 - 28,45	83,0	166,0	2456,0	42,46	\

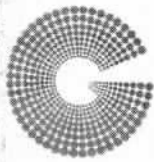
Attrezzatura di Prova : Pressa 3000 KN Controls, Unità di Comando MCC88 Controls, bilancia, calibro,

Note : Campioni consegnati 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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N. 3908 DEL 01/06/16

COMMITTENTE Impresa Barbarossa srl

CANTIERE Sarlux spa - Sarroch

CAMPIONE Roccia

PROFONDITA' \

DATA PRELIEVO \

DATA PROVA 22/06/16

CERTIFICATO N° 034132

DEL 04 LUG 2016

POINT LOAD TEST

(Raccomandazioni ISRM)

(prova assiale eseguita su spezzoni di carota)

VDA n°	CAMPIONE N.	Altezza iniziale Di mm	Altezza finale Df mm	Larghezza W mm	Rottura P kN	Massa Volumica kg/m ³	Indice di Resistenza IS=(P/De ²) * MN/mq
3908-4	ST209-1 (22,75-22,90)m	59,5	54,0	83,0	18,0	2497,51	2,86
3908-8	ST209-3 (9,30-9,50)m	53,0	49,0	83,0	11,0	2385,73	1,96
3908-10	ST209-3 (12,40-12,55)m	60,5	56,0	83,0	14,0	2513,70	2,19
3908-20	ST210-2 (7,30-7,45)m	47,0	42,0	83,0	1,9	2307,52	0,38
3908-26	ST210-3 (16,75-16,90)m	82,0	78,0	83,0	5,5	2143,87	0,63
3908-30	ST210-4 (5,70-5,80)m	38,0	35,0	83,0	2,0	2015,21	0,50
3908-31	ST210-4 (7,75-7,90)m	51,0	48,0	83,0	2,1	2180,81	0,39
3908-32	ST210-4 (8,00-8,10)m	44,0	40,0	83,0	2,0	2247,84	0,43
\	\	\	\	\	\		\
\	\	\	\	\	\		\

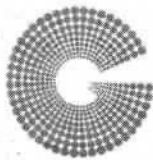
*De² = 4 Di W / π

NOTE: Campioni consegnati 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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 3908-6 DEL 01/06/16

COMMITTENTE Impresa Barbarossa srl

CANTIERE Sarlux spa - Sarroch

CAMPIONE ST209-3

PROFONDITA' 2,00 - 2,60m

DATA PROVA 03/06/16 DATA PRELIEVO

CERTIFICATO N. 034070 DEL 16 GIU. 2016

PROVA EDOMETRICA

(ASTM D2435)

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE: Argilla friabile di media consistente

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

Altezza provino	cm	2,000
Area provino	cm ²	40,00
Umidita' iniziale	%	48,39
Densità naturale	kg/m ³	1602,63
Densità secca	kg/m ³	1080,00
Massa volumica reale dei grani	kg/m ³	2524,47
Grado di saturazione	%	91,34
Indice dei vuoti	e	1,337
Pocket Penetrometer	kPa	\

CICLI DI CARICO

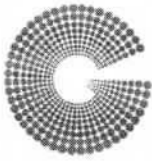
Pressione kPa	Cedimento mm	Indice dei vuoti e	Modulo Edometrico kPa	Coeff.di consolidazione cm ² /sec	Coeff.di Permeabilita' cm/sec
0,00	0,000	1,337	/		
24,52	0,230	1,311	3029	\	\
49,04	0,390	1,292	6868	\	\
98,07	0,530	1,276	6584	\	\
196,14	0,820	1,242	5374	\	\
392,28	1,520	1,160	5370	\	\
784,56	2,870	1,002	8615	\	\
1569,12	4,430	0,820	14456	\	\
3138,24	6,120	0,622	\	\	\
\	\	\	\	\	\

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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

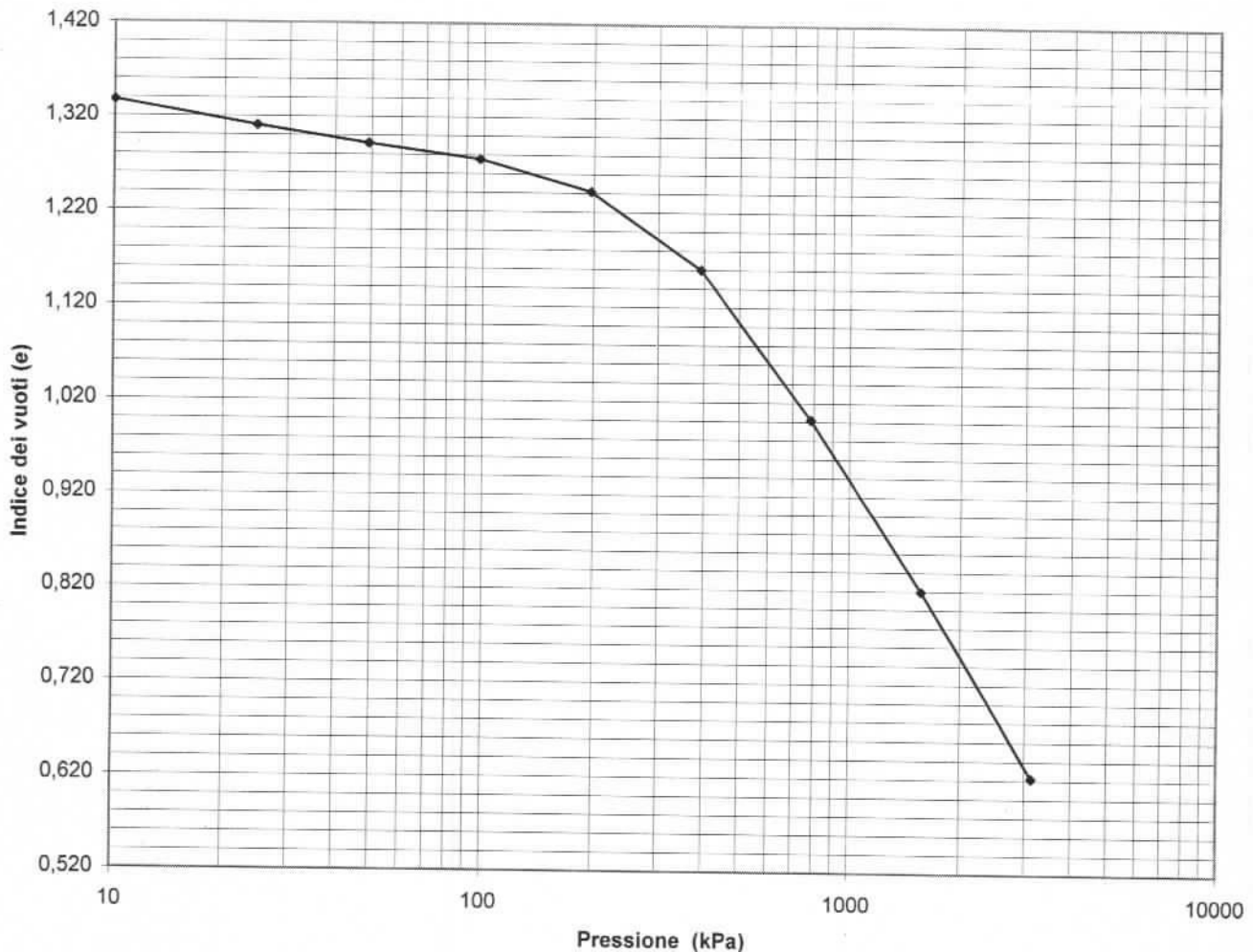
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N. IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 3908-6 DEL 01/06/16
COMMITTENTE Impresa Barbarossa srl
CANTIERE Sarlux spa - Sarroch

CAMPIONE ST209-3
UBICAZIONE 2,00 - 2,60m
DATA PROVA 03/06/16 DATA PRELIEVO

CERTIFICATO N. 034070 DEL 16 GIU. 2016

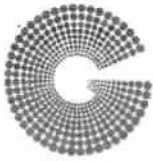
PROVA EDOMETRICA GRAFICO Indice dei vuoti-Log Pressioni



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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente	Imp. Barbarossa srl
Indirizzo	
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch
Sondaggio	ST 209-3
Campione	3908
Profondità	2.00-2.60m

Certificato N°	034070
Data	16 GIU 2016

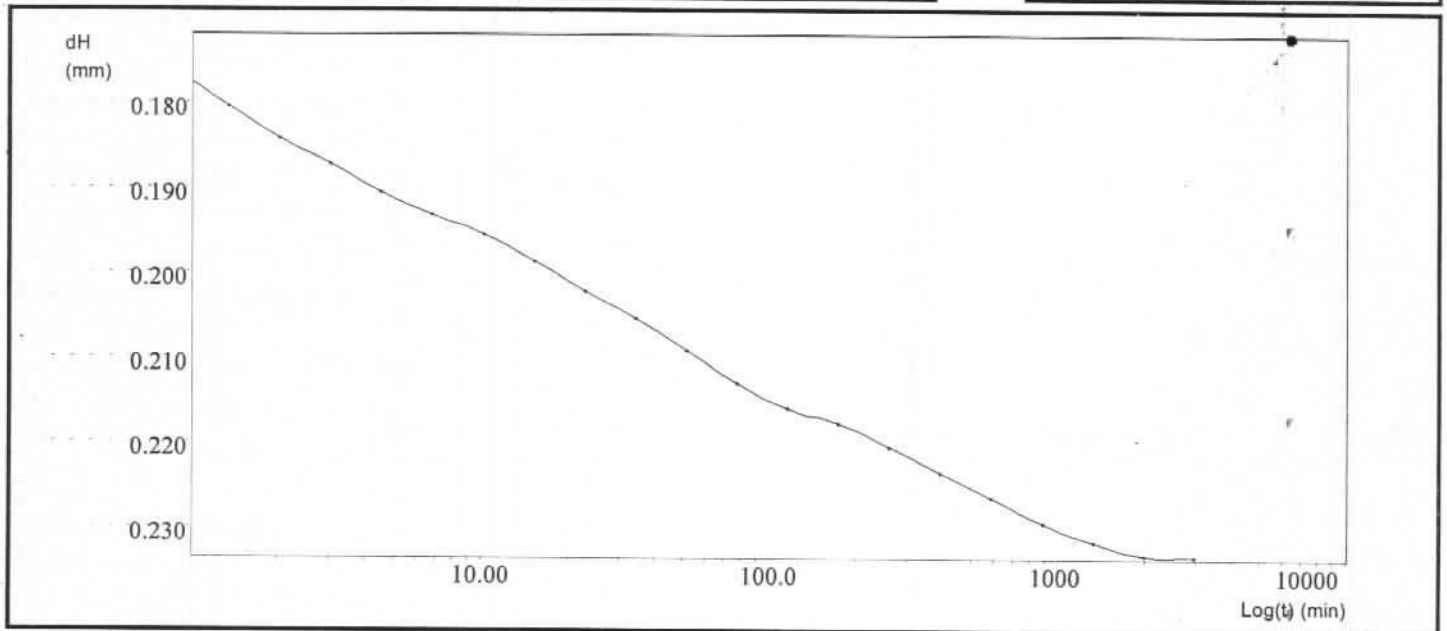
Dati acquisiti del gradino 01

σ_v 25,0 Kpa

dt min	dH mm
0,40	0,172
0,60	0,175
0,90	0,177
1,35	0,181
2,02	0,184
3,04	0,187
4,56	0,191
6,83	0,193
10,25	0,196
15,38	0,199
23,07	0,202

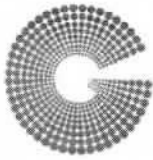
dt min	dH mm
34,60	0,206
51,90	0,209
77,85	0,213
116,77	0,216
175,15	0,218
262,74	0,220
394,10	0,223
591,16	0,226
886,74	0,229
1330,10	0,232
1995,15	0,233

dt min	dH mm
2992,72	0,233



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente	Imp. Barbarossa srl
Indirizzo	
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch
Sondaggio	ST 209-3
Campione	3908
Profondità	2.00-2.60m

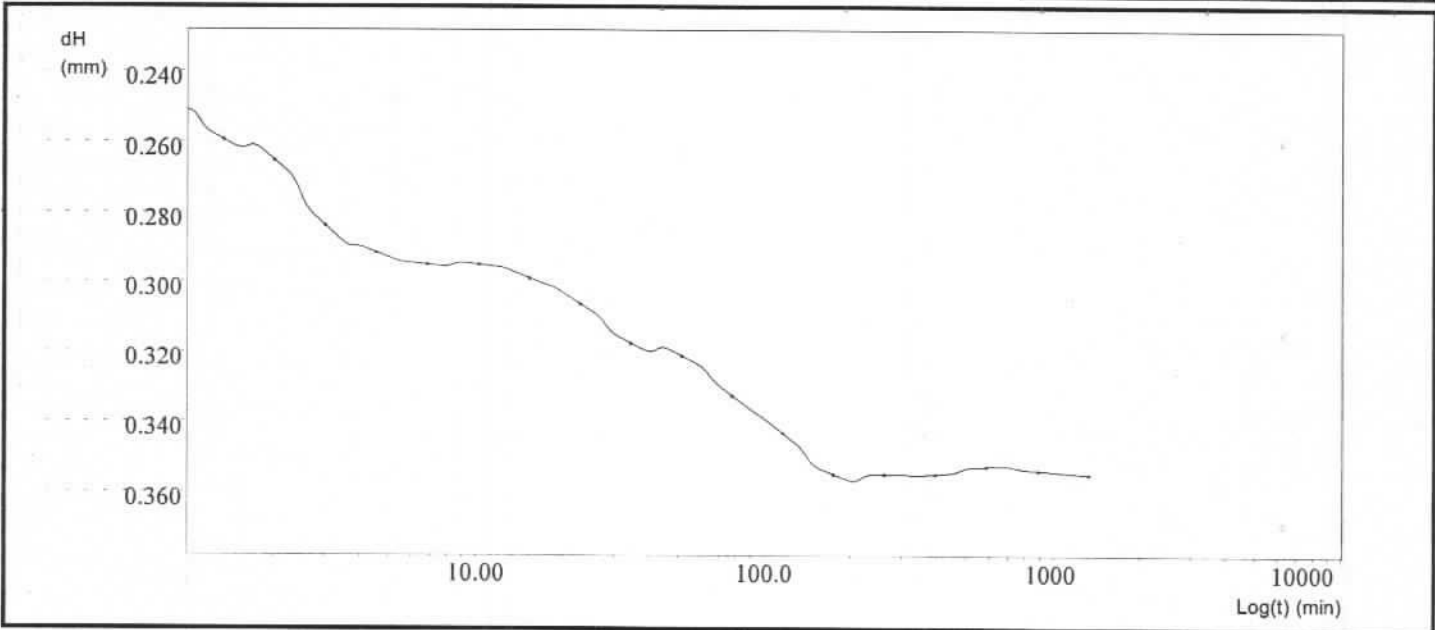
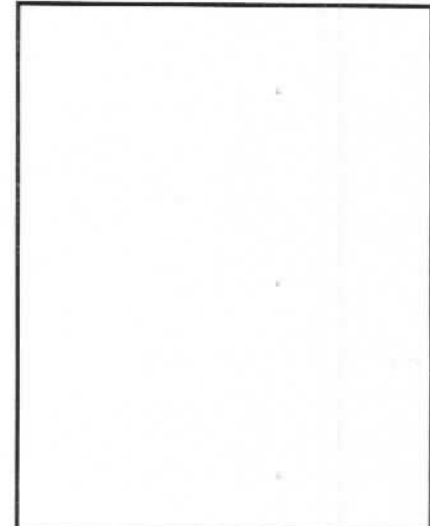
Certificato N° **034070**
Data **16 GIU. 2016**

Dati acquisiti del gradino 02

σ_v 50,0 Kpa

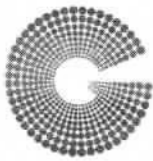
dt min	dH mm
0,40	0,250
0,60	0,254
0,90	0,250
1,35	0,260
2,02	0,265
3,04	0,284
4,56	0,291
6,83	0,295
10,25	0,295
15,38	0,299
23,07	0,306

dt min	dH mm
34,60	0,318
51,90	0,321
77,85	0,333
116,77	0,343
175,16	0,355
262,74	0,355
394,10	0,355
591,16	0,353
886,74	0,354
1330,10	0,355



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente	Imp. Barbarossa srl
Indirizzo	
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch
Sondaggio	ST 209-3
Campione	3908
Profondità	2.00-2.60m

Certificato N° 034070

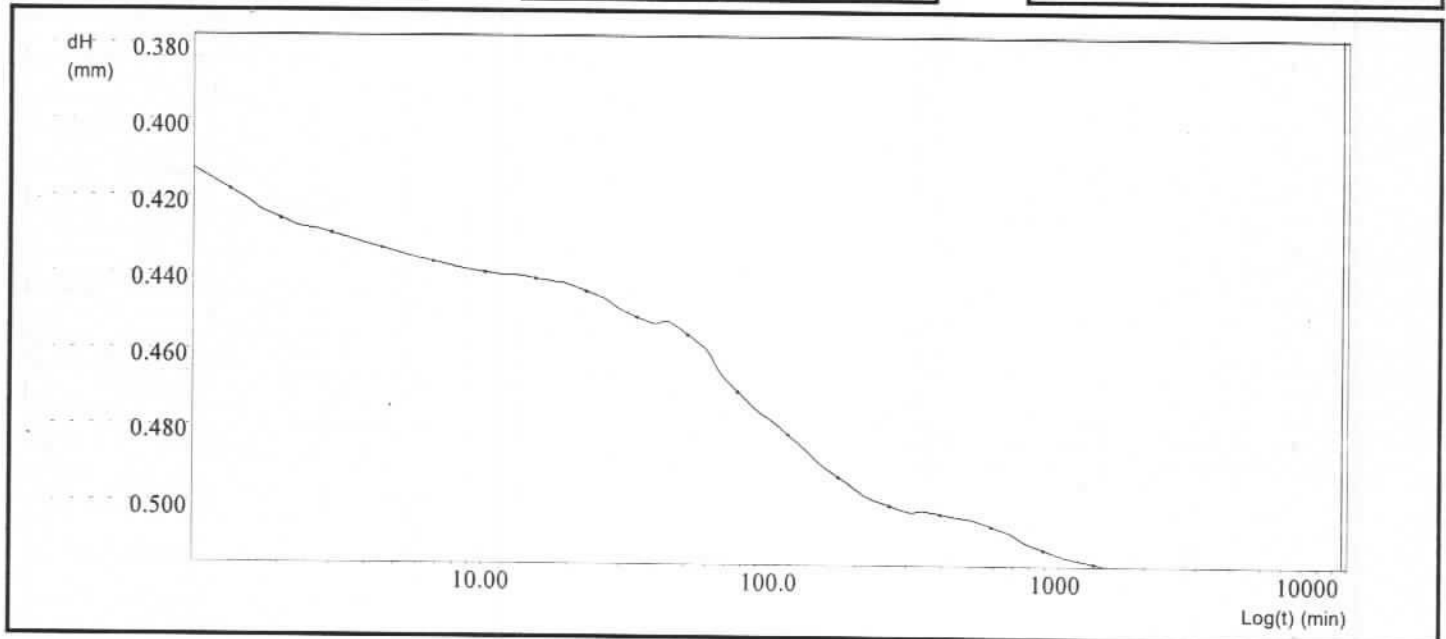
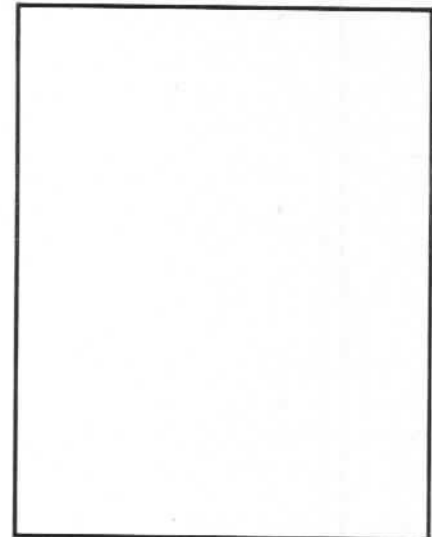
Data 16 GIU. 2016

Dati acquisiti del gradino 03

σ_v 100,0 Kpa

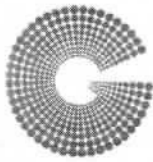
dt min	dH mm
0,40	0,377
0,60	0,404
0,90	0,411
1,35	0,419
2,02	0,426
3,04	0,430
4,56	0,434
6,83	0,437
10,25	0,440
15,38	0,442
23,07	0,445

dt min	dH mm
34,60	0,451
51,90	0,456
77,85	0,471
116,77	0,482
175,16	0,493
262,74	0,501
394,10	0,503
591,16	0,506
886,74	0,512
1330,10	0,516
1995,42	0,518



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT.11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435) CERT. N.IT.11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Cliente	Imp. Barbarossa srl
Indirizzo	
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch
Sondaggio	ST 209-3
Campione	3908
Profondità	2.00-2.60m

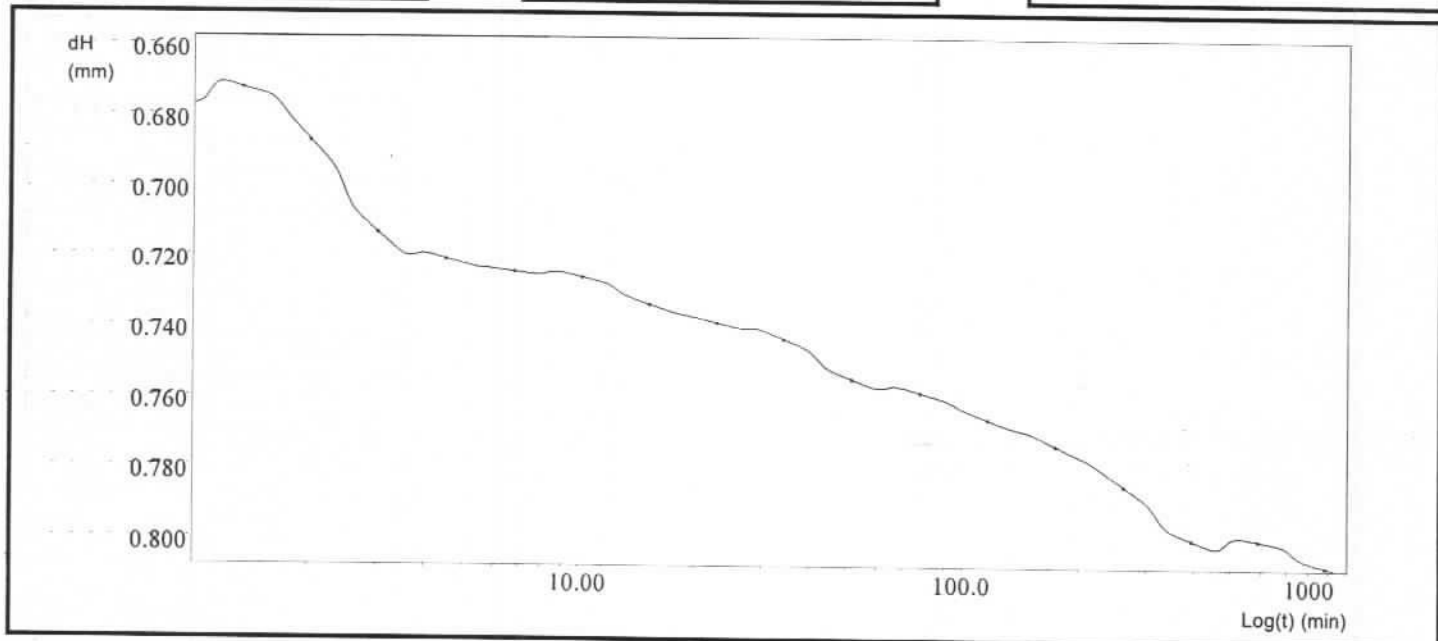
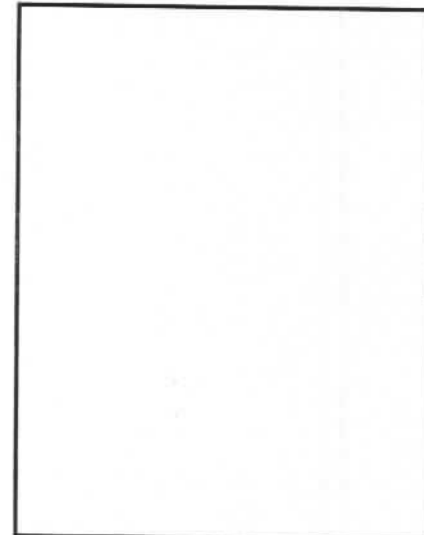
Certificato N° 034070
Data 16 GIU. 2016

Dati acquisiti del gradino 04

σ_v 200,0 Kpa

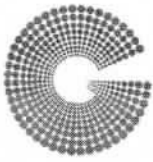
dt min	dH mm
0,40	0,658
0,60	0,665
0,90	0,676
1,35	0,673
2,02	0,688
3,04	0,714
4,56	0,721
6,83	0,725
10,25	0,727
15,38	0,734
23,07	0,739

dt min	dH mm
34,60	0,744
51,90	0,755
77,85	0,759
116,77	0,766
175,16	0,774
262,74	0,785
394,10	0,800
591,16	0,800
886,74	0,807
1330,93	0,810
1995,83	0,812



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente	Imp. Barbarossa srl
Indirizzo	
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch
Sondaggio	ST 209-3
Campione	3908
Profondità	2.00-2.60m

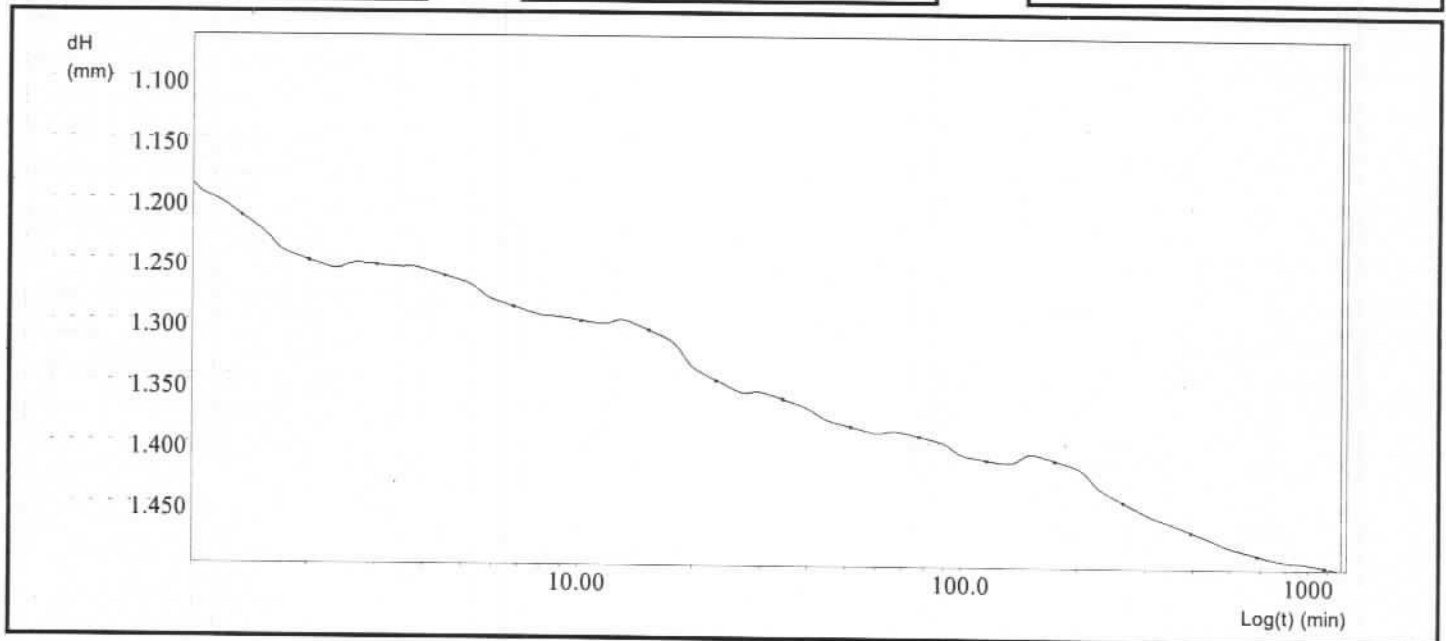
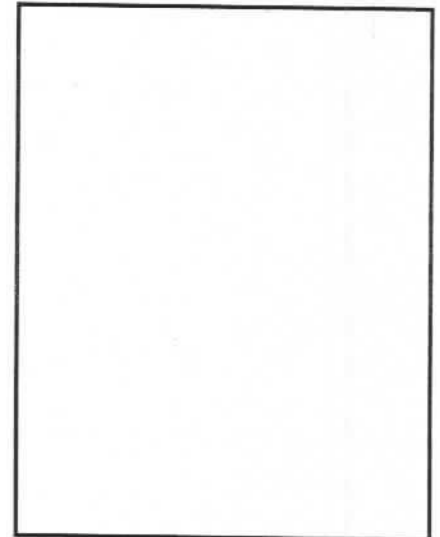
Certificato N°	034070
Data	16 GIU. 2016

Dati acquisiti del gradino 05

σ_v 400,0 Kpa

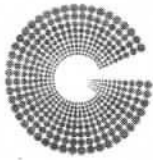
dt min	dH mm
0,40	1,065
0,60	1,106
0,90	1,173
1,35	1,214
2,02	1,252
3,04	1,256
4,56	1,265
6,83	1,289
10,25	1,300
15,38	1,308
23,07	1,349

dt min	dH mm
34,60	1,364
51,90	1,386
77,85	1,394
116,77	1,413
175,16	1,413
262,74	1,446
394,10	1,470
591,16	1,489
886,74	1,499
1330,93	1,510
1995,83	1,515



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001.2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435) CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001.2008

Cliente	Imp. Barbarossa sri	Certificato N° 034070 Data 16 GIU. 2016
Indirizzo		
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch	
Sondaggio	ST 209-3	
Campione	3908	
Profondità	2.00-2.60m	

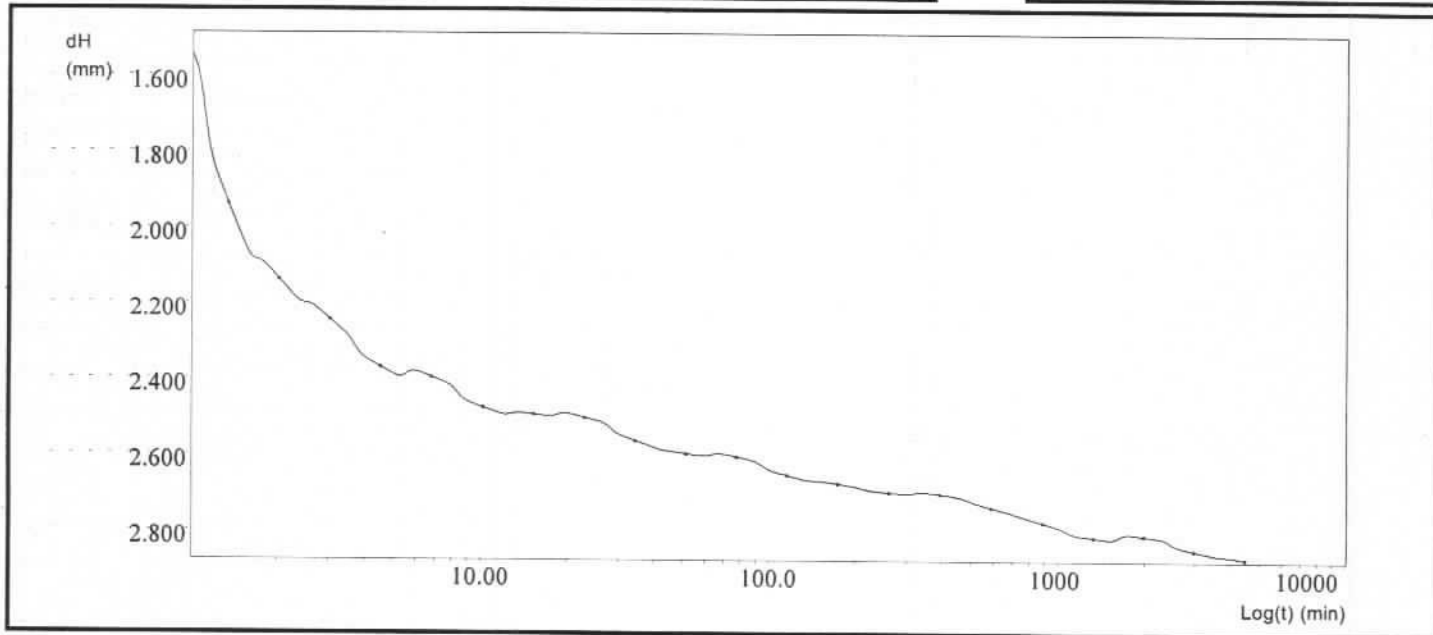
Dati acquisiti del gradino 06

σ_v 800,0 Kpa

dt min	dH mm
0,40	1,528
0,60	1,528
0,90	1,487
1,35	1,939
2,02	2,141
3,04	2,246
4,56	2,373
6,83	2,399
10,25	2,478
15,38	2,496
23,05	2,505

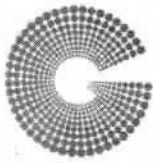
dt min	dH mm
34,60	2,564
51,90	2,597
77,83	2,606
116,77	2,653
175,16	2,676
262,73	2,697
394,10	2,702
591,16	2,735
886,74	2,777
1330,10	2,814
1995,15	2,810

dt min	dH mm
2992,73	2,848
4489,10	2,870



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente Imp. Barbarossa srl
 Indirizzo
 Cantiere Sarlux spa - Sarroch
 Sondaggio ST 209-3
 Campione 3908
 Profondità 2.00-2.60m

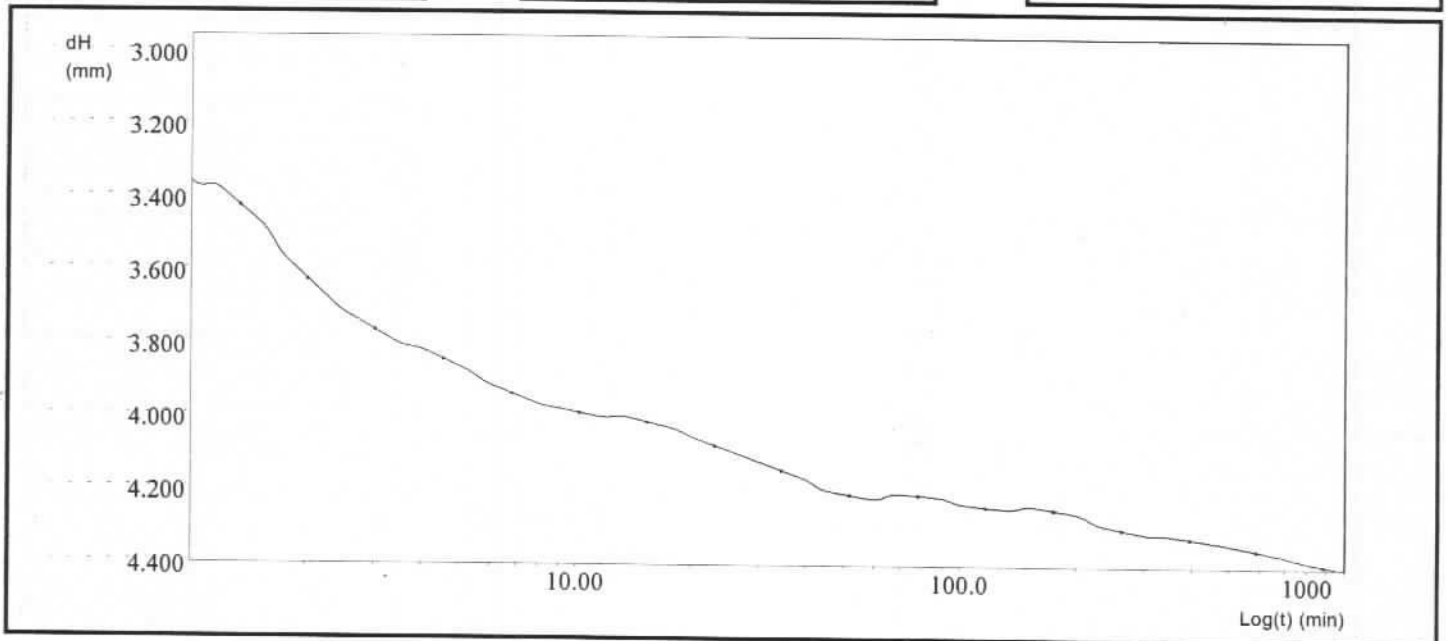
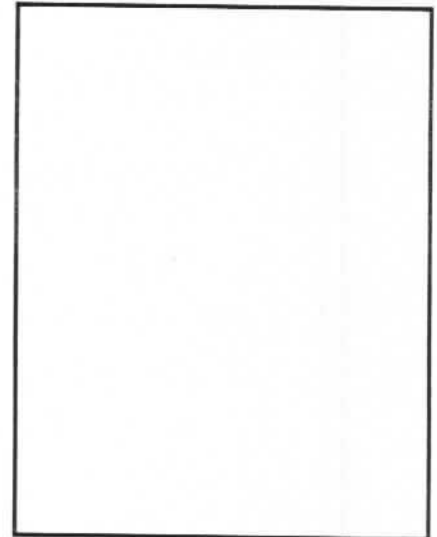
Certificato N° 034070
Data 16 GIU. 2016

Dati acquisiti del gradino 07

σ_v 1600,0 Kpa

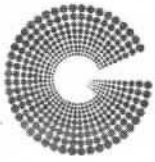
dt min	dH mm
0,40	2,960
0,60	3,105
0,90	3,322
1,35	3,430
2,02	3,632
3,04	3,771
4,56	3,849
6,83	3,942
10,25	3,995
15,38	4,021
23,07	4,084

dt min	dH mm
34,60	4,152
51,90	4,219
77,85	4,219
116,77	4,249
175,16	4,256
262,74	4,309
394,10	4,331
591,16	4,361
886,74	4,402
1330,93	4,431
1995,83	4,451



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU /CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001 2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

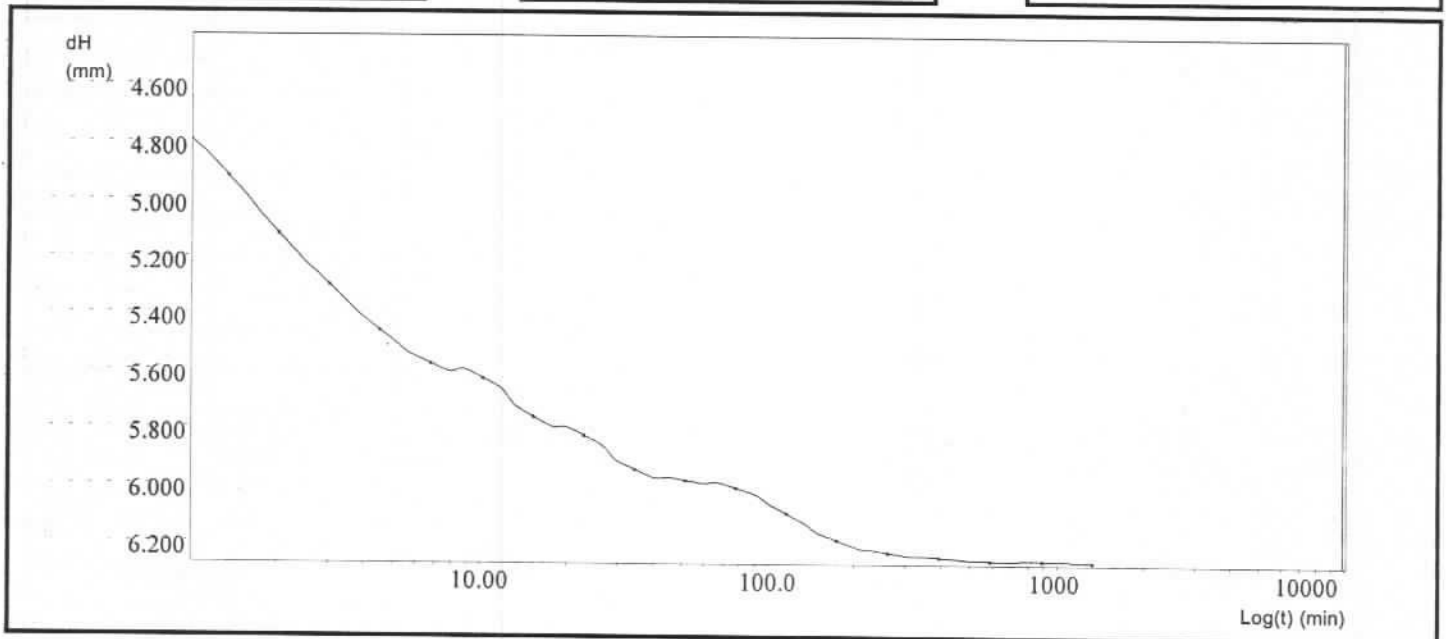
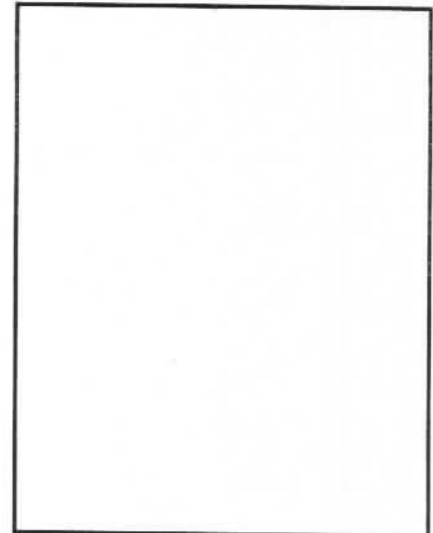
Cliente	Imp. Barbarossa srl	Certificato N° 034070 Data 16 GIU. 2016
Indirizzo		
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch	
Sondaggio	ST 219-3	
Campione	3908	
Profondità	2.00-2.60m	

Dati acquisiti del gradino 08

σ_v 3200,0 Kpa

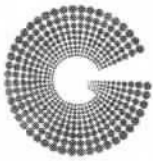
dt min	dH mm
0,40	4,425
0,60	4,555
0,90	4,746
1,35	4,922
2,02	5,123
3,04	5,303
4,56	5,463
6,83	5,579
10,25	5,632
15,38	5,766
23,05	5,830

dt min	dH mm
34,58	5,947
51,88	5,984
77,83	6,009
116,77	6,098
175,15	6,193
262,73	6,235
394,10	6,249
591,15	6,260
886,73	6,260
1330,10	6,267



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001.2008

V.D.A. N° 3908-23 DEL 01/06/16
COMMITTENTE Impresa Barbarossa srl
CANTIERE Sarlux spa - Sarroch

CAMPIONE ST210-3
PROFONDITA' 3,50 - 3,70m
DATA PROVA 01/06/16 DATA PRELIEVO

CERTIFICATO N. 34071 DEL 16 GIU. 2016

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE: Argilla limosa friabile poco consistente

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

Altezza provino	cm	2,000
Area provino	cm ²	40,00
Umidita' iniziale	%	29,20
Densità naturale	kg/m ³	1723,88
Densità secca	kg/m ³	1334,28
Massa volumica reale dei grani	kg/m ³	2551,43
Grado di saturazione	%	81,67
Indice dei vuoti	e	0,912
Pocket Penetrometer	kPa	\

CICLI DI CARICO

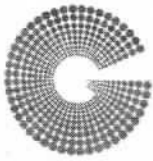
Pressione kPa	Cedimento mm	Indice dei vuoti e	Modulo Edometrico kPa	Coeff.di consolidazione cm ² /sec	Coeff.di Permeabilita' cm/sec
0,00	0,000	0,912	/		
24,52	0,170	0,896	3473	\	\
49,04	0,310	0,883	8046	\	\
98,07	0,430	0,871	19192	\	\
196,14	0,530	0,862	18185	\	\
392,28	0,740	0,841	20420	\	\
784,56	1,110	0,806	13352	\	\
1569,12	2,220	0,700	21627	\	\
3138,24	3,510	0,577	\	\	\
\	\	\	\	\	\

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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

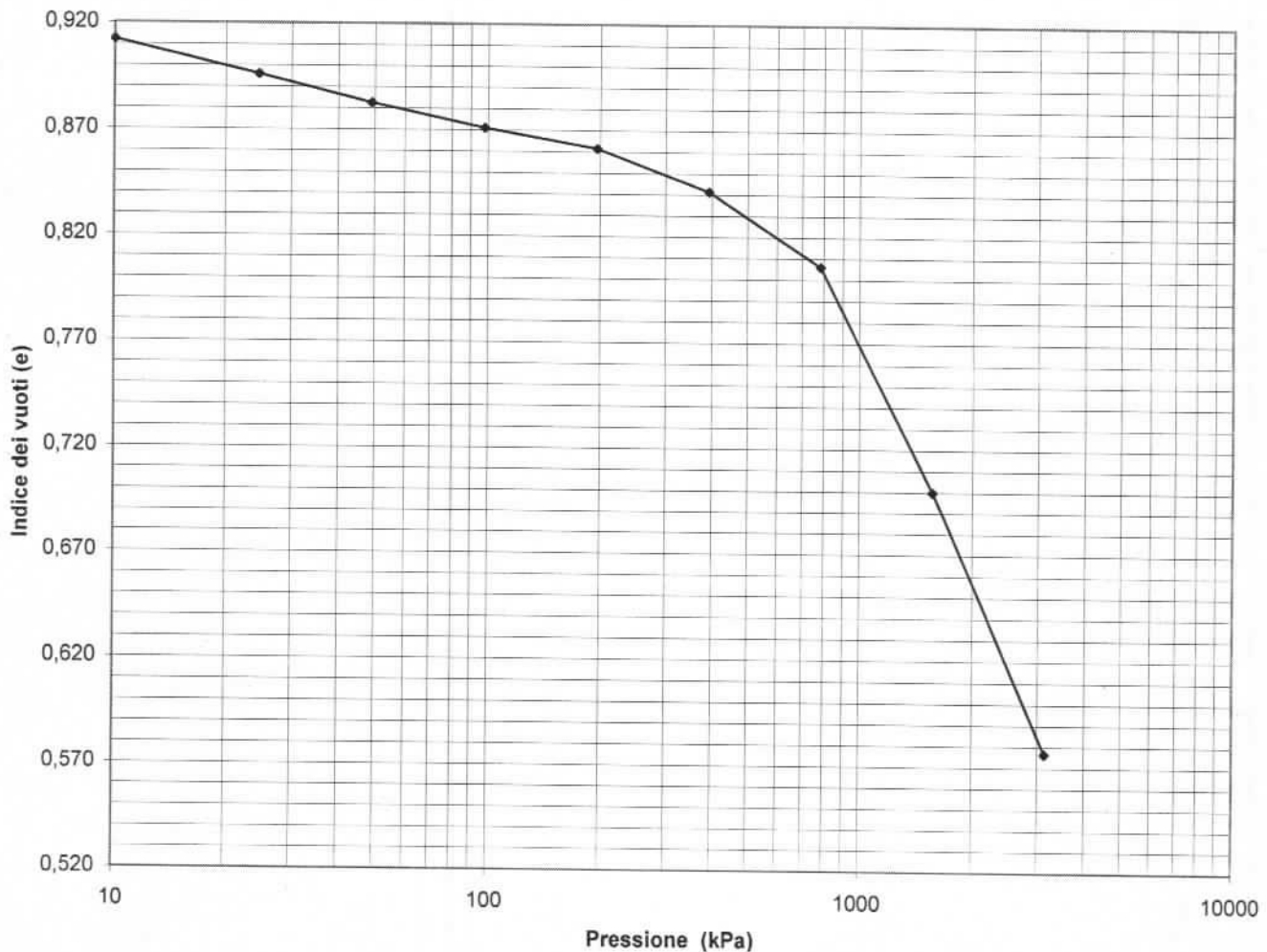
LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N°	3908-23	DEL	01/06/16
COMMITTENTE	Impresa Barbarossa srl		
CANTIERE	Sarlux spa - Sarroch		
CAMPIONE	ST210-3		
UBICAZIONE	3,50 - 3,70m		
DATA PROVA	01/06/16	DATA PRELIEVO	
CERTIFICATO N.	034071	DEL	16 GIU. 2016

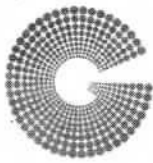
PROVA EDOMETRICA GRAFICO Indice dei vuoti-Log Pressioni



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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente	Imp. Barbarossa srl
Indirizzo	
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch
Sondaggio	ST 210-3
Campione	3908
Profondità	3.50-3.70m

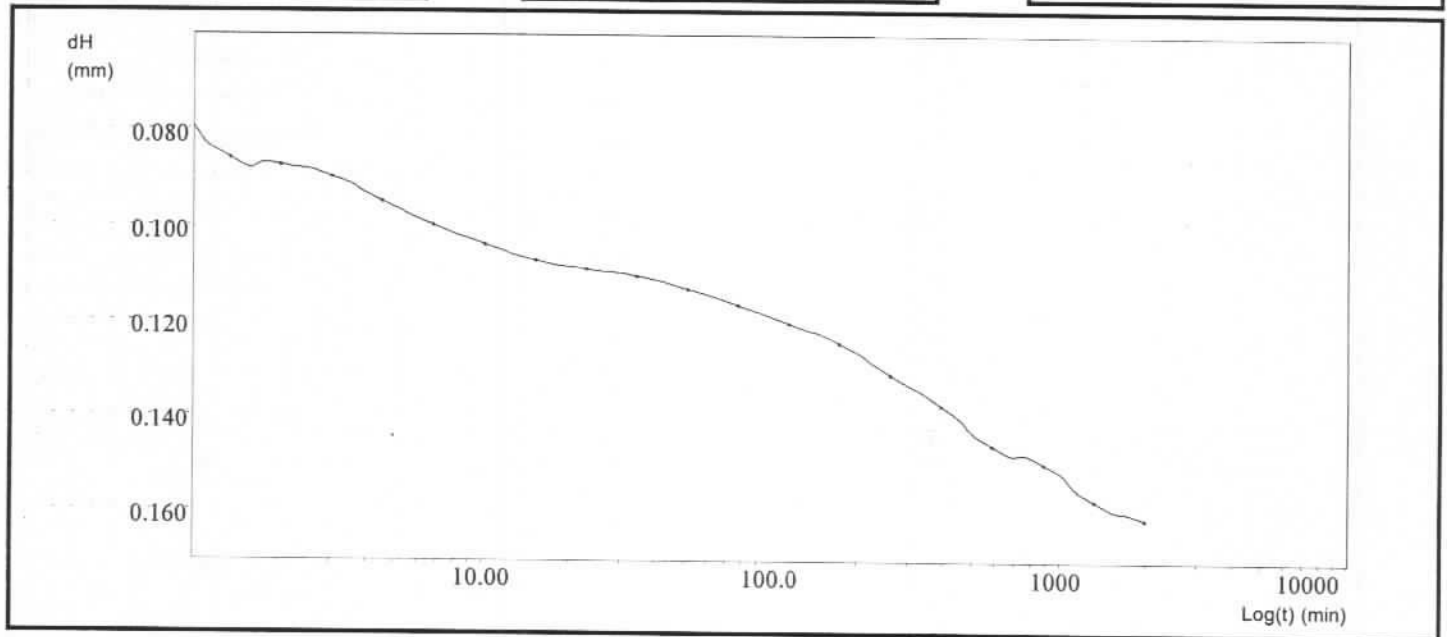
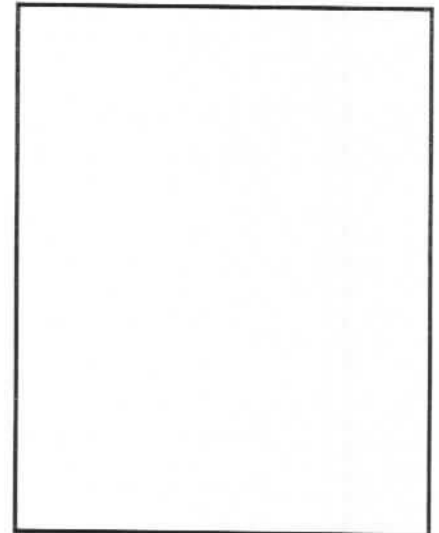
Certificato N°	034071
Data	16 GIU. 2016

Dati acquisiti del gradino 01

σ_v 25,0 Kpa

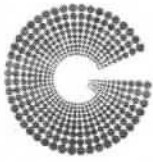
dt min	dH mm
0,40	0,050
0,60	0,059
0,90	0,076
1,35	0,086
2,02	0,088
3,04	0,090
4,56	0,095
6,83	0,100
10,25	0,104
15,38	0,107
23,07	0,109

dt min	dH mm
34,60	0,111
51,90	0,113
77,85	0,117
116,77	0,120
175,16	0,125
262,74	0,131
394,10	0,138
591,16	0,146
886,74	0,150
1330,10	0,158
1995,15	0,162



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente	Imp. Barbarossa srl
Indirizzo	
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch
Sondaggio	ST 210-3
Campione	3908
Profondità	3.50-3.70m

Certificato N° 34071
Data 16 GIU. 2016

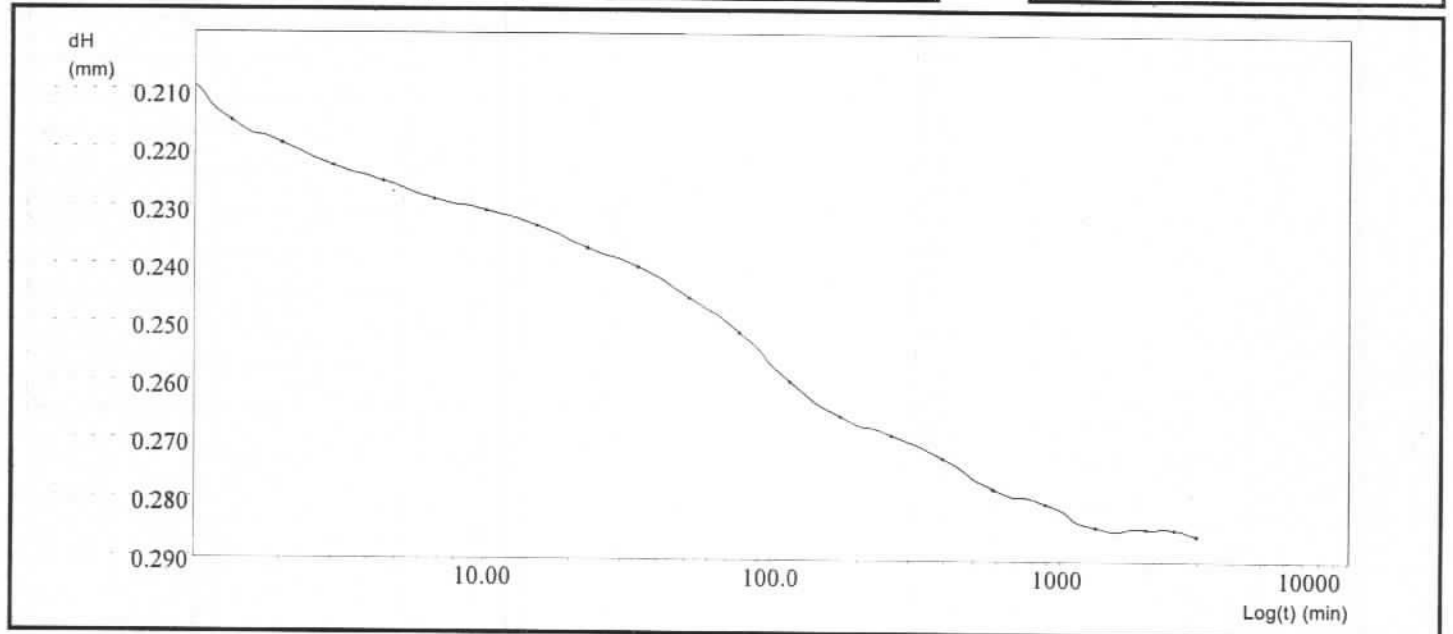
Dati acquisiti del gradino 02

σ_v 50,0 Kpa

dt min	dH mm
0,40	0,192
0,60	0,204
0,90	0,208
1,35	0,215
2,02	0,219
3,04	0,223
4,56	0,226
6,83	0,229
10,25	0,231
15,38	0,233
23,07	0,237

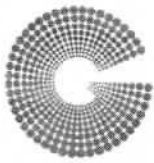
dt min	dH mm
34,60	0,240
51,90	0,246
77,85	0,252
116,77	0,260
175,16	0,266
262,74	0,269
394,10	0,273
591,16	0,278
886,74	0,281
1330,10	0,285
1995,15	0,285

dt min	dH mm
2493,93	0,285
2992,72	0,286



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente Imp. Barbarossa srl
 Indirizzo
 Cantiere Sarlux spa - Sarroch
 Sondaggio ST 210-3
 Campione 3908
 Profondità 3.50-3.70m

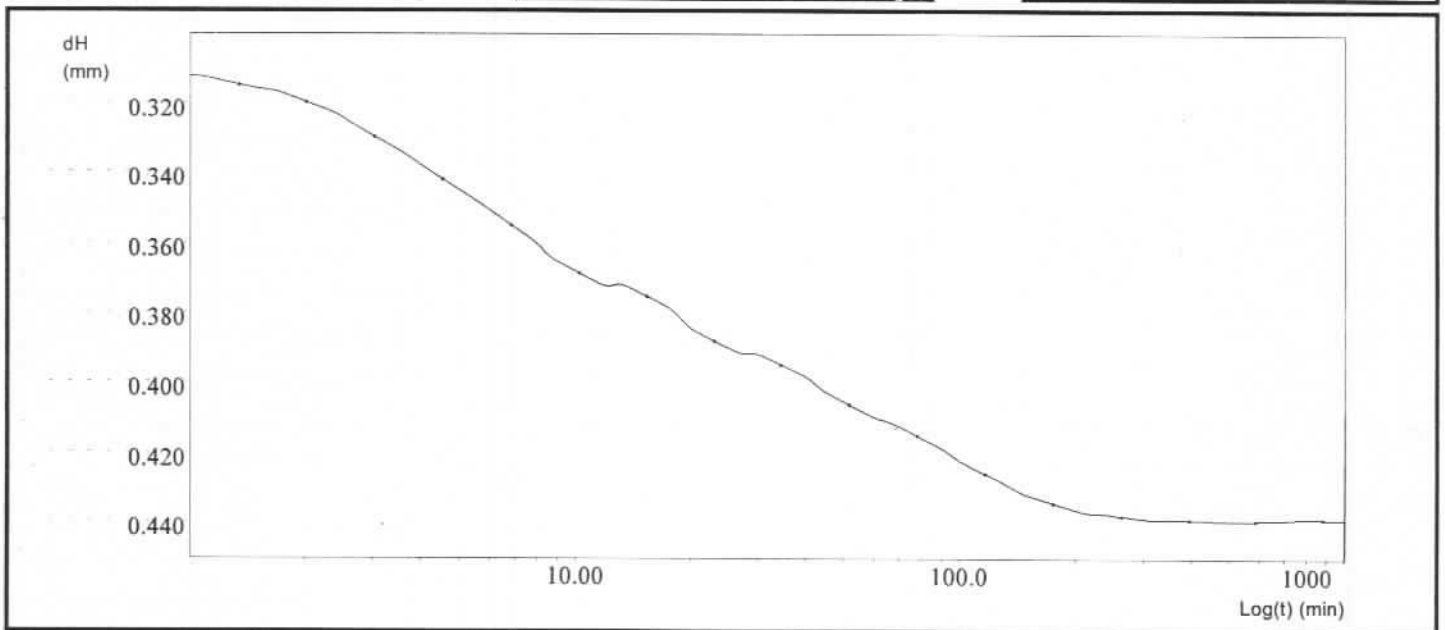
Certificato N° 034071
Data 16 GIU. 2016

Dati acquisiti del gradino 03

σ_v 100,0 Kpa

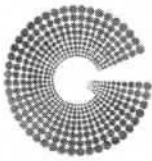
dt min	dH mm
0,40	0,308
0,60	0,312
0,90	0,312
1,35	0,315
2,02	0,320
3,03	0,330
4,56	0,342
6,83	0,355
10,25	0,369
15,37	0,376
23,07	0,388

dt min	dH mm
34,60	0,395
51,90	0,406
77,85	0,415
116,77	0,426
175,16	0,435
262,74	0,438
394,10	0,439
591,15	0,439
886,73	0,439
1330,10	0,440



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU /CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente	Imp. Barbarossa srl
Indirizzo	
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch
Sondaggio	ST 210-3
Campione	3908
Profondità	3.50-3.70m

Certificato N° 034071

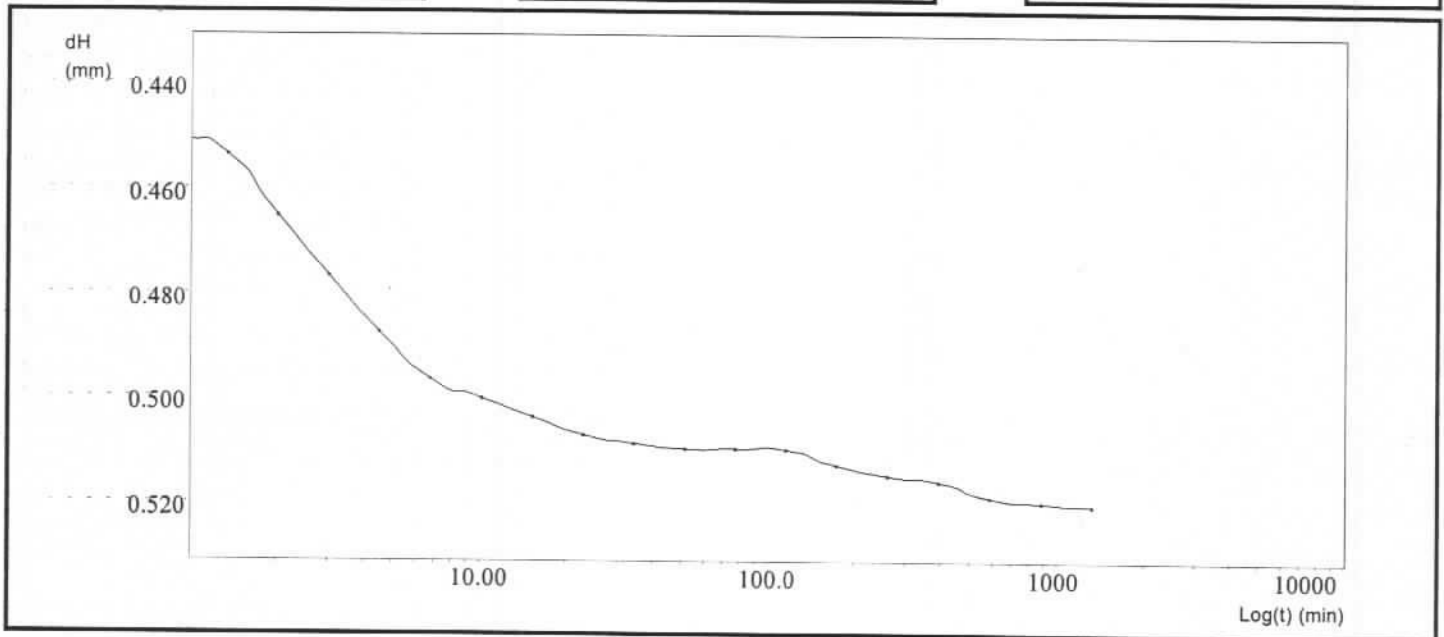
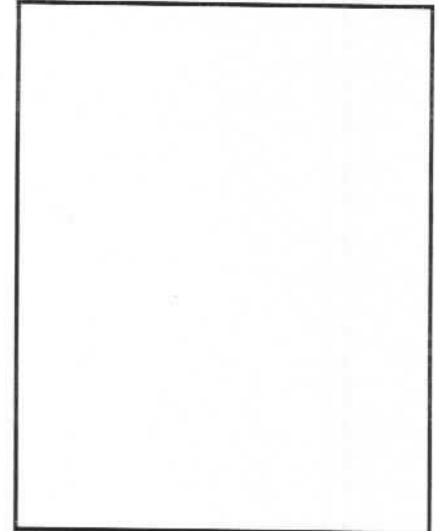
Data 16 GIU. 2016

Dati acquisiti del gradino 04

σ_v 200,0 Kpa

dt min	dH mm
0,40	0,431
0,60	0,446
0,90	0,450
1,35	0,454
2,02	0,465
3,04	0,477
4,56	0,488
6,83	0,497
10,25	0,500
15,37	0,504
23,05	0,507

dt min	dH mm
34,58	0,509
51,88	0,510
77,83	0,510
116,77	0,510
175,15	0,513
262,73	0,515
394,10	0,516
591,15	0,519
886,73	0,520
1330,10	0,521



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILLE MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL/FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIE ALIQUIDE E SOSTANZE SOTTILI
CIRCOLARE N. 78/87/87/87 DEL 08/09/2004
AUT. MINISTERO N. 52487 DEL 16/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU TERRENI SOTTILI
CIRCOLARE N. 78/87/87/87 DEL 08/09/2004
AUT. MINISTERO N. 52487 DEL 16/12/2005

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N. IT 1110886 ISO 9001 UNITEC N. ISO 9001 2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente Imp. Barbarossa srl
 Indirizzo
 Cantiere Sarlux spa - Sarroch
 Sondaggio ST 210-3
 Campione 3908
 Profondità 3.50-3.70m

Certificato N° 034071

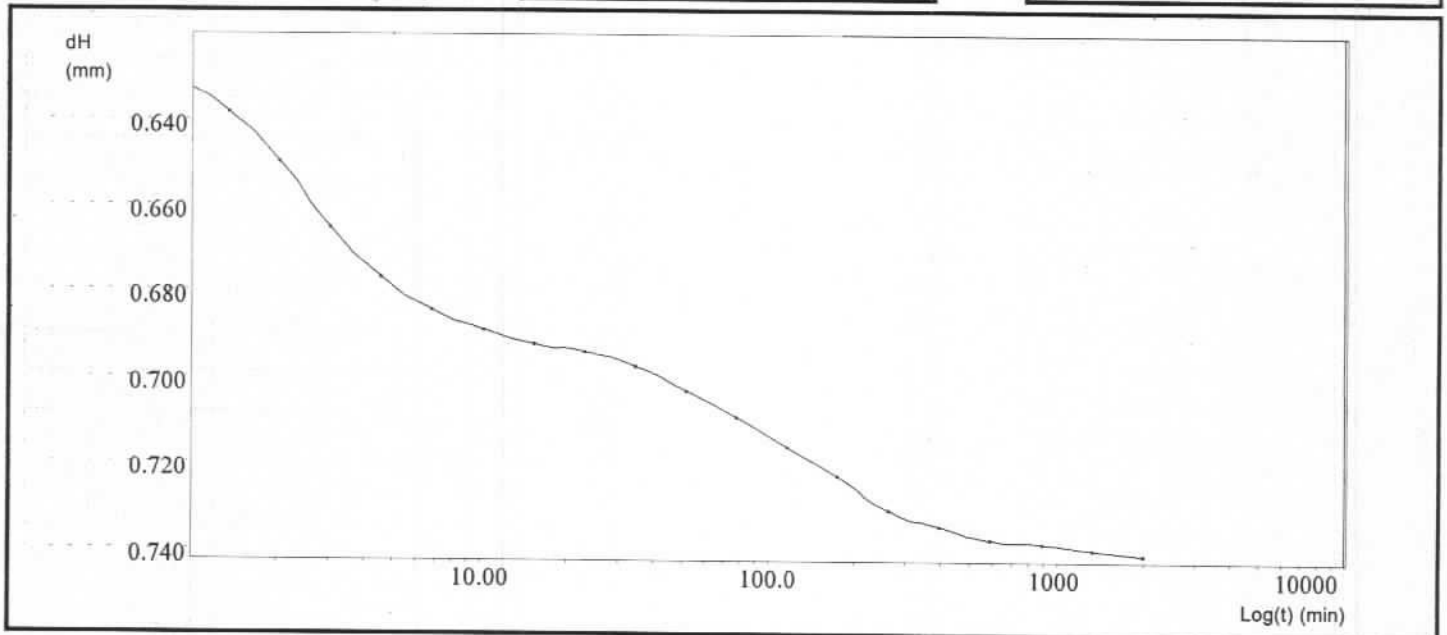
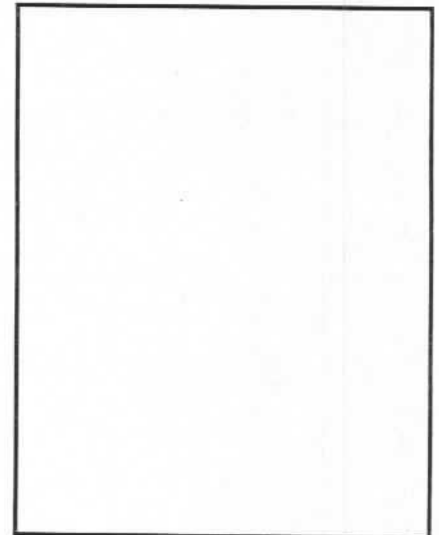
Data 16 GIU. 2016

Dati acquisiti del gradino 05

σ_v 400,0 Kpa

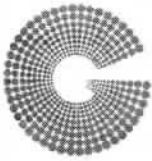
dt min	dH mm
0,40	0,627
0,60	0,623
0,90	0,631
1,35	0,638
2,02	0,650
3,04	0,665
4,56	0,677
6,83	0,685
10,25	0,689
15,38	0,692
23,07	0,694

dt min	dH mm
34,60	0,698
51,90	0,703
77,83	0,709
116,77	0,716
175,16	0,723
262,74	0,731
394,10	0,735
591,16	0,738
886,74	0,738
1330,93	0,740
1995,83	0,741



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

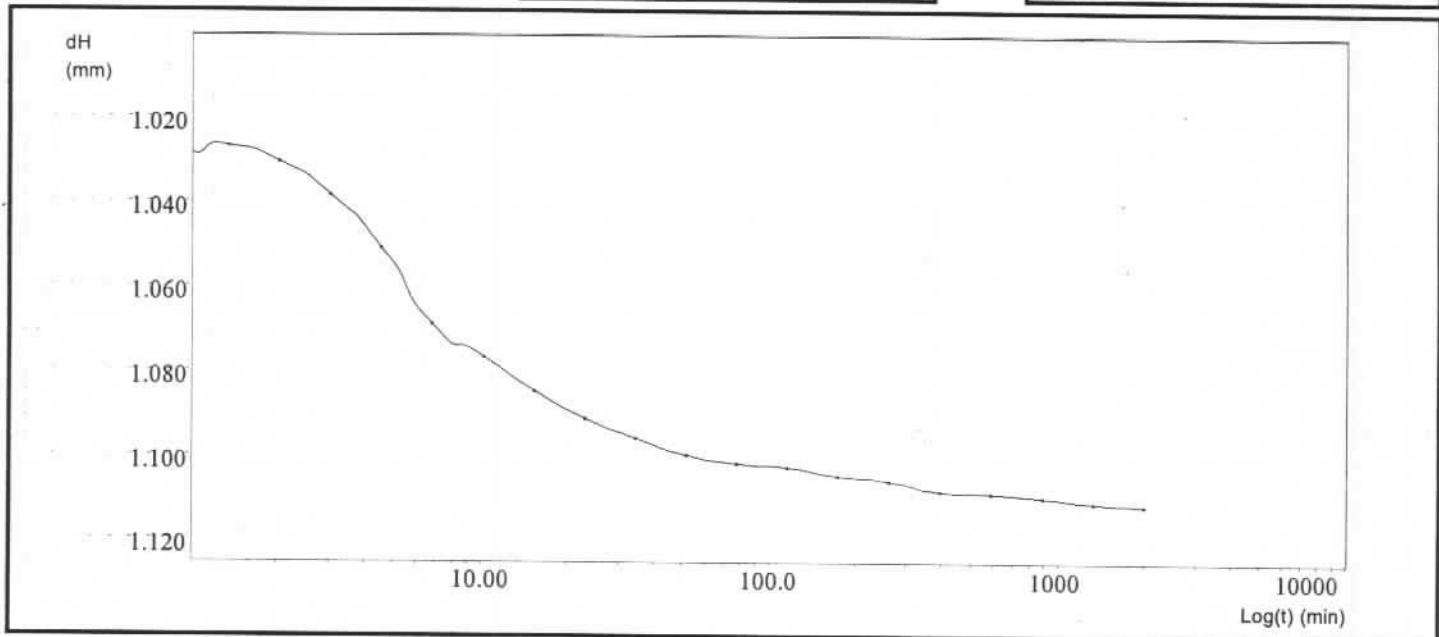
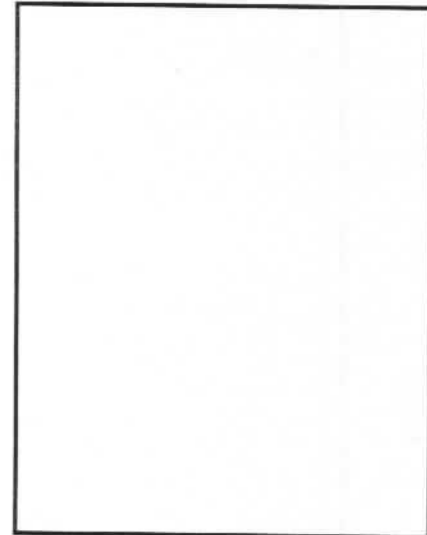
Cliente	Imp. Barbarossa srl	Certificato N° 034071 Data 16 GIU. 2016
Indirizzo		
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch	
Sondaggio	ST 210-3	
Campione	3908	
Profondità	3.50-3.70m	

Dati acquisiti del gradino 06

σ_v 800,0 Kpa

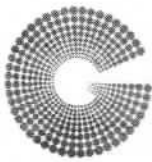
dt min	dH mm
0,40	1,000
0,60	1,014
0,90	1,027
1,35	1,027
2,02	1,031
3,04	1,038
4,56	1,051
6,83	1,069
10,25	1,077
15,37	1,085
23,07	1,091

dt min	dH mm
34,60	1,096
51,90	1,100
77,83	1,102
116,77	1,103
175,15	1,105
262,73	1,106
394,10	1,109
591,15	1,109
886,73	1,110
1330,93	1,111
1995,83	1,112



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente	Imp. Barbarossa sri
Indirizzo	
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch
Sondaggio	ST 210-3
Campione	3908
Profondità	3.50-3.70m

Certificato N° 034071
Data 16 GIU. 2016

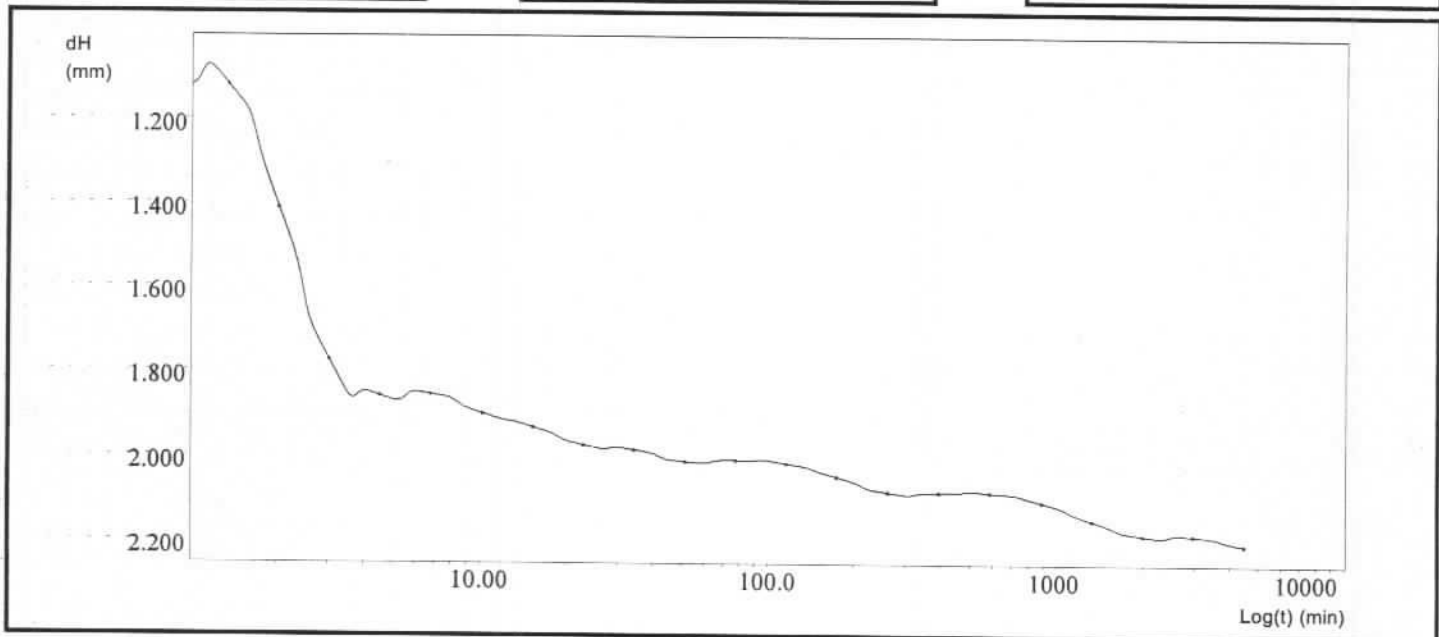
Dati acquisiti del gradino 07

σ_v 1600,0 Kpa

dt min	dH mm
0,40	1,119
0,60	1,123
0,90	1,123
1,35	1,119
2,02	1,412
3,04	1,777
4,56	1,862
6,83	1,858
10,25	1,904
15,38	1,935
23,07	1,977

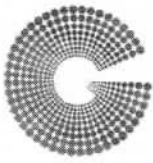
dt min	dH mm
34,60	1,988
51,90	2,015
77,85	2,012
116,77	2,019
175,16	2,050
262,74	2,085
394,10	2,085
591,16	2,085
886,74	2,108
1330,10	2,150
1995,15	2,185

dt min	dH mm
2992,73	2,185
4489,10	2,208



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT.11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente	Imp. Barbarossa srl
Indirizzo	
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch
Sondaggio	ST 210-3
Campione	3908
Profondità	3.50-3.70m

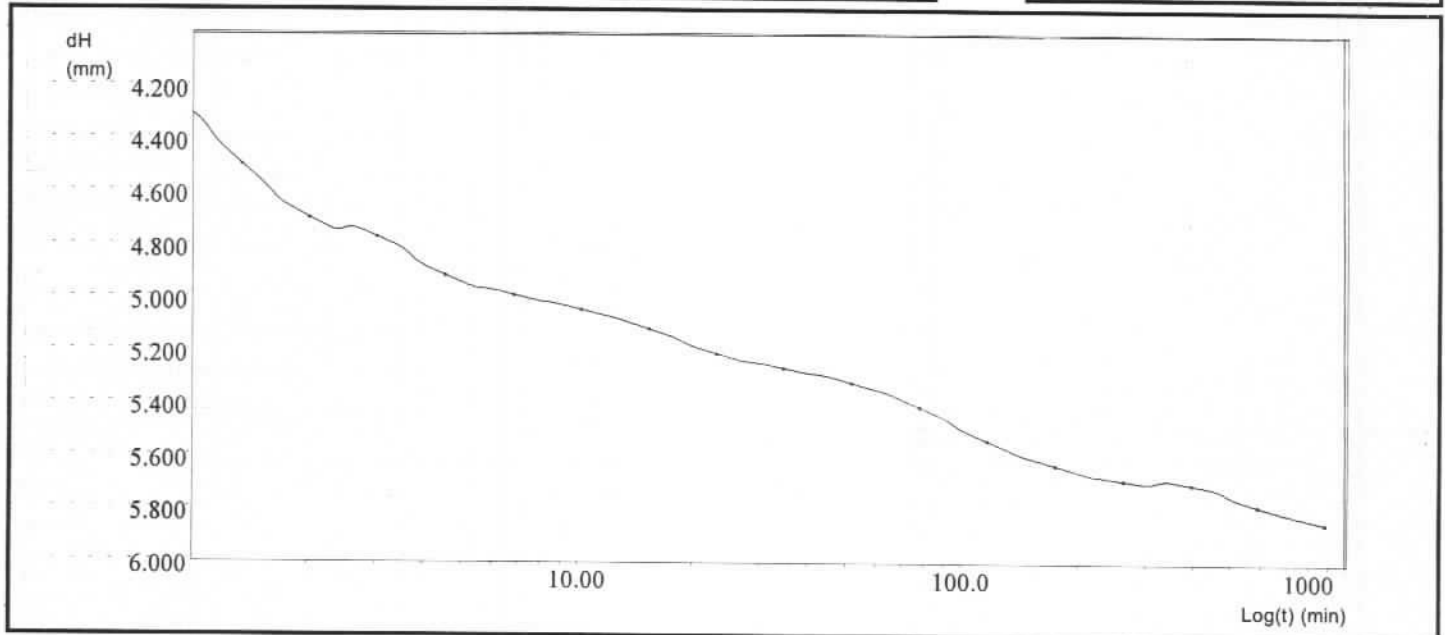
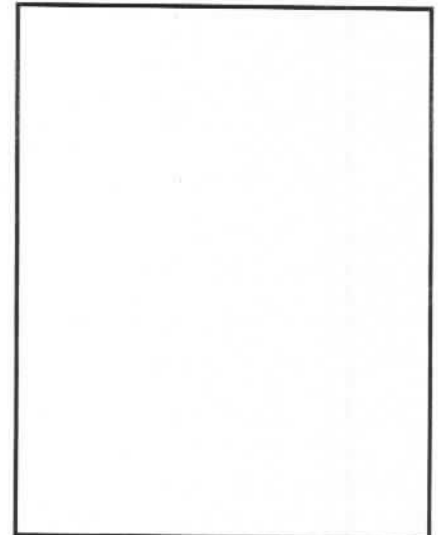
Certificato N° 034071
Data 16 GIU. 2016

Dati acquisiti del gradino 08

σ_v 3200,0 Kpa

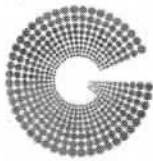
dt min	dH mm
0,40	2,219
0,60	4,167
0,90	4,267
1,35	4,503
2,02	4,704
3,04	4,778
4,56	4,924
6,83	4,997
10,25	5,052
15,38	5,125
23,07	5,217

dt min	dH mm
34,60	5,271
51,90	5,326
77,85	5,418
116,77	5,546
175,16	5,637
262,73	5,697
394,10	5,710
591,15	5,790
886,73	5,857



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 3908-24 DEL 01/06/16
COMMITTENTE Impresa Barbarossa srl
CANTIERE Sarlux spa - Sarroch

CAMPIONE ST210-3
PROFONDITA' 5,00 - 5,60m
DATA PROVA 01/06/16 DATA PRELIEVO

CERTIFICATO N. 034072 DEL 16 GIU. 2016

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE: Argilla friabile poco consistente

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

Altezza provino	cm	2,000
Area provino	cm ²	40,00
Umidità iniziale	%	40,86
Densità naturale	kg/m ³	1710,63
Densità secca	kg/m ³	1214,44
Massa volumica reale dei grani	kg/m ³	2515,05
Grado di saturazione	%	95,95
Indice dei vuoti	e	1,071
Pocket Penetrometer	kPa	\

CICLI DI CARICO

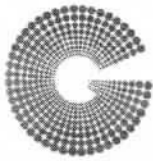
Pressione kPa	Cedimento mm	Indice dei vuoti e	Modulo Edometrico kPa	Coeff. di consolidazione cm ² /sec	Coeff. di Permeabilità cm/sec
0,00	0,000	1,071	/		
24,52	0,160	1,054	4054	\	\
49,04	0,280	1,042	5372	\	\
98,07	0,460	1,023	8710	\	\
196,14	0,680	1,001	8238	\	\
392,28	1,140	0,953	6490	\	\
784,56	2,280	0,835	8375	\	\
1569,12	3,940	0,663	13194	\	\
3138,24	5,850	0,465	\	\	\
\	\	\	\	\	\

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 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

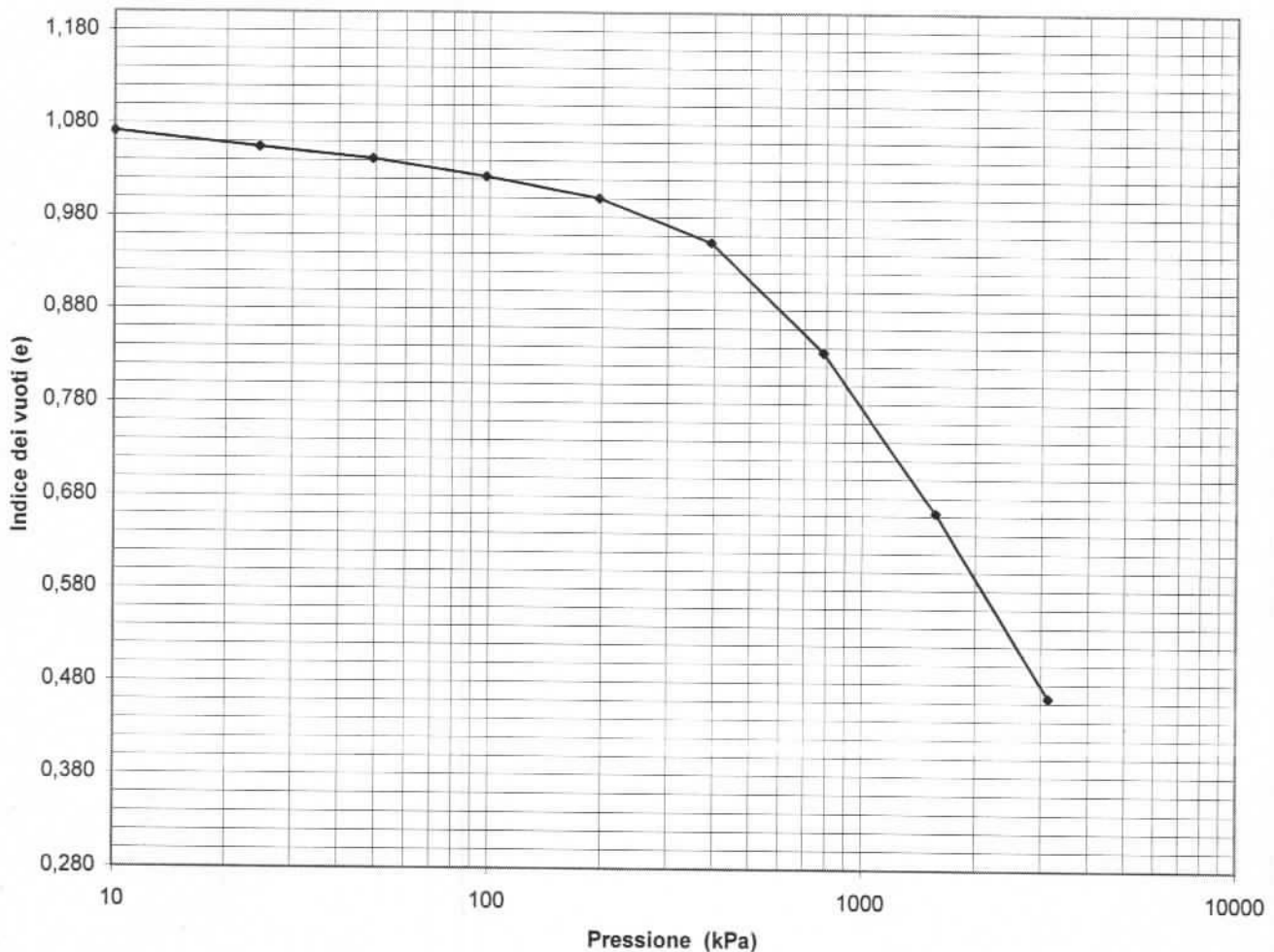
LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

V.D.A. N°	3908-24	DEL	01/06/16
COMMITTENTE	Impresa Barbarossa srl		
CANTIERE	Sarlux spa - Sarroch		
CAMPIONE	ST210-3		
UBICAZIONE	5,00 - 5,60m		
DATA PROVA	01/06/16	DATA PRELIEVO	
CERTIFICATO N.	034072	DEL	16 GIU. 2016

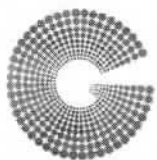
PROVA EDOMETRICA GRAFICO Indice dei vuoti-Log Pressioni



LO SPERIMENTATORE

IL DIRETTORE

Dott. Geol. Guido Demontis



Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente Imp. Barbarossa srl
 Indirizzo
 Cantiere Sarlux spa - Sarroch
 Sondaggio ST 210-3
 Campione 3908
 Profondità 5.00-5.60m

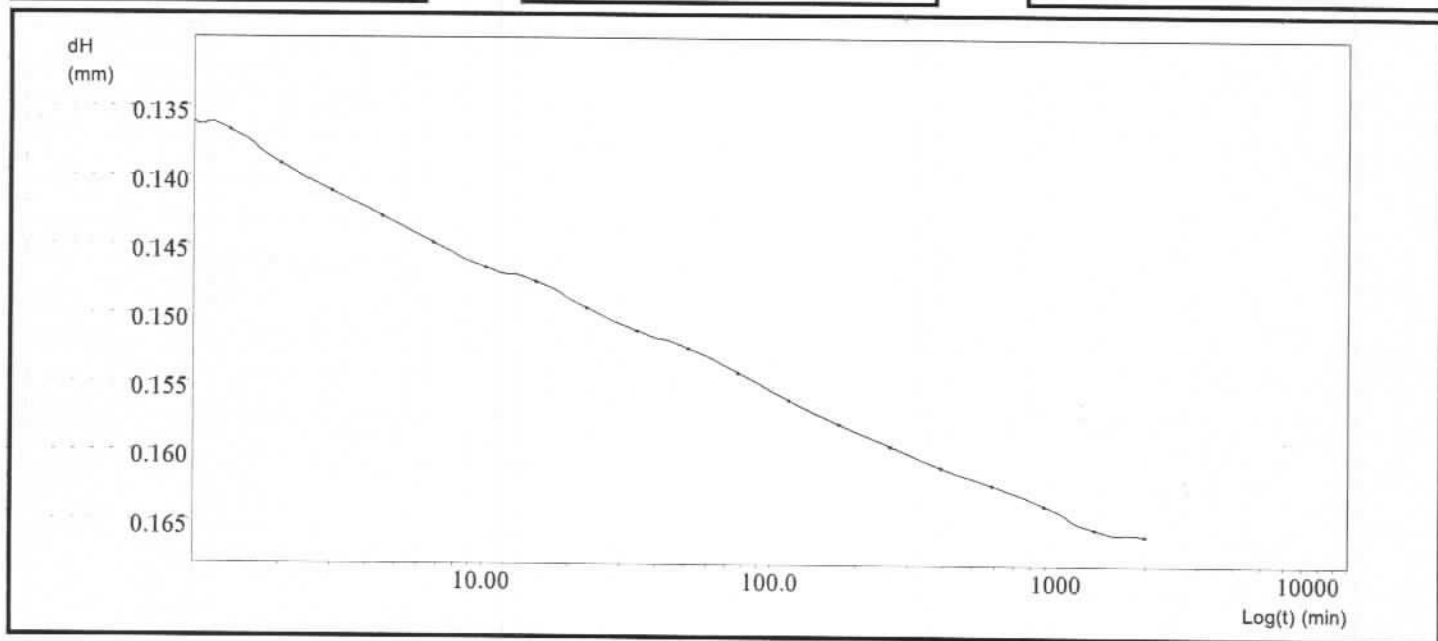
Certificato N° 034072
Data 16 GIU. 2016

Dati acquisiti del gradino 01

σ_v 25,0 Kpa

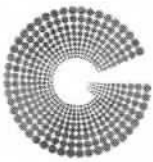
dt min	dH mm
0,40	0,128
0,60	0,132
0,90	0,135
1,35	0,137
2,02	0,139
3,04	0,141
4,56	0,143
6,83	0,145
10,25	0,147
15,37	0,148
23,05	0,150

dt min	dH mm
34,58	0,151
51,88	0,153
77,85	0,154
116,77	0,156
175,16	0,158
262,74	0,160
394,10	0,161
591,16	0,162
886,73	0,164
1330,10	0,166
1995,15	0,166



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente	Imp. Barbarossa srl
Indirizzo	
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch
Sondaggio	ST 210-3
Campione	3908
Profondità	5.00-5.60m

Certificato N°	034072
Data	16 GIU. 2016

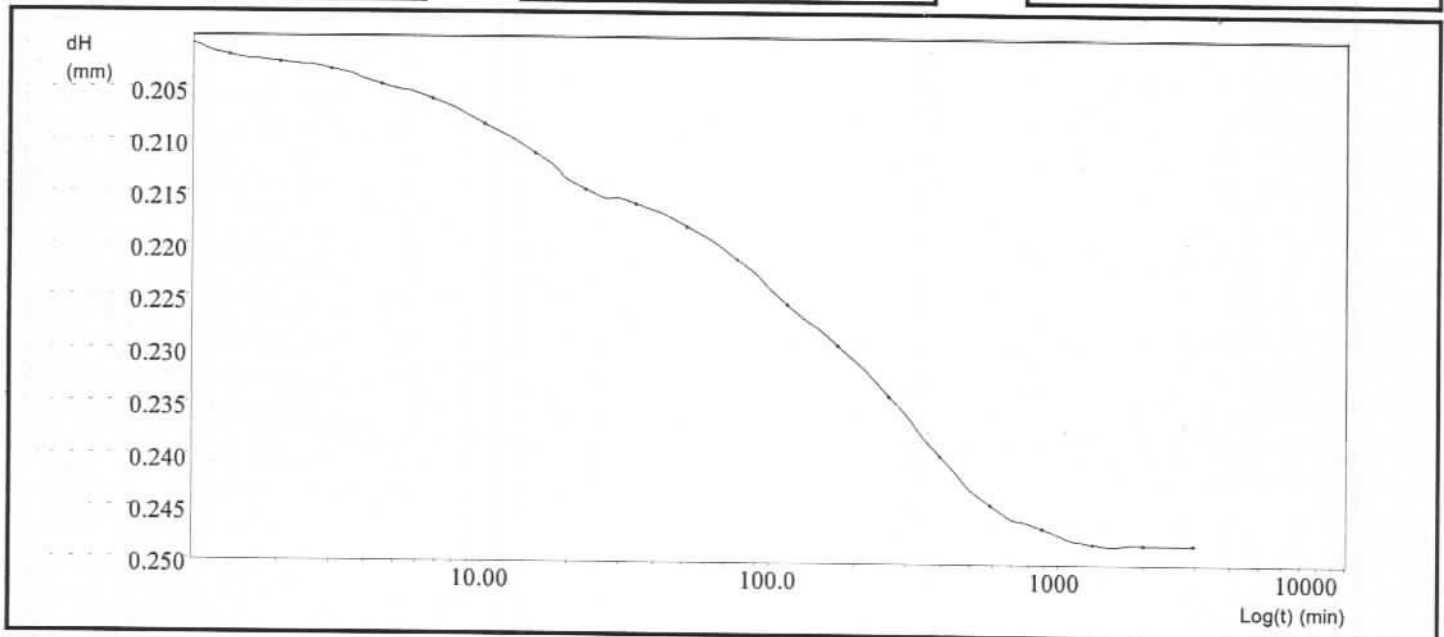
Dati acquisiti del gradino 02

σ_v 50,0 Kpa

dt min	dH mm
0,40	0,199
0,60	0,200
0,90	0,201
1,35	0,202
2,02	0,203
3,04	0,203
4,56	0,205
6,83	0,206
10,25	0,209
15,38	0,211
23,07	0,215

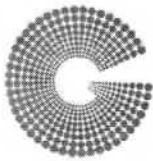
dt min	dH mm
34,60	0,216
51,90	0,218
77,85	0,221
116,77	0,226
175,16	0,229
262,74	0,234
394,10	0,240
591,16	0,245
886,74	0,247
1330,10	0,248
1995,15	0,248

dt min	dH mm
2992,73	0,248



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente	Imp. Barbarossa sri
Indirizzo	
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch
Sondaggio	ST 210-3
Campione	3908
Profondità	5,00-5,60m

Certificato N° 034072

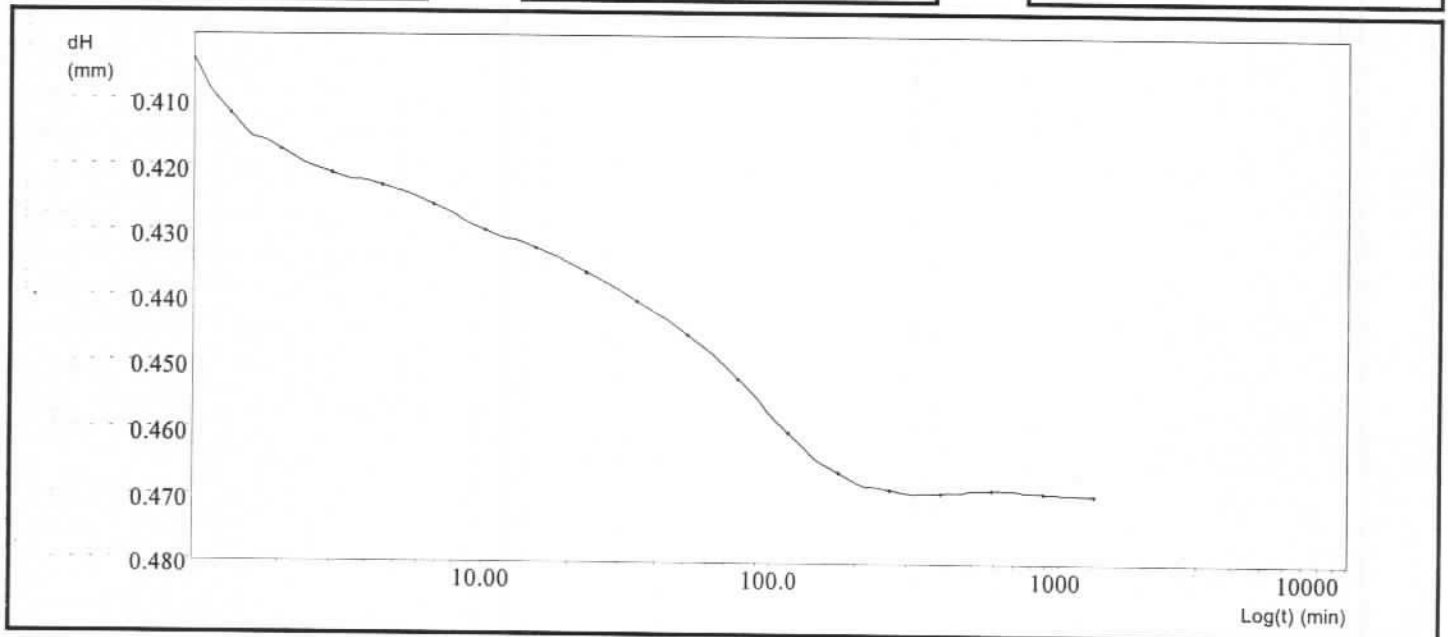
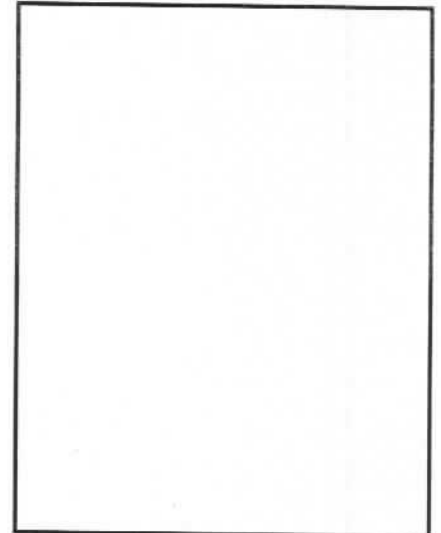
Data 16 GIU. 2016

Dati acquisiti del gradino 03

σ_v 100,0 Kpa

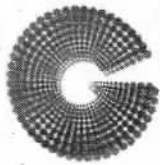
dt min	dH mm
0,40	0,372
0,60	0,388
0,90	0,400
1,35	0,412
2,02	0,418
3,04	0,421
4,55	0,423
6,83	0,426
10,25	0,430
15,38	0,433
23,07	0,436

dt min	dH mm
34,60	0,441
51,90	0,446
77,85	0,453
116,77	0,461
175,16	0,467
262,74	0,469
394,10	0,470
591,16	0,469
886,74	0,470
1330,10	0,470



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Dott. G. B. Dementis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "FILLE MATTA"
09044 QUARTU' S. PAULU' (CA) - TEL. FAX 070 8522609
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystemca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N° 78/787 CC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N° 5483 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N° 78/787 CC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N° 52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N° IT11/0996/ISO 9001 UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

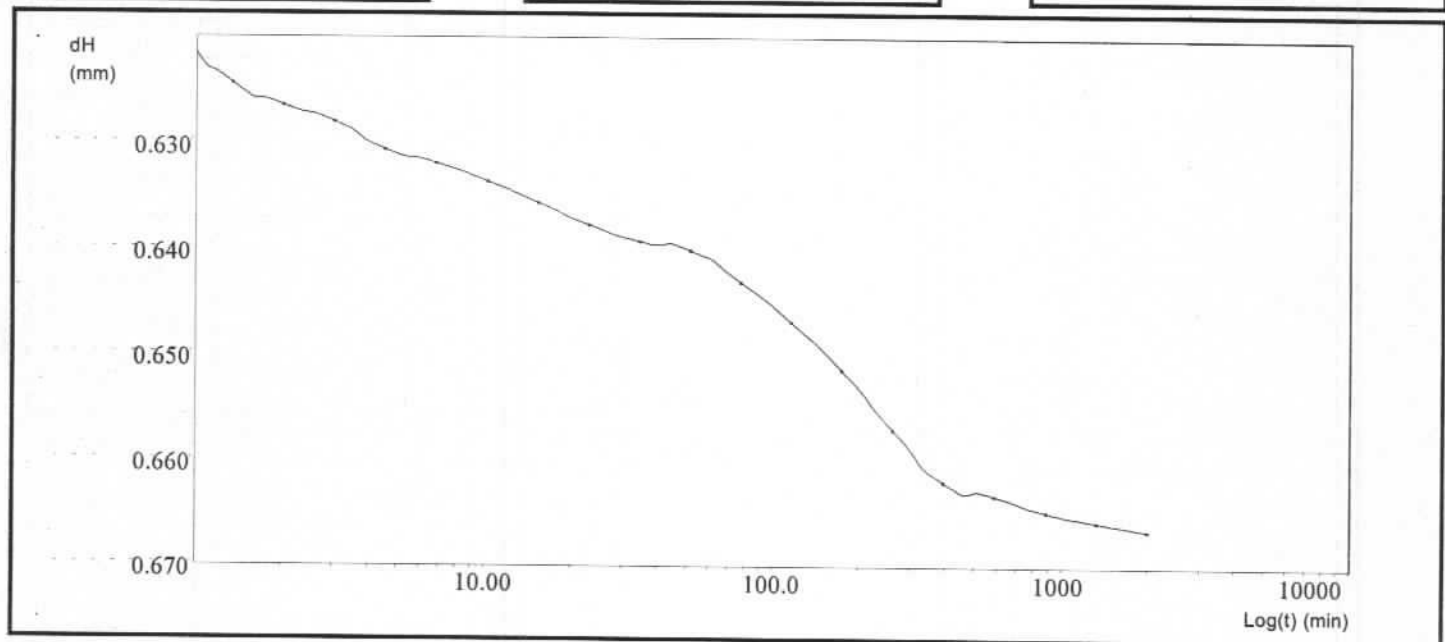
Cliente	Imp. Barbarossa srl	Certificato N° 034072 Data 16 GIU. 2016
Indirizzo		
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch	
Sondaggio	ST 210-3	
Campione	3908	
Profondità	5.00-5.60m	

Dati acquisiti del gradino 04

σ_v 200,0 Kpa

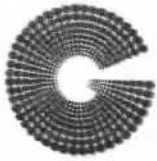
dt min	dH mm
0,40	0,594
0,60	0,609
0,90	0,619
1,35	0,625
2,02	0,627
3,04	0,628
4,55	0,631
6,83	0,632
10,25	0,634
15,38	0,636
23,05	0,638

dt min	dH mm
34,58	0,639
51,90	0,640
77,85	0,643
116,77	0,647
175,16	0,652
262,74	0,657
394,10	0,662
591,16	0,663
886,74	0,665
1330,10	0,666
1995,42	0,667



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852300
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N. 78/17/87C DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N. 54813 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N. 78/17/87C DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N. 52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N. IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente Imp. Barbarossa srl
 Indirizzo
 Cantiere Sarlux spa - Sarroch
 Sondaggio ST 210-3
 Campione 3908
 Profondità 5.00-5.60m

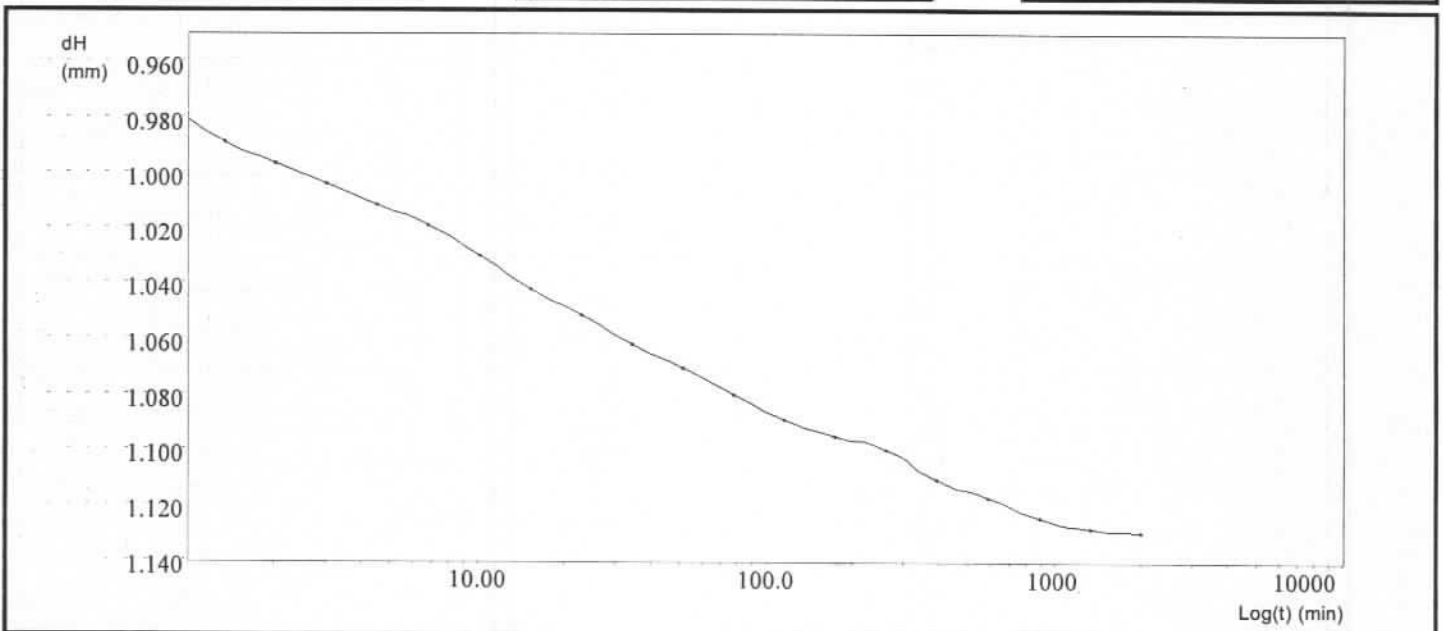
Certificato N° 034072
Data 16 GIU. 2016

Dati acquisiti del gradino 05

σ_v 400,0 Kpa

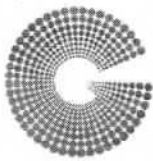
dt min	dH mm
0,40	0,956
0,60	0,967
0,90	0,978
1,35	0,989
2,02	0,997
3,04	1,005
4,56	1,012
6,83	1,020
10,25	1,031
15,37	1,043
23,05	1,052

dt min	dH mm
34,58	1,063
51,88	1,071
77,83	1,080
116,77	1,089
175,15	1,096
262,73	1,101
394,10	1,111
591,16	1,117
886,74	1,125
1330,93	1,129
1995,83	1,130



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

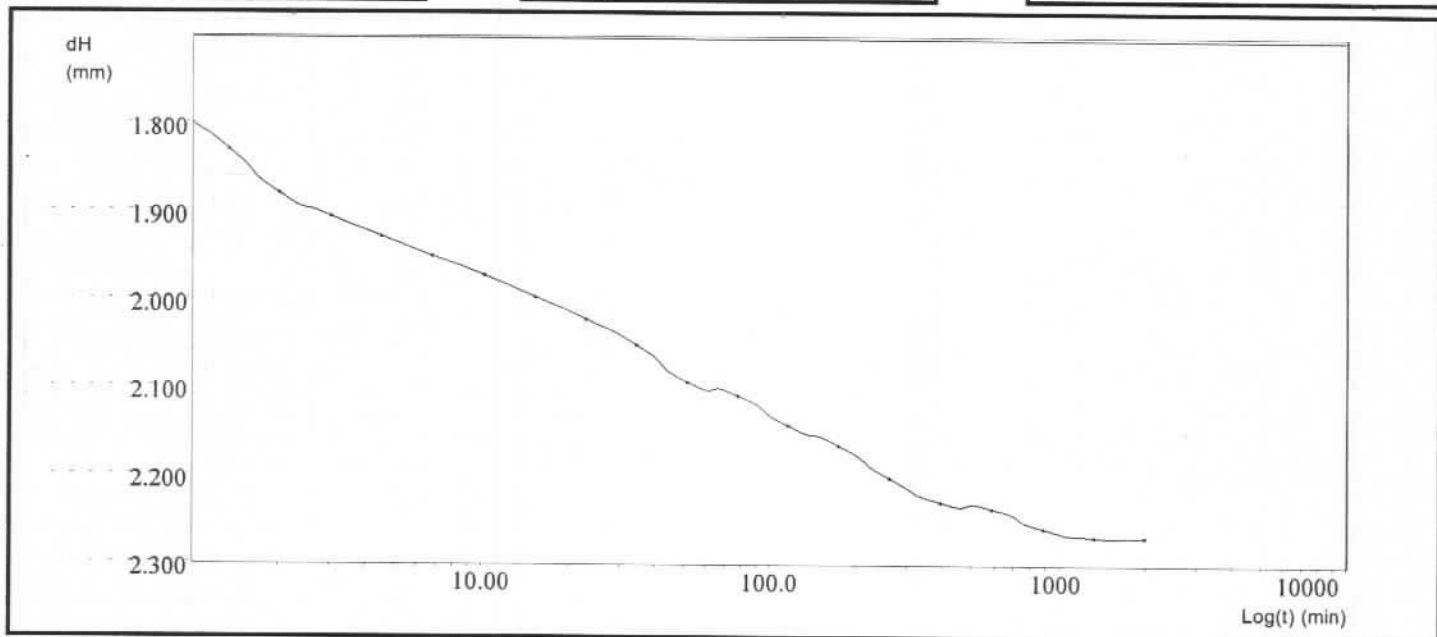
Cliente	Imp. Barbarossa srl	Certificato N° 034072 Data 16 GIU. 2016
Indirizzo		
Cantiere	Sariux spa - Sarroch	
Sondaggio	ST 210-3	
Campione	3908	
Profondità	5.00-5.60m	

Dati acquisiti del gradino 06

σ_v 800,0 Kpa

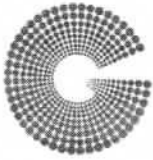
dt min	dH mm
0,40	1,618
0,60	1,727
0,90	1,787
1,35	1,832
2,02	1,881
3,04	1,907
4,56	1,930
6,83	1,953
10,25	1,975
15,37	1,999
23,07	2,024

dt min	dH mm
34,60	2,054
51,90	2,096
77,83	2,111
116,77	2,144
175,16	2,167
262,74	2,205
394,10	2,231
591,16	2,239
886,74	2,261
1330,93	2,270
1995,83	2,271



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N.7617/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N.7618/STC DEL 08/09/2010
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N.IT.11/0996 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

Cliente Imp. Barbarossa srl
 Indirizzo
 Cantiere Sarlux spa - Sarroch
 Sondaggio ST 210-3
 Campione 3908
 Profondità 5.00-5.60m

Certificato N° 034072
Data 16 GIU. 2016

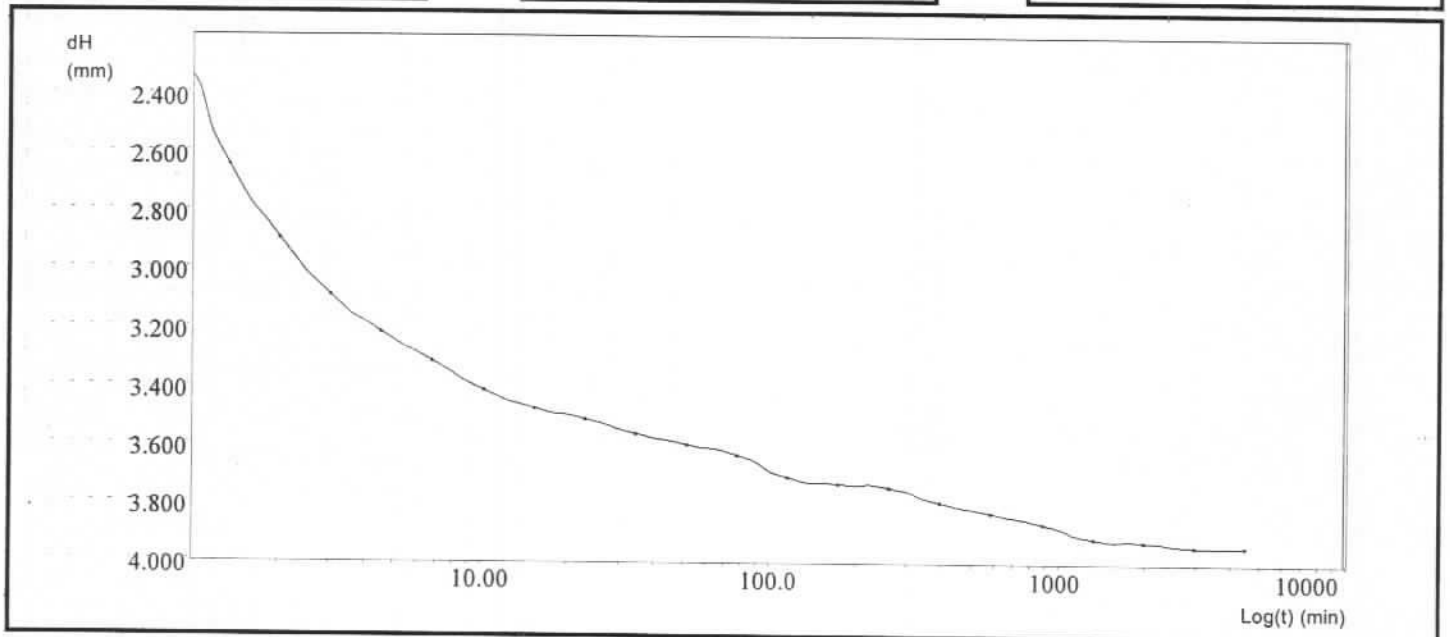
Dati acquisiti del gradino 07

σ_v 1600,0 Kpa

dt min	dH mm
0,40	2,287
0,60	2,284
0,90	2,291
1,35	2,649
2,02	2,899
3,04	3,096
4,56	3,219
6,83	3,318
10,25	3,417
15,38	3,478
23,07	3,515

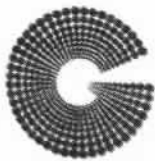
dt min	dH mm
34,60	3,565
51,90	3,602
77,85	3,639
116,77	3,713
175,16	3,737
262,74	3,750
394,10	3,799
591,16	3,836
886,74	3,873
1330,10	3,922
1995,15	3,932

dt min	dH mm
2992,72	3,948
4489,08	3,947



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



GEOSYSTEM

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"
09044 QUARTUCCIU (CA) - TEL-FAX 070 852509
email: geosystemca@yahoo.it - www.geosystem.ca.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A
CIRCOLARE N. 7617/STC DEL 08/08/2010
AUT. MINISTERO N. 54313 DEL 19/12/2005

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE
DI PROVE SUI TERRENI SETTORE A
CIRCOLARE N. 7618/STC DEL 08/08/2010
AUT. MINISTERO N. 52487 DEL 11/10/2004

LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001
CERT. N. IT 11/0998 ISO 9001/UNI EN ISO 9001:2008

Dati del Cliente

PROVA EDOMETRICA (ASTM D2435)

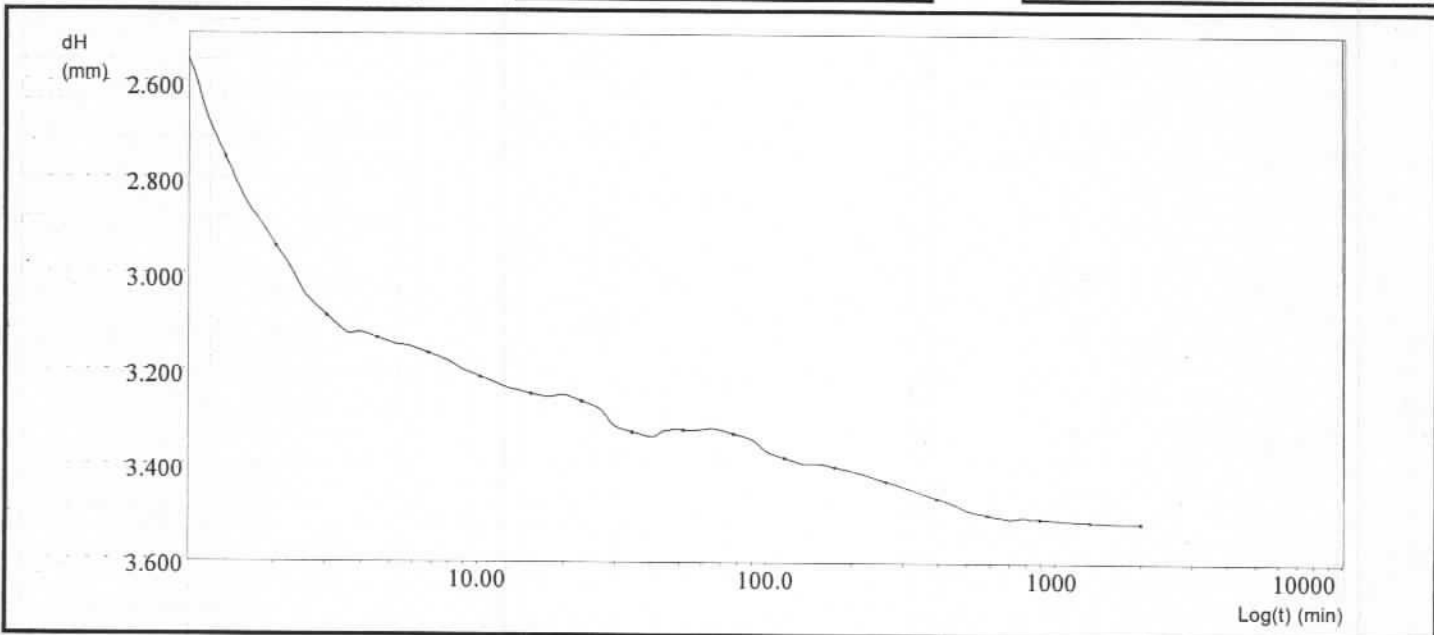
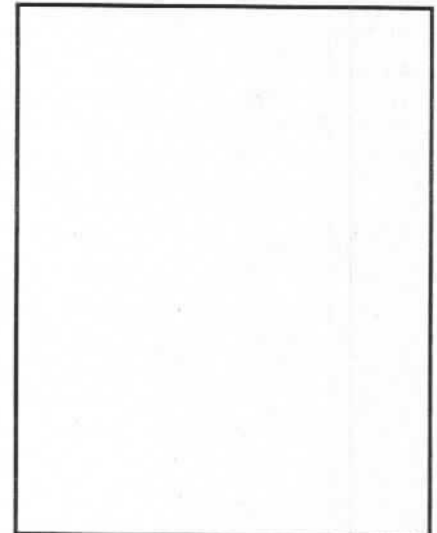
Cliente	Imp. Barbarossa srl	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Certificato N° 034072</p> <p>Data 16 GIU. 2016</p> </div>
Indirizzo		
Cantiere	Sarlux spa - Sarroch	
Sondaggio	ST 210-3	
Campione	3908	
Profondità	5.00-5.60m	

Dati acquisiti del gradino 08

σ_v 3200,0 Kpa

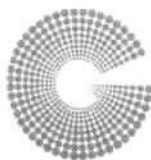
dt min	dH mm
0,40	3,952
0,60	2,315
0,90	2,492
1,35	2,758
2,02	2,942
3,04	3,088
4,56	3,135
6,83	3,165
10,25	3,215
15,38	3,250
23,07	3,265

dt min	dH mm
34,60	3,331
51,90	3,327
77,85	3,335
116,77	3,385
175,16	3,404
262,74	3,435
394,10	3,469
591,16	3,504
886,74	3,512
1330,93	3,519
1995,83	3,521



Il Direttore del Laboratorio

Lo Sperimentatore



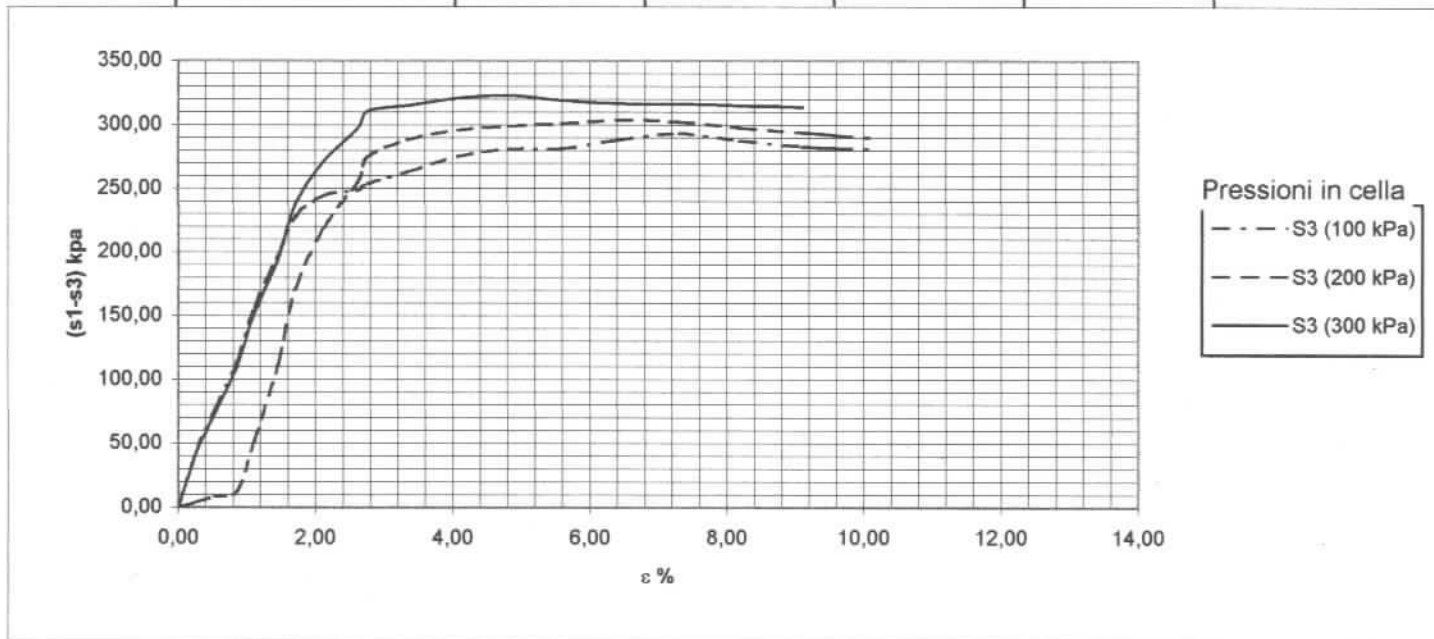
V.D.A. N° 3908-24 DEL 01/06/16
 COMMITTENTE Impresa Barbarossa Srl
 CANTIERE Sarlux SpA - Sarroch
 CAMPIONE ST. 210-3 - CIN "B" - (5,00-5,660m)
 UBICAZIONE \
 DATA PRELIEVO \ DATA PROVA 20/06/16
 CERTIFICATO N. 034109 DEL 24 GIU. 2016

PROVA TRIASSIALE UU

(ASTM D 4767/95 - AGI 1994)

Descrizione Campione:	Argilla limosa di media consistenza friabile	Pocket penetrometer:	225	kPa
		Velocità di deformazione:	0,20	mm/min

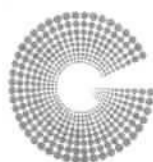
Descrizione	unità di misura	provino 1	provino 2	provino 3
Diametro provino	mm	3,81	3,81	3,81
Altezza iniziale	mm	76,20	76,20	76,20
Altezza finale	mm	70,63	71,32	71,32
Densità naturale	Kg/m ³	1711,0	1721,5	1721,6
Peso specifico	KN/m ³	25,18	25,18	25,18
Umidità naturale	%	43,98	43,98	43,98
Pressione in cella	Kpa	100,00	200,00	300,00
Tensione deviatorica	kPa	293,04	303,57	316,39
Deformazione a rottura	%	7,31	6,40	6,40



NOTE: Campioni consegnati a cura del Committente

LO SPERIMENTATORE
P.M. Roberto Aste

IL DIRETTORE
Dott. Geol. Guido Demontis



V.D.A. N° 3908-6 DEL 01/06/16
 COMMITTENTE Impresa Barbarossa Srl
 CANTIERE Sarlux SpA - Sarroch

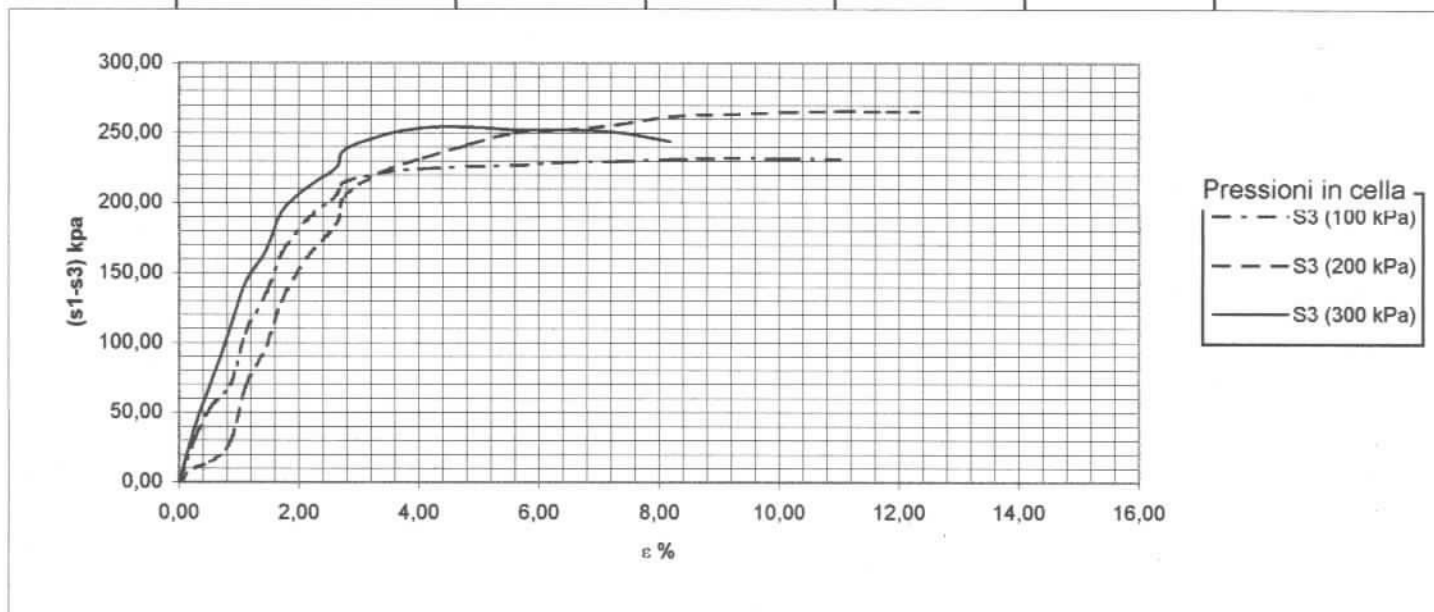
CAMPIONE ST. 209-3 - CIN "B" - (2,00-2,60m)
 UBICAZIONE \
 DATA PRELIEVO \ DATA PROVA 20/06/16
 CERTIFICATO N. 034108 DEL 24 GIU. 2016

PROVA TRIASSIALE UU

(ASTM D 4767/95 - AGI 1994)

Descrizione Campione:	Argilla limosa di media consistenza friabile	Pocket penetrometer:	225	kPa
		Velocità di deformazione:	0,20	mm/min

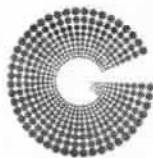
Descrizione	unità di misura	provino 1	provino 2	provino 3
Diametro provino	mm	3,81	3,81	3,81
Altezza iniziale	mm	76,20	76,20	76,20
Altezza finale	mm	69,26	67,80	72,53
Densità naturale	Kg/m ³	1615,6	1605,9	1605,2
Peso specifico	KN/m ³	25,27	25,27	25,27
Umidità naturale	%	51,24	51,24	51,24
Pressione in cella	Kpa	100,00	200,00	300,00
Tensione deviatorica	kPa	231,96	265,56	254,38
Deformazione a rottura	%	9,11	11,02	4,82



NOTE: Campioni consegnati a cura del Committente

LO SPERIMENTATORE
P.M. Roberto Aste

IL DIRETTORE
Dott. Geol. Guido Demontis



V.D.A. N° 3908-7 DEL 01/06/16
 COMMITTENTE Imp. Barbarossa Srl
 CANTIERE Sarlux SpA _ Sarroch (CA)

CAMPIONE ST 209 - 3 (4,00-4,50mn)
 UBICAZIONE \
 DATA PRELIEVO \ DATA PROVA 09/06/16

CERTIFICATO N. 134143 DEL 04 LUG. 2016

PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA DRENATA CD

(ASTM D 2850 - AGI 1994)

Descrizione del campione: Argilla limosa di media consistenza, friabile

Stato del campione : Indisturbato

Resistenza al Pocket Penetrometer : 150 Kpa

Velocità di prova: 0,005 mm/min

NOTE: La velocità di prova è stata determinata in funzione alla natura del campione secondo le tabelle AGI

Caratteristiche fisiche iniziali dei provini

		Provino 1	Provino 2	Provino 3
Altezza	(mm)	76,20	76,20	76,20
Diametro	(mm)	38,10	38,10	38,10
Volume	(cmc)	86,83	86,83	86,83
Peso specifico	(KN/m3)	25,20	25,20	25,20
Densità umida	(Kg/m3)	1721,7	1725,3	1724,5
Densità secca	(Kg/m3)	1417,5	1404,3	1406,4
contenuto in acqua iniziale	(%)	21,46	22,86	22,62
contenuto in acqua finale	(%)	20,27	19,47	19,07
Indice dei vuoti		0,778	0,795	0,792
Grado di saturazione iniziale	(%)	67,58	66,20	69,99

Fase di saturazione finale

Pressione in cella applicata(s3)	(Kpa)	400	500	600
Back Pressure applicata	(Kpa)	300	300	300
Pressione interstiziale finale Uf	(Kpa)	377	472	573
Acqua assorbita	(cm3)	3,80	4,20	4,40
Coefficiente di saturazione "B" :		0,95	0,95	0,96

Fase di Consolidazione

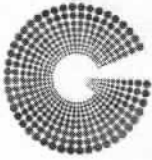
Tensione efficace s'3 = s' 1	(Kpa)	100	200	300
Acqua espulsa	(cm3)	4,20	4,60	4,80
Pressione interstiziale finale Uf	(Kpa)	319	309	317

Fase di Rottura

Tensione deviatorica (s1-s3)	(Kpa)	259,38	354,71	483,11
Deformazione assiale	(%)	6,17	8,34	6,69
Stress path (s' f)	(Kpa)	229,7	377,4	541,6
Stress path (t' f)	(Kpa)	129,7	177,36	241,56

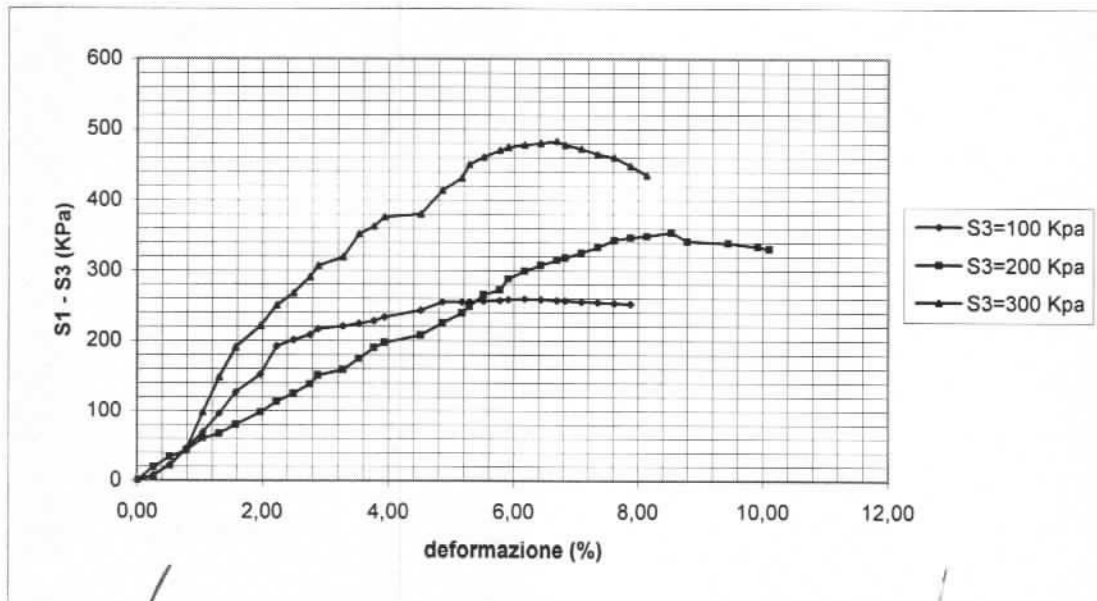
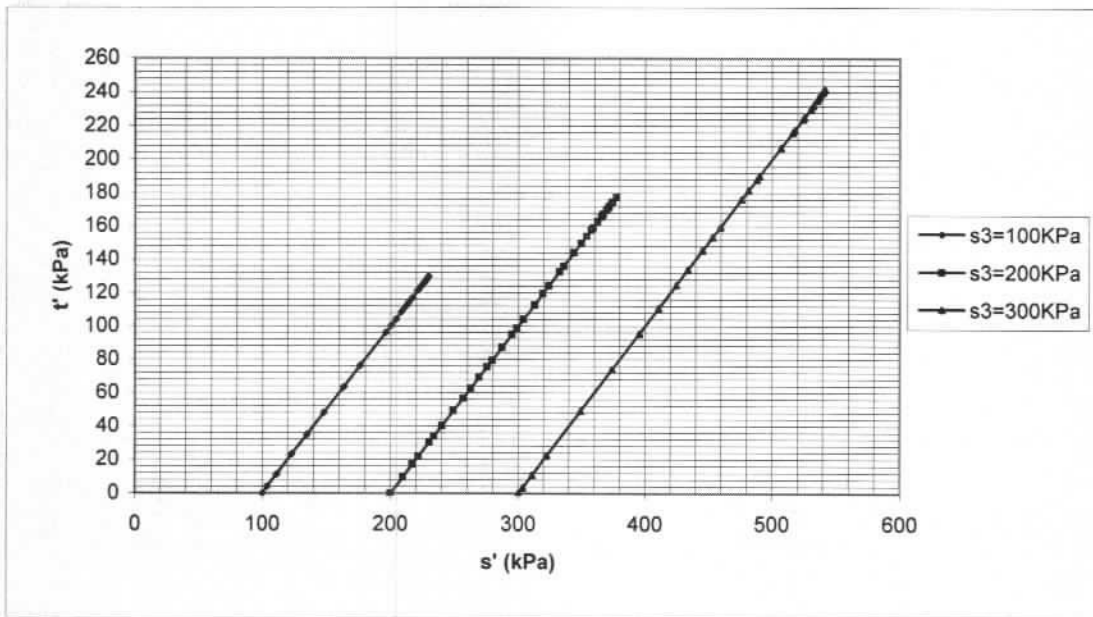
IL TECNICO
M. Roberto Aste

IL DIRETTORE
Dott. Geol. Guido Demontis



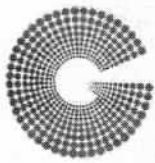
V.D.A. N°	3908-7	DEL	01/06/16
COMMITTENTE	Imp. Barbarossa Srl		
CANTIERE	Sarlux SpA _ Sarroch (CA)		
CAMPIONE	ST 209 - 3 (4,00-4,50mn)		
UBICAZIONE	\	DATA PROVA	09/06/16
DATA PRELIEVO	\		
CERTIFICATO N.	034143	DEL	04 LUG. 2016

PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA DRENATA CD
(ASTM D 2850 - AGI 1994)
FASE DI ROTTURA



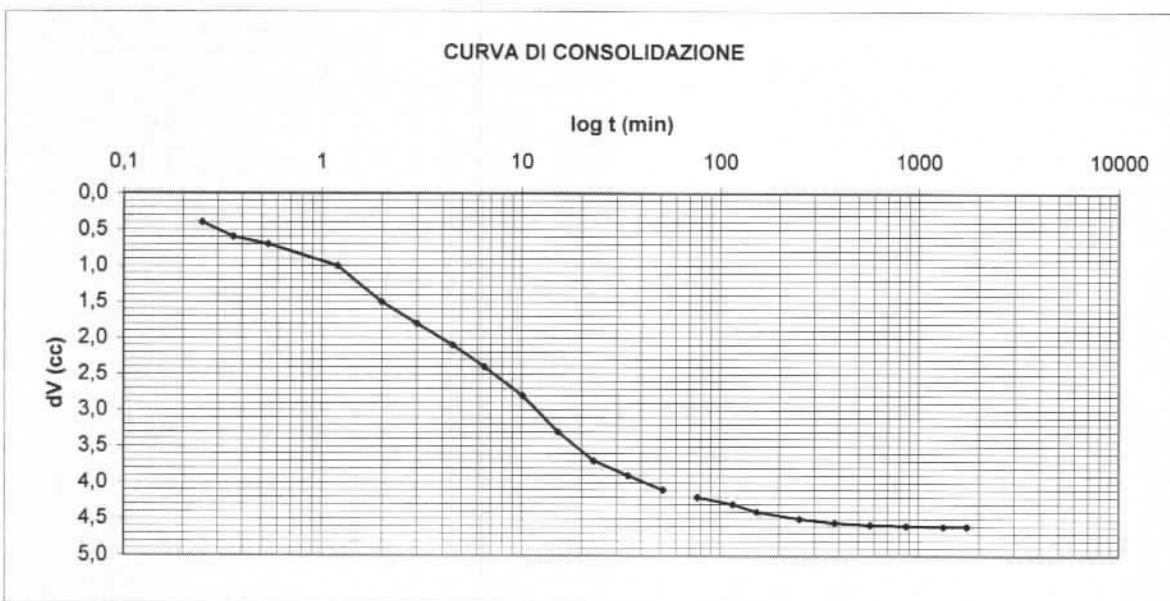
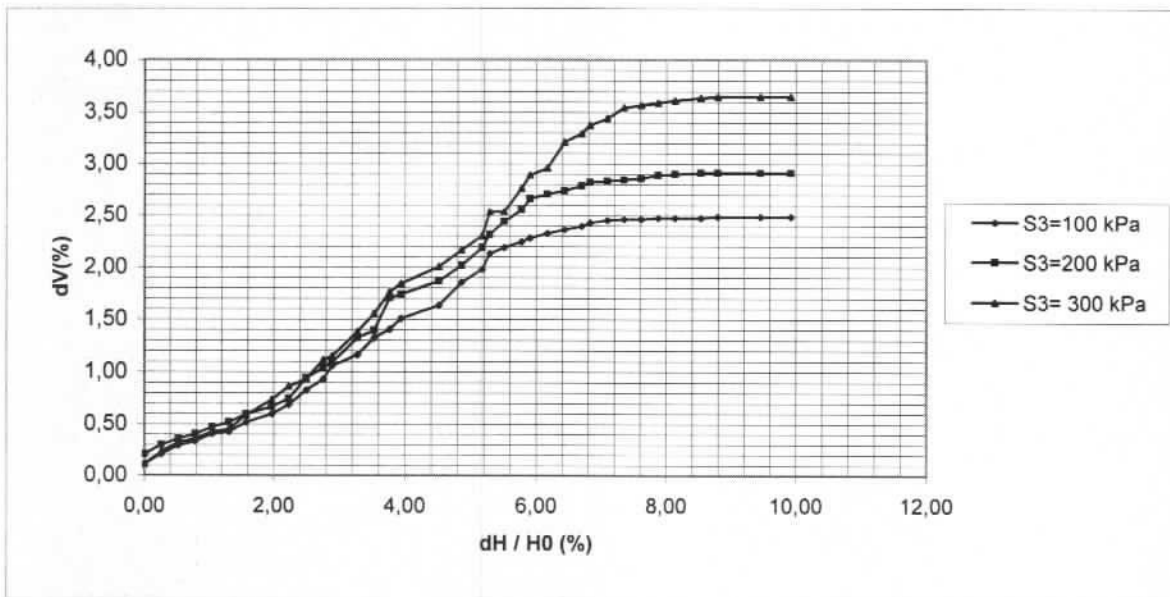
P.M. Roberto Aste

Dott. Geol. Guido Demontis



V.D.A. N° 3908-7 DEL 01/06/16
 COMMITTENTE Imp. Barbarossa Srl
 CANTIERE Sarlux SpA _ Sarroch (CA)
 CAMPIONE ST 209 - 3 (4,00-4,50mn)
 UBICAZIONE
 DATA PRELIEVO DATA PROVA 09/06/16
 CERTIFICATO N. 034143 DEL 04 LUG. 2016

PROVA TRIASSIALE CONSOLIDATA DRENATA CD
 (ASTM D 2850 - AGI 1994)
 FASE DI ROTTURA



IL TECNICO
 P.M. Roberto Aste

IL DIRETTORE
 Dott. Geol. Guido Demontis



Rapporto di prova n° 161750930

Documento emesso in data: 05/07/2016
Conforme alla richiesta N° 161610736 del: 09/06/2016
Presentata da: Geosystem di G. B. Demontis Z.I. Pill'e Matta 09044 Quartucciu (CA)

DESCRIZIONE PROVE PROVA: ANALISI CHIMICA TERRA

Punto di prelievo : Impianto Barbarossa srl Sarlux SpA
Località: Sarroch (CA)
Campionatura pervenuta il: 23/06/2016 effettuata il 23/06/2016 a cura di Committente
Caratteristiche del campione: Terra ST 209-4 Profondità 2.40 – 2.80 m
Inizio prove: 23/06/2016 Fine prove: 05/07/2016

RISULTATI

Parametro analitico	Udm	Quantità	Note	Metodo
pH	Unità di pH	8,33		EPA 9045D 2004
Cloruri	%	0,22		UNI EN 1744-1:1999
Solfati	%	0,08		UNI EN 1744-1:1999

I risultati riportati nel presente rapporto sono rappresentativi del solo campione sottoposto a prova. È vietata la riproduzione parziale del presente documento.

L' analista
Dott. Paolo Cacciuto

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Chim. Alfio Nicolosi
(Firmato digitalmente)



Rapporto di prova n° 161750931

Documento emesso in data: 05/07/2016
Conforme alla richiesta N° 161610736 del: 09/06/2016
Presentata da: Geosystem di G. B. Demontis Z.I. Pill'e Matta 09044 Quartucciu (CA)

DESCRIZIONE PROVE PROVA: ANALISI CHIMICA TERRA

Punto di prelievo : Impianto Barbarossa srl Sarlux SpA
Località: Sarroch (CA)
Campionatura pervenuta il: 23/06/2016 effettuata il 23/06/2016 a cura di Committente
Caratteristiche del campione: Terra ST 2,10-2 Profondità 5,70 – 6,00 m
Inizio prove: 23/06/2016 Fine prove: 05/07/2016

RISULTATI

Parametro analitico	Udm	Quantità	Note	Metodo
pH	Unità di pH	7,88		EPA 9045D 2004
Cloruri	%	0,14		UNI EN 1744-1:1999
Solfati	%	0,02		UNI EN 1744-1:1999

I risultati riportati nel presente rapporto sono rappresentativi del solo campione sottoposto a prova. È vietata la riproduzione parziale del presente documento.

L' analista
Dott. Paolo Cacciuto

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Chim. Alfio Nicolosi
(Firmato digitalmente)



Rapporto di prova n° 161750932

Documento emesso in data: 05/07/2016
Conforme alla richiesta N° 161610736 del: 09/06/2016
Presentata da: Geosystem di G. B. Demontis Z.I. Pill'e Matta 09044 Quartucciu (CA)

DESCRIZIONE PROVE PROVA: ANALISI CHIMICA TERRA

Punto di prelievo : Impianto Barbarossa srl Sarlux SpA
Località: Sarroch (CA)
Campionatura pervenuta il: 23/06/2016 effettuata il 23/06/2016 a cura di Committente
Caratteristiche del campione: Terra ST 2,10-4 Profondità 2,50 – 3,00 m
Inizio prove: 23/06/2016 Fine prove: 05/07/2016

RISULTATI

Parametro analitico	Udm	Quantità	Note	Metodo
pH	Unità di pH	8,37		EPA 9045D 2004
Cloruri	%	0,38		UNI EN 1744-1:1999
Solfati	%	0,07		UNI EN 1744-1:1999

I risultati riportati nel presente rapporto sono rappresentativi del solo campione sottoposto a prova. È vietata la riproduzione parziale del presente documento.

L' analista
Dott. Paolo Cacciuto

Il Direttore del Laboratorio
Dott. Chim. Alfio Nicolosi
(Firmato digitalmente)

APPENDICE B

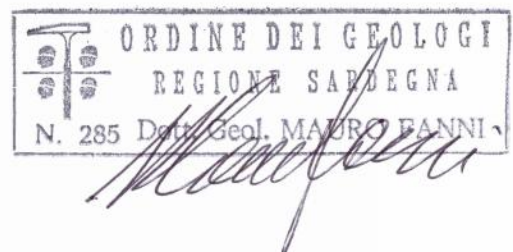
T E R G A M S.r.l. Territorio Geologia Ambiente

**Indagine Geofisica con metodologie Sismiche a Rifrazione ed in foro in
corrispondenza dell'area di sedime di due serbatoi denominati ST209 e ST210
presso la Raffineria Sarlux S.R.L. in Sarroch (Ca)**

**INDAGINE GEOFISICA CON METODOLOGIE
SISMICHE A RIFRAZIONE ED IN FORO
IN CORRISPONDENZA DELL'AREA DI SEDIME
DI DUE SERBATOI DENOMINATI ST209 E ST210
PRESSO LA RAFFINERIA SARLUX S.R.L.
IN SARROCH (CA)**

LA COMMITTENZA: SARLUX S.R.L.

DATA: GIUGNO 2016



1 - PREMESSA

Le indagini in titolo, svolte nel mese di giugno 2016, hanno riguardato l'esecuzione di indagini geofisiche, e precisamente di tre linee sismiche a rifrazione in onde P ed S, e due dispositivi down-hole con l'ausilio di un geofono tridimensionale per la determinazione della distribuzione delle onde S e P fino alla profondità di 30 metri, a corredo delle indagini geognostiche svolte per la realizzazione di due nuovi serbatoi presso la raffineria Sarlux S.r.l. in Sarroch (CA).

Di seguito verranno illustrate le attività svolte dalla Tergam S.r.l. in corrispondenza dell'area di sedime dei nuovi serbatoi denominati ST209 e ST210, nonché l'elaborazione dei dati acquisiti e la loro interpretazione.

2 - ARTICOLAZIONE E DESCRIZIONE DELL'INDAGINE GEOFISICA

2.1 Sismica a rifrazione

Il rilievo sismico a rifrazione si basa sulla misura dei tempi di percorso che le onde elastiche (P e S), indotte nel terreno artificialmente in un determinato punto, impiegano per raggiungere i ricevitori (geofoni) disposti in superficie secondo una geometria prefissata ed allineati con il punto di scoppio. Grazie ai tempi rilevati mediante i geofoni in occasione delle diverse energizzazioni indotte e alla geometria dello stendimento sismico è possibile calcolare la velocità di propagazione delle onde elastiche e determinare la profondità e lo spessore dei terreni attraversati dalle onde sismiche.

Nell'interpretazione dei dati così acquisiti occorre considerare che la sezione

sismica fornisce una stratificazione in base alla velocità di propagazione delle onde sismiche la quale non è univocamente correlabile con una stratificazione geolitologica, ma è possibile che rocce diverse risultino indifferenziate in termini di velocità di propagazione delle onde sismiche o che al contrario all'interno dello stesso litotipo vi sia una variazione in termini di velocità di propagazione delle onde sismiche determinato ad esempio dallo stato di alterazione e/o fratturazione.

2.1.1 *Modalità esecutive*

L'indagine in situ si è concretizzata con l'esecuzione di n. 3 profili sismici a rifrazione in onde P e onde S acquisiti secondo i criteri propri del metodo a rifrazione in accordo con le specifiche indicate dalla committenza (documento 08886-003S01 Studio Geotecnico Italiano).

I profili sismici sono stati tracciati secondo le indicazioni fornite dalla committenza e, ovviamente, secondo le condizioni logistiche del sito e ubicati come da planimetria allegata (All. I); i punti relativi al posizionamento dei singoli geofoni e dei punti di scoppio sono stati rilevati topograficamente con l'ausilio di una stazione totale Topcon GTS – 3B.

Due dei tre profili (denominati SR2 e SR3) hanno avuto direzione circa NW-SE mentre il terzo SR1 è risultato pressoché perpendicolare ai primi due con direzione NE-SO.

Tutti i profili sismici in onde P risultano costituiti da geofoni verticali equispaziati, collegati ad un cavo di trasmissione connesso allo strumento di acquisizione e disposti lungo direttrici il più possibile rettilinee.

Sono stati utilizzati geofoni con frequenza propria di 14 Hz infissi manualmente sul terreno in modo da ottenere un ottimo accoppiamento geofono-terreno. Lungo i profili sono stati realizzati punti di scoppio (generalmente una energizzazione ogni 2 geofoni) con una massa battente cingolata che andava ad impattare sul terreno, in modo da generare onde elastiche compressionali.

Il trigger di inizio acquisizione viene trasmesso al sismografo tramite un cavo schermato ad apertura di circuito determinato da un geofono di trigger posto nelle immediate vicinanze del punto di energizzazione.

In particolare i profili SR2 e SR3 sono stati attrezzati con n. 48 geofoni con equidistanza media pari a 1.70 m, per una lunghezza totale del profilo di 79.90 m; le energizzazioni in numero di 24 sono state eseguite in corrispondenza dei geofoni G1, G3, G5, G7, G9, G11, G13, G15, G17, G19, G21, G23, G25, G27, G29, G31, G33, G35, G37, G39, G41, G43, G45 e G48.

Il profilo SR1 è stato attrezzato con 82 geofoni con equidistanza media pari a 2.00 m per una lunghezza totale del profilo pari a 162 m. L'acquisizione dei dati è stata eseguita utilizzando 48 canali attivi, pertanto il profilo SR1 è il risultato di due linee sismiche costituite ciascuna da 48 geofoni, e sovrapposte di 26 metri (14 geofoni) in modo tale che il geofono n. 35 della prima linea sismica coincidesse con il geofono 1 della seconda linea sismica.

Le energizzazioni in numero di 24 per linea sismica, per un totale di 48, sono state eseguite in corrispondenza dei geofoni G1, G3, G5, G7, G9, G11, G13, G15, G17, G19, G21, G23, G25, G27, G29, G31, G33, G35, G37, G39, G41, G43, G45 e G48 per la prima linea e in corrispondenza dei geofoni G35, G37,

G39, G41, G43, G45, G47, G49, G51, G53, G55, G57, G59, G61, G63, G65, G67, G69, G71, G73, G75, G77, G79 e G82 per la seconda linea sismica.

Tutti i profili sismici in onde S risultano costituiti da geofoni orizzontali equispaziati, collegati ad un cavo di trasmissione connesso allo strumento di acquisizione e disposti lungo direttrici il più possibile rettilinee.

Sono stati utilizzati geofoni orizzontali con frequenza propria di 4 Hz infissi manualmente sul terreno in modo da ottenere un ottimo accoppiamento geofono-terreno e disposti perpendicolarmente rispetto alla direzione della linea sismica. Lungo i profili sono stati realizzati punti di scoppio (generalmente una energizzazione ogni 2 geofoni) con una mazza battente strumentata che andava ad impattare lateralmente su di una trave in polietilene in modo da generare prevalentemente onde elastiche trasversali. La trave in polietilene, anch'essa strumentata, è stata posizionata perpendicolarmente rispetto alla linea sismica e tenuta solidale con il terreno da un macchia operatrice cingolata. L'impatto della massa battente sulla trave in polietilene è stato generato, per ciascuna registrazione, secondo le due direzioni per consentire l'inversione di polarizzazione del segnale.

In particolare i profili SR2 e SR3 sono stati attrezzati con n. 24 geofoni con equidistanza media pari a 3.40 m, per una lunghezza totale del profilo di 79.90 m e le energizzazioni in numero di 12 sono state eseguite in corrispondenza dei geofoni G1, G3, G5, G7, G9, G11, G13, G15, G17, G19, G21 e G24.

Il profilo SR1 è stato attrezzato con 41 geofoni con equidistanza media pari a 4.00 m per una lunghezza totale del profilo pari a 160 m. L'acquisizione dei

dati è stata eseguita utilizzando 24 canali attivi, pertanto il profilo SR1 è il risultato di due linee sismiche costituite ciascuna da 24 geofoni, e sovrapposte di 24 metri (7 geofoni) in modo tale che il geofono n. 18 della prima linea sismica coincidesse con il geofono 1 della seconda linea sismica. Le energizzazioni in numero di 12 per linea sismica, per un totale di 24 sono state eseguite in corrispondenza dei geofoni G1, G3, G5, G7, G9, G11, G13, G15, G17, G19, G21 e G24 per la prima linea e in corrispondenza dei geofoni G18, G20, G22, G24, G26, G28, G30, G32, G34, G36, G38 e G41 per la seconda linea sismica.

2.2 Dispositivi down-hole

Le prove sismiche eseguite in foro consistono nel misurare il tempo necessario per le onde P e S di spostarsi tra una sorgente sismica e il ricevitore, posto lungo le pareti di un singolo foro, in modo da determinare la distribuzione delle onde elastiche nella direzione del foro. In questo caso la sorgente sismica è stata posizionata in superficie mentre il ricevitore è stato installato all'interno del foro e ancorato alle pareti grazie ad un sistema pneumatico, e successivamente posizionato a differenti profondità. Il foro è stato preventivamente rivestito in PVC e l'intercapedine tra le pareti del foro e il rivestimento è stata opportunamente cementata.

Per l'acquisizione dei dati è stato impiegato un apparato del tipo RAS-24 della ABEM Instruments, con risoluzione dei tempi di 0.125 ms, interfacciato ad un geofono tridimensionale costituito da una terna di ricevitori con frequenza naturale di 4,5 Hz posti a 45° tra loro e dei quali uno per la componente

verticale e due per la componente orizzontale.

Come sorgente di energia è stata utilizzata una massa battente strumentata impattante su una piastra metallica, per la generazione delle onde P, e su una trave di polietilene per la generazione delle onde S. La trave in polietilene, anch'essa strumentata, è stata tenuta solidale con il terreno da un macchia operatrice cingolata; l'impatto della massa battente sulla trave in polietilene è stato generato, per ciascuna registrazione, secondo le due direzioni al fine di consentire l'inversione di polarizzazione del segnale.

Le sorgenti di energia sono state collocate, previa predisposizione del piano di appoggio in modo da garantire una perfetta adesione al terreno, ad una distanza di circa 1.5 m dall'asse del foro.

In corrispondenza del foro sono state eseguite 30 registrazioni in onde P e altrettante in onde S, collocando il geofono tridimensionale a fondo-foro (31 m dal bp) e traslando lo stesso via via di 1 metro verso la superficie.

3 - ACQUISIZIONE DATI SISMICI

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo costituito da due moduli SEISTRONIX ABEM RAS - 24, per complessivi 48 canali di registrazione attiva, convertitore A/D a 24 bit, governato da p.c. portatile mediante apposito software.

La lunghezza della registrazione è stata di 20 ms, con intervallo di campionatura delle tracce di 0,125 ms. Il *time-start*, ovvero l'avvio della registrazione, è stato realizzato con sistema ad apertura di circuito mediante

l'utilizzo di un geofono di trigger per quanto concerne la sismica a rifrazione in onde P; mentre per l'esecuzione dei down-hole e della rifrazione in onde S il time-start è stato realizzato a chiusura di contatto determinato dall'impatto della massa battente strumentata sulla piastra o sulla trave anch'esse opportunamente strumentate.

La qualità del segnale in acquisizione è risultata nel complesso buona; in ogni caso l'utilizzo della tecnica di accumulo del segnale (*stacking*) ha consentito di ottenere un buon rapporto segnale/disturbo. Alla buona qualità dei dati acquisiti hanno anche contribuito importanti requisiti dell'apparato di registrazione quali il sistema d'amplificazione dei segnali di ogni singolo geofono e la dotazione di filtri.

4 - ELABORAZIONE DATI SISMICI A RIFRAZIONE

La procedura di elaborazione dei dati acquisiti consiste nell'analisi dei sismogrammi ottenuti per ciascuna registrazione dai quali si individuano manualmente, per ogni traccia registrata, i tempi di primo arrivo delle onde generate.

I set di tempi ricavati dalle registrazioni, assieme alla geometria d'acquisizione, sono stati elaborati secondo la tecnica della tomografia sismica mediante il software SeisOptPro V5.0. Il SeisOptPro usa esclusivamente i tempi di primo arrivo e la geometria d'acquisizione (X e Z dei geofoni e dei punti di scoppio) per ricavare la distribuzione delle velocità nel sottosuolo. In particolare, esso impiega una tecnica di ottimizzazione non

lineare (ASA, *Adaptive Simulated Annealing*) e lavora in termini di modellizzazione; in sintesi, viene creato un modello di velocità iniziale al quale sono associate delle dromocrone sintetiche; queste ultime vengono quindi confrontate con i dati sperimentali ed i modelli di velocità vengono progressivamente modificati sino al raggiungimento della miglior convergenza con i dati sperimentali. Non si tratta quindi di uno dei metodi classici più comunemente impiegati nella sismica a rifrazione (tempi intercetti, metodo reciproco, metodo reciproco generalizzato, ecc.), bensì di un *processing* sofisticato che, in luogo della tipica e non sempre realistica rappresentazione per strati omogenei, fornisce una sezione in cui le variazioni di velocità sono rappresentate con elevata risoluzione, secondo modalità tipiche della tomografia sismica.

I risultati ottenuti per ogni stendimento, riportati nell'allegato II, sono rappresentati mediante una tomografia sismica creata dal software di interpretazione, secondo parametri stabiliti dall'interprete, nella quale la distribuzione delle velocità nel sottosuolo viene visualizzata secondo una scala di colori. Inoltre nella sezione, per una più immediata comprensione, sono indicati i seguenti dati: la sigla del profilo, le scale planimetrica e altimetrica e la scala di velocità. Infine, occorre specificare che lo zero nella scala delle distanze di tutte le sezioni tomografiche coincide sempre con il primo geofono (G1).

5 - ANALISI TOMOGRAFIE SISMICHE A RIFRAZIONE IN ONDE P E ONDE S

Tomografia SR1 onde P

E' il risultato dell'acquisizione lungo due profili distinti, ma tra loro sovrapposti, costituiti ciascuno da 48 geofoni e 24 energizzazioni/profilo per un totale di 48 scoppi e l'indicizzazione manuale di n. 2304 primi arrivi che assieme alla geometria del profilo hanno dato luogo alla tomografia riportata in figura 1 e nell'Allegato II

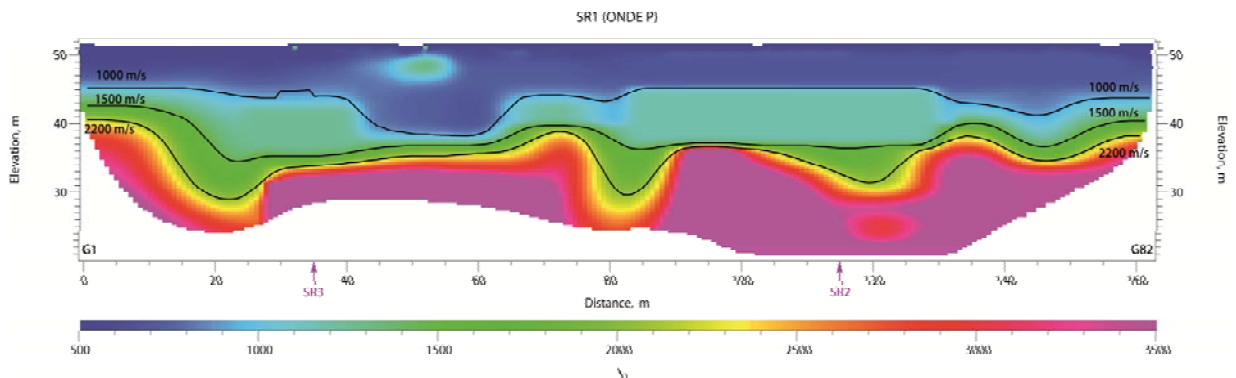


Figura 1 – Tomografia SR1 onde P

Nella tomografia oltre alla rappresentazione cromatica del campo delle velocità, sono state inserite 3 linee di isovelocità corrispondenti a 1000, 1500 e 2200 m/s che, in linea generale, rappresentano altrettante transizioni nette del campo delle velocità di propagazione delle onde sismiche.

Da una prima analisi della sezione tomografica risulta evidente che, ad esclusione della prima parte (dalla progressiva 0 a quella di 15 m), si riscontrano velocità relativamente basse e comunque inferiori a 1500 m/s nei primi 14-15 metri di profondità a partire dal p.c.. Andando in profondità si assiste ad un progressivo aumento delle velocità che sul fondo della sezione

superano i valori di 3500 m/s.

Risultano, inoltre, visibili due “minimi relativi” in corrispondenza delle progressive 20-25 metri e 80-85 metri in cui si hanno valori di velocità inferiori a 2200 m/s fino a profondità di 23-25 metri a partire dal p.c., ed un terzo, meno accentuato rispetto ai precedenti, tra la progressiva 115 e 125 m.

Tomografia SR2 onde P

E' il risultato dell'acquisizione lungo un profilo costituito da 48 geofoni e 24 energizzazioni e l'indicizzazione manuale di n. 1152 primi arrivi che assieme alla geometria del profilo hanno dato luogo alla tomografia riportata in figura 2 e nell'Allegato II.

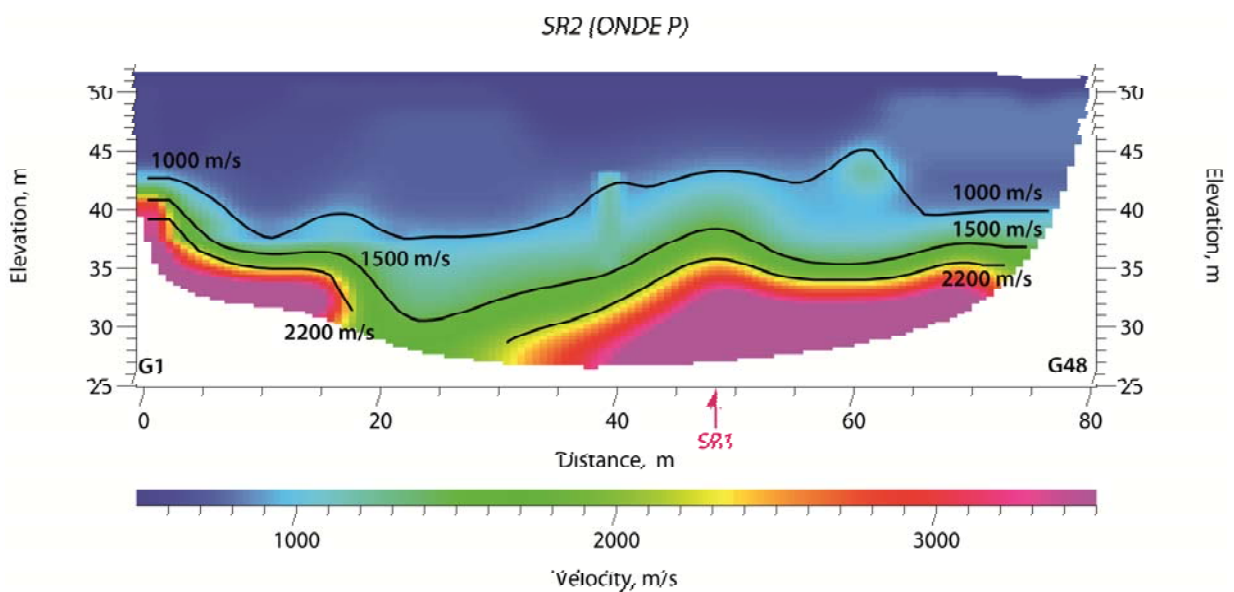


Figura 2 – Tomografia SR2 onde P

In pieno accordo con la tomografia SR1 i primi 14-15 metri di profondità sono caratterizzati da velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali inferiori a 1500 m/s e ad un progressivo aumento delle stesse (>3500 m/s)

sul fondo della sezione.

Risulta evidente tra le progressive 18-35 metri un “minimo relativo” in cui fino alle massime profondità raggiunte dall'indagine (-25 metri dal p.c.) le velocità si attestano intorno a 1800-2000 m/s.

Tomografia SR3 onde P

E' il risultato dell'acquisizione lungo un profilo costituito da 48 geofoni e 24 energizzazioni e l'indicizzazione manuale di n. 1152 primi arrivi che assieme alla geometria del profilo hanno dato luogo alla tomografia riportata in figura 3 e nell'Allegato II

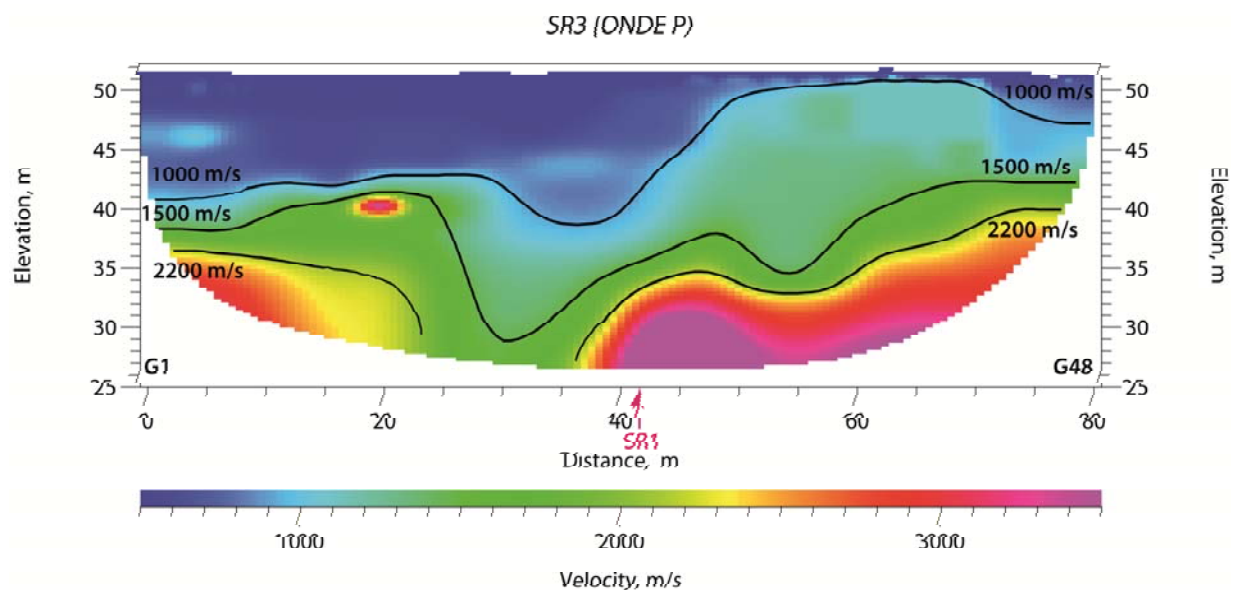


Figura 3 – Tomografia SR3 onde P

In pieno accordo con le tomografie precedenti i primi 14-15 metri di profondità sono caratterizzati da velocità di propagazione delle onde elastiche longitudinali inferiori a 1500 m/s e ad un progressivo aumento delle stesse

(>3500 m/s) sul fondo della sezione.

Risulta evidente tra le progressive 24 e 36 metri un “minimo relativo” in cui fino alle massime profondità raggiunte dall'indagine (-25 metri dal p.c.) le velocità si attestano su valori massimi di 1800-1900 m/s.

Tomografia SR1 onde S

E' il risultato dell'acquisizione lungo due profili distinti, ma tra loro sovrapposti, costituiti ciascuno da 24 geofoni orizzontali e 12 energizzazioni/profilo per un totale di 24 scoppi e l'indicizzazione manuale di n. 576 primi arrivi che assieme alla geometria del profilo hanno dato luogo alla tomografia riportata in figura 4 e 5 e nell'Allegato II; si precisa che per una più chiara interpretazione e un migliore confronto con le altre tomografie la sezione in esame è stata rappresentata secondo due diverse scale di velocità e precisamente 200-2500 m/s e 200-1500 m/s.

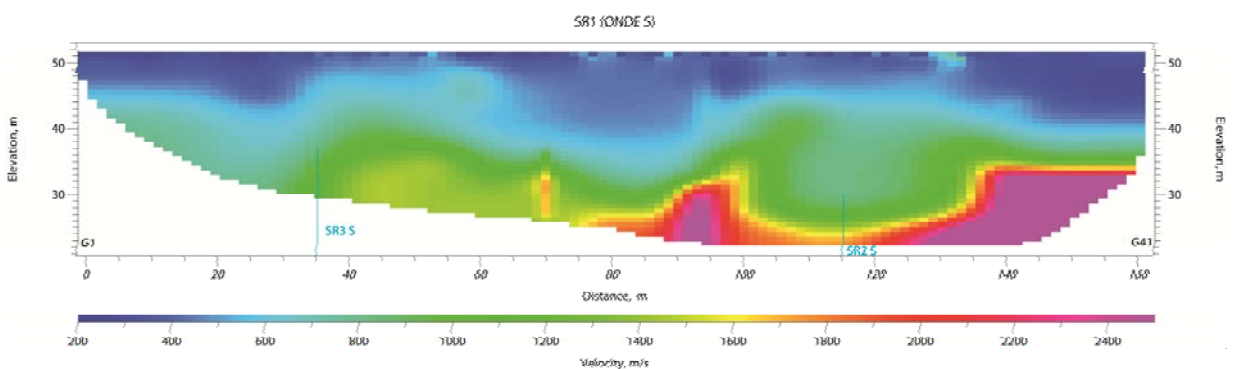


Figura 4 – Tomografia SR1 onde S (range 200-2500 m/s)

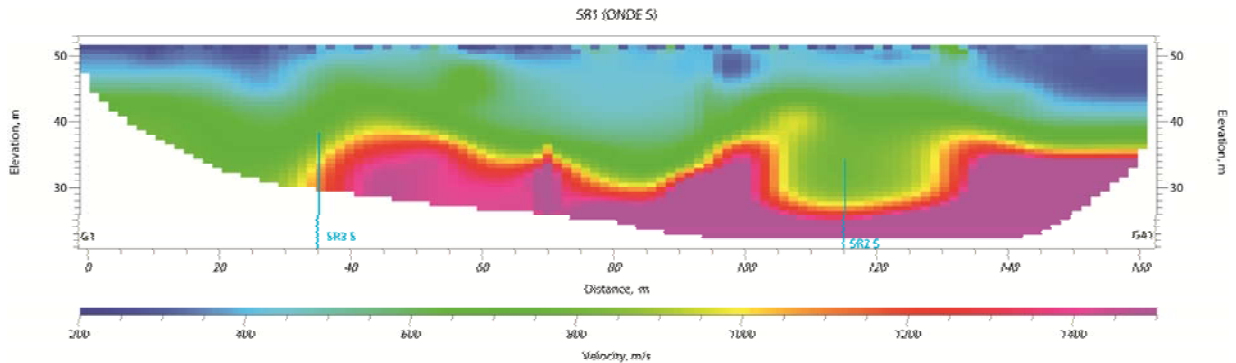


Figura 5 – Tomografia SR1 onde S (range 200-1500 m/s)

Da una prima analisi risulta evidente che fino ad una profondità di circa 14-15 metri a partire dal p.c. le velocità di propagazione delle onde S non superano i valori di 800-900 m/s per poi aumentare progressivamente con la profondità con valori medi di circa 2000-2200 m/s e massimi di 2500 m/s. In accordo con la tomografia eseguita in onde P si riscontra la presenza di due “minimi relativi” tra le progressive 80-85 metri e 108-125 metri in cui si riscontrano valori di velocità 900 m/s fino a profondità di circa 20-22 metri dal p.c.

Tomografia SR2 onde S

E' il risultato dell'acquisizione lungo un profilo costituito da 24 geofoni e 12 energizzazioni e l'indicizzazione manuale di n. 288 primi arrivi che assieme alla geometria del profilo hanno dato luogo alla tomografia riportata in figura 6 e nell'allegato II.

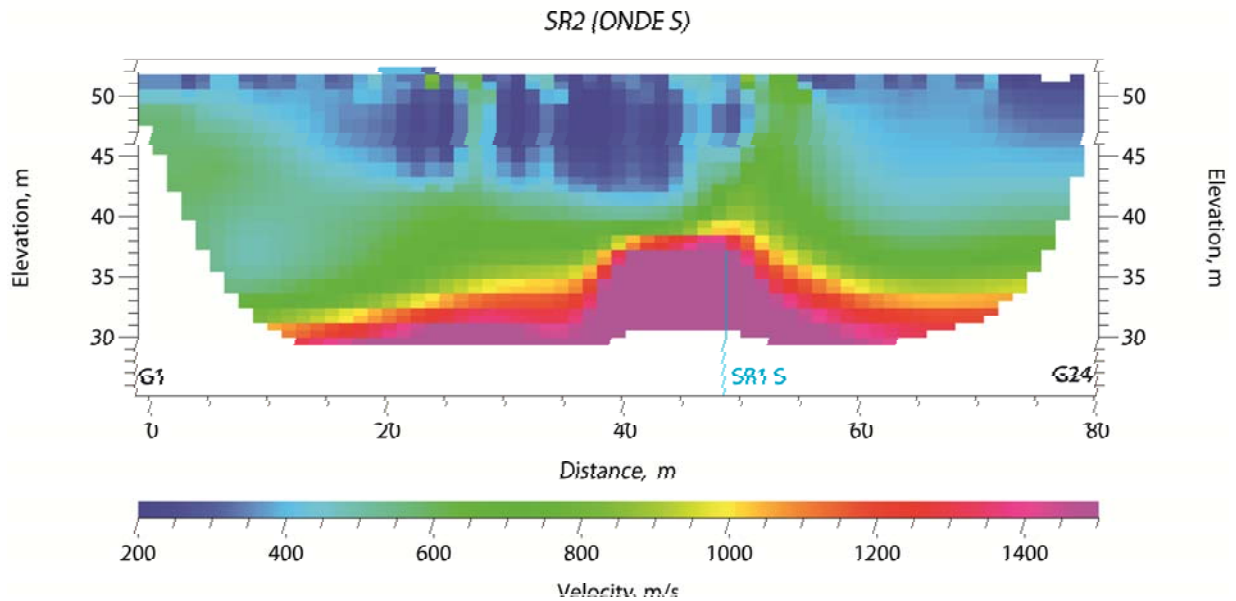


Figura 6 – Tomografia SR2 onde S

In accordo con la tomografia SR1 fino ad una profondità di circa 14-15 metri a partire dal p.c. le velocità di propagazione delle onde S non superano i valori di 800-900 m/s ad eccezione di un massimo tra le progressive 40-50 m (in accordo con la tomografia in onde P) in cui tali valori si riscontrano a circa 12 m dal p.c.. I valori di velocità delle onde S tendono, poi, ad aumentare con la profondità fino a raggiungere valori massimi di circa 1500 m/s.

Tomografia SR3 onde S

E' il risultato dell'acquisizione lungo un profilo costituito da 24 geofoni e 12 energizzazioni e l'indicizzazione manuale di n. 288 primi arrivi che assieme alla geometria del profilo hanno dato luogo alla tomografia riportata in figura 7 e nell'Allegato II.

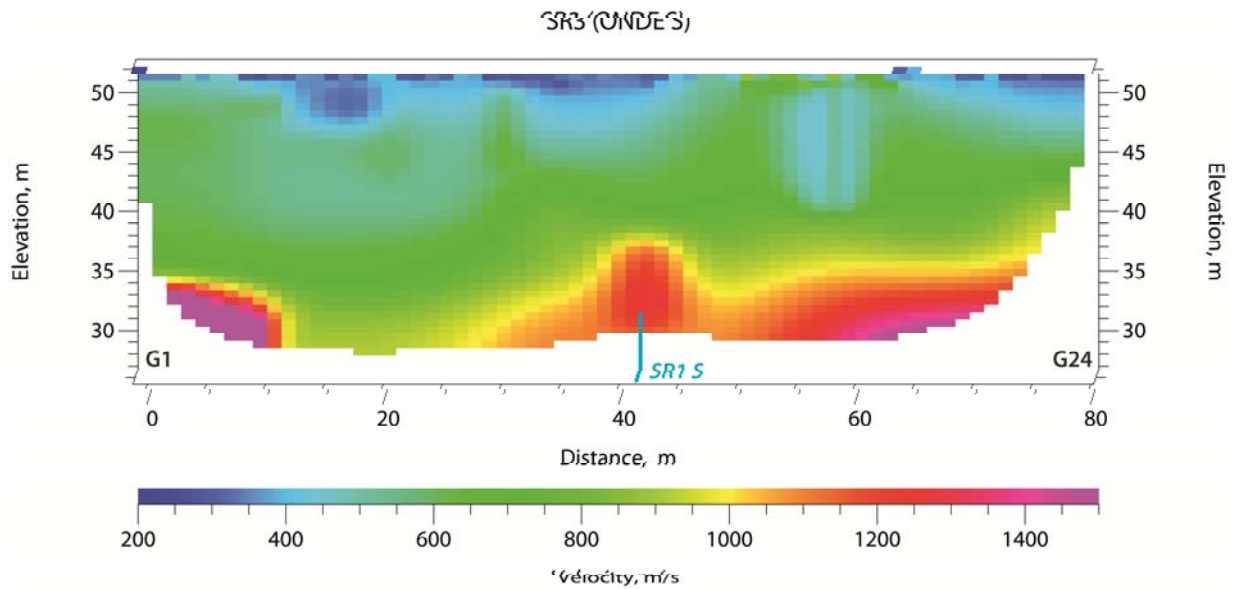


Figura 7 – Tomografia SR3 onde S.

In discreto accordo con le tomografie precedenti fino ad una profondità di circa 15-16 metri a partire dal p.c. le velocità di propagazione delle onde S non superano i valori di 800-900 m/s.

In accordo con la tomografia eseguita in onde P si riscontra la presenza di un minimo relativo tra le progressive 25-30 metri e la presenza di un massimo relativo alla progressiva 40 metri dal p.c.

6 - ANALISI DISPOSITIVI DOWN-HOLE

Al fine di interpretare correttamente i dati, i tempi di tragitto misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore sono stati corretti per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde, in quanto le energizzazioni non sono state effettuate in corrispondenza del boccapazzo, ma bensì ad una distanza

di circa 1.5 metri. Calcolati i tempi corretti sia per le onde P sia per le onde S, sono stati stilati i grafici T_p e T_s CORRETTO in funzione della profondità, in modo che la velocità media delle onde sismiche, in strati omogenei di terreno, sia rappresentata dall'inclinazione dei segmenti di retta lungo i quali sono allineati i dati sperimentali. Inoltre è stato redatto il grafico della velocità di propagazione delle onde S in funzione della profondità.

Dispositivo down-hole ST209_4

Per quanto attiene il grafico relativo ai tempi di primo arrivo delle onde P e delle onde S risulta evidente una variazione nella distribuzione dei dati in corrispondenza della profondità di circa 14 metri dal p.c., dove si assiste ad una variazione di pendenza, e quindi un aumento della velocità, delle linee di interpolazione dei dati (vedi Allegato III). Tale variazione di velocità risulta in accordo con quella messa in evidenza dalle tomografie sismiche a rifrazione in onde S e P con particolare riferimento alla tomografia SR1.

Per quanto attiene i valori assoluti di velocità di propagazione delle onde P ed S questi risultano inferiori rispetto a quelli misurati con la tecnica della rifrazione; tale diversità potrebbe essere attribuita alle variazioni indotte all'ammasso roccioso durante le fasi di realizzazione del foro.

Per quanto attiene i valori di velocità delle onde S i primi 14 metri sono caratterizzati da valori inferiori a 700 m/s, mentre fino alla profondità di 30 metri i valori si attestano intorno a 1000 m/s.

Nella tabella seguente vengono riportati i valori di V_p e V_s per le diverse profondità.

ST209_4		
Profondità (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)
0.99	320	689
1.99	410	799
2.99	501	837
3.99	533	831
4.99	600	951
5.99	686	1190
6.99	704	947
7.99	697	1010
8.99	714	1056
9.99	784	1008
10.99	818	1037
11.99	794	1145
12.99	775	1201
13.99	776	1272
14.99	806	1310
15.99	850	1361
16.99	853	1433
17.99	847	1492
18.99	856	1524
19.99	853	1554
20.99	964	1582
21.99	884	1597
22.99	826	1578
23.99	878	1613
24.99	984	1636
25.99	986	1679
26.99	978	1700
27.99	973	1751
28.99	968	1794
29.99	975	1841

Tabella 1 – Valori di velocità onde P e onde S dispositivo DH ST209_4

Dispositivo down-hole ST210_4

Per quanto attiene il grafico relativo ai tempi di primo arrivo delle onde P e delle onde S, anche in corrispondenza di tale dispositivo, risulta evidente una variazione nella distribuzione dei dati in corrispondenza della profondità di circa 14 metri dove si assiste ad una variazione di pendenza, e quindi un aumento della velocità, delle linee di interpolazione dei dati (più evidente per i tempi relativi alle onde P rispetto a quelli delle onde S) (vedi Allegato III). Tale variazione di velocità risulta in accordo con quella messa in evidenza dalle tomografie sismiche a rifrazione in onde S e P, con particolare riferimento alla tomografia SR1.

Anche in questo caso per quanto attiene i valori assoluti di velocità di propagazione delle onde P ed S, questi risultano inferiori rispetto a quelli misurati con la tecnica della rifrazione; tale diversità potrebbe essere attribuita alle variazioni indotte all'ammasso roccioso durante le fasi di realizzazione del foro.

Per quanto attiene i valori di velocità delle onde S i primi 14 metri sono caratterizzati da valori inferiori a 700 m/s, mentre fino alla profondità di 30 metri i valori si attestano intorno a 900 m/s.

Nella tabella seguente vengono riportati i valori di V_p e V_s per le diverse profondità.

ST210_4		
Profondità (m)	Vs (m/s)	Vp (m/s)
1.14	299	562
2.14	328	617
3.14	468	783
4.14	526	940
5.14	569	1087
6.14	602	1209
7.14	614	1167
8.14	586	897
9.14	658	912
10.14	710	1108
11.14	716	1276
12.14	672	1359
13.14	807	1556
14.14	818	1257
15.14	779	1551
16.14	743	1741
17.14	728	1720
18.14	765	1725
19.14	806	1764
20.14	800	1836
21.14	815	1883
22.14	825	1939
23.14	829	1968
24.14	867	2041
25.14	901	2100
26.14	947	2123
27.14	878	2185
28.14	882	2201
29.14	887	2283
30.14	894	2323

Tabella 1 – Valori di velocità onde P e onde S dispositivo DH ST209_4

7 – INTERPRETAZIONE INDAGINE SISMICA

Da una valutazione complessiva dei risultati ottenuti dall'indagine sismica a rifrazione in onde P, tenendo in debita considerazione le caratteristiche litologiche riscontrate dalle indagini dirette è possibile, in linea generale, individuare la presenza di quattro strati:

I strato: caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P inferiore a 1000 m/s, riconducibile ai terreni incoerenti dei depositi alluvionali e/o la coltre superficiale delle vulcaniti alterate e/o intensamente fratturate; tale strato in corrispondenza della tomografia SR1 mostra uno spessore costante e lo si riscontra sino a profondità di 6-7 metri dal p.c., mentre in corrispondenza delle sezioni SR2 e SR3 mostra un andamento decisamente più irregolare con profondità media di 7-8 metri dal p.c. che, come risulta evidente nella sezione SR3, si assottiglia decisamente (spessore 1-2 metri) verso sud est tra le progressive 50-80 m.

II strato: caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P comprese tra 1000 e 1500 m/s, riconducibile alle vulcaniti intensamente fratturate e/o alterate; tale strato in corrispondenza della sezione SR1, se si esclude il primo tratto tra le progressive 0 e 15 metri, presenta una potenza costante dell'ordine di 7-8 metri e, pertanto, raggiunge una profondità di circa 14 metri dal p.c.

III strato: caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P comprese tra 1500 e 2200 m/s, riconducibile alle vulcaniti mediamente fratturate e/o alterate.

IV strato: caratterizzato da velocità di propagazione delle onde P superiore a 2200 m/s, riconducibile alle vulcaniti debolmente fratturate e/o alterate.

Inoltre risulta evidente nelle tomografie SR2 e SR3, rispettivamente tra le progressive 18-30 metri e 23-35 metri, la presenza di un “minimo relativo” dovuto con ogni probabilità ad un intensa zona di fratturazione e/o alterazione delle vulcaniti. Tale minimo è presente sino alla massima profondità raggiunta dall'indagine pari a circa 23 metri dal p.c. e pertanto risulta indefinito inferiormente.

Lo stesso andamento risulta rimarcato anche nella tomografia SR1 in corrispondenza delle progressive 15-20 metri, 75-80 metri e 115-120 metri, ma in questo caso la geometria dello stendimento ha consentito di raggiungere profondità d'indagine maggiori e pertanto è stato possibile intercettare le litologie vulcaniche debolmente fratturate con valori di velocità delle onde P superiori a 2200 m/s.

Per quanto riguarda le indagini geofisiche nel loro complesso è possibile affermare che esiste un'ottima corrispondenza dei risultati relativi alle indagini sismiche a rifrazione sia in onde P sia in onde S, per quanto attiene la distribuzione delle loro di velocità anche nei punti di intersezione dei diversi profili eseguiti, nonché una buona corrispondenza con le risultanze delle indagini dirette.

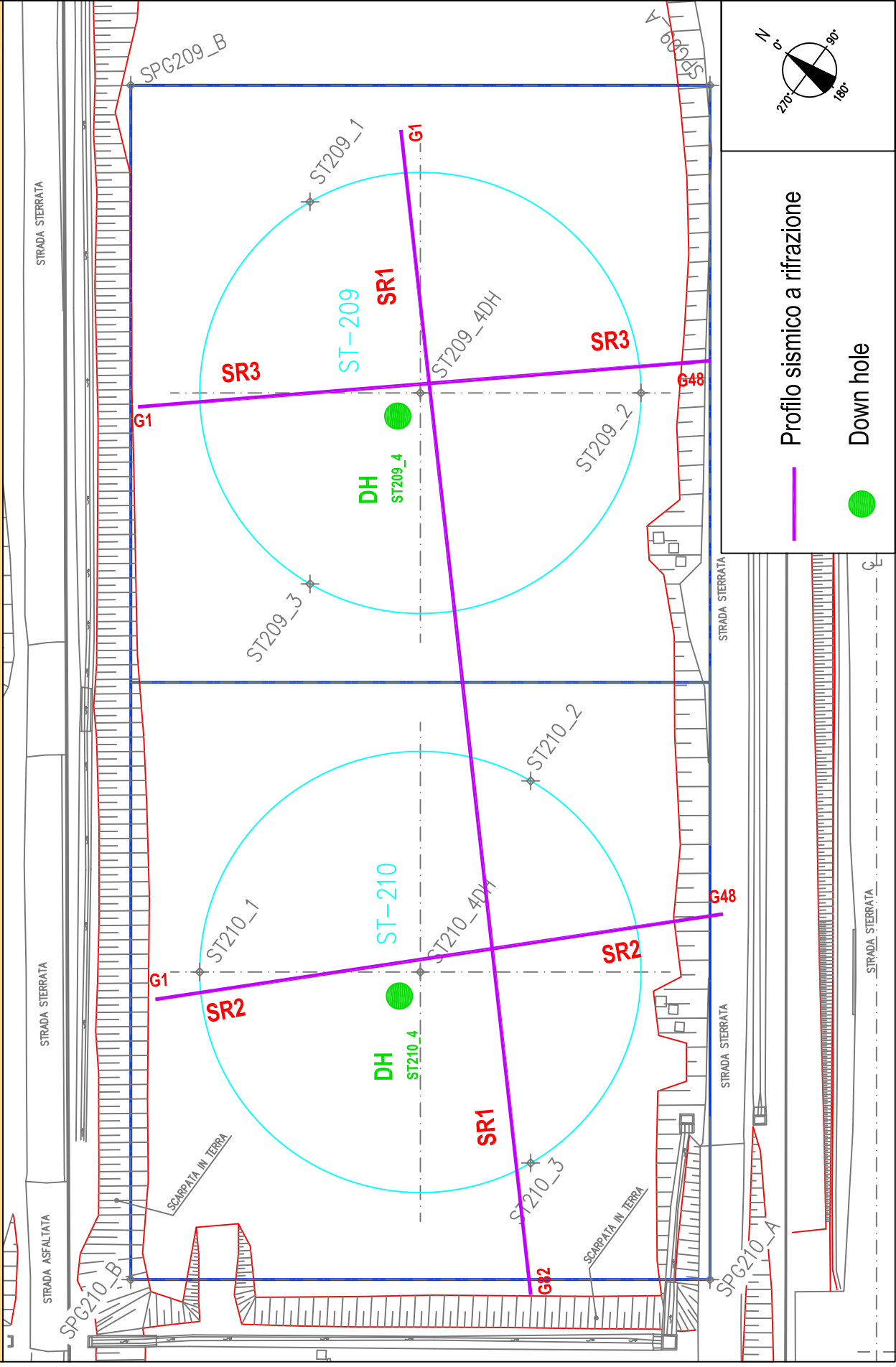
Come detto in precedenza si riscontra una differenza tra i valori assoluti di velocità di propagazione delle onde P ed S misurati con la tecnica della rifrazione con quelli misurati con la sismica in foro che sono risultati più

bassi a parità di profondità. Tale differenza è probabilmente attribuibile alle modalità di esecuzione del foro che potrebbero aver influito sulle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso.

ALLEGATO I

UBICAZIONE INDAGINI SISMICHE

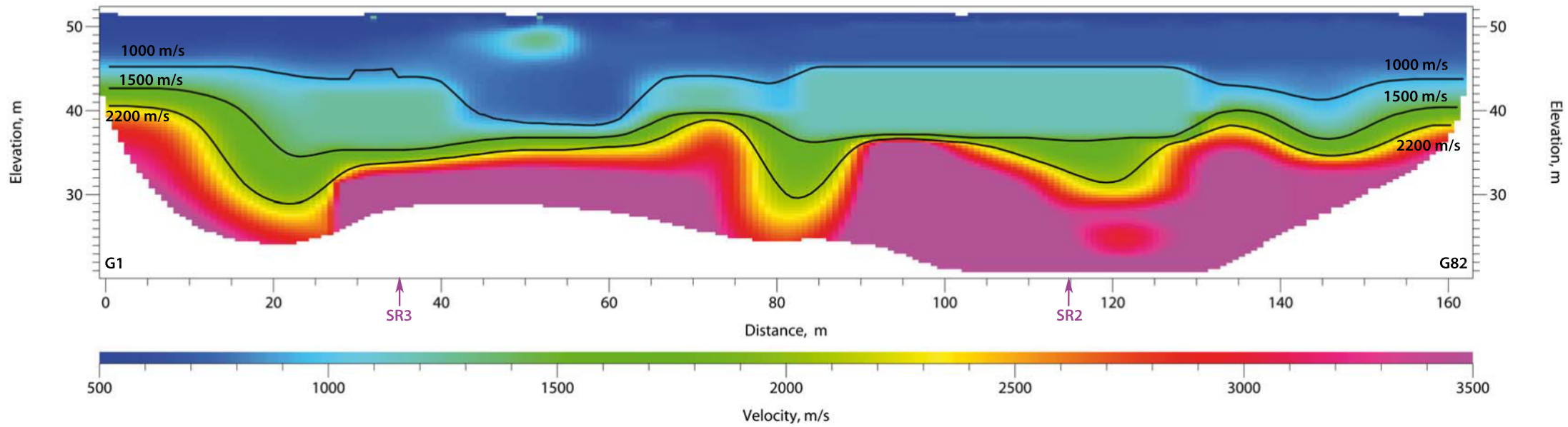
UBICAZIONE INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE E IN FORO



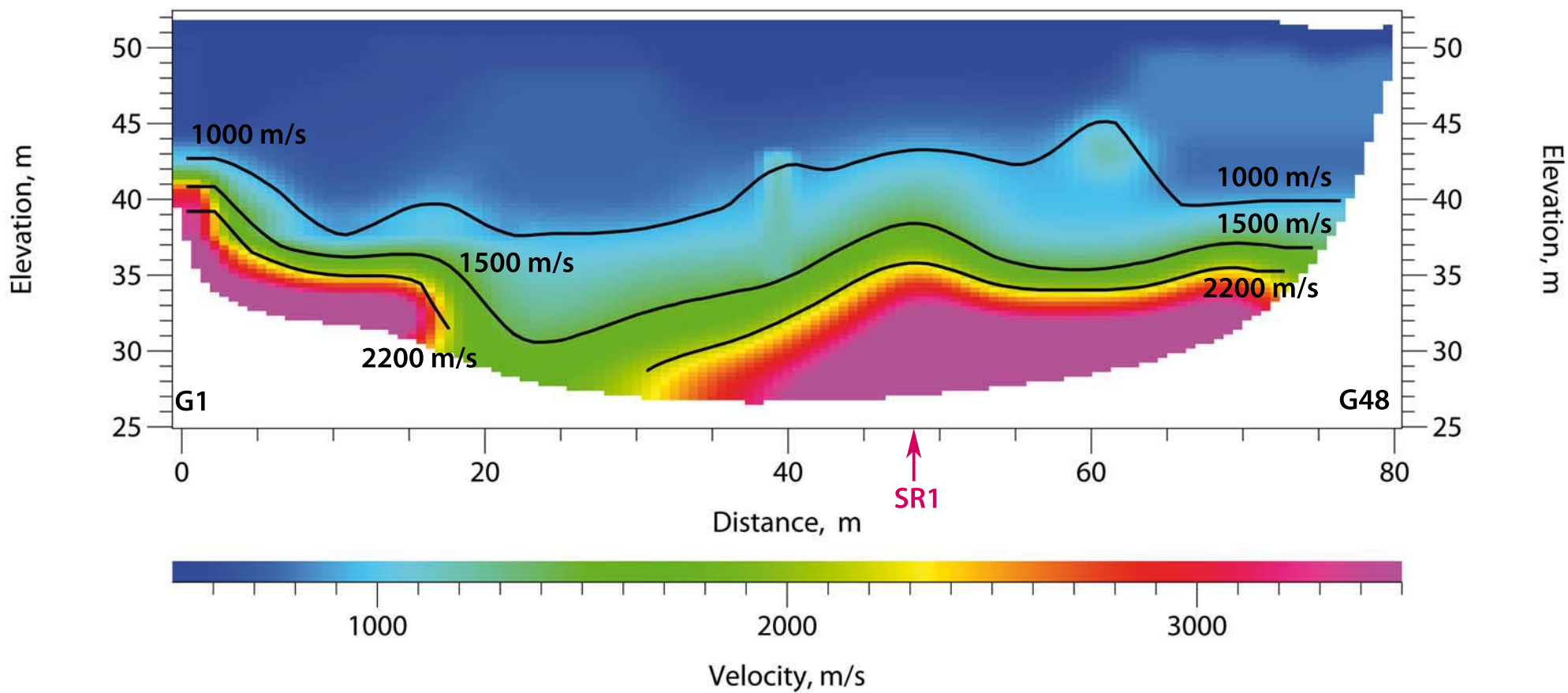
ALLEGATO II

TOMOGRAFIE SISMICHE

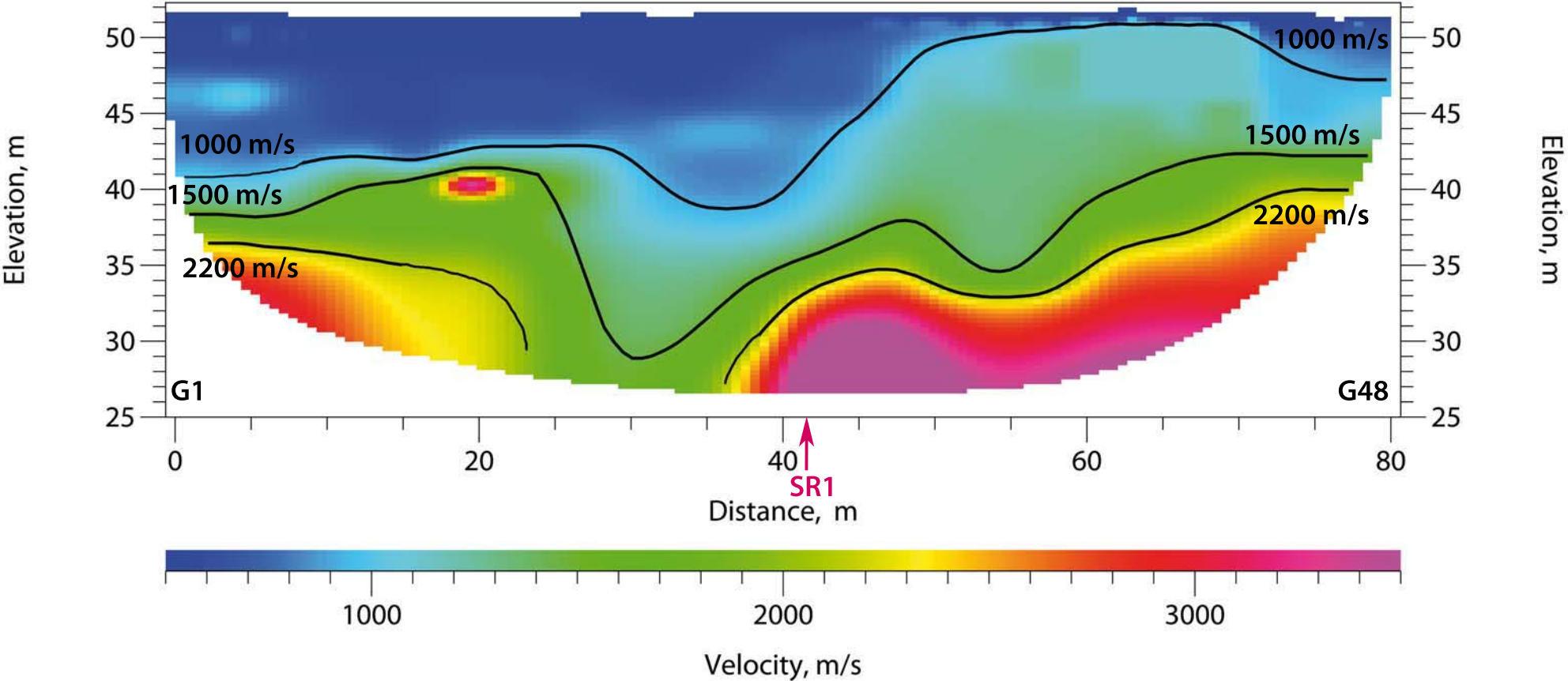
SR1 (ONDE P)



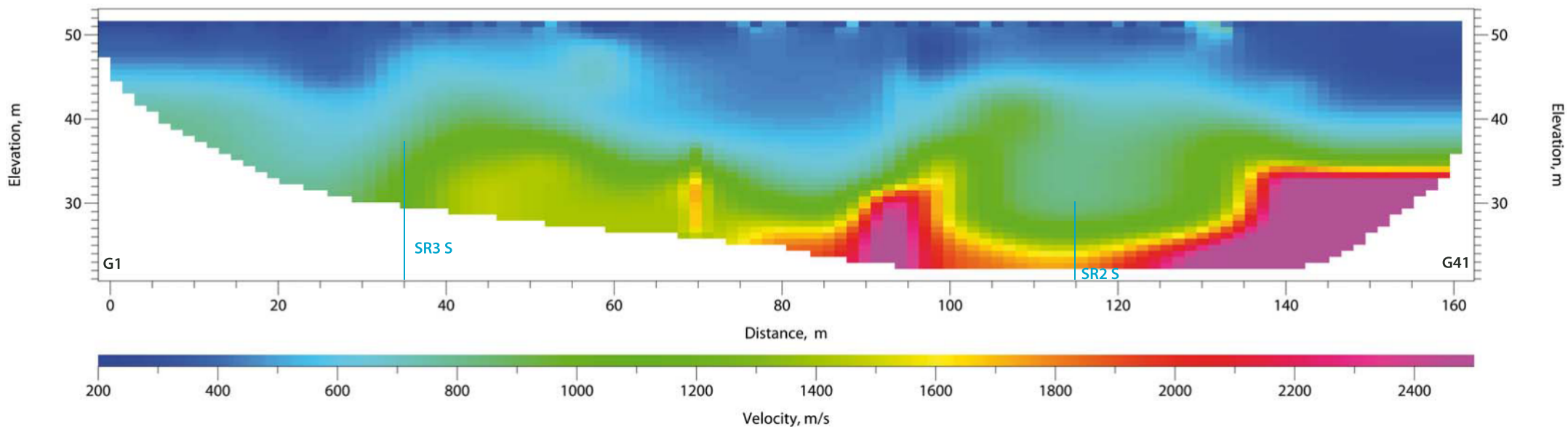
SR2 (ONDE P)



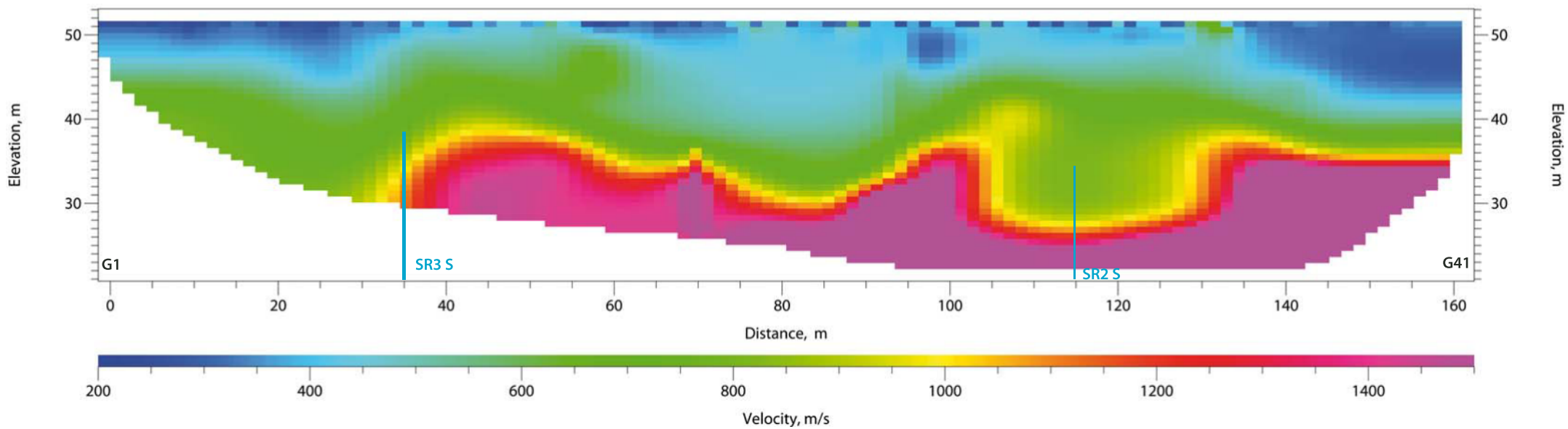
SR3 (ONDE P)



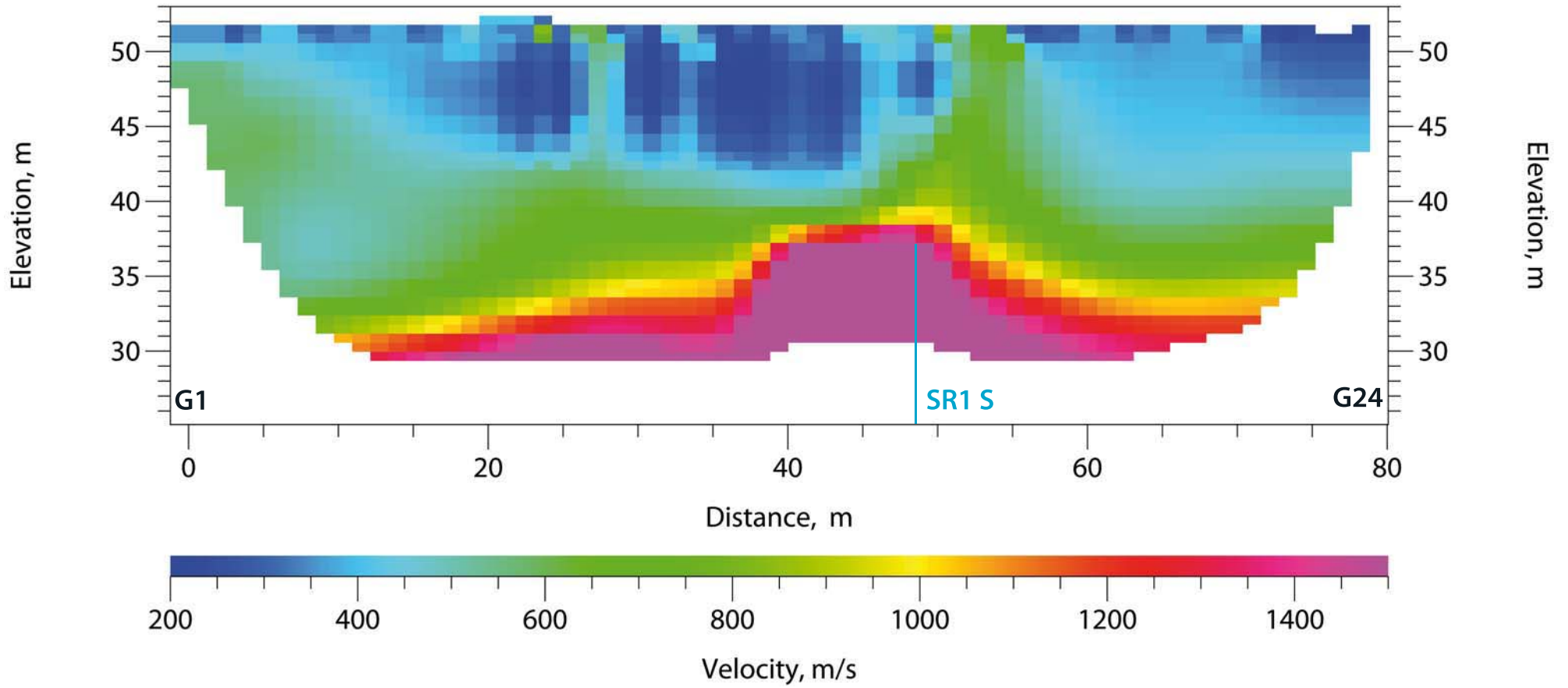
SR1 (ONDE S)



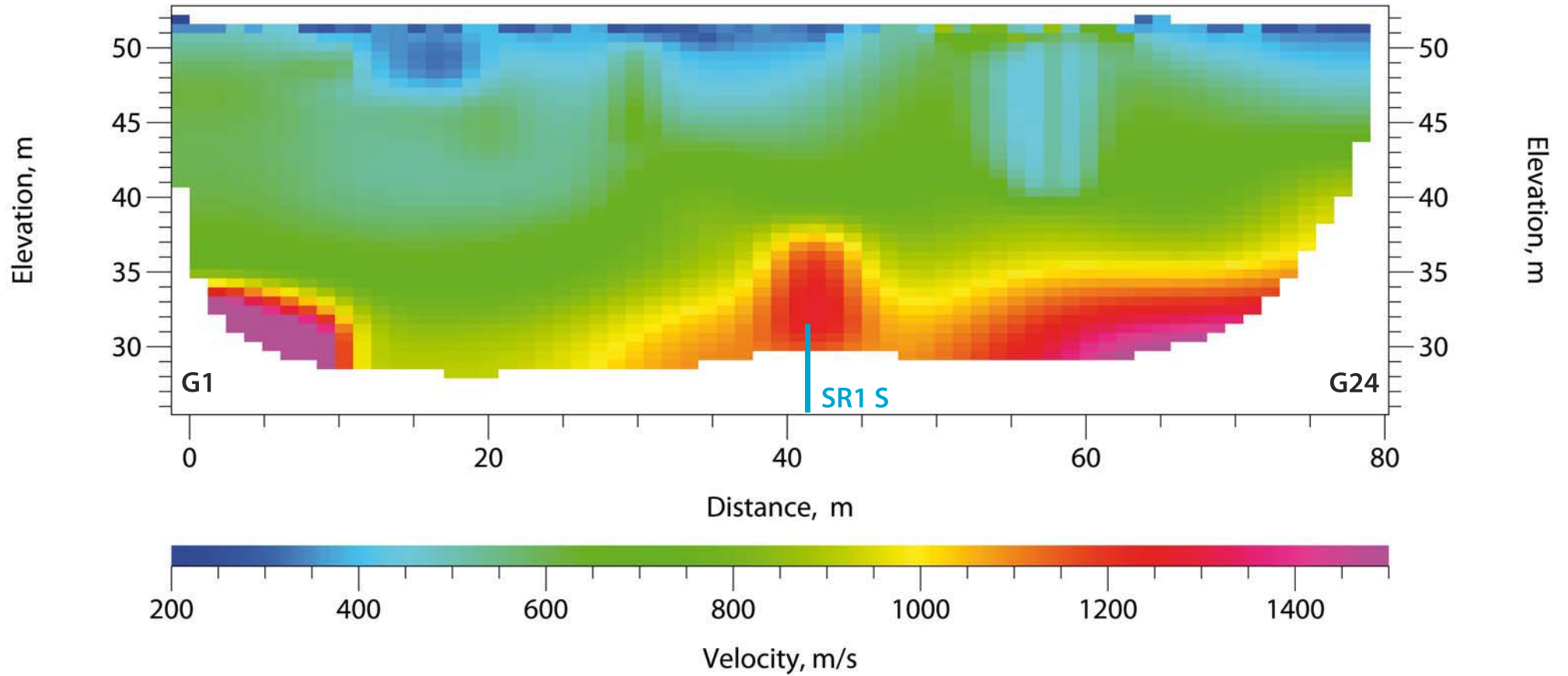
SR1 (ONDE S)



SR2 (ONDE S)



SR3 (ONDE S)



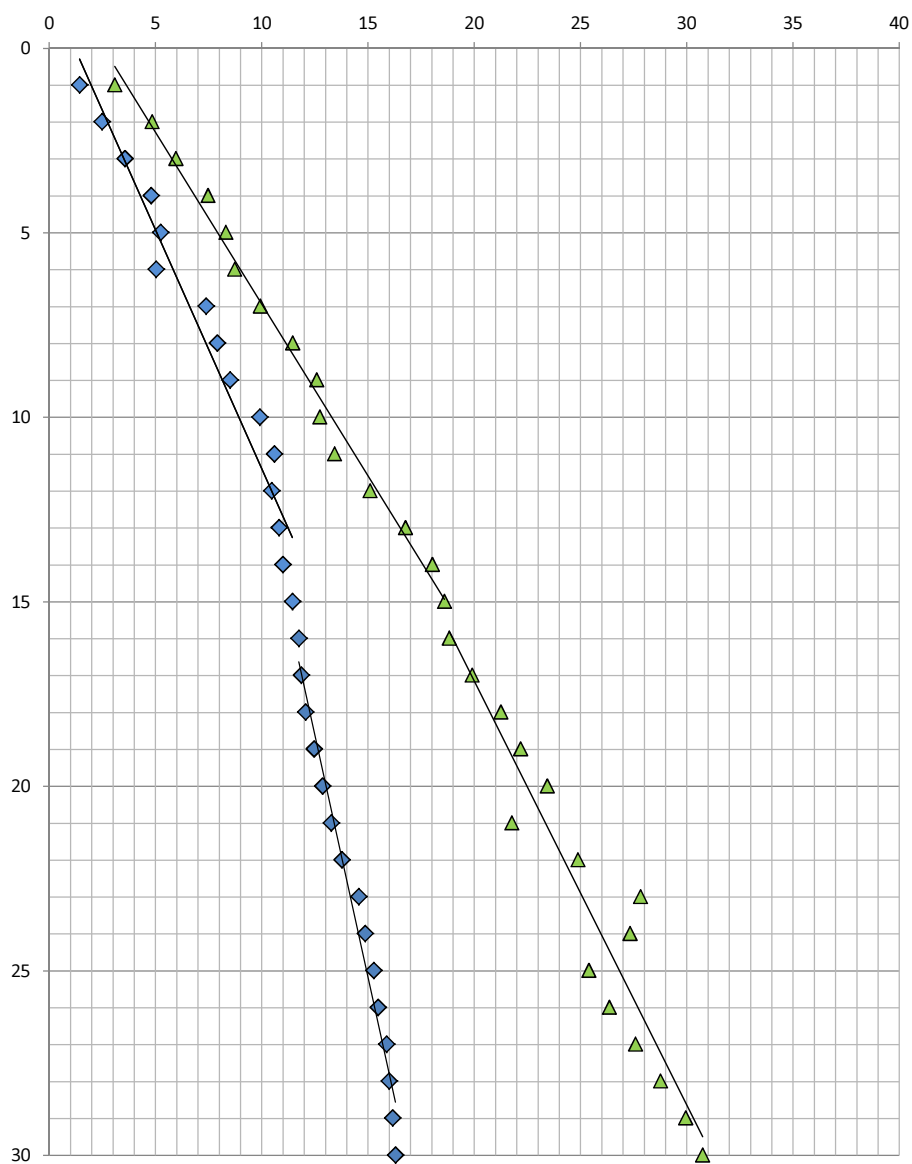
ALLEGATO III

DISPOSITIVI DOWN-HOLE

grafici distribuzione Tempi/Profondità e Velocità onde

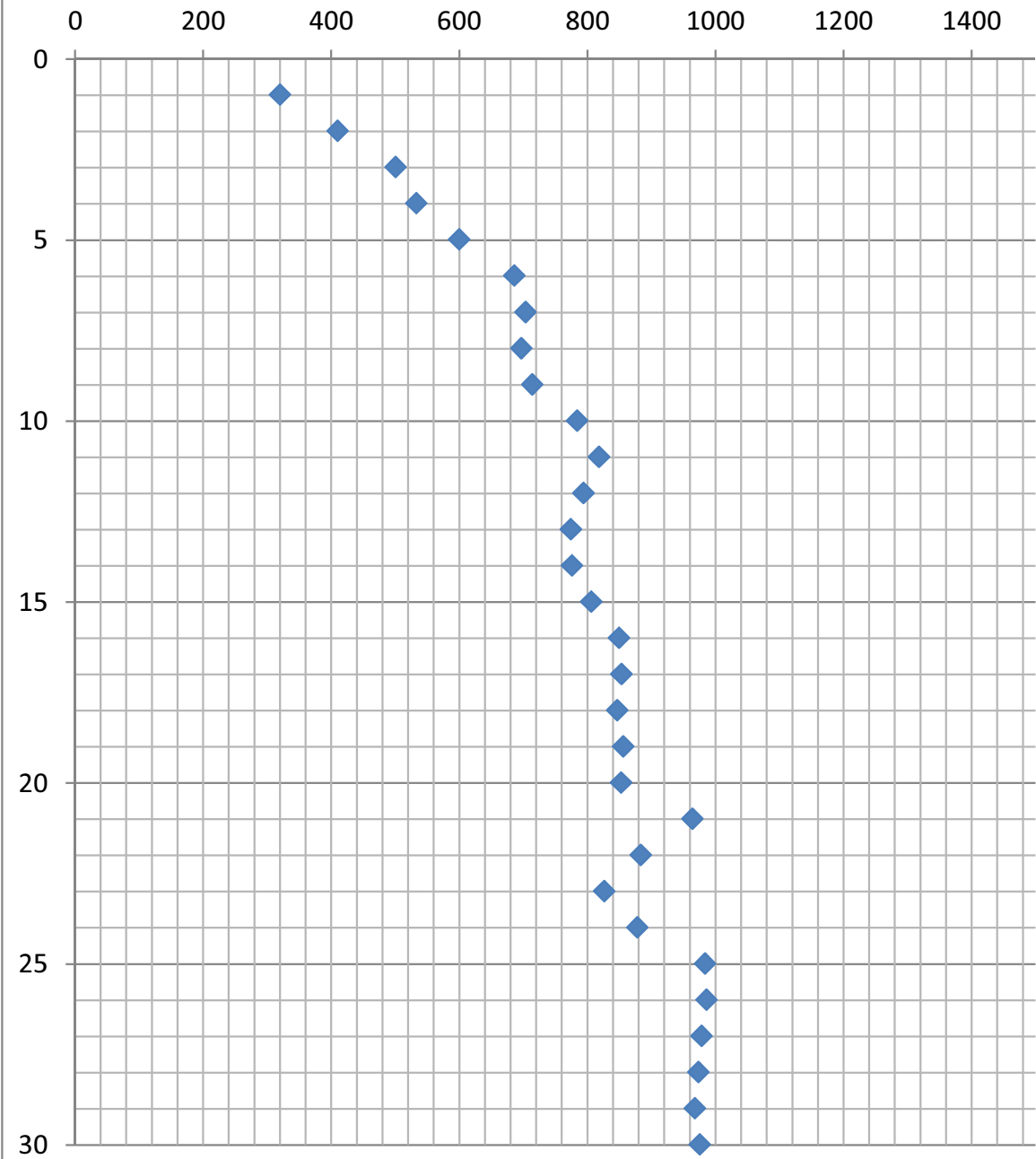
S/Profondità

ST209_4
Tp - Ts (ms) / prof (m)

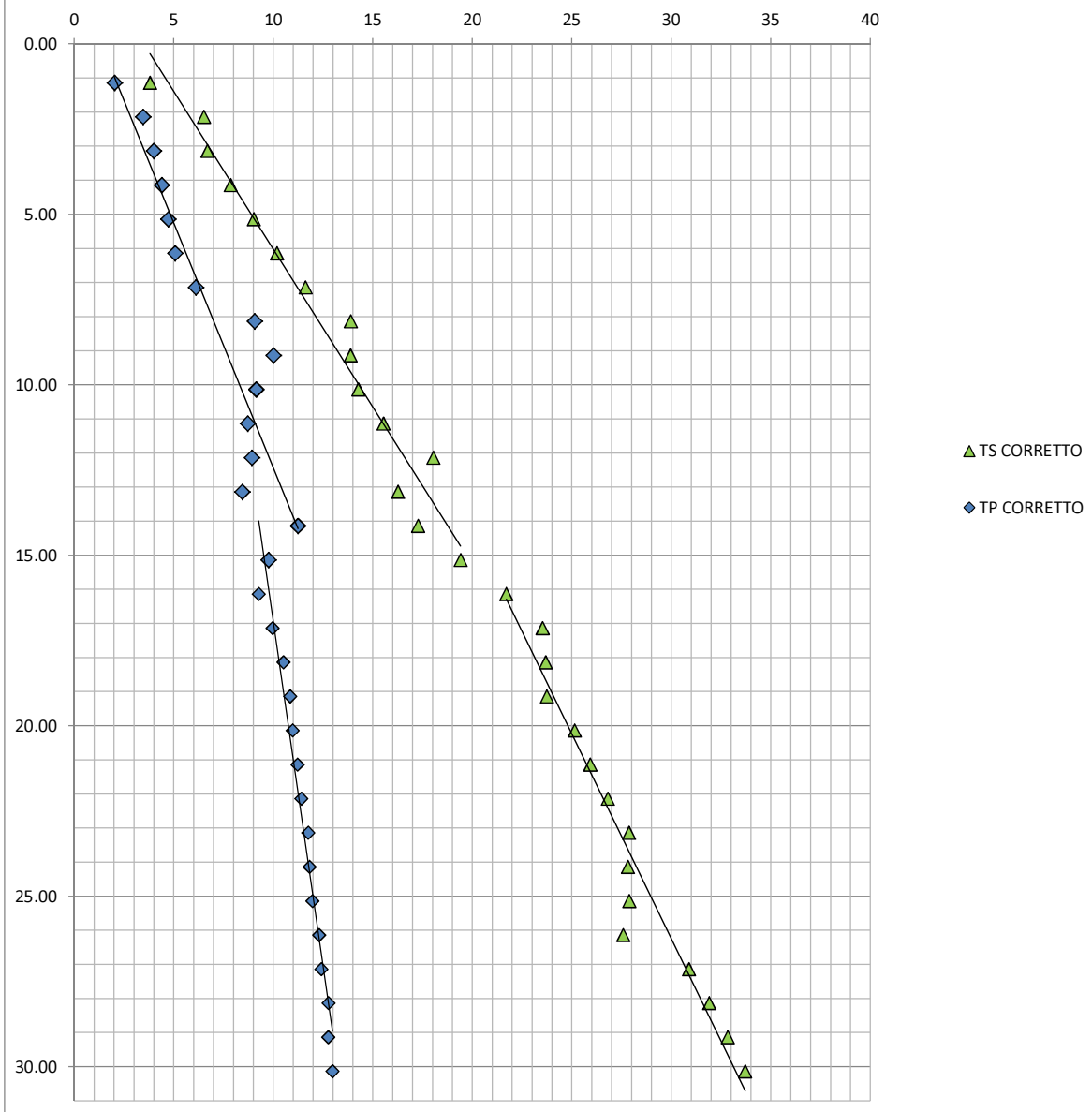


ST209_4

Vs (m/s) / Prof (m)



ST210_4 Tp - Ts (ms) / prof (m)



ST210_4

Vs (m/s) / Prof (m)

