



# COMUNE DI SELARGIUS

## Provincia di Cagliari

Assessorato ai Lavori Pubblici

### PROGETTO PRELIMINARE

### LAVORI DI REALIZZAZIONE N. 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITÀ COMPLEMENTARE

Elaborato:  
RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Allegato C

Data: Agosto 2015

SCALE DISEGNI:

Agg.:

#### GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Nicola CONCAS

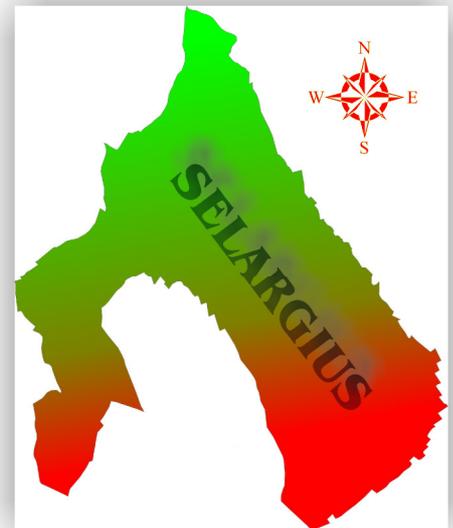
Dott. Ing. Giovanni MURGIA

Dott. Geol. Mario STRINNA



#### RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Cecilia CANNAS



L'Assessore LL.PP.  
(Riccardo PASCHINA)

Comune di Selargius

Il Sindaco  
(Gianfranco CAPPAL)



## COMUNE DI SELARGIUS

(Prov. di Cagliari)

### RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA

**PROGETTO PRELIMINARE**

**REALIZZAZIONE N. 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITÀ  
COMPLEMENTARE IN TERRITORIO DI SELARGIUS**



#### **Studio Tecnico Geologico**

Servizi & Consulenze - Dott. Mario STRINNA

**Sede legale:** Viale Diaz, 48 - 09125 CAGLIARI - **Tel/Fax** 070.303083

**Portatile** 333.2437873 - **E-mail** mariostrinna@libero.it **PEC** mariostrinna@epap.sicurezzapostale.it

**Web:** www.mariostrinna.com

Committente:

**Comune di Selargius Via Istria - 09047 Selargius**

*Area 6 - Progettazione e Appalti Opere Pubbliche Direttore Ing. Adalberto Pibiri*

*R.U.P. Ing. Cecilia Cannas*

Oggetto:

**Relazione geologica - geotecnica**

Data:

**08/2015**

Scala:

Geologo (Sez. A - n. 441)

**Dott. Mario STRINNA**

Collaborazione:

Aggiornamenti:

Tavola:

File: mario/geologia/2015/Selargius Is Corrias / Su Pezzu Mannu

**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

Relazione geologico tecnica



## COMUNE DI SELARGIUS

(Prov. di Cagliari)

# RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

## LOTTO 1 - SISTEMA SVINCOLO N. 1 IS CORRIAS REALIZZAZIONE N. 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITÀ COMPLEMENTARE IN TERRITORIO DI SELARGIUS

### COMMITTENTE

**Comune di Selargius** Via Istria

09047 Selargius

**Area 6** - Progettazione e Appalti Opere Pubbliche

*Direttore Ing. Adalberto Pibiri*

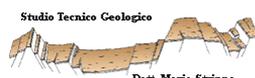
*R.U.P. Ing. Cecilia Cannas*

**GEOLOGO** [SEZ. A]

Dott. Mario STRINNA

La presente relazione non può essere né copiata né riprodotta, anche parzialmente, se non con il consenso del professionista incaricato, previa autorizzazione scritta. Eventuali mancanze saranno punite ai sensi di legge (Art.2578 C.C. - L.22.4.1941 N.6331)

This report can be neither copied nor reproduced, even partially, except with the consent of the professional person in charge, prior written permission. Any deficiencies will be punished according to the law (Art.2578 CC - L.22.4.1941 N.6331)



Dott. Mario Strinna

V.le A. Diaz n°48 – 09125 Cagliari – Tel/Fax. 070.303083

## INDICE

<b>A. PREMESSA</b>	<b>pag. 4</b>
<b>B. INQUADRAMENTO AEREO E GEOGRAFICO</b>	<b>pag. 4</b>
<b>1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRATIGRAFICO</b>	<b>pag. 10</b>
<b>1.1 - Caratteristiche geologiche dell'area di sedime [sensibile]</b>	<b>pag. 11</b>
<b>1.2 - Caratteristiche idrogeologiche e idrologiche</b>	<b>pag. 13</b>
<b>1.3 - Lineamenti climatici generali</b>	<b>pag. 15</b>
1.3.1 - Venti	<b>pag. 16</b>
1.3.2 - Evapotraspirazione potenziale	<b>pag. 17</b>
<b>1.4 - Sistema Pedologico</b>	<b>pag. 18</b>
<b>1.5 - Pericolosità geomorfologica</b> <small>analisi del PAI</small>	<b>pag. 20</b>
<b>1.6 - Classificazione sismica del sito in progetto</b>	<b>pag. 21</b>
1.6.1 - Dati sismici sul sito (spettri di risposta)	<b>pag. 24</b>
<b>2. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO</b>	<b>pag. 26</b>
<b>2.1 - Premessa</b>	<b>pag. 27</b>
<b>2.2 - Indagini geognostiche di dettaglio</b>	<b>pag. 27</b>
<b>2.3 - Valutazione geotecnica dei sedimenti interessati da prove SPT</b>	<b>pag. 29</b>
<b>2.4 - Sondaggi geognostici a rotazione [continui]</b>	<b>pag. 30</b>
2.4.1 - Sondaggio S1 e Prova S.P.T.	<b>pag. 30</b>
2.4.2 - Sondaggio S2 e Prova S.P.T.	<b>pag. 30</b>
2.4.3 - Sondaggio S3 e Prova S.P.T.	<b>pag. 31</b>
2.4.4 - Sondaggio S4 e Prova S.P.T.	<b>pag. 32</b>
2.4.5 - Sondaggio S5 e Prova S.P.T.	<b>pag. 33</b>
2.4.6 - Sondaggio S6 e Prova S.P.T.	<b>pag. 33</b>
2.4.7 - Sondaggio S7 e Prova S.P.T.	<b>pag. 34</b>
2.4.8 - Sondaggio S8 e Prova S.P.T.	<b>pag. 35</b>
<b>2.5 - Considerazioni Stratigrafiche sui livelli attraversati</b>	<b>pag. 35</b>
2.5.1 - Considerazioni geotecniche	<b>pag. 37</b>
<b>2.6 - Stima dei parametri geotecnici</b>	<b>pag. 37</b>
2.6.1 - INCOERENTI [Livello A]	<b>pag. 39</b>
2.6.2 - INCOERENTI [Livello B]	<b>pag. 40</b>
2.6.3 - INCOERENTI in matrice coesiva [Livello C]	<b>pag. 41</b>
<b>3. PROVE DI CARICO SU PIASTRA</b>	<b>pag. 43</b>
<b>3.1 - Premessa</b>	<b>pag. 43</b>
<b>3.2 – Risultanze delle prove di carico su piastra</b>	<b>pag. 44</b>
3.2.1 - Strato d'usura	<b>pag. 45</b>
3.2.2 - Strato di collegamento	<b>pag. 46</b>
3.2.3 - Strato di base	<b>pag. 46</b>

3.2.4 - Strato di fondazione	<b>pag. 47</b>
3.2.5 - Sottofondo	<b>pag. 47</b>
<b>3.3 - Considerazioni</b>	<b>pag. 48</b>
<b>4. POZZETTI GEOGNOSTICI ESPLORATIVI</b>	<b>pag. 49</b>
<b>5. PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO</b>	<b>pag. 53</b>
<b>5.1 - Prove di laboratorio geotecnico</b>	<b>pag. 53</b>
5.1.1 - Classificazione delle Terre [CNR-UNI 10006]	<b>pag. 53</b>
5.1.2 - Risultati analisi granulometrica (UNI 10006) e Limiti di Atterberg	<b>pag. 54</b>
5.1.3 - Prova C.B.R (California Bearing Ratio)	<b>pag. 56</b>
<b>5.2 - Scavabilità e tenuta dei fronti di scavo</b>	<b>pag. 58</b>
<b>6. CONCLUSIONI</b>	<b>pag. 60</b>

Appendice:

• Inquadramento geologico	pag. 71
• Documentazione stratigrafica e fotografica	pag. 72
• Documentazione stratigrafica e fotografica pozzetti geognostici	pag. 89
• Certificati prove di laboratorio geotecnico	pag. 98
• Planimetria generale ubicazione indagini geognostiche	pag. 126

## AJ PREMESSA

Per lo studio dei terreni interessati dal progetto "Lotto 1 sistema svincolo n. 1 Is Corrias - Realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius", insistente in località Is Corrias (1<sup>a</sup> rotonda Barracca Manna) e Su Pezzu Mannu (2<sup>a</sup> rotonda) in prossimità della SS n.554, è stato richiesto un accertamento geologico tecnico, con particolare riferimento alla caratterizzazione lito-stratigrafica dei terreni che insistono come substrato di appoggio per le nuove strutture stradali previste in progetto, con particolare riferimento alla:

- Ricostruzione dell'assetto litostratigrafico del sedime di intervento sulla base di stratigrafie ricavate da specifici studi geologici sul territorio al fine di definire la sequenza dei terreni;
- Problematica geotecnica connessa all'interazione opera-geologia locale;
- Definizione delle caratteristiche litotecniche attraverso la loro definizione, sulla base di documentazione disponibile, edita e inedita, documentabile dallo stesso scrivente sulla base di lavori pregressi svolti nel medesimo assetto territoriale.

Tale lavoro è stato eseguito in ottemperanza del **D.M. 11.03.1988** (Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione). Le indagini sono state svolte in ottemperanza alle norme fissate dall'**A.N.I.S.I.G.** (Ass. Naz. Imprese Specializzate in Indagini Geognostiche). Testo integrato con la **Circ. LL.PP. 24 Settembre 1988 n. 30483** (punto A3): istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, **Circolare n. 218/24/3 del 09.01.1996** e **n. 617 del 02.02.2009 – OPCM n. 3274 del 20.03.2003** - Nuove **N.T.C. 2008** (§ 6.2.1 - 6.2.2 - 3.2; § 3.2.2 - 7.11.3 sismica) sulle costruzioni, secondo le seguenti fasi:

- Sopralluogo nell'area in esame ed esame critico della situazione attuale;
- Stesura di una relazione geologica e geotecnica sulla base di specifiche indagini geognostiche e prove in sito, il tutto supportato dalle conoscenze dei luoghi litologici

PUC in adeguamento al PAI e al PPR

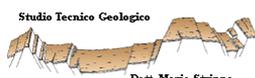
## BJ INQUADRAMENTO AEREO E GEOGRAFICO

L'area interessata dallo studio è situata sia lungo la strada che da Barracca Manna si innesta sulla SS554 (Is Corrias) sia nella località Su Pezzu Mannu dove si raccorda, ad esclusione di una porzione di territorio di competenza del Comune di Monserrato, con la struttura del Policlinico.

Morfologicamente trattasi di un'area pianeggiante degradante verso il golfo di Cagliari, la cui quota s.l.m.m. è variabile da circa +27.0 metri in prossimità della prima rotatoria (Barracca Manna), sino a circa +30/34 metri in prossimità della bretella che si ricollega con il Policlinico.

Corograficamente è inquadrabile nei seguenti Fogli Regionali:

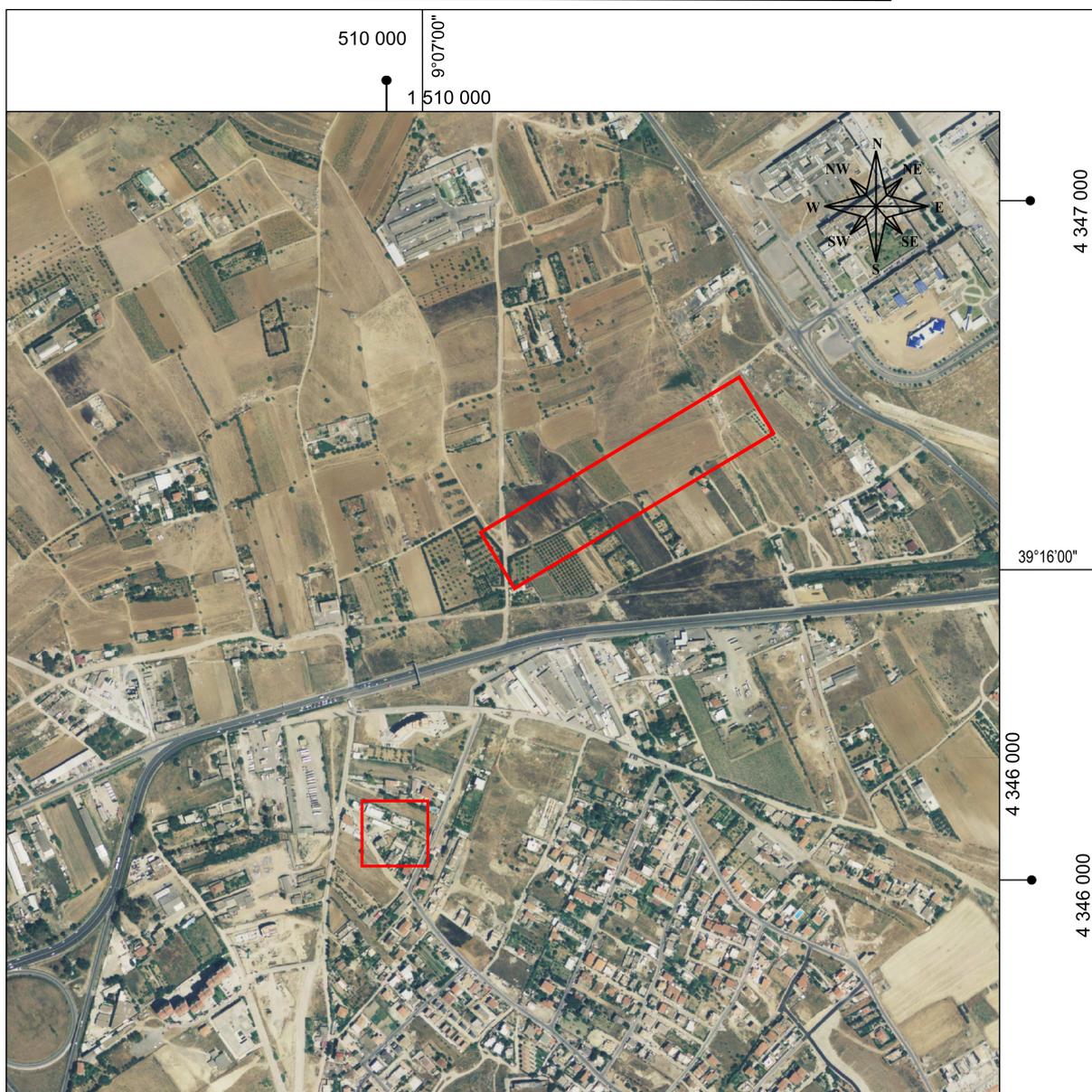
- **I.G.M.** in scala 1:25.000 N° 557 – Sez. III quadrante [Cagliari];
- **C.T.R.** N° 557-100 [Monserrato] della Carta Tecnica della Sardegna in scala 1:10.000.



# FOTO AEREA

STRALCIO ORTOFOTO 2006.ecw

SCALA 1:10.000



area sensibile

Coordinate Gauss-Boaga (Fuso 32) area sensibile 1<sup>a</sup> rotonda Is Corrias:

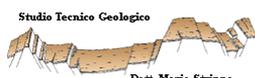
**X** = 1509907.5698 longitudine **E** (WGS84 509 878)

**Y** = 4345818.7948 latitudine **N** (WGS84 4 345 814)

Coordinate Gauss-Boaga (Fuso 32) area sensibile 2<sup>a</sup> rotonda Su Pezzu Mannu:

**X** = 1510209.3914 longitudine **E** (WGS84 510 180)

**Y** = 4346399.4523 latitudine **N** (WGS84 4 346 395)



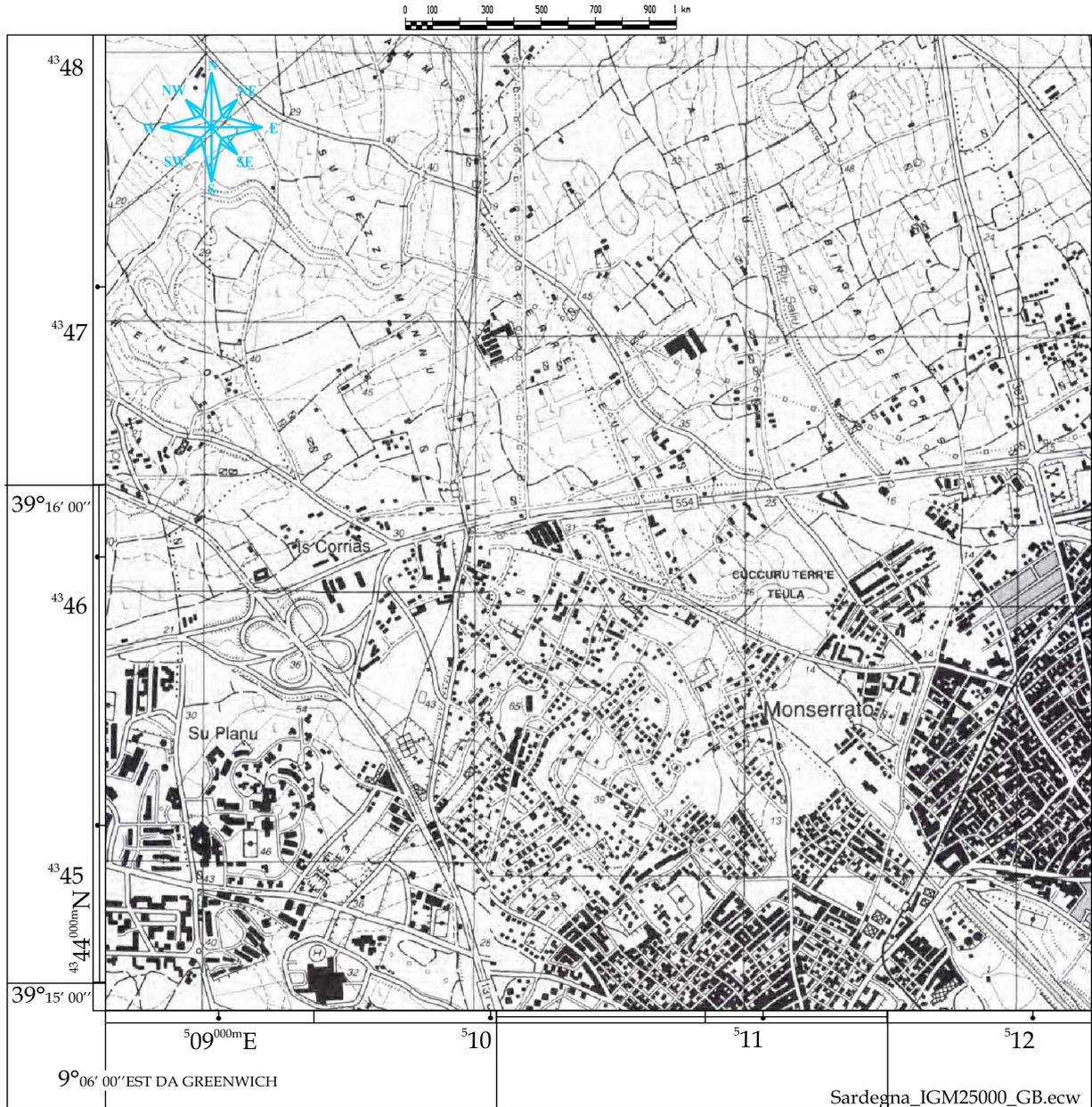
Dott. Mario Strinna

V.le A. Diaz n°48 – 09125 Cagliari – Tel/Fax. 070.303083

# COROGRAFIA

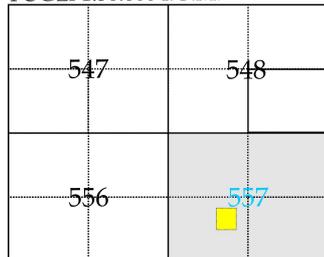
STRALCIO DEL FOGLIO N° 557 SEZIONE III "CAGLIARI"  
 DELLA CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA

SCALA 1:25.000



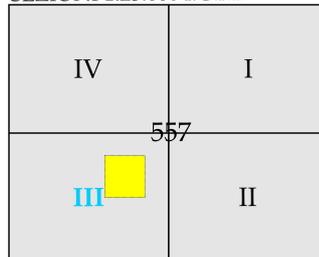
## QUADRI D'UNIONE

FOGLI 1:50.000 I.G.M.



Foglio N° 557

SEZIONI 1:25.000 I.G.M.

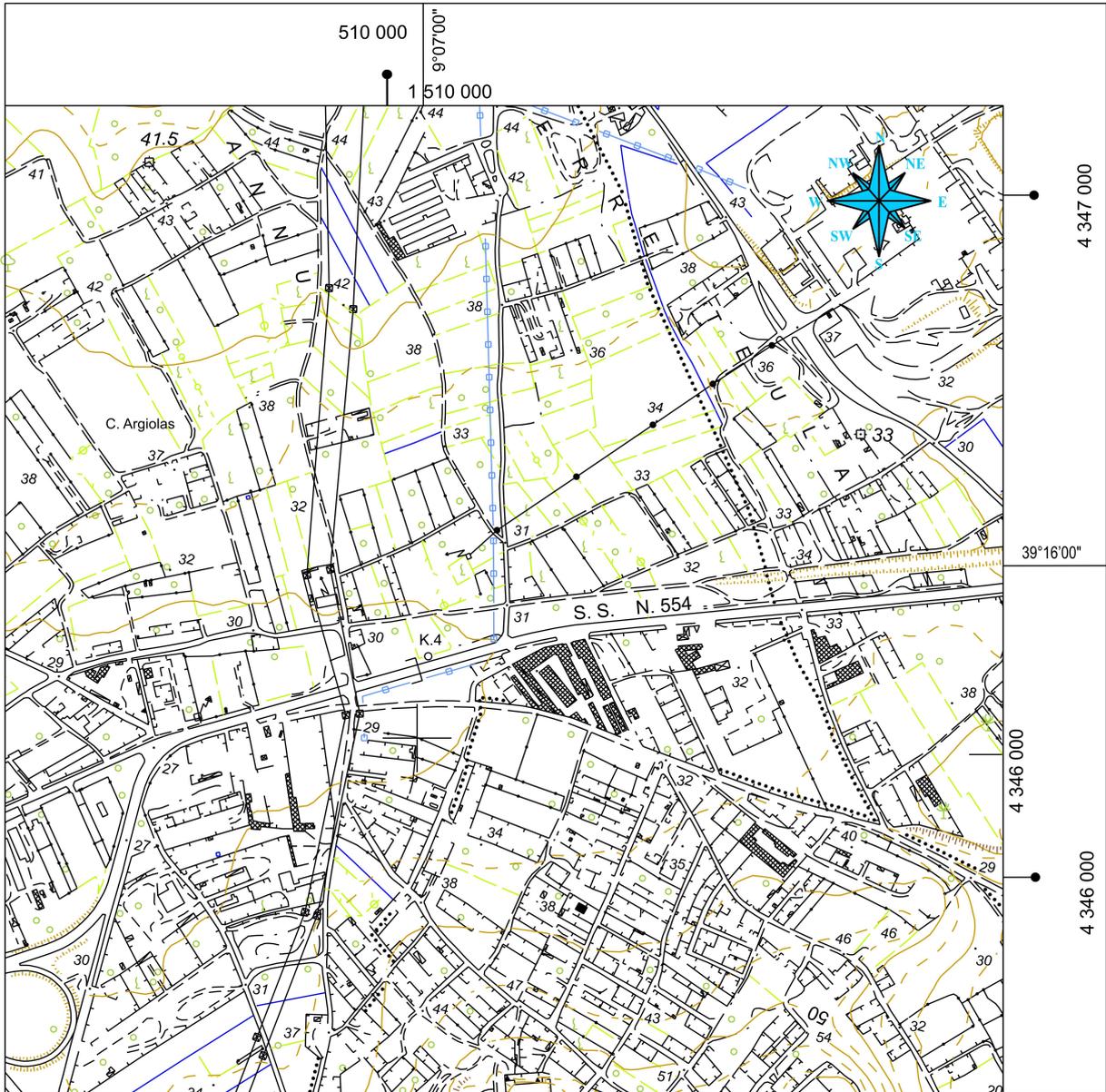
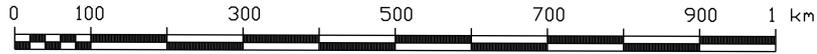


Foglio N° 557 - Sezione III "Cagliari"

# COROGRAFIA

## STRALCIO DELLA CARTA TECNICA REGIONALE SEZIONE N° 557100 "MONSERRATO"

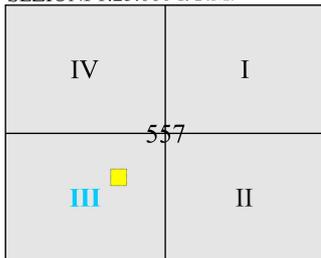
SCALA 1:10.000



557100 MONSERRATO

### QUADRI D'UNIONE

SEZIONI 1:25.000 I.G.M.

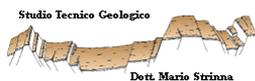


Foglio N°557 - Sez.III - "Cagliari"

SEZIONI 1:10.000 C.T.R.



Sezione 557100 "Monserrato"



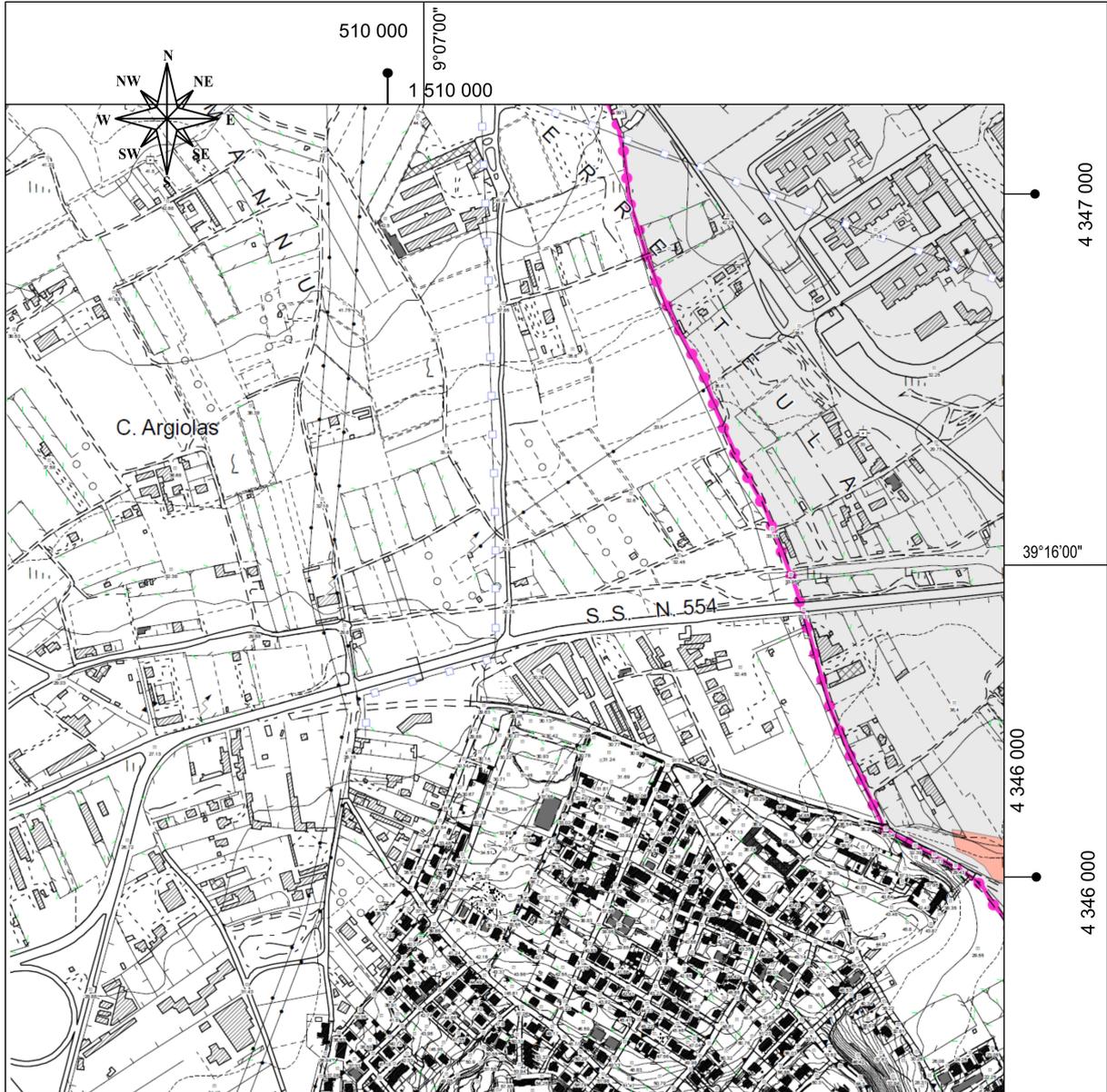
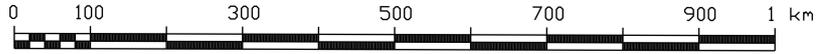
Dott. Mario Strinna

V.le A. Diaz n°48 - 09125 Cagliari - Tel/Fax. 070.303083

# PERICOLOSITA' DA FRANA

## STRALCIO CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA - ELABORATO 05 - ADEGUAMENTO DEL PUC AL PAI E AL PPR COMUNE DI MONSERRATO

SCALA 1:10.000



**Pericolosità da frana**

**PERICOLO**

Area studiata ma non interessata da fenomeni franosi attuali o potenziali

**Pericolo**

Hg1 Fenomeni franosi, presenti o potenziali, marginali

*Zone con frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici, zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi.*

Hg2 *Zone con frane quiescenti con tempi di riattivazione pluriennali o pluridecennali; zone di possibile espansione areale di frane quiescenti; zone con indizi geomorfologici di instabilità dei versanti potenziale; frane di neoformazione presumibilmente in tempi pluriennali o pluridecennali.*

Hg3 *Zone in cui sono presenti frane attive, continue o stagionali; zone in cui è prevista l'espansione areale di una frana attiva; zone in cui sono presenti evidenze geomorfologiche di movimenti incipienti.*

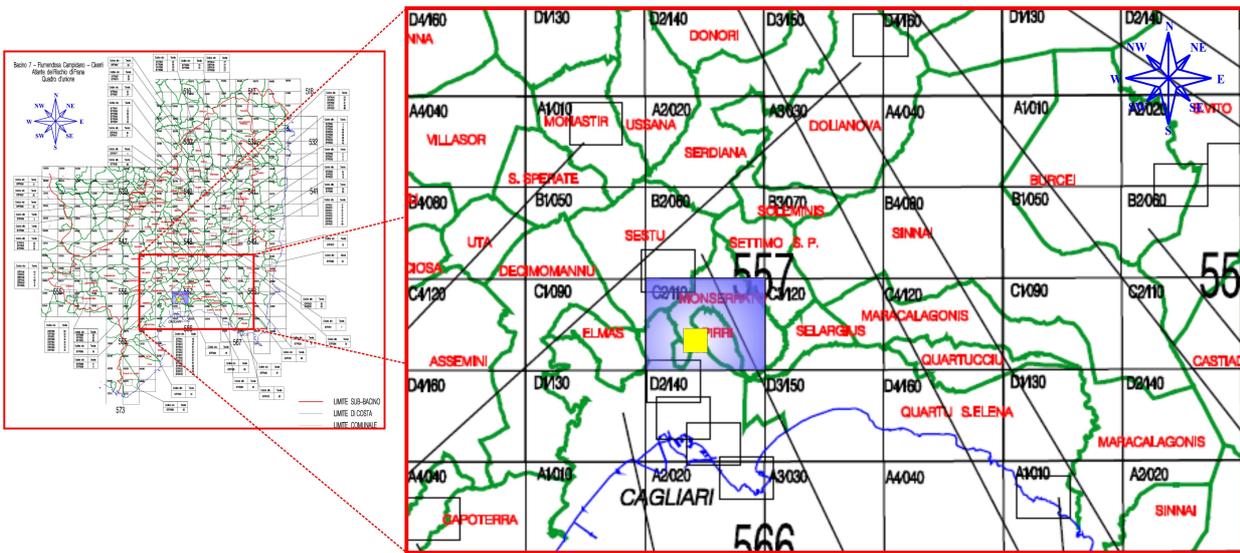


Dott. Mario Strinna

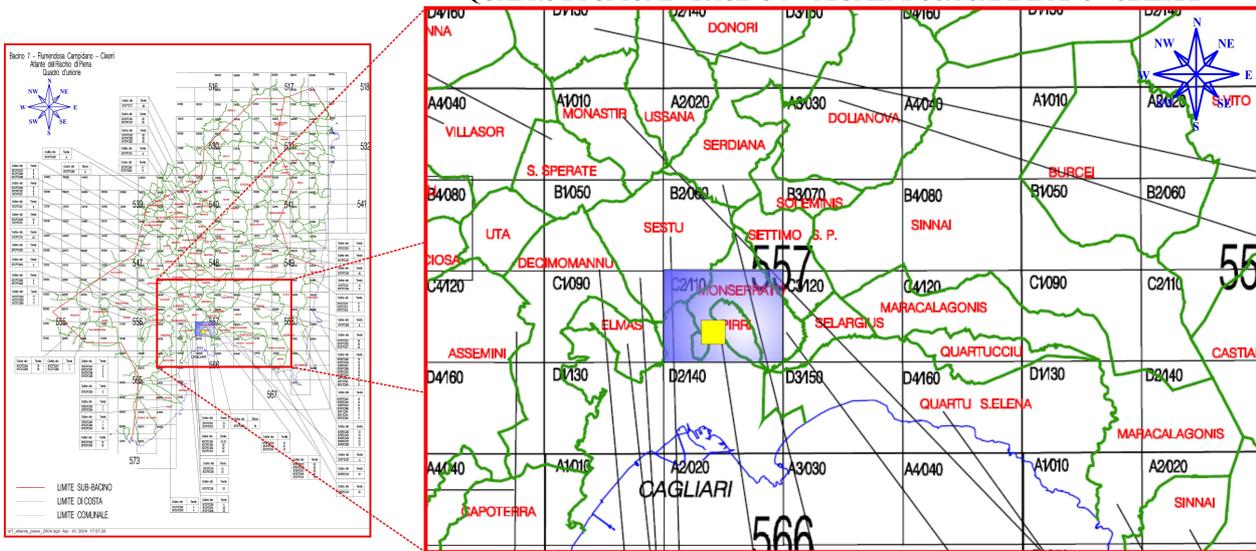
V.le A. Diaz n°48 – 09125 Cagliari – Tel/Fax. 070.303083

# INQUADRAMENTO PAI

STRALCIO DELL'ATLANTE DEL RISCHIO DI FRANA  
 - QUADRO DI UNIONE - BACINO 7 - FLUMENDOSA CAMPIDANO - CIXERRI



STRALCIO DELL'ATLANTE DEL RISCHIO DI PIENA  
 - QUADRO DI UNIONE - BACINO 7 - FLUMENDOSA CAMPIDANO - CIXERRI



## QUADRI D'UNIONE

SEZIONI 1:10.000 C.T.R.

010	020	030	040
050	060	070	080
090	100	110	120
130	140	150	160

Sezione 557100 "Monserrato"

## Legenda

-  Sezione 557100
-  Stralcio della sezione cartografata nella quale è contenuta l'Area di Interesse

## 1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRATIGRAFICO

L'area in esame fa parte del territorio Comunale di Selargius, nel Campidano meridionale. Ricade in un'area morfologicamente pianeggiante, caratterizzata da formazioni sedimentarie del Terziario e depositi elluvio-colluviali del Quaternario.

I principali eventi strutturali del territorio sono riferiti alla fase di rifting Oligo-Miocenica e alla formazione del Graben del Campidano nel Pliocene medio-superiore (G. Casula, A. Cherchi, 2001). Il Rift Sardo o "Fossa Sarda" (Cherchi e Montadert, 1982), vasta depressione che attraversa l'isola con andamento meridiano, dal Golfo dell'Asinara al Golfo di Cagliari, rappresenta il centro del bacino oligo-miocenico di sedimentazione.

La sua formazione è diretta conseguenza del distacco del blocco Sardo-Corso dal margine provenzale europeo, attraverso i quali la Sardegna ha raggiunto l'attuale posizione nel Mediterraneo nel Burdigaliano Inferiore (Letouzey, 1982; Cherchi e Tremolieres, 1984).

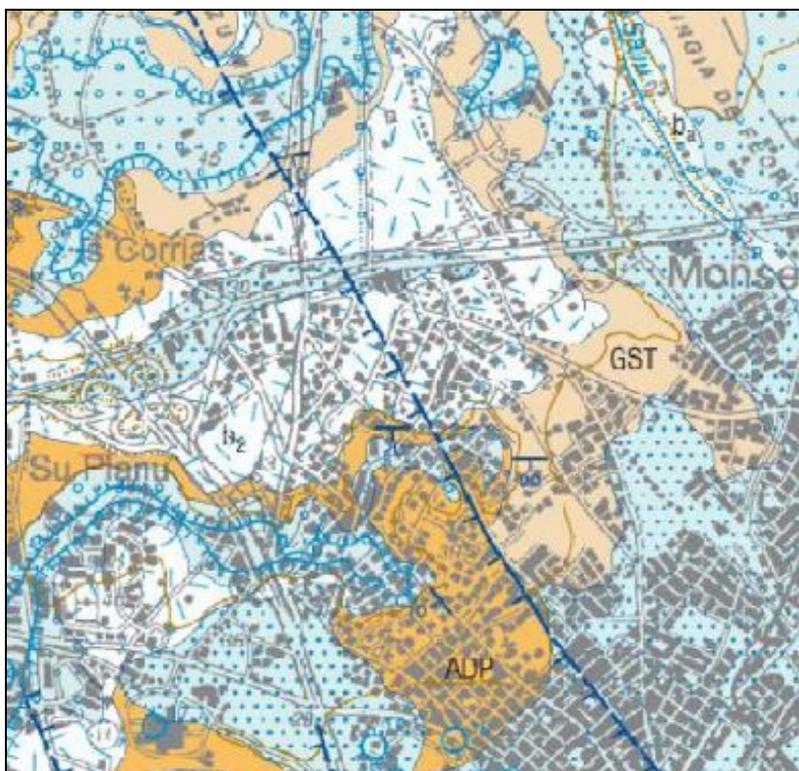


Figura 1 – Carta geologica della Sardegna scala 1:50.000 [fonte ISPRA Sardegna]

L'ingressione marina Oligo-Miocenica, associata alle prime manifestazioni del vulcanismo calcocalcalino (Coulon et al. 1974; Savelli, 1975), è iniziata a partire dall'Oligocene superiore, su di un substrato tettonizzato, costituito da sedimenti continentali paleogenici (Formazione del Cixerri, Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969) e localmente da terreni paleozoici; ancora oggi, nel Campidano meridionale è ben osservabile la linea di costa lungo la quale la serie miocenica è prevalentemente conglomeratico - paleogenica. Tuttavia, il Miocene si contraddistingue per una sedimentazione a carattere trasgressivo, tipica di ambiente marino profondo, che ha lasciato una sequenza continua di depositi costituiti per lo più da sedimenti marnoso-argillosi, calcarei e sabbiosi, per una potenza totale di circa 1000 m di sedimenti. La sedimentazione marina continua in condizioni di stasi vulcanica fino alla regressione Messiniana, durante la quale prendono posto rapidamente facies lagunari ed evaporitiche alternate ad episodi continentali, accompagnati da processi erosionali e deposizione di paleosuoli (Cherchi, Marini, Murru e Robba, 1978). La dinamica estensionale Plio-Quaternaria che

ha interessato la Sardegna e il Tirreno nel Plio-Pleistocene è responsabile della genesi del Graben Campidanese. La formazione della nuova fossa, associata a un ampio sistema di faglie crostali estensionali, non ha fatto altro che innescare movimenti verticali nel settore meridionale del Rift Sardo, controllando la deposizione e le aree subsidenti.

La caratteristica peculiare del Campidano, caratterizzato da un'orientazione NNW-SSE, è la sua colmata alluvionale iniziata a partire dal Pliocene ed estesa a tutto il Quaternario pre-tirreniano. Infatti, lo sprofondamento del graben e per contro il sollevamento delle aree limitrofe, ha attivato intensi processi di erosione areale e lineare interessanti i rilievi ai bordi dello stesso, con la deposizione nella fossa di potenti coltri alluvionali. L'instabilità climatica, che caratterizza il periodo Pleistocene-Olocene determina un'alternanza di differenti cicli morfogenetici, distinti da intensi processi di erosione e sedimentazione, con la formazione di depositi alluvionali, colluviali e detriti di falda, che ricoprono le formazioni mioceniche e/o plioceniche precedenti.

Per la copertura alluvionale quaternaria, costituita da alternanze ciottoloso-sabbiose e limo-argillose, per spessori che arrivano fino a 200 m nella fossa, non esiste una datazione attendibile, per mancanza di correlazioni stratigrafiche con il Tirreniano marino, che è l'unica formazione quaternaria della Sardegna datata in base ai reperti paleontologici.

Esiste una semplice suddivisione:

- Quaternario antico rappresentato dalle "Alluvioni antiche" del Pleistocene, costituite da sedimenti fluviali di conoide e di piana alluvionale, terrazzati e talvolta ferrettizzati;
- Quaternario recente (Olocene) contraddistinto da alluvioni recenti di fondovalle e di piana, da depositi sabbiosi e palustri, da coltri eluvio-colluviali.

### 1.1 - Caratteristiche geologiche dell'area di sedime [sensibile]

L'area sensibile, ricadente in due distinte aree (Is Corrias Barracca Manna e Su Pizzu Mannu direzione ospedale Policlinico) è situata a NW del centro abitato di Selargius. Il territorio è caratterizzato da depositi alluvionali e colluviali del Quaternario recente, poggianti su un substrato Terziario, costituito da una successione di sedimenti marnoso-arenacei del 2° ciclo sedimentario miocenico. I sedimenti marnoso-argillosi e marnoso-sabbiosi di età Langhiana affiorano formando una serie colline dal profilo arrotondato, allungate in direzione NO-SE, separate da aree depresse colmate da una copertura quaternaria di facies alluvionale. Morfologicamente ricade in una zona sub-pianeggiante, contornata dalle colline marnose terziarie che da Cuccuru Angius si estendono sino all'abitato di Sestu.

Dal punto di vista litostratigrafico è costituita dalle seguenti Formazioni, che a partire dal basso sono rappresentabili da:

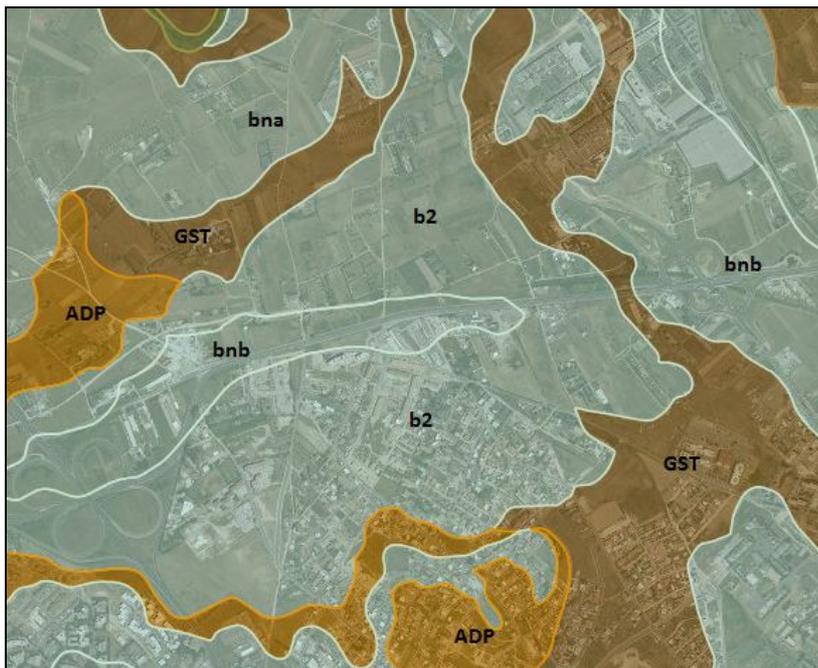


Figura 2 – Inquadramento geologico [Fonte Sardegna geoportale]

- Terziario - Marne di Gesturi (GST): sono rappresentate da una successione monotona, potente diverse centinaia di metri, di marne arenacee e siltitiche giallastre, con subordinate intercalazioni di arenarie (Cherchi, 1974) e, localmente di calcari a "Lithothamnium" (Iaccarino et alii, 1985). La datazione delle marne è riferita al Burdigaliano superiore-Langhiano medio. L'area sensibile è rappresentata da marne e siltiti argillose, con intercalazioni di arenarie, soprattutto nelle parti basale e sommitale, contenenti faune a pteropodi, frammenti di molluschi, foraminiferi planctonici.
- Sedimenti marini di età Miocenica (ADP): le Arenarie di Pirri (Elveziano-Tortoniano) sono una formazione sabbioso-arenacea, di ambiente litorale, rappresentata da sabbie medio-fini da incoerenti a più o meno cementate, stratificate e ben costipate, alternate a livelli di arenarie più o meno coerenti, spesso friabili. Le arenarie di colore grigio-verdastro sono formate ad elementi di quarzo-feldspato e mica e da calcite, che costituisce il cemento. Hanno in genere uno scarso contenuto fossilifero, ma localmente si possono rinvenire livelli bioclastici, con resti di lamellibranchi, ostrie e pettinidi. Nell'area sono rappresentate da livelli sabbiosi più o meno limosi, diversamente addensati ed in matrice carbonatica, alternati a sabbie medio-fini grigiastre o grigio-verdastre, da sciolte sino a debolmente cementate.
- Depositi Quaternari dell'Olocene: si tratta essenzialmente di sedimenti di pianura alluvionale, attribuiti al periodo Olocene. La distinzione tra le varie unità geolitologiche è funzione della granulometria del deposito e dell'età dei vari sedimenti depositi a più riprese in questo settore (depositi alluvionali terrazzati e non). Questi depositi prevalgono lungo le aree adiacenti le incisioni fluviali, nelle zone depresse racchiusa tra le colline mioceniche e in particolare lungo le sponde del Rio Saliu. Si possono distinguere depositi alluvionali terrazzati costituiti da sabbie prevalenti (**b<sub>nb</sub>**) e alluvioni recenti ghiaioso-sabbiose, con lenti e sottili livelli di sabbie (**b<sub>a</sub>**). I depositi colluviali, caratterizzati da una prevalente composizione argillo-limoso, con

noduli carbonatici ed intercalazioni di suoli limo-argillosi, sono presenti localmente alle pendici delle colline mioceniche marnose.

## 1.2 - Caratteristiche idrogeologiche e idrologiche

Il reticolo idrografico del settore in esame, che ricade interamente all'interno del Bacino n° 7 Flumendosa - Campidano – Cixerri, presenta un regime torrentizio. E' caratterizzato da corsi d'acqua

di lunghezze ridotte, originati nell'area pedemontana a NNE del Campidano di Cagliari. Tra questi il Rio Saliu, che passa ad Ovest all'area di progetto. Lo stesso nasce nelle colline terziarie a nord del territorio di Selargius in località Sa Mandara, e prosegue il suo percorso all'interno del Comune di Monserrato.

Il territorio appartenente all'Unità Idrografica Omogenea (U.I.O.) del Flumini Mannu di Cagliari - Cixerri, è caratterizzato da bacini idrogeologici costituiti da terreni alluvionali del Plio-Quaternario e sedimentari del Terziario, a differente permeabilità. I complessi cquiferi individuati sono due:

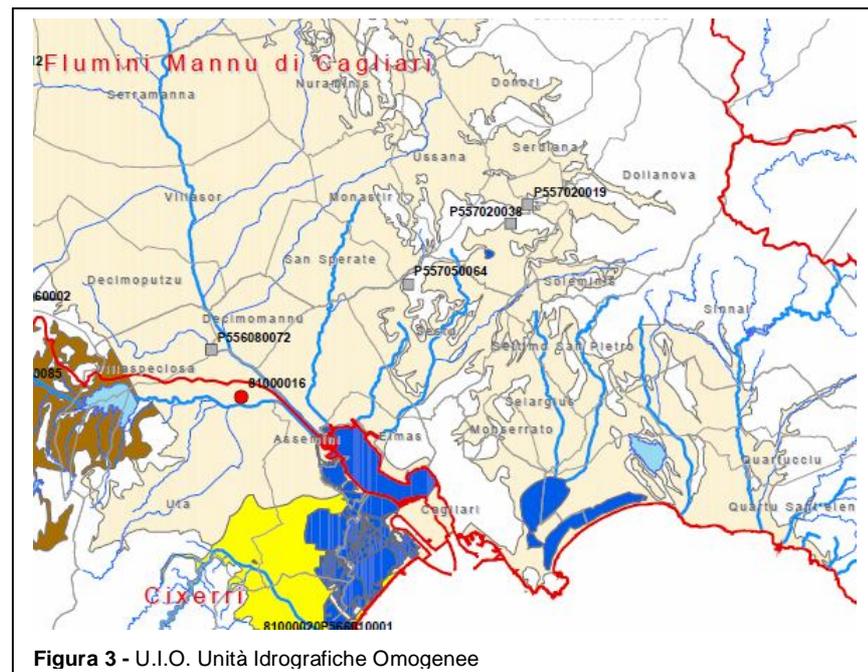


Figura 3 - U.I.O. Unità Idrografiche Omogenee

due:

- *Acquifero Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario del Campidano*: si tratta di terreni alluvionali conglomeratici, sabbiosi, argillosi con permeabilità da medio-alta per porosità nei livelli a matrice più grossolana, a medio-bassa in corrispondenza delle coltri alluvionali antiche ben costipate o cementate.
- *Acquifero Detritico-Carbonatico Oligo-Miocenico del Campidano Orientale*: si tratta di depositi costituiti da marne, marne arenacee, marne argillose e siltose, con subordinate arenarie, calcareniti e sabbie, con locali intercalazioni tufacee, con permeabilità complessiva medio-bassa per porosità per la prevalenza dei termini marnosi, localmente medio-alta per porosità nei termini sabbioso-arenacei.

Nel bacino imbrifero del Rio Saliu affiorano sia terreni olocenici rappresentati da alluvioni ghiaioso-sabbiose, sia depositi miocenici, in prevalenza marnoso-argilloso-sabbiosi e come si può osservare

nello stralcio della carta idrogeologica del territorio Comunale viene distinta l'unità delle Alluvioni Plio-Quaternarie (grigio) e l'unità Detritico Carbonatica Oligo-Miocenica Inferiore (giallo).

Dall'analisi geolitologica di superficie ed in conformità a quanto è emerso dai sondaggi geognostici eseguiti nell'area sensibile (*Impresa Geotest srl*), i terreni sono costituiti da una copertura Quaternaria continentale caratterizzata da depositi alluviali a composizione limosa argillosa prevalente. Il substrato Terziario, costituito da marne siltose e argillose, appartenenti alla serie marina Miocenica, non è stato rilevato sino a fondo foro [-5.0m da p.c.]. Al contrario, già a partire dai -1.50/-3.0m da p.c. sono stati riconosciuti livelli sabbiosi limosi, diversamente addensati, che segnano il passaggio graduale verso il substrato Terziario. Più precisamente, è rilevabile una copertura Quaternaria continentale costituita da terre limoso sabbiose, da depositi colluviali a composizione marnosa limosa prevalente, con frequenti noduli carbonatici e concrezioni biancastre, e intercalazioni di suoli argilloso limosi.

Alla luce della configurazione geologico-stratigrafica e idrogeologica dei terreni di sedime, non si è rilevata una falda idrica superficiale (luglio 2015) vera e propria, ma solo una certa umidità e/o umidità spinta soprattutto in corrispondenza dei termini sabbiosi fini in matrice limosa verso i -5.0metri. Si tratta di falde freatiche ubicate nella copertura quaternaria alluvionale, delimitate al letto dal substrato terziario impermeabile, soggette a oscillazioni stagionali, poiché alimentate principalmente dalle piogge.

I terreni, in base alle caratteristiche geolitologiche, con particolare riferimento alla capacità d'assorbimento possono essere suddivisi in differenti classi di permeabilità, secondo i valori indicati nella tabella:

Grado di permeabilità	Valore di k (m/s)
alto	superiore a $10^{-3}$
medio	$10^{-3} - 10^{-5}$
basso	$10^{-5} - 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} - 10^{-9}$
impermeabile	minore di $10^{-9}$

Nell'area sensibile possiamo distinguere 3 classi a differente permeabilità:

- **Classe 1** - medio-alta permeabilità: sedimenti alluvionali recenti
- **Classe 2** - bassa permeabilità: depositi colluviali dell'Olocene
- **Classe 3** - molto bassa/impermeabile: marne mioceniche

Prima classe: appartengono quei terreni a buona circolazione idrica, costituiti prevalentemente da coperture alluvionali allo stato sciolto o semicoerente. La permeabilità è dovuta alla presenza di sedimenti sabbioso-ghiaiosi di età olocenica, scarsamente addensati [ $10^{-2} \leq K \leq 10^{-4}$ ]

Seconda classe: i depositi colluviali in matrice limoso-marnosa prevalente, con intercalazione di suoli limo-argillosi, presentano bassa permeabilità per porosità, localmente medio-bassa in corrispondenza di livelli limoso-sabbiosi [ $10^{-6} \leq K \leq 10^{-4}$ ]

Terza classe: le marne Langhiane, con intercalazioni da argillose a siltose, talvolta associate a sottili livelli carbonatici, risultano per caratteristiche intrinseche scarsamente permeabili per porosità [ $K \leq 10^{-7}$ ].

La presenza della falda freatica superficiale, alimentata essenzialmente dalle acque di precipitazione meteorica, può essere presente, seppur di modesta entità, al contatto tra i depositi della copertura alluvio-colluviale e il substrato marnoso o in corrispondenza d'intercalazioni sabbioso-marnose; la presenza della falda idrica più profonda è funzione del grado di compattezza e dell'alternanza, all'interno del substrato terziario della zona, di orizzonti marnoso-argillosi scarsamente permeabili e marnoso-arenacei più o meno permeabili.

*In sintesi, l'area esaminata non risulta esposta a nessuna tipologia di rischio legata alla situazione geologica, geomorfologica del paesaggio e l'idrologia del settore in cui esso si colloca; per la sua tipologia non può essere esso stesso motivo di rischio, fatte salve le normali prescrizioni progettuali.*

### 1.3 - Lineamenti climatici generali

Il clima esercita un'importantissima influenza: il bacino è interessato dall'isoterma annua di 17.5° C; il mese più freddo è gennaio con temperature di 10° C mentre in agosto si hanno temperature medie di 25° C. L'anno idrologico comincia nei mesi di settembre – ottobre con deboli precipitazioni che gradualmente aumentano nei mesi di dicembre e gennaio. Il valore medio annuo si aggira intorno ai 600 mm e aumenta con l'altitudine. I venti hanno una distribuzione piuttosto regolare, con prevalenza nel mese di gennaio da Ovest, mentre nel mese di luglio una direzione prevalente da NW a W. Lo schema della circolazione idrica sotterranea non si discosta da quello che è in genere il deflusso superficiale.

Si tratta di falde site a profondità variabili entro livelli sabbiosi o ciottolosi, intercalati in marne argillose e limi argillosi del Quaternario.

Nella nostra area è rilevabile un inizio di falda freatica (forte umidità), già a partire da circa -5.0m da p.c. nell'S4, e una minima umidità naturale nei livelli più superficiali.

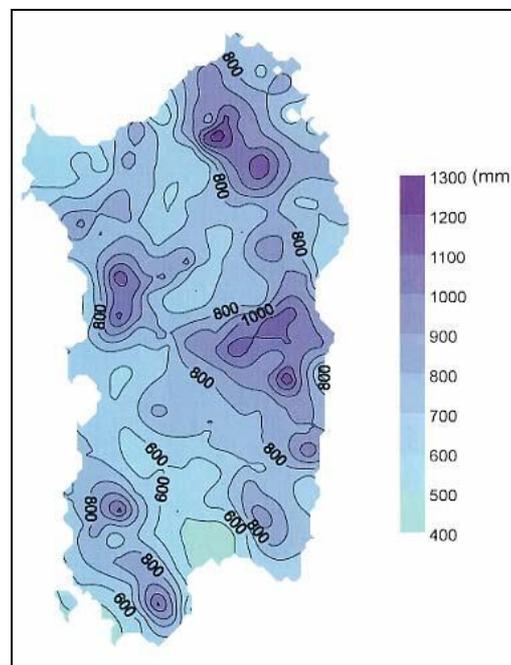


Figura 4 – Carta delle precipitazioni (mm)

Il regime delle precipitazioni si attesta su valori della media regionale (754 mm). Le piogge si concentrano soprattutto nella stagione autunnale, con eventi più rari nei primi mesi dell'inverno che tendono a decrescere rapidamente con l'approssimarsi della primavera e a scomparire quasi completamente in estate. Tale andamento evidenzia precipitazioni in cui il minimo si colloca in luglio,

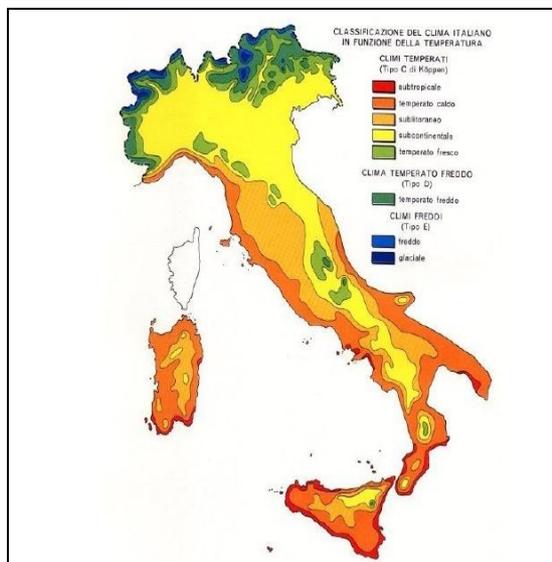


Figura 5 – Classificazione climatica secondo Köppen

con una media mensile di soli 3,0 mm di pioggia. Il massimo assoluto è ubicato nel mese di dicembre con poco più di 61,5 mm di pioggia che superano di poco i circa 59,7 mm del mese di ottobre e i 57,4 mm di novembre. L'andamento delle temperature, manifesta un trend esattamente opposto, con valori più bassi nei mesi invernali, il cui minimo si registra a gennaio con una media diurna di 8,9 °C, e temperature più elevate nel periodo estivo con il massimo diurno assoluto ad agosto (25,5 °C). Conoscere le condizioni climatiche è determinante per caratterizzare l'ambiente. Infatti, la

consapevolezza delle medie pluviometriche e termometriche consente di caratterizzare quantitativamente il microclima dell'area in oggetto fornendo i parametri necessari all'impostazione dello studio idrogeologico.

Considerando la precipitazione e la temperatura media, desunte dai dati delle stazioni pluviometriche significative (Cagliari) per l'area in esame, riportate nelle tabelle del S.I.S.S per un periodo che va dal 1922 al 1992, secondo la classificazione climatica di Thornthwaite la zona risulta in accordo con i dati riferiti alla Sardegna meridionale: mesotermico da subumido a subarido (subtropicale semiarido), forte eccedenza idrica invernale.

Nell'arco di tempo coperto da osservazioni si notano alcune serie di anni particolarmente siccitosi, così come non sono infrequenti eventi pluviometrici di portata straordinaria. Nel complesso l'area esaminata mostra un regime pluviometrico con una piovosità di entità medio-bassa, concentrata nel periodo autunno-invernale, con estati rigorosamente asciutte, solo qualche volta interessate da eventi temporaleschi anche eccezionali. La primavera è caratterizzata da modesti mentre l'autunno è sovente più ricco dell'inverno.

### 1.3.1 - Venti

Per quanto riguarda i venti, rilevati presso la Stazione di Cagliari nel corso del 2004, a livello stagionale la disaggregazione in settori mantiene sostanzialmente la stessa fisionomia; va tuttavia segnalato che nel periodo annuale è più frequente la componente da N-W.

I venti hanno una distribuzione piuttosto regolare, con prevalenza nel mese di Gennaio da Ovest, mentre nel mese di Luglio una direzione prevalente da NW ad W.



Si deve tenere conto che la velocità del vento a livello della superficie terrestre diminuisce molto fino a divenire pressoché nulla a contatto con il suolo. Inoltre il regime dei venti di un sito è molto influenzato dalla topografia locale, presenza di vegetazione o edifici. Nella norma tecnica UNI 10349 sono elencati i dati di velocità media annuale del vento e direzione prevalente di alcune città italiane. L'Italia è stata suddivisa in 5 regioni di vento: la regione A comprende tutta l'Italia a nord del Po; la regione B comprende la zona tra l'Appennino e il mare Adriatico; la regione C comprende la zona tra l'Appennino e il mare Tirreno e la Sicilia; le regioni D ed E comprendono la Sardegna orientale e occidentale.

Figura 6 - Regioni di vento italiane secondo UNI 10349

Cagliari	Altitudine (m)	Zona di vento	Velocità media (m/s)	Direzione prevalente
	4	3	4.0	NW

### 1.3.2 - Evapotraspirazione potenziale

L'evapotraspirazione potenziale si riferisce alla quantità massima d'acqua che, allo stato di vapore, può essere perso nell'unità di tempo per evaporazione e traspirazione da un terreno. Dipende dal potere evaporante dell'atmosfera, per cui è legata essenzialmente alla temperatura e all'umidità relativa.

La formula di Thornthwaite permette di stimare l'evapotraspirazione potenziale su base mensile considerando il solo andamento delle temperature medie mensili ( $T_i$ ), con la seguente:

$$E_{p_i} = k [1.6 (10 T_i/I)^a]$$

dove:

K = coefficiente di correzione di latitudine riferito al mese i-esimo, pari al rapporto tra le ore diurne e la metà delle ore giornaliere;

$T_i$  = temperatura media dell'aria del mese i-esimo (°C);

I = indice di calore annuo;

a = fattore funzione di I

Mesi	Temp. media mensile (°C)
Gennaio	9.9
Febbraio	10.3
Marzo	11.8
Aprile	13.75
Maggio	17.65
Giugno	21.75
Luglio	24.65
Agosto	25.20
Settembre	22.25
Ottobre	18.40
Novembre	13.80
Dicembre	11

Per la stima dell'Evapotraspirazione Potenziale sono state considerate le temperature medie mensili riferite a un periodo di osservazione trentennale [1971-2000], rappresentativo dell'andamento climatico della stazione Cagliari-Elmas.

Mesi	Evapotraspirazione potenziale $E_p$ (mm)
Gennaio	19.8
Febbraio	21.4
Marzo	33.8
Aprile	48.3
Maggio	83.8
Giugno	122.3
Luglio	153.2
Agosto	148
Settembre	103.4
Ottobre	67.9
Novembre	35.2
Dicembre	22.6

⇒ Evapotraspirazione totale annua  $E_p = 859.7$  mm  
 ⇒ Indice annuo di calore  $I = 77.599$

Nota: i parametri climatologici analizzati evidenziano una generale condizione climatica favorevole nel sito della discarica in progetto, caratterizzata in particolare da una moderata piovosità annua di 428 mm e da un'elevata evapotraspirazione annua data di 859.70 mm, riferite al medesimo periodo d'osservazione [1971-2000]

#### 1.4 - Sistema Pedologico

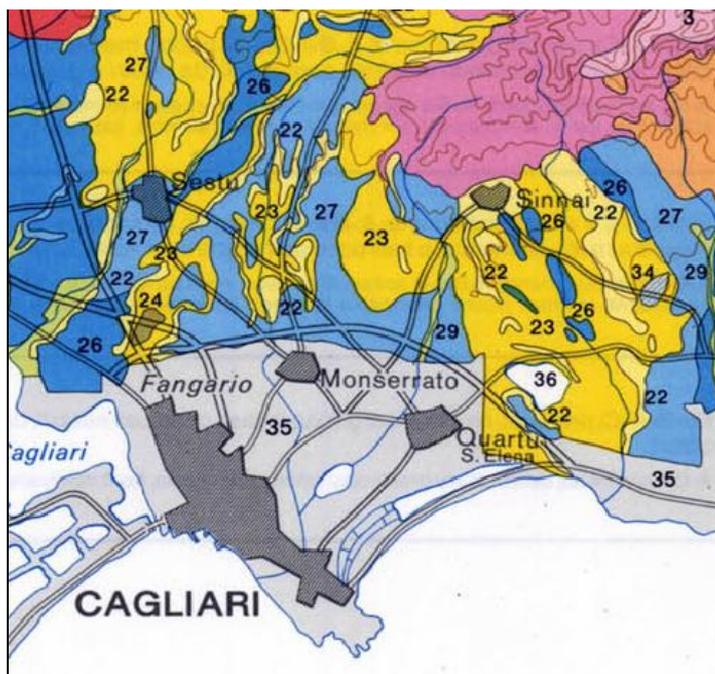


Figura 7 - Stralcio della carta dei Suoli della Sardegna [Aru-Vacca]

Nel settore esaminato, il paesaggio caratterizzato da morfologie a debole collinaria e tabulari, rispecchia le caratteristiche geologico-strutturali del territorio di Selargius. Si tratta, infatti, di un paesaggio ondulato, soprattutto a Nord del tessuto urbano, in cui i dislivelli di quota determinati dalle forme di rilievo associate ai litotipi marnosi del terziario sono attenuati e colmati dai depositi detritici del Quaternario, di facies alluvio-colluviale prevalente.

Gli affioramenti quaternari presentano un'evoluzione dei profili con arricchimento di

argilla, che ne sovrasta uno più profondo con arricchimento evidente in carbonati. Tale orizzonte può essere più o meno vicino alla superficie, o addirittura affiorante. I terreni marnosi, presentano suoli su:

- Superficie ondulate, caratterizzati da un profilo a modesto sviluppo, del tipo A-C, A-B<sub>w</sub>-C, per una profondità inferiore ai 50cm. Sono soggetti a rischi di erosione con, in alcuni casi, asportazione completa della copertura o suolo;
- Superficie da ondulata a sub-pianeggiante, caratterizzati da un profilo di moderato sviluppo, del tipo A-B<sub>w</sub>-C, A-Bk-C e A-C per una profondità comprese tra 50 e 100cm. Sono soggetti a rischi di erosione da moderati ad elevati con, in alcuni casi, asportazione completa della copertura o suolo.

Sulla base dell'analisi della Carta dei Suoli della Sardegna (A. Aru, P. Baldaccini, A. Vacca; 1989) possiamo distinguere le seguenti unità pedologiche:

### [Unità 22]

#### Paesaggi su marne, arenarie e calcari marnosi del Miocene e relativi depositi colluviali

I suoli derivati dalle marne sono associati a forme ondulate, sulle sommità delle colline e in corrispondenza dei litotipi più compatti. Questi suoli di debole spessore, di solito inferiore ai 50cm, presentano tessitura da franco-sabbiosa a franco-argillosa, struttura poliedrica sub-angolare e buona permeabilità. Le principali limitazioni all'uso agricolo sono rappresentate da una fertilità molto bassa, debole capacità di ritenuta idrica, da rocciosità e pietrosità superficiale elevata, oltre che da erosione diffusa e drenaggio lento. I suoli di quest'unità, secondo la classificazione U.S.D.A Soil Taxonomy (1988), appartengono ai Rock outcrop ed al sottogruppo dei Lithic Xerothents, caratterizzati da suoli giovanissimi a regime di umidità xerico, con profilo pedologico poco differenziato, presentando un solo orizzonte superficiale di tipo minerale.

### [Unità 23]

#### Paesaggi su marne, arenarie e calcari marnosi del Miocene e relativi depositi colluviali

I suoli di questa unità, derivati anch'essi dalle marne, sono associati a forme ondulate e sub-pianeggianti, talvolta prossimi ai letti dei fiumi, su un substrato marnoso, arenaceo o marnoso calcareo. Questi suoli si presentano da mediamente profondi a profondi, con tessitura da franco-sabbiosa a franco-sabbiosa-argillosa, struttura poliedrica sub-angolare e angolare, da permeabili a mediamente permeabili.

Le principali limitazioni all'uso agricolo sono rappresentate da una tessitura troppo fine, eccesso di carbonati, oltre ad avere un moderato pericolo di erosione e drenaggio lento.

I suoli di quest'unità, secondo la classificazione U.S.D.A Soil Taxonomy (1988), appartengono ai sottogruppi Typic, Vertic, Calcixerollic Xerochrepts, Typic Xerothents e, subordinati

Xerofluvents, caratterizzati da suoli a regime di umidità xerico, con profilo pedologico poco differenziato, presentando un solo orizzonte superficiale di tipo minerale.

## [Unità 27]

### Paesaggi su alluvioni, conglomerati, arenarie eoliche e crostoni carbonatici

Quest'unità è impostata sui substrati quaternari antichi. L'evoluzione di questi suoli è molto spinta sulle alluvioni antiche ben costipate e talvolta cementate, con profili A-Bt-C e A-Btg-Cg, contraddistinti da orizzonti diagnostici ben sviluppati.

- Si tratta di orizzonti illuviali argillici e orizzonti screziati, riconducibili sia a condizioni di ossidazione sia d'idromorfia. A tratti sono cementati per la presenza di ferro, alluminio e silice, in relazione alla maggiore o minore età del suolo.

- Si tratta di suoli evoluti appartenenti all'ordine degli Alfisuoli, in particolare, in funzione della componente tessiturale e della permeabilità, si differenziano in vari sottogruppi. In corrispondenza delle alluvioni antiche terrazzate si rilevano suoli profondi appartenenti ai Typic, Aquic Palexeralfs, caratterizzati da tessitura da franco-sabbiosa-argillosa in superficie sino ad argillosa in profondità, da permeabilità medio-bassa, poiché condizionata dall'illuviazione di materiali argillosi e dalla cementazione. Il drenaggio lento costituisce una delle principali limitazioni all'uso agricolo degli stessi. Dove si rinvencono coperture eoliche superficiali, si rilevano suoli poco sviluppati, con profilo pedologico poco evoluto classificati come Xeropsamments.

## 1.5 - Pericolosità geomorfologica analisi del PAI



Figura 8 – Stralcio del PAI: carta della pericolosità idraulica [fonte Sardegna geoportale Monserrato]

Dall'analisi del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), l'area in esame impostata su terreni della sedimentazione oligo-miocenica del campidano Meridionale, situata in località Is Corrias (1° rotonda Barracca Manna), e Su Pezzu Mannu (2° rotonda direzione Policlinico), a quota assoluta variabile da un minimo di circa +27.0 mt sino a circa +30.0/+34.0 metri, ricade al di fuori della perimetrazione Regionale delle aree a pericolosità da frana. Le

aree caratterizzate da pericolosità idraulica elevata (Hi4) con portate al colmo con tempi di ritorno a 50 anni ricadono nella piana in

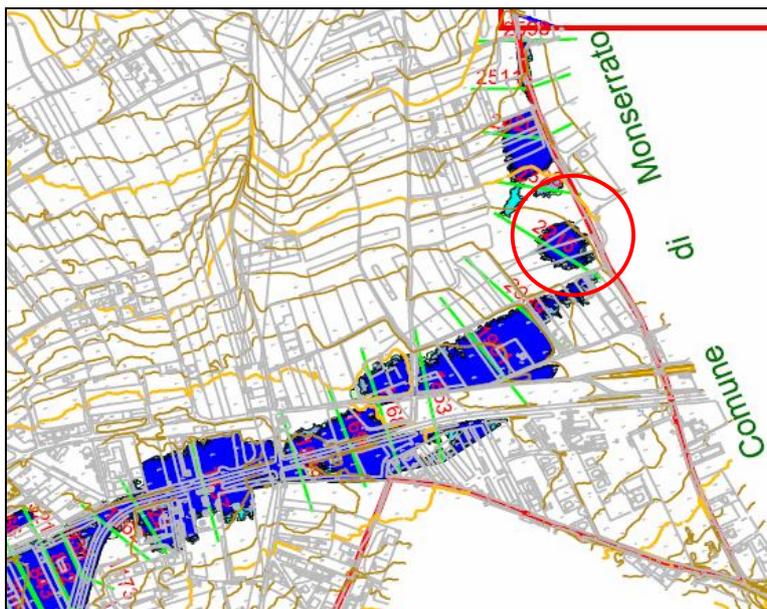


Figura 9 – Pericolosità idraulica territorio di Selargius

prossimità del confine amministrativo di Monserrato direzione policlinico, come si può dedurre dalla cartografia aggiornata al 2015 del PUC al PAI/PPR del territorio Comunale di Selargius. La pericolosità geomorfologica da frana, al contrario è assente, o meglio specificata come area Hg0 ossia aree studiate con assenza di fenomeni franosi in atto o potenziali.

*In sintesi, l'area esaminata non risulta esposta a nessuna tipologia di rischio legata alla situazione geologica e geomorfologica del paesaggio in cui esso*

*si colloca; l'opera in progetto per la sua tipologia non costituisce motivo di rischio, fatte salve le normali prescrizioni progettuali in materia di sicurezza idraulica in cui l'opera possa interferire con l'idrologia del settore per fattori puramente morfologici.* In riferimento alla zona dove è inserito il contesto stradale in progetto, quest'area risulta, quindi, non avere alcun vincolo di franosità, mentre risulta cartografata in ambito di zona extraurbana (aree agricole) a rischio idraulico, soggetta alla classe di pericolo idraulico Hi4. Ciò è correlato essenzialmente alla posizione plano-altimetrica e morfologica del sito.

Considerando, in ambito normativo, la classe vincolistica elevata (**Hi4**) → **La tipologia di intervento in progetto è qui ammissibile e/o consentita:** *in materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente [CAPO II Art. 27 - Disciplina delle aree di pericolosità elevata (Hi4)] e sottoposta allo studio di Compatibilità idraulica secondo "Allegato E" criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle norme di attuazione del P.A.I., in riferimento all'articolo 27, comma 3 lett. g).*

## 1.6 - Classificazione sismica del sito in progetto

### Premessa

L'Appendice A delle N.T.C 08, prevede, specificatamente, che le valutazioni relative alla definizione della "pericolosità sismica di base" debbano derivare da studi condotti a livello nazionale, su dati aggiornati, con procedure trasparenti e metodologie validate.

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo tale da renderla compatibile con le NTC 2008, dotandola di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici

che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte in quanto i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- In termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri ( $F_0$ ,  $T_c^*$  etc.) che permettono di definire gli spettri di risposta, ai sensi delle NTC 08, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale (categ. A), in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (la rete nazionale è definita da nodi che non distano più di 10 km);
- Per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o per diversi periodi di ritorno  $T_R$  ricadenti in un intervallo di riferimento (variabile tra 30 e 2475 anni).

L'azione sismica così individuata, viene successivamente variata, con le modalità precisate dalle NTC 08, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni stratigrafiche locali del sottosuolo, effettivamente presenti nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie; tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale (RSL).

Quindi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi (vedi cap. 3.2.2 NTC08); in assenza di tali analisi, si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III), attraverso la misura delle  $V_{s30}$  o di altri parametri geotecnici; questo approccio, introdotto dall'OPCM n. 3274/03, allo stato, appare quasi sempre utilizzato nella comune pratica professionale.

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003 recante *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* è stata introdotta una nuova classificazione sismica del territorio nazionale articolata in 4 zone a diverso grado di sismicità espresso dal parametro  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. I valori convenzionali di  $a_g$ , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono riferiti a probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed assumono i valori riportati nella tabella sottostante:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche)
	$[a_g/g]$	$[a_g/g]$
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Come definito nel testo unico allegato al D.M. del 14/01/2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”, “le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$ . Secondo la nuova classificazione sismica del territorio nazionale, il settore del comune di Cagliari appartiene ad un’area di Classe 4, ed è quindi caratterizzata da una accelerazione orizzontale massima  $a_g \leq 0,05 * g$  ( $m/s^2$ ).

Per la definizione dell’azione sismica di progetto, si rende necessario valutare anche l’effetto della risposta sismica locale che, in assenza di specifiche analisi, può essere ricavata mediante un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

L’identificazione di questa categoria va di norma eseguita in base ai valori della Vs30, cioè la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, tuttavia, come specificato nella suddetta normativa, nei terreni non coesivi (coperture) può essere effettuata anche in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test)  $N_{SPT30}$ . Nel caso in esame, i valori della Vs per i singoli strati sono stati ricavati utilizzando la formula di calcolo di Ohta e Goto (1978):  $V_S = 54.33 * (N_{SPT})^{0.173} * \alpha * \beta * (Z / 0.303)^{0.193}$ .

Per il calcolo della Vs30, è stata quindi applicata la formula indicata dalle N.T.C.:  $V_{s30} = 30 / \sum_{i=1}^n (h_i / V_i)$

dove

- $h_i$  = Spessore in metri dello strato i-esimo
- $V_i$  = Velocità dell’onda di taglio i-esima
- N = Numero di strati

Considerando che i dati di riferimento indicano coperture detritiche superficiali per spessori poco superiori ai 5.0 metri a cui segue un substrato di tipo sabbioso limoso argilloso e/o argilloso limoso, i valori ricavabili con il metodo applicato attribuisce ai terreni di fondazione una categoria “C”:

$$V_{s30} = 280 \text{ m/s (Olocene)}$$

Tipo di suolo (D.M. 14/01/2008): **Tipo C:** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT30 < 50$  nei terreni agrana grossa e  $70 < cu30 < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

L’area in esame è classificata come zona sismica 4, in riferimento al D.M. 14/01/2008:

- Zona 4: È la meno pericolosa. Nei 3.488 Comuni o porzioni di essi per i quali  $[a_g/g] < 0,05g$  le possibilità di danni sismici sono basse.

### 1.6.1 - Dati sismici sul sito (spettri di risposta)

Dati sull'area SENSIBILE:

Coordinate Gauss-Boaga (Fuso 32) area sensibile 1<sup>a</sup> rotatoria Is Corrias:

**X** = 1509907.5698 longitudine **E** (WGS84 509 878)

**Y** = 4345818.7948 latitudine **N** (WGS84 4 345 814)

Coordinate Gauss-Boaga (Fuso 32) area sensibile 2<sup>a</sup> rotatoria Su Pezzu Mannu:

**X** = 1510209.3914 longitudine **E** (WGS84 510 180)

**Y** = 4346399.4523 latitudine **N** (WGS84 4 346 395)

### Punti impiegati sulla maglia di riferimento

Primo punto: ID=45382 Lat.=38.079000 Long.=12.414000 Distanza=310.765681 Km

Secondo punto: ID=45604 Lat.=38.030000 Long.=12.415000 Distanza=313.264458 Km

Terzo punto: ID=45383 Lat.=38.080000 Long.=12.477000 Distanza=315.685422 Km

Quarto punto: ID=45826 Lat.=37.980000 Long.=12.416000 Distanza=315.889225 Km

Calcolo eseguito con interpolazione basata sulle distanze

	TIPI DI COSTRUZIONE	V <sub>n</sub>
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o importanza normale	>50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥100

La normativa definisce in presenza di azione sismica 4 classi di costruzioni in base al loro utilizzo (Classe d'uso - art. 2.4.2) a cui si associa un coefficiente d'uso (C<sub>u</sub>) come mostrano le Tabelle seguenti (estratte da NTC 2008).

<b>Classe I</b>	Presenza occasionale di persone, edifici agricoli
<b>Classe II</b>	Normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente [...]
<b>Classe III</b>	Affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti con attività particolarmente pericolose per l'ambiente
<b>Classe IV</b>	Funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente [...]

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C <sub>u</sub>	0,7	1,0	1,5	2,0

Per la categoria topografica l'area ricade nella categoria T1: *Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤15°*

### Dati sulla costruzione:

Classe d'uso: 3

Vita Nominale: 50 anni

Coefficiente d'uso: 1.500000

Vita di riferimento: 75.000000 anni



## **STATO LIMITE ULTIMI (SLU)**

**A)** Dati sulla costruzione **(SLV)** Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.100000 (SLV) Periodo di ritorno: 711.841619 (anni): **Valori finali calcolati**

$$ag = 0.0501 \text{ g} \div \mathbf{Fo} = 2.5320 \div \mathbf{Tc}^* = 0.3265 \text{ sec}$$

**B)** Dati sulla costruzione **(SLC)** Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.050000 (SLC) Periodo di ritorno: 1462.179431 (anni): **Valori finali calcolati**

$$ag = 0.0622 \text{ g} \div \mathbf{Fo} = 2.5896 \div \mathbf{Tc}^* = 0.3558 \text{ sec}$$

## **STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)**

**C)** Dati sulla costruzione **(SLO)** Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.810000 (SLO) Periodo di ritorno: 45.160830 (anni): **Valori finali calcolati**

$$ag = 0.0162 \text{ g} \div \mathbf{Fo} = 2.5555 \div \mathbf{Tc}^* = 0.1480 \text{ sec}$$

**D)** Dati sulla costruzione **(SLD)** Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.630000 (SLD) Periodo di ritorno: 75.433572 (anni): **Valori finali calcolati**

$$ag = 0.0211 \text{ g} \div \mathbf{Fo} = 2.5238 \div \mathbf{Tc}^* = 0.1923 \text{ sec}$$

## 2. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

### 2.1 - Premessa

Sulla base delle indagini geognostiche attuali (2015) e pregresse eseguite in aree limitrofe litologicamente omogenee Barracca Manna, Campus delle Scienze, Ospedale Policlinico, Cimitero Monserrato, Is Corrias si può affermare che l'area sensibile è impostata principalmente su litologie incoerenti/coesive Oloceniche, rappresentati inizialmente sia da coltri eluvio colluviali [ $b_2$ ] immersi in matrice fine, sia da depositi alluvionali terrazzati [ $b_{nb}$ ] sabbiosi con subordinati limi e argille sempre appartenenti al periodo Olocenico. Trattasi di materiali che per l'uso consolidato agricolo dell'area sono stati per lungo tempo arati sino a profondità anche di 0.60m.

Lo studio ha comportato la raccolta d'informazioni indispensabili per la parametrizzazione geotecnica dell'area in esame, attraverso un rilevamento geologico di superficie, che ha permesso di valutare le caratteristiche geometriche ed in parte composizionali della copertura quaternaria Olocenica, con intercalati livelli di limo debolmente argilloso e/o sabbie ghiaiose limose argillose.

Le indagini hanno confermato che la copertura Olocenica presente, si estende uniformemente su tutta l'area interessata dal progetto, com'era facile prevedere dalle considerazioni geologiche precedenti. In funzione di ciò, i terreni interessati presentano discrete caratteristiche geomeccaniche già dai primi due metri, per il grado di addensamento presente.

Le uniformità locali di compattazione, la maggiore o minore presenza del legante (limo ed argilla), la presenza (%) o meno di elementi più grossi (ciottolate e ghiaia), influenzano la condizione geotecnica generale propria di questi strati, dello spessore maggiore di 10 metri da p.c.; si tratta in generale di materiali di buona consistenza meccanica, ben addensati e ben consolidati. Non appena superato lo strato superficiale di terreno, di circa 0.3m/0.4m, questo materiale, già dal primo metro, risulta con discrete risposte di resistenza alla penetrazione di punta ( $R_p$ ).

Dal punto di vista del loro comportamento geomeccanico, presentano caratteristiche variabili da litologia incoerente nei termini più attrattivi come ad esempio nell'area di Barracca Manna a debolmente coesiva nei termini a cemento coesivo ad esempio nell'area di Su Pizzu Mannu.

In funzione di ciò, i terreni hanno mostrato una certa variabilità della resistenza alla penetrazione da prove SPT (Standard Penetration Test). Questa disomogeneità, è congruente alla tipica variabilità litologica dei depositi di ambiente alluvionale, presentandosi nei nostri casi diversamente addensati e/o consistenti.

Essi, presentano negli strati più superficiali, dove sono presenti i livelli limosi debolmente sabbiosi, con dispersi ciottoletti, discrete caratteristiche meccaniche, andando verso valori concretamente superiori con la profondità, dove è maggiore la presenza di sabbie ghiaiose e ciottoletti soprattutto verso l'area del Policlinico.

## 2.2 - Indagini geognostiche di dettaglio

Nelle aree previste in progetto, per la realizzazione del sistema viario mediante la realizzazione di due rotonde con annessa viabilità, allo scopo di consentire una precisa ricostruzione litostratigrafica e geomeccanica del sottosuolo, è stata eseguita una campagna d'indagini geognostiche e prove in sito e di laboratorio, mediante l'esecuzione di:

- ◆ Sondaggi geognostici a carotaggio continuo (diametro perforazione 101mm);
- ◆ Prove geotecniche puntuali rappresentate da prove penetrometriche dinamiche (S.P.T.), nel numero minimo sufficiente per ogni foro di sondaggio, ad ogni cambiamento litologico;
- ◆ Pozzetti geognostici per consentire un adeguato prelievo di campioni lungo l'asse viario;
- ◆ Prove di laboratorio su campioni di terre [P1, P2, P3, P ..., Pz10];
- ◆ Prove di carico su piastra da 300mm.

In data 17 luglio 2015, per verificare nel modo più omogeneo possibile le condizioni geolitologiche dell'area sensibile, la verifica geotecnica del sedime si è esplicitata nelle seguenti indagini e prove, svolte con le seguenti attività geognostiche e prove in sito:

### ✚ N. 8 sondaggi geognostici continui a rotazione, con testa da 101mm

	Sondaggi	Profondità di prova da p.c. (+0.00)
Sond. S <sub>1</sub>	[Area Barracca Manna]	-5.00 metri
Sond. S <sub>2</sub>	[Area Su Pezzu Mannu]	-5.00 metri
Sond. S <sub>3</sub>	[Area Su Pezzu Mannu]	-5.00 metri
Sond. S <sub>4</sub>	[Area Su Pezzu Mannu]	-5.00 metri
Sond. S <sub>5</sub>	[Area Su Pezzu Mannu]	-5.00 metri
Sond. S <sub>6</sub>	[Area Su Pezzu Mannu]	-5.00 metri
Sond. S <sub>7</sub>	[Area Su Pezzu Mannu]	-5.00 metri
Sond. S <sub>8</sub>	[Area Su Pezzu Mannu]	-5.00 metri

### ✚ SPT → Standard Penetration Test dinamiche discontinue, così ripartite <sup>quote</sup> nelle varie verticali di sondaggio:

	Profondità prova S.P.T.	N <sub>spt</sub>
Sond. S <sub>1</sub>	[-1.0m]	10-26-39
Sond. S <sub>2</sub>	[-1.0m]	6-9-10
Sond. S <sub>3</sub>	[-3.0m]	28-28-16
Sond. S <sub>4</sub>	[-1.50m]	8-13-15

**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotonde e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

Relazione geologico tecnica

Sond. S <sub>5</sub>		15-18-20
	[-2.0m]	
Sond. S <sub>6</sub>		18-28-36
	[-1.0m]	
	[-3.0m]	12-18-25
Sond. S <sub>7</sub>		28-31-40
	[-1.0m]	
	[-3.50m]	18-21-19
Sond. S <sub>8</sub>		12-18-19
	[-1.0m]	
	[-3.50m]	18-21-28

#### N. 8 pozzetti geognostici con mini escavatore a doppio braccio

Sondaggi		Profondità di prova da p.c. (+0.00)
Pozzetto P <sub>1</sub>	[Area Barracca Manna]	-1.20 metri
Pozzetto P <sub>2</sub>	[Area Su Pezzu Mannu]	-1.20 metri
Pozzetto P <sub>3</sub>	[Area Su Pezzu Mannu]	-1.20 metri
Pozzetto P <sub>4</sub>	[Area Su Pezzu Mannu]	-1.20 metri
Pozzetto P <sub>5</sub>	[Area Su Pezzu Mannu]	-1.20 metri
Pozzetto P <sub>6</sub>	[Area Su Pezzu Mannu]	-1.20 metri
Pozzetto P <sub>7</sub>	[Area Su Pezzu Mannu]	-1.20 metri
Pozzetto P <sub>8</sub>	[Area Su Pezzu Mannu]	-1.20 metri

#### N. 10 campioni per prove di laboratorio geotecnico

Pozzetto	Prova di laboratorio
Pozzetto P <sub>1</sub>	[Area Barracca Manna] C1 (granulometrica, Atterberg, proctor, CBR)
Pozzetto P <sub>2</sub>	[Area Su Pezzu Mannu] C1 (granulometrica, Atterberg)
Pozzetto P <sub>3</sub>	[Area Su Pezzu Mannu] C1 (granulometrica, Atterberg, proctor, CBR)
Pozzetto P <sub>4</sub>	[Area Su Pezzu Mannu] C1 (granulometrica, Atterberg)
Pozzetto P <sub>5</sub>	[Area Su Pezzu Mannu] C1 (granulometrica, Atterberg, proctor, CBR)
Pozzetto P <sub>6</sub>	[Area Su Pezzu Mannu] C1 (granulometrica, Atterberg, proctor, CBR)
Pozzetto P <sub>7</sub>	[Area Su Pezzu Mannu] C1 (granulometrica, Atterberg)
Pozzetto P <sub>8</sub>	[Area Su Pezzu Mannu] C1 (granulometrica, Atterberg)
Campione CP7	[Area prova piastra n. 7] C1 (granulometrica, Atterberg)
Campione CP8	[Area prova piastra n. 8] C1 (granulometrica, Atterberg)

### N. 8 prove di carico su piastra da 300mm

	Sondaggi	Profondità di prova da p.c. (+0.00)
CP1	[Area Barracca Manna]	Materiale naturale previo scotico di -0.20m
CP2	[Area Su Pezzu Mannu]	Materiale naturale previo scotico di -0.20m
CP3	[Area Su Pezzu Mannu]	Materiale naturale previo scotico di -0.20m
CP4	[Area Su Pezzu Mannu]	Materiale naturale previo scotico di -0.20m
CP5	[Area Su Pezzu Mannu]	Materiale naturale previo scotico di -0.20m
CP6	[Area Su Pezzu Mannu]	Materiale naturale previo scotico di -0.20m
CP7	[Area Su Pezzu Mannu]	Materiale naturale previo scotico di -0.20m
CP8	[Area Su Pezzu Mannu]	Materiale naturale previo scotico di -0.20m

### 2.3 - Valutazione geotecnica dei sedimenti interessati da prove Standard Penetration Test

Nel corso delle perforazioni dei sondaggi sono state compiute prove penetrometriche dinamiche S.P.T. (Standard Penetration Test), a varie profondità d'interesse, per valutare le caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi attraversati.

La prova **S.P.T** (Standard Penetration Test) consiste nella misura del n° di colpi (**N**) necessari all'affondamento per 3 tratti di 15 cm di una punta conica  $\varnothing$  50 mm spinta dalla caduta, su una testa cilindrica interposta nelle aste di accompagnamento, di una massa battente pesante 63,5 Kg (140 lb) con una volata di 75 cm. In tal modo si può misurare la penetrazione della punta (**R<sub>p</sub>**). Il valore **N<sub>S.P.T.</sub>** si determina sommando il numero dei colpi necessario all'infissione degli ultimi 30 cm e, si considera rifiuto un numero di colpi superiore a 40 per un tratto di 15 centimetri.

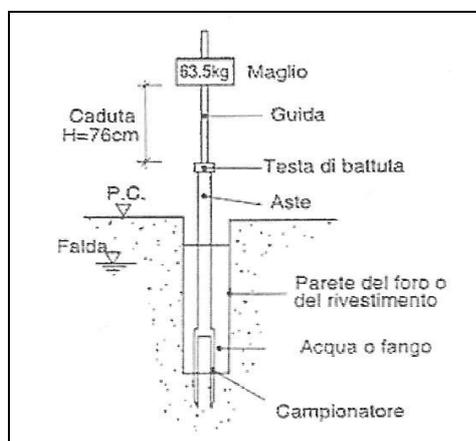


Figura 10 – Schema Tipo prova SPT

I dati relativi alla Tensione Ammissibile ( $Q_{amm}$ ) da prove S.P.T. Correlazione Parry sono rispettivamente:

	Profondità prova S.P.T.	Valore Nspt	$Q_{amm}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Sond. S <sub>1</sub>	[-1.0m]	65	6.5
Sond. S <sub>2</sub>	[-1.0m]	19	1.9
Sond. S <sub>3</sub>	[-3.0m]	44	4.4
Sond. S <sub>4</sub>	[-1.50m]	28	2.8
Sond. S <sub>5</sub>	[-2.0m]	38	3.8
Sond. S <sub>6</sub>	[-1.0m]	64	6.4
	[-3.0m]	43	4.3
Sond. S <sub>7</sub>	[-1.0m]	71	7.1
	[-3.50m]	40	4.0
Sond. S <sub>8</sub>	[-1.0m]	37	3.7
	[-3.50m]	49	4.9

## 2.4 - Sondaggi geognostici a rotazione [continui]

Premessa: sono stati eseguiti n. 8 sondaggi geognostici (indicati con le sigle Sond S<sub>1</sub>÷S<sub>2</sub>...÷S<sub>4</sub>) in diversi punti dell'area sensibile (Rotonde Is Corrias/Su Pizzu Mannu-Policlinico), utilizzando una sonda a rotazione **MK900 CMV** con argano idraulico da Kg 2000, munita di speciale pompa a coclea Bellin NG800L, montata su carro gommato Magirus Jiupiter 6 x 6, munito di apposita strumentazione montata sulla colonna, in testa, per eseguire la prova SPT dinamica discontinua.

Le verifiche geognostiche sono state eseguite in ottemperanza alle modalità esecutive previste dalle raccomandazioni per le indagini e le prove in sito A.G.I. 1977.

### 2.4.1 - Sondaggio S1 e Prova S.P.T.



Figura 11 – Postazione S1 (area 1° rotonda)

Il sondaggio vedi planimetria allegata ha mostrato da subito la presenza di terreni sabbiosi e/o sabbiosi limosi, diversamente addensati; si tratta di depositi eluvio colluviali frammisti ad alluvionali sabbiosi fini, in matrice debolmente limosa, passante più in profondità non rilevato al substrato di marne arenacee diversamente consistenti.

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

1. Livello di copertura sabbioso fine debolmente limoso, colore nocciola, debolmente addensato, asciutto [da +0.00m a -0.50m];
2. Idem come sopra, ma addensata [da -0.50m a -1.30m p.c.];
3. Livello di sabbie fini limose, addensate, frammisto da -1.50m a -1.90m a materiale di natura antropica (resti di piastrelle), colore da nocciola a bruno nocciola [da -1.30m a -2.40m p.c.];
4. Sabbie fini, diversamente addensate, colore nocciola verdastro [da -2.40m a -5.0m p.c.];

*In prima analisi, dal punto di vista della portanza sono terreni, da moderatamente addensati sino ad addensati in profondità, con  $N_{spt}$  a -1.0m (indice di portanza standard) uguale a 65, da cui si deduce un valore di  $Q_{amm}$  secondo la formula del Parry di 6.37 daN/cm<sup>2</sup>. Questo ci permette di affermare che il terreno presenta una resistenza buona.*

### 2.4.2 - Sondaggio S2 e Prova S.P.T.

Il sondaggio vedi planimetria allegata ha mostrato da subito la presenza di terreni limosi debolmente sabbiosi fini, diversamente addensati, con sporadici ciottolotti; si tratta di depositi eluvio colluviali frammisti ad alluvionale, passante più in profondità non rilevato al substrato di marne arenacee diversamente consistenti.



Figura 12 – Postazione S2 (area 2° rotonda)

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

1. Livello di copertura limoso debolmente sabbioso fine, colore nocciola bruno, debolmente addensato, con inclusi sporadici ciottolotti [da +0.00m a -0.60m];
2. Livello di limi sabbiosi fini, addensati, colore nocciola bruno [da -0.60m a -1.0m p.c.];
3. Livello di limi debolmente sabbiosi fini - argillosi, con presenza di screziature biancastre, duro, colore nocciola bruno [da -1.0m a -1.50m p.c.];
4. Limi debolmente argillosi, con screziature biancastre, duri, colore nocciola [da -1.50m a -3.10m p.c.];
5. Sabbie medio fini, in matrice limosa debolmente argillosa, colore nocciola grigiastro, con presenza di screziature biancastre e ocracee (ox), diversamente addensato. Si evidenzia da -4.0m a -5.0m una % maggiore di argilla [da -3.10m a -5.0m p.c.];

*In prima analisi, dal punto di vista della portanza sono terreni, da moderatamente addensati sino ad addensati in profondità, con  $N_{spt}$  a -1.0m (indice di portanza standard) uguale a 19, da cui si deduce un valore di  $Q_{amm}$  secondo la formula del Parry di 1.86 daN/cm<sup>2</sup>. Questo ci permette di affermare che il terreno presenta una resistenza discreta. Si evidenzia una certa umidità nei livelli più profondi.*

#### 2.4.3 - Sondaggio S3 e Prova S.P.T.

Il sondaggio vedi planimetria allegata ha mostrato da subito, esclusa una debole copertura ciottolosa adibita a stradello, la presenza di terreni limosi debolmente sabbiosi fini, diversamente addensati, con dispersi ciottolotti; si tratta di depositi eluvio colluviali frammisti ad alluvionali, passante più in profondità non rilevato al substrato di marne arenacee diversamente consistenti.



Figura 13 – Postazione S3 (area 2° rotonda)

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

1. Copertura ciottolosa sabbiosa fine (stradello), colore nocciola grigiastro [da +0.00m a -0.10m];
2. Livello di limi sabbiosi fini, addensati, colore nocciola bruno, con dispersi ciottolotti [da -0.10m a -1.60m];
3. Livello di sabbie fini in matrice limosa debolmente argillosa, addensate, con presenza di screziature e noduletti biancastri carbonatici, colore da nocciola a nocciola verdastro, debolmente umido [da -1.60m a -3.0m];

4. Livello limoso sabbioso grosso, con ciottoli e ciottoletti eterometrici, colore nocciola bruno [da -3.0m a -3.60m];
5. Livello sabbioso ghiaioso grosso, con dispersi ciottoletti, colore nocciola bruno, addensato [da -3.60m a -4.40m];
6. Sabbia limosa debolmente argillosa, addensata, colore nocciola verdastro, addensato [da -4.40m a -5.0m];

*In prima analisi, dal punto di vista della portanza sono terreni, da moderatamente addensati sino ad addensati in profondità, con  $N_{spt}$  a -3.0m (indice di portanza standard) uguale a 44, da cui si deduce un valore di  $Q_{amm}$  secondo la formula del Parry di 4.31 daN/cm<sup>2</sup>. Questo ci permette di affermare che il terreno presenta una resistenza buona. Si evidenzia presenza di forte umidità verso i -5.0 metri.*

#### 2.4.4 - Sondaggio S4 e Prova S.P.T.



Figura 14 – Postazione S4 (area 2° rotonda)

Il sondaggio vedi planimetria allegata ha mostrato da subito, la presenza di terreni limosi debolmente sabbiosi fini, diversamente addensati, con dispersi ciottoletti; si tratta di depositi eluvio colluviali frammisti ad alluvionali, passante più in profondità non rilevato al substrato di marne arenacee diversamente consistenti.

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

1. Copertura limosa sabbiosa, sciolta, con disperso qualche ciottoletto, colore nocciola [da +0.00m a -0.60m];
2. Livello di limi sabbiosi fini, addensati, colore nocciola bruno, con dispersi ciottoletti [da -0.60m a -1.50m];
3. Livello di limi sabbiosi fini debolmente argillosi, addensati, con screziature carbonatiche e presenza sporadica di ciottoletti, colore nocciola bruno [da -1.50m a -3.0m];
4. Livello di ghiaie sabbiose con inclusi ciottoletti, in matrice limosa, con presenza di screziature ocracee (ox), debolmente umidi verso i -4.50m, colore nocciola bruno [da -3.0m a -5.0m];

*In prima analisi, dal punto di vista della portanza sono terreni, da moderatamente addensati sino ad addensati in profondità, con  $N_{spt}$  a -1.50m (indice di portanza standard) uguale a 28, da cui si deduce un valore di  $Q_{amm}$  secondo la formula del Parry di 2.74 daN/cm<sup>2</sup>. Questo ci permette di affermare che il terreno presenta una resistenza buona. Si evidenzia presenza di umidità verso i -5.0 metri.*

#### 2.4.5 - Sondaggio S5 e Prova S.P.T.



Figura 15 – Postazione S5 (area 2° rotonda)

Il sondaggio vedi planimetria allegata ha mostrato da subito la presenza di terreni limosi debolmente argillosi, debolmente addensati; si tratta di depositi eluvio colluviali frammisti ad alluvionali, passante più in profondità non rilevato al substrato di marne arenacee diversamente consistenti.

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

1. Copertura limosa debolmente argillosa, debolmente addensata (campo arato: rimaneggiato), colore nocciola marron [da +0.00m a -1.50m];
2. Idem come sopra, ma con dispersi ciottolotti eterometrici e presenza di screziature biancastre, duro, colore nocciola bruno [da -1.50m a -3.40m];
3. Idem come sopra, ma con ghiaia grossa e presenza di screziature ocracee (ox) verso i -5.0m [da -3.40m a -5.0m];

*In prima analisi, dal punto di vista della portanza sono terreni, da moderatamente addensati sino ad addensati in profondità, con  $N_{spt}$  a -2.0m (indice di portanza standard) uguale a 38, da cui si deduce un valore di  $Q_{amm}$  secondo la formula del Parry di 3.72 daN/cm<sup>2</sup>. Questo ci permette di affermare che il terreno presenta una resistenza buona. Si evidenzia presenza di forte umidità verso i -5.0 metri.*

#### 2.4.6 - Sondaggio S6 e Prova S.P.T.



Figura 16 – Postazione S6 (area 2° rotonda)

Il sondaggio vedi planimetria allegata ha mostrato da subito la presenza di terreni limosi debolmente sabbiosi fini, addensati; si tratta di depositi eluvio colluviali frammisti ad alluvionali, passante più in profondità non rilevato al substrato di marne arenacee diversamente consistenti.

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

1. Livello di copertura limoso, debolmente sabbioso fine, addensato, colore nocciola bruno [da +0.00m a -1.10m];
2. Idem come sopra, ma debolmente argilloso, con presenza di screziature biancastre carbonatiche, colore nocciola biancastro, duro [da -1.10m a -2.50m];
3. Livello limoso sabbioso, con inclusi ciottolotti eterometrici, con presenza di screziature biancastre carbonatiche, addensato, colore nocciola verdastro [da -2.50m a -3.50m];

4. Sabbie grosse ghiaiose, con inclusi ciottolotti eterometrici, addensato, umido verso i -5.0m, colore variabile da nocciola bruno a nocciola verdastro [da -3.50m a -5.0m];

*In prima analisi, dal punto di vista della portanza sono terreni, da moderatamente addensati sino ad addensati in profondità, con  $N_{spt}$  a -1.0m e -3.0m (indice di portanza standard) uguale rispettivamente a 64 e 43, da cui si deduce un valore di  $Q_{amm}$  secondo la formula del Parry di 6.27 e 4.21 daN/cm<sup>2</sup>. Questo ci permette di affermare che il terreno presenta una resistenza buona. Si evidenzia debole umidità verso i -5.0 metri.*

#### 2.4.7 - Sondaggio S7 e Prova S.P.T.



Figura 17 – Postazione S7 (area 2° rotonda)

Il sondaggio vedi planimetria allegata ha mostrato da subito la presenza di terreni limosi debolmente sabbiosi fini, addensati, con presenza di ciottolotti; si tratta di depositi eluvio colluviali frammisti ad alluvionali, passante più in profondità non rilevato al substrato di marne arenacee diversamente consistenti.

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

1. Livello di copertura limoso, debolmente sabbioso fine, addensato, colore nocciola bruno, con presenza sporadica di ciottolotti eterometrici [da +0.00m a -1.0m];
2. Livello limoso sabbioso fine, con inclusi ciottolotti eterometrici e presenza di screziature biancastre carbonatiche, duro, colore nocciola biancastro [da -1.0m a -2.50m];
3. Sabbie medio fini in matrice limosa, con screziature ocracee (ox), umido, colore nocciola bruno [da -2.50m a -3.0m];
4. Livello di ghiaie grosse sabbiose, in matrice limosa debolmente argillosa, umido, colore nocciola bruno [da -3.0m a -4.40m];
5. Idem come sopra, ma più sabbioso con inclusi ciottoli e ciottolotti eterometrici, umido, colore nocciola verdastro [da -4.40m a -5.0m];

*In prima analisi, dal punto di vista della portanza sono terreni, da moderatamente addensati sino ad addensati in profondità, con  $N_{spt}$  a -1.0m e -3.50m (indice di portanza standard) uguale rispettivamente a 71 e 40, da cui si deduce un valore di  $Q_{amm}$  secondo la formula del Parry di 6.96 e 3.92 daN/cm<sup>2</sup>. Questo ci permette di affermare che il terreno presenta una resistenza buona. Si evidenzia debole umidità verso i -5.0 metri.*

#### 2.4.7 - Sondaggio S8 e Prova S.P.T.

Il sondaggio vedi planimetria allegata ha mostrato da subito la presenza di terreni limosi debolmente sabbiosi fini, addensati, con presenza di ciottolotti; si tratta di depositi eluvio colluviali frammisti ad alluvionali, passante più in profondità non rilevato al substrato di marne arenacee diversamente consistenti.



Figura 18 – Postazione S8 (area 2° rotonda)

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

1. Livello di copertura limoso, sciolto per rotazione del carotiere, colore nocciola bruno, con presenza sporadica di ciottolotti eterometrici [da +0.00m a -0.40m];
2. Livello limoso sabbioso fine, con inclusi ciottolotti eterometrici e presenza di screziature biancastre carbonatiche, duro, colore nocciola biancastro [da -0.40m a -2.10m];
3. Livello limoso sabbioso fine-argilloso, con presenza di screziature giallastre, addensato, umido, colore nocciola verdastro [da -2.10m a -4.0m];
4. Livello di ghiaie grosse sabbiose, in matrice limosa debolmente argillosa, con presenza sporadica di ciottolotti, umido, colore nocciola bruno [da -4.0m a -5.0m];

*In prima analisi, dal punto di vista della portanza sono terreni, da moderatamente addensati sino ad addensati in profondità, con  $N_{spt}$  a -1.0m e -3.50m (indice di portanza standard) uguale rispettivamente a 37 e 49, da cui si deduce un valore di  $Q_{amm}$  secondo la formula del Parry di 3.62 e 4.80 daN/cm<sup>2</sup>. Questo ci permette di affermare che il terreno presenta una resistenza buona. Si evidenzia debole umidità verso i -5.0 metri.*

#### 2.5 - Considerazioni Stratigrafiche sui livelli attraversati

In base alle evidenze geolitologiche, si può asserire che l'area d'indagine interessata dal progetto "Lotto 1 - Sistema svincolo n. 1 Is Corrias realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare", presenta la seguente successione litostratigrafica "Tipo" locale sotto al piano campagna, riassumibile in:

**Livello A** → Livello di copertura superficiale costituita essenzialmente da limi sabbiosi fini, talvolta con inclusi sporadici ciottolotti, colore nocciola bruno. Presenta uno spessore variabile da un minimo di 0.50m/0.60m [S1/S2/S4] ad un massimo di circa 1.60m/2.10m [S3, S5, S8].



Figura 19 – Esempio stratigrafico in cassetta S2 [A]

Presenta in genere uno stato di addensamento basso, anche perché per la maggior parte trattasi di terreni rimaneggiati per la stessa attività agricola della zona, soprattutto verso Su Pizzu Mannu direzione bretella Policlinico.

**Livello B** → Livelli alluvionali di sabbie fini limose e/o argillose, alternati a livelli di limi argillosi e/o sabbiosi, con locali screziature e noduletti carbonatici biancastrì creatisi per probabile oscillazione di



Figura 20 – Esempio stratigrafico in cassetta S3 [B]

falde superficiali, e presenza di ciottolotti eterometrici, diversamente addensati, colore da nocciola bruno a nocciola verdastro con l'aumentare della profondità. Inoltre, tale litologia è soventemente frammista, nelle parti più superficiali, a depositi eluvio-colluviali di limo debolmente sabbioso e/o argilloso, con un contenuto variabile di matrice carbonatica. Lo spessore ha una variabilità a partire da un minimo di circa 1.40/1.50m [S3, S4, S6] sino

ad un massimo di circa 1.90m/2.0m nell'area dei sondaggi S7 e S8. Lo stato di addensamento (+ attrattivi) e/o consistenza aumenta con la profondità. Si evidenzia una certa umidità naturale.

**Livello C** → Livello di sabbie grosse ghiaiose in matrice limosa debolmente argillosa, con dispersi



Figura 21 – esempio stratigrafico in cassetta S6 [C]

sporadici ciottolotti, umido, colore da nocciola bruno a nocciola verdastro. A tratti sono presenti screziature ocracee legate a fenomeni di ossido-riduzione per probabile circolazione idrica. Il grado di consistenza e/o addensamento a seconda della prevalenza di materiale attrattivo o coesivo varia da moderatamente addensato a addensato. Tale evidenze vanno aumentando con la profondità.

**Nota:** nell'area d'indagine, è stata evidenziata una certa "umidità" nei livelli considerati, ad eccezione dei primi metri, e variabilità nella % della matrice fine limosa-argillosa, soprattutto verso l'area del

sondaggio S7 e S8. Solo nell'S3, S4 e S5 la sua presenza è risultata alta [forte]. Evidenze di falda freatica superficiale non sono state rilevate durante l'esecuzione degli 8 sondaggi e 10 pozzetti.

*Importante sottolineare che la presenza di umidità e/o falda freatica superficiale, sulla base delle condizioni morfologiche e litostratigrafiche locali, si potrebbe rilevare a quote differenti da quella evidenziata (umidità spinta) in data 17 luglio 2015, in quanto legata soprattutto alla stagionalità (eventi meteorici) del periodo considerato.*

### 2.5.1 - Considerazioni geotecniche

Sulla base dello studio effettuato, si può affermare che l'area interessata dai "lavori di sistemazione svincolo n. 1 Is Corrias e realizzazione n. 2 rotatorie con connessa viabilità complementare", è impostata principalmente su litologie alluvionali in matrice fine coesiva, caratterizzate, ad eccezione di una debole copertura superficiale di materiale rimaneggiato di spessore medio inferiore al metro, da depositi eluvio-colluviali di limo debolmente sabbioso fine - argilloso in matrice più o meno carbonatica, frammisto a livelli alluvionali Olocenici sabbiosi fini limosi e/o argillosi alternati a limi argillosi sabbiosi, con locali screziature e noduletti carbonatici biancastri. Il substrato evidenziato nelle verticali investigate è essenzialmente sabbioso grosso ghiaioso in matrice limosa debolmente argillosa, con dispersi ciottolotti, umido, colore da nocciola bruno a nocciola verdastro. A tratti sono presenti screziature ocracee legate a fenomeni di ossido-riduzione per probabile circolazione idrica pregressa. Il grado di consistenza e/o addensamento a seconda della prevalenza di materiale attrattivo o coesivo varia da moderatamente addensato a addensato. Il substrato <sub>profondo</sub> appartiene alla serie Miocenica della zona, costituita da marne arenacee argillose appartenenti alla Formazione delle Marne di Gesturi [GST].

Dal punto di vista del comportamento geotecnico, i vari livelli evidenziati presentano caratteristiche variabili, poiché trattasi di materiale attrattivo diversamente addensato e/o consistente, a seconda della prevalenza di sabbie fini e/o limi e argille. I valori di resistenza meccanica sono, comunque, risultati discreti già dai primi metri [-1.0m/-2.0m], sino a buoni con la profondità [ $\geq$  -3.50m].

## **2.6 - Stima dei parametri geotecnici**

Per l'area dei sondaggi S1, S2, S3, S4, ..... S8, è stato disposto uno studio geo-litologico del sottosuolo; a tal fine è stato valutato sia lo stato di addensamento per i livelli incoerenti attrittivi (% sabbia fine) sia lo stato di consistenza e la resistenza al taglio non drenata per i livelli coesivi fini, in base ai valori di  $N_{SPT}$  rilevati, correlabili con quelli ottenuti con penetrometro tascabile (Pocket Penetrometer) e scissometro tascabile (Vane Test) (AGI 1977).

- a) Valutazione dello stato di consistenza in depositi coesivi, sulla base di prove S.P.T (Terzaghi, 1948):

**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

**Relazione geologico tecnica**

<b>Terreni coesivi</b>	<b>Nspt</b>	<b>Valutazione della consistenza</b>
	< 2	Privo di consistenza
	2 - 4	Poco consistente (molle)
	4 - 8	Moderatamente consistente
	8 - 15	Consistente
	15 - 30	Molto consistente
	> 30	Duro

**b)** Valutazione dello stato di addensamento in depositi attritivi, sulla base di prove S.P.T (Terzaghi, 1948):

N <sub>spt</sub>	Terzaghi-Peck	Densità reltiva %	Gibbs - Holtz	Φ
0 - 4	sciolto	< 0,2	0 - 15%	< 30°
4 - 10	poco addensato	0,2 - 0,4	15 - 35%	30° - 35°
10 - 30	moderatamente addensato	0,4 - 0,6	35 - 65%	35° - 40°
30 - 50	addensato	0,6 - 0,8	65 - 85%	40° - 45°
> 50	molto addensato	> 0,8	85 - 100%	>45°

**c)** Valutazione dello stato di consistenza in depositi fini, con penetrometro tascabile P.P. (AGI 1977):

<b>Terreni coesivi</b> (KPa)	<b>P.P.</b>	<b>Valutazione resistenza R<sub>p</sub> (KPa)</b>
	25-50	Poco consistente
	50-100	Moderatamente consistente
	100-200	Consistente
	> 200	Molto consistente

**d)** Valutazione della resistenza al taglio non drenata, con lo scissometro tascabile V.T. (AGI 1977):

<b>Terreni coesivi</b> (Kg/cm <sup>2</sup> )	<b>V.T.</b>	<b>Valutazione resistenza C<sub>n,d</sub></b>
	0.1 - 0.5	Bassa-Media
	0.5 - 1.0	Medio-Alta

**e)** Relazione fra resistenza penetrometrica S.P.T e resistenza a compressione semplice in terreni coesivi (Terzaghi, 1948):

<b>Terreni coesivi</b> (KPa)	<b>Nspt</b>	<b>Resistenza compressione</b>
	< 2	< 24
	2 - 4	24 - 28
	4 - 8	48 - 96
	8 - 15	96 - 192
	15 - 30	192 - 388
	> 30	> 388

I risultati relativi allo stato di addensamento/consistenza ed alla coesione non drenata, ottenuti con il penetrometro tascabile P.P. e lo scissometro tascabile V.T., sui valori dispersi, sono i seguenti (indicativi):

[P.P.]

Sondaggio	P.P (Kg/cm <sup>2</sup> )	Valutazione consistenza
S <sub>2</sub>	1.8 ÷ 6.0	consistente / molto consistente
S <sub>3</sub>	3.6 ÷ 6.0	molto consistente
S <sub>6</sub>	6.0	molto consistente
S <sub>7</sub>	2.4 ÷ 6.0	molto consistente
S <sub>8</sub>	6.0	molto consistente

[V.T.]

Sondaggio	V.T. (Kg/cm <sup>2</sup> )	Valutazione resistenza
S <sub>2</sub>	0.6 ÷ 1.0	medio - alta
S <sub>3</sub>	1.0	alta
S <sub>6</sub>	0.7 ÷ 0.9	medio - alta
S <sub>7</sub>	0.4 ÷ 1.0	medio - alta
S <sub>8</sub>	1.0	alta

Si può cautelativamente fare una stima dei parametri geotecnici degli strati che insistono al di sotto del piano di posa della struttura stradale in progetto [supposto a circa -0.50/-0.60m da piano campagna] nelle varie aree analizzate, costituito quindi da una copertura eluvio colluviale frammista a depositi alluvionali Olocenici sabbiosi fini limosi e/o argillosi alternati a limi argillosi sabbiosi, con locali screziature e noduletti carbonatici biancastri.

I parametri geotecnici, utili al progettista ai fini del calcolo strutturale, sono stati verificati attraverso le correlazioni dirette con i valori conoscitivi di N<sub>spt</sub>, calcolabili per i livelli quaternari Olocenici con intercalazioni limose sabbiose fini e/o eluvio colluviali:

- Angolo di resistenza al taglio  $\varphi$ ;
- Modulo di deformazione (o di Young) E;
- Modulo Edometrico M;
- Coefficiente di Winkler (K).

### 2.6.1 - INCOERENTI [Livello A]

Nota: i parametri geotecnici per i depositi di copertura limoso sabbioso fine - argilloso con sporadica ghiaietta sono stati calcolati con un valore di N<sub>SPT medio ridotto</sub>, in quanto trattasi di depositi che per la stessa natura dell'area possono essere frammisti a materiale eluvio colluviale fine diversamente addensato.

#### Angolo di resistenza al taglio (Road Bridge Specification)

Il metodo è valido per sabbie fini o limose. Il metodo si basa sulla seguente relazione:

$$\varphi = \sqrt{15 N_{spt} + 15} = 31^\circ$$

dove N<sub>spt [19]</sub> è il numero di colpi medio nello strato con % di limo > 5%.

#### Modulo Elastico E (Webb)

Il metodo di Webb è valido per sabbia con fine plastico. Il metodo non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di N<sub>spt</sub> ad una diminuzione di E con la profondità.

$$E \text{ (KN/m}^2\text{)} = 3,22N_{spt} + 16 = 7568,77$$

dove N<sub>spt [19]</sub> è il numero di colpi misurato nello strato.

### Modulo Edometrico $M_d$ (Menzebach e Malcev)

Il metodo di Menzebach e Malcev è valido per le sabbie in genere. Il metodo per sabbia fine non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di  $N_{spt}$  a una diminuzione di  $M$  con la profondità.

$$M \text{ (KN/m}^2\text{)} = 3,54 N_{spt} + 38 = 10322,47$$

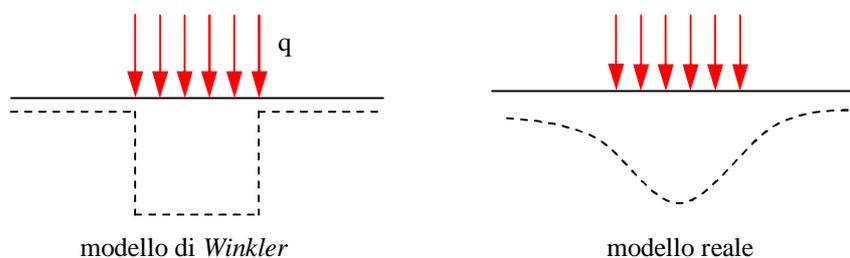
dove  $N_{spt}$  [19] è il numero di colpi misurato nello strato.

### Coefficiente di sottofondazione o di Winkler

Per modulo o coefficiente di sottofondazione  $k$  si definisce la relazione che esiste fra la pressione di contatto in ogni punto della fondazione e la relativa deformazione del terreno:  $k = Q/s$ .

Generalmente ci si basa sull'ipotesi che il modulo  $k$  sia costante sotto ogni punto della fondazione, come proposto da Winkler e da Westergaard. Numerose sono le relazioni proposte in letteratura per il calcolo di  $k$ . Viene qua impiegata la formula di Terzaghi, dove è possibile ricavare  $k$  in funzione dei risultati di una prova penetrometrica dinamica:

$$K \text{ (kg/cm}^3\text{)} = 1 / (7.8 \times Q / N) = 2.43$$



in cui:

$Q$  (kg/cm<sup>2</sup>) = carico applicato sullo strato di fondazione supposto uguale a 1.0 Kg/cm<sup>2</sup>

$N$  = numero di colpi SPT medio nello strato considerato [19].

**Parametri geotecnici Livello A** → Livello di copertura superficiale limoso sabbioso fine, con talvolta inclusi sporadici ciottolotti, colore nocciola bruno.

<b>Peso di volume naturale (<math>\gamma_n</math>)</b>	17,65 KN/m <sup>3</sup>
<b>Peso di volume saturo (<math>\gamma_w</math>)</b>	18,63 KN/m <sup>3</sup>
<b>Angolo di attrito interno (<math>\phi</math>)</b>	31°
<b>Coesione <small>n.d med</small></b>	9,81 ÷ 49 KN/m <sup>2</sup>
<b>Modulo Elastico (E)</b>	7568,77 KN/m <sup>2</sup> (Weeb)
<b>Modulo Edometrico (Md)</b>	10322,47 KN/m <sup>2</sup> (Menzebach e Malcev)
<b>Nspt medio</b>	19 [Tamm da Parry 1,86 daN/cm <sup>2</sup> ]
<b>Winkler (Kg/cm<sup>3</sup>)</b>	2,43
<b>Caratteristiche strato</b>	da debolmente addensato a addensato
<b>Tensione [<math>Q_{amm}</math>] 1.0m</b>	1,86 daN/cm <sup>2</sup>

N.B.: il coefficiente di Winkler è stato calcolato per  $Q$  (kg/cm<sup>2</sup>) = carico applicato sul livello supposto uguale a 1.0 kg/cm<sup>2</sup>, con  $N$  = numero di colpi S.P.T nello strato considerato pari a 19

### 2.6.2 - INCOERENTI [Livello B]

Nota: i parametri geotecnici per i depositi alluvionali Olocenici sabbiosi fini in matrice limosa argillosa e sporadici ciottolotti, in presenza di umidità, sono stati calcolati con un valore di  $N_{SPT}$  medio, in quanto trattasi di depositi disomogenei nella matrice fine per la stessa natura deposizionale.

### Angolo di resistenza al taglio (Meyerhof)

Il metodo di Meyerhof (1965) che correla  $\phi$  con  $N_{spt}$  medio dello strato in funzione della sua granulometria, è valido per le sabbie in genere e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità inferiori a 3 m nel caso di terreni sopra falda:

$$\phi = 23,7 + 0,57 N_{spt} - 0,006 N_{spt}^2 = 34^\circ$$

dove  $N_{spt_{[30]}}$  è il numero di colpi medio ridotto nello strato con % di limo > 5%.

#### Modulo Elastico E (Webb)

Il metodo di Webb è valido per sabbia con fine plastico. Il metodo non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di  $N_{spt}$  ad una diminuzione di E con la profondità.

$$E \text{ (KN/m}^2\text{)} = 3,22N_{spt} + 16 = 11042,28$$

dove  $N_{spt_{[30]}}$  è il numero di colpi medio ridotto misurato nello strato.

#### Modulo Edometrico $M_g$ (Menzebach e Malcev)

Il metodo di Menzebach e Malcev è valido per le sabbie in genere. Il metodo non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di  $N_{spt}$  a una diminuzione di M con la profondità.

$$M \text{ (KN/m}^2\text{)} = 4,46 N_{spt} + 38 = 16847,82$$

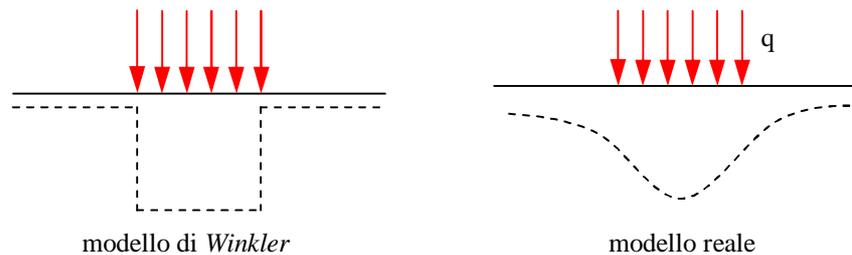
dove  $N_{spt_{[40]}}$  è il numero di colpi misurato nello strato.

#### Coefficiente di sottofondazione o di Winkler

Per modulo o coefficiente di sottofondazione  $k$  si definisce la relazione che esiste fra la pressione di contatto in ogni punto della fondazione e la relativa deformazione del terreno:  $k = Q/s$ .

Generalmente ci si basa sull'ipotesi che il modulo  $k$  sia costante sotto ogni punto della fondazione, come proposto da Winkler e da Westergaard. Numerose sono le relazioni proposte in letteratura per il calcolo di  $k$ . Viene qua impiegata la formula di Terzaghi, dove è possibile ricavare  $k$  in funzione dei risultati di una prova penetrometrica dinamica:

$$K \text{ (kg/cm}^3\text{)} = 1 / (7.8 \times Q / N) = 3.84$$



in cui:  $Q \text{ (kg/cm}^2\text{)} = \text{carico applicato sul piano supposto uguale a } 1.0 \text{Kg/cm}^2 = 0,98 \text{ da N/cm}^2$ ;  
 $N = \text{numero di colpi SPT medio ridotto nello strato considerato }_{[30]}$ .

**Parametri geotecnici Livello B]** → Livelli alluvionali Olocenici di sabbie fini limose e/o argillose, alternati a livelli di limi argillosi e/o sabbiosi, con locali screziature e noduletti carbonatici biancastri, diversamente addensati, con presenza di ciottolotti, colore da nocciola bruno a nocciola verdastro con l'aumentare della profondità. Tale litologia è sovente frammista, nelle parti più superficiali, a depositi eluvio-colluviali di limo debolmente sabbioso e/o argilloso, con un contenuto variabile di matrice carbonatica. Si evidenzia una certa umidità naturale.

**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotoarie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

**Relazione geologico tecnica**

<b>Peso di volume naturale (<math>\gamma_n</math>)</b>	19,12 KN/m <sup>3</sup> (17,0KN/m <sup>2</sup> )
<b>Peso di volume saturo (<math>\gamma_w</math>)</b>	20,53 KN/m <sup>3</sup>
<b>Angolo di attrito interno (<math>\varphi</math>)</b>	34°
<b>Coesione <math>\sigma_{nd\ max}</math></b>	49,03 KN/m <sup>2</sup> (+ limosi)
<b>Modulo Elastico (E)</b>	11042,28 KN/m <sup>2</sup> (Weeb)
<b>Modulo Edometrico (Md)</b>	16847,82 KN/m <sup>2</sup> (Menzebach e Malcev)
<b>Nspt <math>\sigma_{medio}</math></b>	30 [Tamm da Parry 2,94 daN/cm <sup>2</sup> ]
<b>Winkler (Kg/cm<sup>3</sup>)</b>	3,84
<b>Caratteristiche strato</b>	addensato / molto addensato / duro
<b>Tensione [<math>Q_{amm}</math>] 2/3m</b>	2,94 daN/cm <sup>2</sup>

N.B.: il coefficiente di Winkler è stato calcolato per  $Q$  (kg/cm<sup>2</sup>) = carico applicato sul livello supposto uguale a 2.0 kg/cm<sup>2</sup>, con  $N$  = numero di colpi S.P.T  $\sigma_{medio}$  nello strato considerato pari a 30

### 3.6.3 – INCOERENTI in matrice coesiva [Livello C]

**Angolo di resistenza al taglio** (Japanese National Railway)

Il metodo è valido per sabbie medie - grosse fino a sabbie ghiaiose, per terreni sopra falda:

$$\varphi = 0,3 N_{spt} + 27 = 30^\circ$$

dove  $N_{spt\ 140}$  è il numero di colpi medio ridotto associabile al tipo di strato con % di limo > 5%.

**Modulo Elastico E** (Webb)

Il metodo di Webb è valido per sabbia con fine plastico. Il metodo non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di  $N_{spt}$  ad una diminuzione di  $E$  con la profondità.

$$E \text{ (KN/m}^2\text{)} = 3,22N_{spt} + 16 = 14200,02$$

dove  $N_{spt\ 140}$  è il numero di colpi medio ridotto associabile allo strato.

**Modulo Edometrico  $M_d$**  (Menzebach e Malcev)

Il metodo di Menzebach e Malcev è valido per le sabbie in genere. Il metodo per sabbia fine non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di  $N_{spt}$  a una diminuzione di  $M$  con la profondità.

$$M \text{ (KN/m}^2\text{)} = 10,46N_{spt} + 38 = 44757,55$$

dove  $N_{spt\ 140}$  è il numero di colpi medio ridotto associabile allo strato.

**Parametri geotecnici Livello C** → Livello di sabbie grosse ghiaiose in matrice limosa debolmente argillosa, con dispersi sporadici ciottolotti, umido, colore da nocciola bruno a nocciola verdastro. A tratti sono presenti screziature ocree legate a fenomeni di ossido-riduzione per probabile circolazione idrica. Il grado di consistenza e/o addensamento a seconda della prevalenza di materiale attrattivo o coesivo varia da moderatamente addensato a addensato. Tale evidenze vanno aumentando con la profondità.

<b>Peso di volume naturale (<math>\gamma_n</math>)</b>	19,50 KN/m <sup>3</sup>
<b>Peso di volume saturo (<math>\gamma_w</math>)</b>	20,50 KN/m <sup>3</sup>
<b>Angolo di attrito interno (<math>\varphi</math>)</b>	30°
<b>Coesione <math>\sigma_{nd\ med}</math></b>	49,03 KN/m <sup>2</sup>
<b>Modulo Elastico (E)</b>	14200,02 KN/m <sup>2</sup> (Weeb)
<b>Modulo Edometrico (Md)</b>	44757,55 KN/m <sup>2</sup> (Menzebach e Malcev)
<b>Nspt <math>\sigma_{medio\ ridotto}</math></b>	40 [Tamm da Parry 3,92 daN/cm <sup>2</sup> ]
<b>Caratteristiche strato</b>	molto addensato /duro
<b>Tensione [<math>Q_{amm}</math>] 3.5/5.0m</b>	3,92 daN/cm <sup>2</sup>

### 3. PROVE DI CARICO SU PIASTRA

#### 3.1 - Premessa



Figura 22 – Esempio di carico su piastra

Le prove di carico su piastra consentono di determinare le proprietà di resistenza e il cedimento verticale di una determinata massa di terreno in sito. Le prove servono a definire, mediante il calcolo del *Modulo di Deformazione Md*, la rigidità dei terreni di sottofondo di pavimentazioni o di strati di rilevati stradali. La procedura prevede la verifica del cedimento mediante l'applicazione di cicli successivi e regolari di carico al terreno tramite piastre rigide circolari di dimensioni standard, variabili da un minimo di 300 mm ad un massimo di 760 mm con spessore minimo di 20 mm. La piastra viene posizionata su una superficie orizzontale preventivamente spianata, opportunamente regolarizzata mediante la posa di un sottile strato di sabbia. Il martinetto idraulico di spinta risulta quindi interposto, mediante opportuni snodi, tra la piastra ed un adeguato

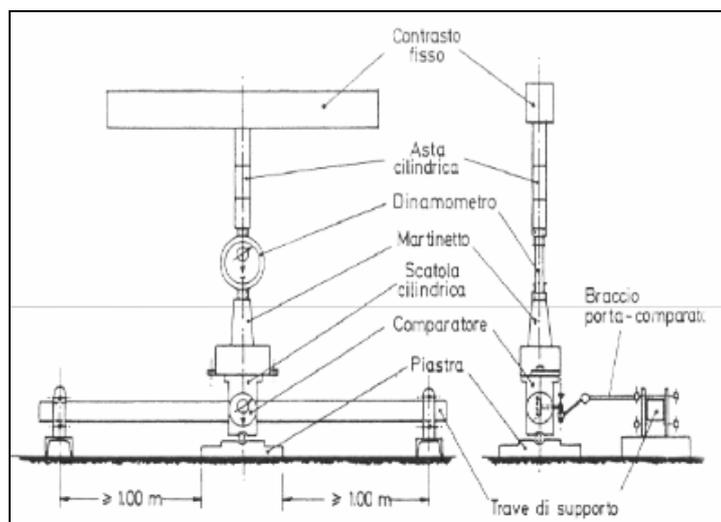


Figura 23 – Esempio di strumentazione per carico su piastra

mezzo di contrasto (solitamente un mezzo di trasporto da cantiere). Il carico viene applicato per mezzo di un martinetto idraulico azionato da pompa oleodinamica e dotato di manometro di precisione, posto sulla piastra di testa. Il sistema di misura è costituito da una trave, di lunghezza regolabile, fissata al terreno ad una distanza superiore ad 1 m, cui sono collegati tre comparatori (micrometri). Quest'ultimi sono poggiati sui piattelli di misura disposti sulla piastra di carico, così come prevede la normativa, a 120°, l'uno dall'altro.

In data 21/07/2014, nell'area interessata al progetto di due rotatorie con annessa viabilità, sono state eseguite n. 8 prove in sito di carico su piastra, per la verifica dei coefficienti di deformazione del terreno al fine di valutare lo spessore di un ipotetico pacchetto stradale. La prova di carico su piastra effettuata in accordo con la Norma CNR UNI B.U. n.146/1992 consiste nell'applicare con un martinetto idraulico, usando un opportuno contrasto, un carico verticale su di una piastra circolare di diametro 300 mm (area 707 cm<sup>2</sup>) misurando con comparatori (1) sorretti da un traliccio avente gli appoggi sufficientemente lontani dalle aree caricate per gli abbassamenti della piastra.

È eseguita per gradini di carico successivi e consente di determinare i cedimenti del terreno e di conseguenza il modulo di deformazione Md, definito dal rapporto tra l'incremento di carico ( $\Delta P$ ) e l'incremento del cedimento ( $\Delta S$ ) per il diametro della piastra ( $D$ ), secondo la relazione:

$$Md = \Delta P / \Delta S * D$$

### 3.2 – Risultanze delle prove di carico su piastra

Il modulo di deformazione è stato calcolato per un intervallo di carico  $\Delta P = 0.15 - 0.25 \text{ N/mm}^2$  (equivalente a 0.15 - 0.25 MPa); i risultati sono indicati nella tabella sottostante:

Prova di carico su piastra	Modulo di deformazione Md (N/mm <sup>2</sup> )	Deformazione (mm)
Prova CP1	44,1	0,68
Prova CP2	44,8	0,67
Prova CP3	43,5	0,69
Prova CP4	42,3	0,71
Prova CP5	41,1	0,73
Prova CP6	46,2	0,65
Prova CP7	39	0,77
Prova CP8	48,4	0,62

Secondo le norme CNR UNI, il modulo di deformazione Md, salvo diverse prescrizioni di progetto, dovrà essere non inferiore a 50 MPa, nell'intervallo di carico compreso tra 0.15-0.25 N/mm<sup>2</sup> per il piano di posa della sovrastruttura.

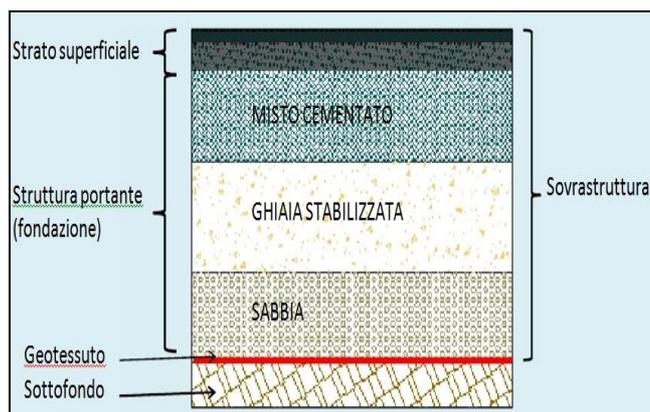


Figura 24 - Esempio pacchetto stradale

I risultati delle prove di carico su piastra evidenziano la presenza di materiali di caratteristiche di portanza quasi sufficienti e/o poco idonee come sottofondo di appoggio per la sovrastruttura, con valori del modulo di deformazione Md sempre inferiore a 50 MPa.

La sovrastruttura, costituita da una struttura portante e strato superficiale, sarà realizzata in rapporto al volume di traffico, alla "vita utile" richiesta e alla capacità portante del sottofondo. La sovrastruttura

che deve trasmettere sul sottofondo, nel modo più uniforme possibile, le sollecitazioni dovute al traffico, potrà essere costituita, da uno o più strati composti da sabbie e ghiaie stabilizzati o ghiaie trattate a cemento. I vari strati, a seconda dei casi, devono rispettare i seguenti requisiti:

- Strato di sabbia: le sabbie dovranno essere appartenenti ai gruppi A<sub>3</sub> o A<sub>2-4</sub> prive di plasticità, stese e costipate per strati < di 30 cm; il modulo di deformazione Md (verificato con prove di carico su piastra) dovrà essere di 50 MPa calcolato nell'intervallo di carico nell'intervallo di carico compreso tra 0.15-0.25 N/mm<sup>2</sup>.
- Strato in ghiaia stabilizzata: sarà costituito da materiali appartenenti al gruppo A<sub>1a</sub> stabilizzati per granulometria di cui è consigliabile che almeno il 50% in peso sia composto da elementi frantumati a spigoli vivi. Il modulo di deformazione M<sub>d</sub> dovrà essere di almeno 80 MPa calcolato nell'intervallo di carico compreso tra 0.15÷0.25 N/mm<sup>2</sup>;
- Misto cementato: gli strati in misto cementato sono costituiti da una miscela di ghiaia e sabbia impastato con cemento e acqua; lo strato non dovrà superare lo spessore di 30 cm dopo compattazione; il modulo di deformazione Md da eseguirsi nell'intervallo di tempo compreso fra 3 e 12 ore dopo la compattazione dovrà essere di almeno 100 MPa calcolato nell'intervallo di carico compreso tra 0.15-0.25 N/mm<sup>2</sup>.
- I requisiti dello strato superficiale, costituito da uno strato superiore di usura e strato inferiore di collegamento alla sovrastruttura (binder), sono variabili in funzione del tipo di strada e delle sollecitazioni che dovrà supportare.

### 3.2.1 - Strato d'usura

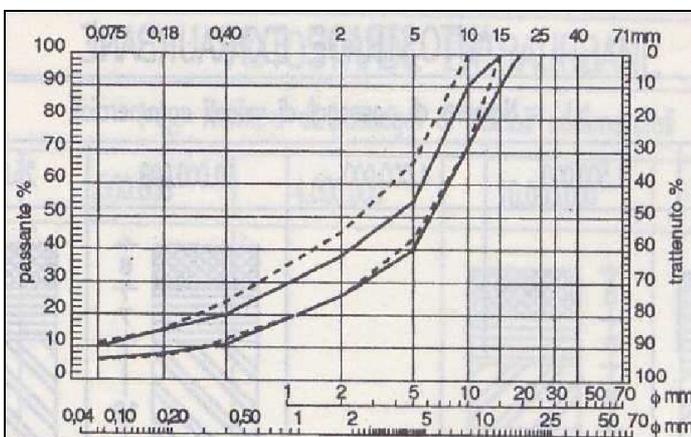


Figura 25 – Fuso granulometrico x strato d'usura

Costituito da conglomerato bituminoso a masse chiuse, é la superficie di rotolamento e quindi ha il compito di garantire sicurezza, confort e economicità di marcia. Deve pertanto assicurare elevata e durevole aderenza e presentare buona resistenza alle azioni tangenziali ed alle deformazioni verticali permanenti (ormaie). Le proprietà di un tappeto d'usura sono da mettersi in relazione con le caratteristiche mineralogiche e granulometriche

degli inerti (in figura Fuso granulometrico per strato d'usura) e reologiche dei bitumi (utilizzando eventualmente bitumi additivati). Gli spessori più frequenti di uno strato d'usura variano tra 4 e 6 cm. Esistono anche strati d'usura drenanti e fonoassorbenti ad elevata macrorugosità costituiti da conglomerati bituminosi aperti con leganti modificati. L'obiettivo è quello di evitare il formarsi di lame d'acqua (in presenza di piogge intense) con conseguente riduzione dell'aderenza e di ridurre il rumore prodotto dal rotolamento delle ruote dei veicoli (riduzione di 4 - 6 dB).

### 3.2.2 - Strato di collegamento

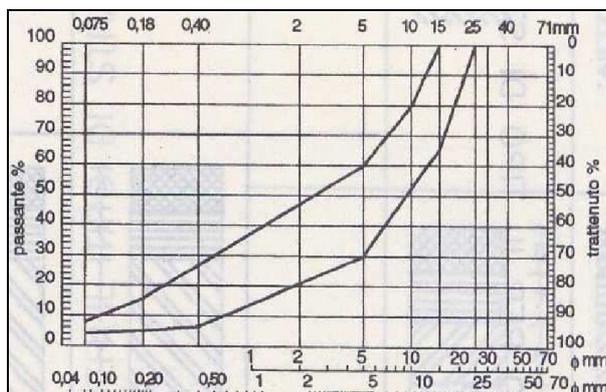


Figura 26 – Fuso granulometrico x strato di collegamento

Detto anche binder è costituito anch'esso da conglomerato bituminoso a masse semiaperte, ma con caratteristiche meccaniche lievemente inferiori. Contribuisce, assieme allo strato di base, ad assorbire le azioni flessionali indotte dai carichi. Le proprietà di uno strato di collegamento sono da mettersi in relazione con le caratteristiche mineralogiche e granulometriche degli inerti (in figura Fuso granulometrico per strato di collegamento) e reologiche dei bitumi naturali utilizzati. Gli spessori più

frequenti di uno strato di collegamento variano tra 6 e 8 cm. E' possibile anche realizzare una pavimentazione formata da due o più strati di conglomerato bituminoso che appoggiano direttamente sul sottofondo: tali pavimentazione sono chiamate tutto-asfalto.

### 3.2.3 - Strato di base

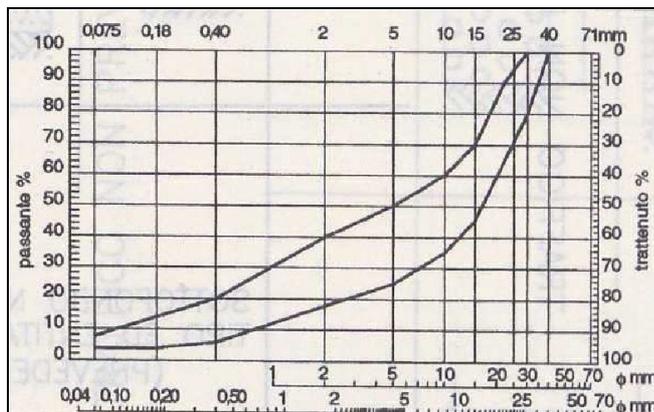


Figura 27 – Fuso granulometrico x strato di base

Nel caso delle pavimentazioni stradali è lo strato intermedio, disposto tra l'insieme degli strati superficiali e lo strato di fondazione, ad esso è demandato principalmente il compito di resistere ai carichi verticali trasmessi localmente dallo strato o dagli strati superficiali, ripartendoli sui sottostanti strati di fondazione di minori qualità portanti. Quindi allo strato di base è affidato il compito di assorbire la maggior parte delle azioni flessionali indotte dai carichi. Nelle pavimentazioni

flessibili è costituito da conglomerato bituminoso a masse aperte (misto bitumato) con minore quantità di bitume, maggiore porosità e caratteristiche meccaniche più basse rispetto ai precedenti strati. Le proprietà di uno strato di base sono da mettersi in relazione con le caratteristiche mineralogiche e granulometriche degli inerti (in figura Fuso granulometrico per strato di base) e reologiche dei bitumi naturali utilizzati. Gli spessori di uno strato di base sono ampiamente variabili da un minimo di 8 -10 cm a valori di 25 - 30 cm, in relazione all'entità del traffico pesante, con le condizioni climatiche e con la portanza del sottofondo.

### 3.2.4 - Strato di fondazione

Setacci A.S.T.M.	Percentuale di passante				C.N.R.	Crivelli e setacci UNI
	A.S.T.M. Dimensione max 51 mm		A.S.T.M. Dimensione max 25 mm			
	556-557-40T	D1241-55T	556-557-40T	D1241-55T		
2''	100	100	—	—	100	71
1''	55 ÷ 85	75 ÷ 95	100	100	70 ÷ 100	30
3/8''	40 ÷ 70	40 ÷ 75	50 ÷ 80	50 ÷ 85	30 ÷ 70	10
n. 4	30 ÷ 60	30 ÷ 60	35 ÷ 65	35 ÷ 65	25 ÷ 55	5
n. 10	20 ÷ 50	20 ÷ 45	25 ÷ 50	25 ÷ 50	15 ÷ 40	2
n. 40	10 ÷ 30	15 ÷ 30	15 ÷ 30	15 ÷ 30	8 ÷ 25	0,4
n. 200	8 ÷ 15	2 ÷ 20	8 ÷ 15	5 ÷ 15	2 ÷ 15	0,075
	LL ≤ 25 %; IP ≤ 6		LL ≤ 25 %; IP ≤ 6		LL ≤ 25 %; IP ≤ 6	

**Figura 28 - Specifiche granulometriche e di contenuto d'acqua per stabilizzazione granulometrica**

di fondazione in terra stabilizzata a cemento, a bitume o con miscele aggregato-pozzolana-calce. La messa in opera di tali misti granulari, le cui specifiche granulometriche e di contenuto d'acqua sono riportate in figura, avviene con stabilizzazione granulometrica (costipamento) per via umida. Nel caso in cui si ricorra a misti legati con cemento, bitume, ecc. si procederà alla realizzazione dello strato di fondazione mediante stabilizzazione con leganti le cui specifiche granulometriche e di contenuto d'acqua sono riportate in figura.

### 3.2.5 - Sottofondo

Per sottofondo s'intende lo spessore di terreno, su cui poggia la fondazione della pavimentazione, entro il quale si risentono, ancora in modo apprezzabile, gli effetti del traffico veicolare. Comunque si realizza la sovrastruttura, la sua riuscita e durata nel tempo è da porsi in relazione con il comportamento (portanza) del sottofondo. Generalmente tale spessore varia tra 50 e 100 cm. Al sottofondo quindi è assegnata la funzione di piano di posa della fondazione per cui i terreni che lo costituiscono devono possedere determinate caratteristiche granulometriche (CNR-UNI 10006 - Classificazione delle terre), indice di plasticità < 10 (se IP > 10 tali sottofondi devono essere protetti dal gelo). Per le caratteristiche meccaniche il mezzo più efficace è rappresentato dal costipamento (in genere pari al 95 % del peso in volume del secco). La portanza del sottofondo quindi può essere: buona (1500 daN/cm<sup>2</sup>), media (900 daN/cm<sup>2</sup>), scarsa (300 daN/cm<sup>2</sup>). In presenza di valori di

Lo strato di fondazione costituisce la parte inferiore della sovrastruttura a contatto con il sottofondo, avente la funzione di trasmettere le azioni verticali, ulteriormente ripartite ed attenuate, al sottofondo stesso. Generalmente in misto granulare, nelle pavimentazioni semirigide può anche essere in misto cementato. La sua funzione principale è quella di ripartire i carichi sul sottofondo. Il campo di variazione degli spessori è molto ampio: tra 15 e 35 cm. In caso di indisponibilità (carenza od elevati costi) di inerti idonei a formare un buon misto granulare, si possono realizzare strati

Setacci	Passante in %
3''	100
n. 4 A.S.T.M.	50 ÷ 100
n. 40 A.S.T.M.	15 ÷ 100
n. 200 A.S.T.M.	0 ÷ 50
LL ≤ 40	
IP ≤ 18	

**Figura 29 – specifiche granulometriche e di contenuto d'acqua x stabilizzazione con leganti**

portanza inferiori a  $300 \text{ daN/cm}^2$  il sottofondo va bonificato o sostituito. Particolare attenzione va riposta nella protezione del sottofondo dall'azione dell'acqua e dal gelo.

### **3.3 - Considerazioni**

Nel nostro caso specifico, i terreni presenti in corrispondenza di gran parte del tratto stradale studiato, per la parte superficiale e oltre la copertura vegetale, sono costituiti da depositi a granulometria fine e finissima di consistenza medio scarsa. Si rende, quindi necessario al fine di garantire un buon appoggio del corpo stradale, l'approfondimento degli scavi finalizzato al rinvenimento di un substrato idoneo. Si consiglia l'asportazione del materiale, caratterizzato da scadenti caratteristiche geotecniche ed una bonifica sino alla profondità di circa 0.50/0.60 m dal p.c.

Le prove eseguite in laboratorio hanno consentito di definire le caratteristiche geotecniche e fisico meccaniche dei terreni. In ordine alla realizzazione del corpo stradale, si propone la realizzazione di una stabilizzazione dei terreni di fondazione mediante la realizzazione di una bonifica, con sostituzione del terreno in posto con materiale di idonea pezzatura.

Il terreno asportato dovrà essere sostituito con materiale idoneo (A1-a e/o A1-b secondo la Classificazione CNR UNI), costituendo in tal maniera un buon terreno di appoggio.

All'interfaccia con il sottofondo si dovrà prevedere la messa in opera telo geotessuto, che delimita e confina i due strati.

Al di sopra della bonifica dovrà prevedersi uno strato di fondazione in misto granulare stabilizzato granulometricamente che contribuirà alla ripartizione dei carichi e costituirà una superficie regolare per la stesa degli strati legati (0.30 m). Il pacchetto stradale prevede la posa di 15.0 cm di misto bitumato, al fine di aumentare la capacità portante, la durabilità e nel contempo diminuire la deformabilità. A seguire si prevede la posa in opera di uno strato di collegamento (binder 7.0 cm) e Tappeto di usura 3.0 cm.

#### 4. POZZETTI GEOGNOSTICI ESPLORATIVI



Figura 30 – Es. Escavatore per pozzetto

Le indagini geognostiche sono state completate con l'esecuzione di pozzetti esplorativi, eseguiti con mezzo meccanico, dal quale si è proceduto al prelievo di campioni rappresentativi, successivamente da sottoporsi ad analisi di laboratorio.

La verifica è consistita nell'esecuzione di n. 8 pozzetti esplorativi, indicati con la sigla P1, P2, ..., P8, della profondità massima di circa -1.20m da piano campagna, al fine ultimo di poter prelevare un campione di terra (rimaneggiato/ricostruito) e sottoporlo a specifica prova di laboratorio che in genere si utilizza nella progettazione di strade. Nel corso del lavoro è stato utilizzato un escavatore dotato di doppia benna, di cui una a piccola cucchiaia per l'esecuzione dei pozzetti e permettere di

prelevare campioni rimaneggiati, e una a cucchiaia larga per permettere di fare un debole scortico superficiale (circa 10/20cm) per la preparazione successiva del terreno alla prova di carico su piastra.

Le profondità e il tipo di prova di laboratorio sono riportate nella tabella seguente:

Tabella a

Pozzetto	Profondità di prova da p.c. (+0.00)	Prova di laboratorio
Pozzetto P <sub>1</sub> [Area Barracca Manna]	-1.20 metri	C1 (Granulometrica, Atterberg, Proctor, CBR)
Pozzetto P <sub>2</sub> [Area Su Pezzu Mannu]	-1.20 metri	C1 (Granulometrica, Atterberg)
Pozzetto P <sub>3</sub> [Area Su Pezzu Mannu]	-1.20 metri	C1 (Granulometrica, Atterberg, Proctor, CBR)
Pozzetto P <sub>4</sub> [Area Su Pezzu Mannu]	-1.20 metri	C1 (Granulometrica, Atterberg)
Pozzetto P <sub>5</sub> [Area Su Pezzu Mannu]	-1.20 metri	C1 (Granulometrica, Atterberg, Proctor, CBR)
Pozzetto P <sub>6</sub> [Area Su Pezzu Mannu]	-1.20 metri	C1 (Granulometrica, Atterberg, Proctor, CBR)
Pozzetto P <sub>7</sub> [Area Su Pezzu Mannu]	-1.20 metri	C1 (Granulometrica, Atterberg)
Pozzetto P <sub>8</sub> [Area Su Pezzu Mannu]	-1.20 metri	C1 (Granulometrica, Atterberg)
Campione CP7 [ area Policlinico]	area piastra n. 7	C1 (Granulometrica, Atterberg)
Campione CP8 [ area Policlinico]	area piastra n. 8	C1 (Granulometrica, Atterberg)

### 1) Pozzetto P1



Figura 31 – Postazione P1

Il pozzetto esplorativo ha mostrato da subito la presenza di terreni sabbiosi debolmente limosi, addensati.

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

1. Livello di copertura sabbioso fine debolmente limoso, colore nocciola, addensato, asciutto [da +0.00m a -1.20m];

Nel corso del pozzetto si è prelevato un campione P1C1 a -0.50/-0.60m per prova di laboratorio Granulometrica, limiti di Atterberg, Proctor, CBR

### 2) Pozzetto P2



Figura 32 – Postazione P2

Il pozzetto esplorativo ha mostrato da subito la presenza di terreni limosi debolmente sabbiosa fine, addensato, asciutto.

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

2. Livello di copertura limosa debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, addensato, asciutto [da +0.00m a -1.20m];

Nel corso del pozzetto si è prelevato un campione P2C1 a -0.50/-0.60m per prova di laboratorio Granulometrica, limiti di Atterberg.

### 3) Pozzetto P3



Figura 33 – Postazione P3

Il pozzetto esplorativo ha mostrato da subito la presenza di terreni limosi debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, addensato, asciutto.

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

3. Livello di copertura limosa debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, addensato, asciutto [da +0.00m a -1.20m];

Nel corso del pozzetto si è prelevato un campione P3C1 a -0.50/-0.60m per prova di laboratorio Granulometrica, limiti di Atterberg, Proctor, CBR

#### 4) Pozzetto P4



Figura 34 – Postazione P4

Il pozzetto esplorativo ha mostrato da subito la presenza di terreni limosi debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, addensato, asciutto.

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

4. Livello di copertura limosa debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, addensato, asciutto [da +0.00m a -1.20m];

Nel corso del pozzetto si è prelevato un campione P4C1 a -0.50/-0.60m per prova di laboratorio Granulometrica, limiti di Atterberg.

#### 5) Pozzetto P5



Figura 35 – Postazione P5

Il pozzetto esplorativo ha mostrato da subito la presenza di terreni limosi debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, addensato, asciutto.

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

5. Livello di copertura limosa debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, addensato, asciutto [da +0.00m a -1.20m];

Nel corso del pozzetto si è prelevato un campione P5C1 a -0.50/-0.60m per prova di laboratorio Granulometrica, limiti di Atterberg, Proctor, CBR

#### 6) Pozzetto P6



Figura 36 – Postazione P6

Il pozzetto esplorativo ha mostrato da subito la presenza di terreni limosi debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, addensato, asciutto.

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

6. Livello di copertura limosa debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, addensato, asciutto [da +0.00m a -1.20m];

Nel corso del pozzetto si è prelevato un campione P6C1 a -0.50/-0.60m per prova di laboratorio Granulometrica, limiti di Atterberg, Proctor, CBR

## 7) Pozzetto P7



Figura 37 – Postazione P7

Il pozzetto esplorativo ha mostrato da subito la presenza di terreni limosi debolmente sabbiosa fine, con ciottoli e ciottoletti eterometrici.

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

7. Livello di copertura limosa debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, con ciottoli e ciottoletti eterometrici [da +0.00m a -1.20m];

Nel corso del pozzetto si è prelevato un campione P7C1 a -0.50/-0.60m per prova di laboratorio Granulometrica, limiti di Atterberg.

## 8) Pozzetto P8

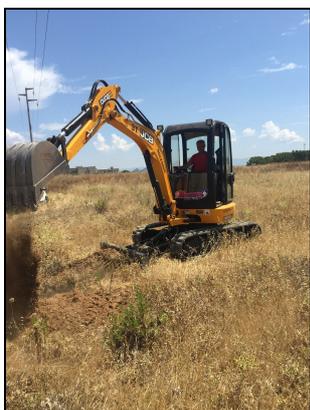


Figura 38 – Postazione P8

Il pozzetto esplorativo ha mostrato da subito la presenza di terreni limosi debolmente sabbiosa fine, con ciottoli e ciottoletti eterometrici.

L'indagine ha evidenziato i seguenti livelli litologici:

8. Livello di copertura limosa debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, con ciottoli e ciottoletti eterometrici [da +0.00m a -1.20m];

Nel corso del pozzetto si è prelevato un campione P7C1 a -0.50/-0.60m per prova di laboratorio Granulometrica, limiti di Atterberg.

## 5. PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

### 5.1 - Prove di laboratorio geotecnico

Durante l'esecuzione dei pozzetti geognostici sono stati prelevati n. 10 campioni di terreno, opportunamente ricostruiti, adeguatamente protetti e sigillati in modo da conservare integre le proprietà naturali fisico-meccaniche, e successivamente conferiti presso il laboratorio geotecnico specializzato "Servizi Geotecnici s.a.s.", per essere sottoposti alle seguenti prove: analisi granulometrica (UNI 1006) + limiti di Atterberg, prova C.B.R, prova Proctor.

L'elenco dei campioni prelevati e delle prove eseguite sono riportati nella "tabella" seguente:

Campioni [quota prelievo]	Granulometrica/Limiti di Atterberg	CBR	Proctor
<b>P1C1</b> [-0.50/-0.60m]	X	X	X
<b>P2C1</b> [-0.50/-0.60m]	X		
<b>P3C1</b> [-0.50/-0.60m]	X	X	X
<b>P4C1</b> [-0.50/-0.60m]	X		
<b>P5C1</b> [-0.50/-0.60m]	X	X	X
<b>P6C1</b> [-0.50/-0.60m]	X	X	X
<b>P7C1</b> [-0.50/-0.60m]	X		
<b>P8C1</b> [-0.50/-0.60m]	X		
<b>CPT7</b> [-0.20m]	X		
<b>CPT8</b> [-0.20m]	X		

#### 5.1.1 - Classificazione delle Terre [CNR-UNI 10006]

Le prove di classificazione che comprendono l'analisi granulometrica e la determinazione dei limiti (liquido e plastico) di Atterberg, permettono di classificare il materiale secondo la normativa UNI 10006.

L'analisi granulometrica con setacci viene eseguita sottoponendo il materiale ad un accurato prelavaggio sul setaccio n. 200 (0,074 mm di apertura delle maglie), per asportare tutta la frazione limo-argillosa, recuperando il trattenuto a detto setaccio e sottoponendolo a vagliatura per determinarne la distribuzione granulometrica e quindi il passante in percentuale a ciascun setaccio.

Il quantitativo di materiale, occorrente per la formazione dei provino, varia a seconda della dimensione degli elementi presenti. Viene eseguita secondo la normativa contenuta nel bollettino CNR n. 23 del 14.12.1971 (ASTM D421 - D2217).

Qualora la frazione limo-argillosa sia molto elevata, la consueta analisi con setacci, pur valida per la classificazione, è scarsamente significativa. Si ricorre allora *all'analisi granulometrica per sedimentazione* per conoscere i contenuti percentuali di sabbia, limo e argilla. La prova è basata sulla diversa velocità di sedimentazione dei granuli di dimensioni diverse in seno ad una apposita soluzione deflocculante.

Il quantitativo di materiale rimasto in sospensione viene rilevato, ad intervalli di tempo crescenti, mediante letture con un densimetro. La prova viene eseguita secondo la norma ASTM D422.

I limiti di Atterberg servono per valutare le caratteristiche di plasticità di un terreno.

Il limite liquido è definito come il contenuto di umidità che separa lo stato liquido dallo stato plastico; analogamente il limite plastico separa lo stato plastico dallo stato semisolido di un terreno. La differenza numerica tra questi due limiti è chiamata indice plastico. I limiti di Atterberg vengono determinati su un quantitativo di 100-200 g di materiale passante al setaccio 0,425 UNI seguendo la norma CNR-UNI 10014 (ASTM D4318-84).

#### 5.1.2 - Risultati analisi granulometrica (UNI 10006) e Limiti di Atterberg

I campioni rappresentativi delle varie litologie, alla quota di prelievo, sono stati sottoposti ad analisi granulometrica per via secca. La pila standard per la vagliatura meccanica è costituita da 14 setacci con apertura della maglia decrescente da 125 mm a 0.063mm, limite di passaggio tra le frazioni grossolane e fini (limi e argille).

Le risultanze sui vari campioni esaminati, hanno evidenziato quanto di seguito riportato:

Campione	Quota da p.c. (m)	Descrizione litologica
<b>P1C1</b>	-0,60m	Sabbia debolmente limosa con ghiaia
<b>P2C1</b>	-0,50m	Sabbia limosa con ghiaia
<b>P3C1</b>	-0,50m	Sabbia limosa con ghiaia
<b>P4C1</b>	-0,50m	Sabbia limosa con ghiaia
<b>P5C1</b>	-0,50m	Sabbia limosa con ghiaia
<b>P6C1</b>	-0,50m	Limo ghiaioso debolmente sabbioso
<b>P7C1</b>	-0,50m	Limo sabbioso ghiaioso
<b>P8C1</b>	-0,50m	Sabbia limosa con ghiaia
<b>CP7</b>	-0,20m	Limo sabbioso ghiaioso
<b>CP8</b>	0,30m	Limo ghiaioso sabbioso

**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

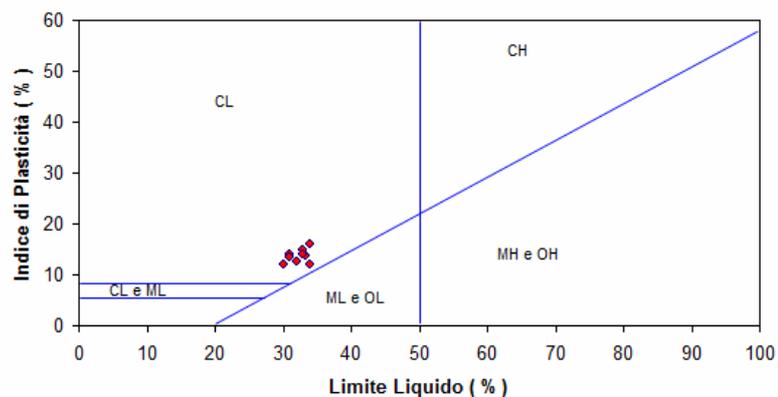
**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

Relazione geologico tecnica

Campione	Quota da p.c. (m)	Limite Liquido LL	Limite Plastico LP	Indice Plastico IP	Classificazione / Indice di gruppo
P1C1	-0,60m	33	18	15	A2-4 / 1
P2C1	-0,50m	31	17	14	A6 / 3
P3C1	-0,50m	34	18	16	A6 / 3
P4C1	-0,50m	32	19,4	12,6	A6 / 2
P5C1	-0,50m	34	22	12	A6 / 2
P6C1	-0,50m	33	19	14	A6 / 2
P7C1	-0,50m	30	18	12	A6 / 2
P8C1	-0,50m	33,4	19,6	13,8	A6 / 3
CP7	-0,20m	33	19	14	A6 / 2
CP8	0,30m	31	17,5	13,5	A6 / 2

Figura 39 – Diagramma plasticità riassuntiva dei risultati ottenuti



**Legenda:**

- ML Limi inorganici, limi argillosi, sabbie molto fini limose
- CL Argille inorganiche di media-bassa plasticità; argille limose sabbiose o ghiaiose
- OL Limi organici e argille; limi organici di bassa plasticità
- MH Limi inorganici, limi argillosi
- CH Argille inorganiche di alta plasticità
- OH Argille organiche e argille limose di media-alta plasticità

Sulla base delle risultanze si evince che le caratteristiche del materiale costituenti il gruppo come sottofondo rientrano (HRB) nella denominazione da “mediocre a scadente”, con grado di plasticità del terreno  $I_p$  da poco plastico a plastico [da 5 a 15 ÷ da 15 a 40]

### 5.1.3 - Prova C.B.R (California Bearing Ratio)

Questa prova è usata per valutare la capacità portante del terreno e l'idoneità dello stesso alla realizzazione di sottofondi per pavimentazioni stradali; l'indice CBR viene utilizzato per il corretto dimensionamento degli strati di fondazione e di base.

In questa prova il terreno viene compattato secondo le modalità dalla prova AASHTO Proctor modificato [CNR XII n.69].

La prova Proctor è una procedura utilizzata nell'ambito delle pavimentazioni infrastrutturali (soprattutto stradali e aeroportuali) per determinare la massima densità del secco ( $\gamma_d$ ) della terra ottenuta tramite costipamento meccanico.

Viene definito "optimum proctor" il contenuto di umidità ottimale per il quale si ottiene la massima densità raggiungibile con l'energia di costipamento impegnata. Nella prova AASHTO modificata il campione di terra viene disposto in una fustella cilindrica di date dimensioni ( $d = 152,3$  mm e  $h = 116,4$  mm) e costipato mediante un pestello di peso 4,535 kg fatto cadere da un'altezza di 45,7 cm per 56 volte sul terreno costituito da 5 strati. Dopo la compattazione del terreno, si procede con la prova CBR, che consiste nel far penetrare verticalmente un pistone di 49,53 mm di diametro alla velocità di 1,27 mm al minuto, misurando lo sforzo di penetrazione a 0.5 – 1.0 – 2.0 – 3.0 – 4.0 – 5.0 – 6.0 – 7.0 – 8.0 – 9.0 – 10.0 mm di infissione.

La prova è controllata da un comparatore, che consente di leggere le pressioni per ogni affondamento e di costruire la curva *pressioni - affondamenti*.

Si raffrontano poi le pressioni misurate in corrispondenza degli affondamenti di 2.5 e 5.0 mm con i valori standard pari a 70 kg/cm<sup>2</sup> e 105 kg/cm<sup>2</sup> relativi ad un terreno campione della California, compattato alla densità massima AASHTO modificata.

Si assume come indice **CBR** il maggior valore tra i due, espresso in percentuale:

$$1) I_{2.5} = (P_{2.5} / 70) 100$$

$$2) I_{5.0} = (P_{5.0} / 105) 100$$

Nella tabella seguente sono indicate alcune relazioni tra l'indice CBR e l'utilizzo di un terreno come sottofondo/fondazione/base:

N° CBR	Definizione	Uso	Classificazione
0 - 3	molto basso	sottofondo	A5, A6, A7
3 - 7	da basso a medio	sottofondo	A4, A5, A6, A7
7 - 20	medio	fondazione	A2, A4, A6, A7
20 - 50	buono	base, fondazione	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	eccellente	base	A1a, A2-4, A3

Risultati delle prove di laboratorio:

Prova C.B.R	Indici di portanza C.B.R	Costipamento	
		Densità max secca g/cm <sup>3</sup>	Contenuto ottimo umidità %
Prova P1C1	Indice a 2.5 mm % = 10 Indice a 5.0 mm % = 13	1,763	8,3
Prova P3C1	Indice a 2.5 mm % = 9 Indice a 5.0 mm % = 13	1,868	15,4
Prova P5C1	Indice a 2.5 mm % = 7 Indice a 5.0 mm % = 14	1,865	15,2
Prova P6C1	Indice a 2.5 mm % = 13 Indice a 5.0 mm % = 15	1,875	15,4

Gli indici CBR, sulla scorta delle risultanze sopra riportate considerando il valore maggiore tra  $I_{2.5mm}$  e  $I_{5.0mm}$  variabile tra 13 e 15, confermano un terreno di idoneità da scadente a discreta all'utilizzo come strato di fondazione e/o di base della pavimentazione stradale.  $N. CBR \rightarrow 7 - 20 =$  medio = fondazione =  $A_2/A_4/A_6/A_7$

La portanza di un terreno è la sua capacità di sopportare i carichi senza che si verifichino eccessive deformazioni, che risultano essere di tipo elasto-plastico-viscoso. Infatti la necessità di avere contenute deformazioni nel sottofondo, al fine di garantire le regolarità del piano viabile e consentire un'accettabile vita utile della sovrastruttura, condiziona decisamente lo spessore complessivo della pavimentazione e quindi il relativo costo di costruzione.

La portanza dipende da una serie di fattori:

- Natura, porosità e contenuto d'acqua del terreno;
- Entità, area di impronta e velocità di applicazione del carico e numero di applicazioni del carico.

La capacità portante può essere rappresentata con più parametri, tra i vari si è scelto di utilizzare il modulo resiliente  $M_r$  e il modulo di deformazione  $M_d$ .

Tali parametri dovrebbero essere ricavati dai risultati di opportune prove sperimentali.

In mancanza di tali prove si sono utilizzate delle relazioni tra i vari parametri:

#### a - Modulo resiliente

La resilienza è la capacità di un materiale di assorbire energia di deformazione elastica. Il reciproco del modulo di resilienza è l'indice di fragilità, pertanto bassa resilienza è indice di fragilità. Per la determinazione del modulo resiliente si parte dalla classifica per i terreni di sottofondo di Casagrande, dove in funzione del materiale, che costituisce il sottofondo, si ricava il CBR di

laboratorio. Nel caso specifico di limi debolmente sabbiosi e/o sabbia limosa questo valore varia nei valori più alti tra 13 e 15, ed è stato posto pari a:  
 $CBR_{lab} = 13/15$

Con tale valore è possibile calcolare il valore del modulo resiliente, attraverso il catalogo della "Portanza dei sottofondo", che risulta essere pari a  $Mr = 59,13/64,82$  MPa.

**b - Modulo di deformazione**

E' possibile ricavare il modulo di deformazione dalla seguente relazione:

$$Md = (CBR prog) / 0,2$$

dove

$$CBR_{prog} = Mr / 10$$

CBR [%]	E [kg/cm <sup>2</sup> ]	K [kg/cm <sup>3</sup> ]	Md [kg/cm <sup>2</sup> ]	Mr [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	65	1,4	100	114
2	102	2,3	157	178
3	133	3,0	204	232
4	160	3,6	246	280
5	185	4,1	285	324
6	208	4,6	320	365
7	230	5,1	354	403
8	251	5,6	386	440
9	271	6,0	417	474
10	290	6,5	447	508
11	309	6,9	475	541
12	327	7,3	503	572
13	344	7,7	530	603
14	361	8,0	556	632
15	378	8,4	581	661
16	394	8,8	606	690
17	410	9,1	631	717
18	425	9,5	655	745
19	441	9,8	678	771
20	456	10,1	701	797
21	470	10,5	724	823
22	485	10,8	746	848
23	499	11,1	768	873
24	513	11,4	789	898
25	527	11,7	810	922
26	540	12,0	831	946
27	554	12,3	852	969
28	567	12,6	872	992
29	580	12,9	892	1015
30	593	13,2	912	1038

Figura 40 – Tabella correlazione CBR con indice resiliente

Risulta quindi che  $Md = 29,56$  Mpa. Tale valore non è accettabile in quanto basso.

**5.2 - Scavabilità e tenuta dei fronti di scavo**

L'area è costituita da depositi di copertura Olocenica limosi sabbiosi fini e/o sabbiosi fini limosi, con sporadica ghiaietta, frammenti a probabile materiale eluvio colluviale, umidi, diversamente addensati, colore nocciola bruno.

Le litologie presenti, presentando caratteristiche da incoerenti a coesive per la presenza di limo e argilla, saranno facilmente asportabili con il semplice uso di un escavatore dotato di singola benna nei livelli più superficiali interessati dalla posa di una eventuale fondazione stradale.

La capacità della parete di scavo di autosostenersi in assenza di opere di stabilizzazione dipende dalle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno interessato. E' infatti possibile dare allo scavo un'inclinazione (inclinazione di sicurezza) tale per cui essa risulti stabile nel breve periodo senza che vi sia pericolo di crollo. La stabilità nei livelli alluvionali, nello specifico Olocenici diversamente addensati, essendo materiali a comportamento attrattivo e/o coesivo, è legata, indipendentemente dall'altezza dello scavo, al valore dell'angolo di attrito interno del materiale.

Il fattore di sicurezza (FS) di una parete di scavo viene definito come  $FS = tg \varphi / tg \beta$ , dove  $\varphi$  = angolo di attrito interno del materiale e  $\beta$  = inclinazione della parete di scavo, per cui lo scavo può

essere considerato stabile, in assenza di significative variazioni delle condizioni al contorno, per valori di FS maggiori o uguali a 1.

Nel nostro caso, avendo le coperture Oloceniche un  $\varphi_{da\ SPT} = 30^\circ$ , per lavorare in condizioni di sicurezza, si dovrà tener conto di un'inclinazione della parete di scavo  $_{min}$  di circa  $28^\circ$ .

Per questi terreni, si può verificare l'altezza critica di scavo, che è l'altezza massima alla quale una scarpata verticale è stabile per un certo periodo di tempo senza bisogno di sostegni. Nel nostro caso, considerando i seguenti parametri geotecnici cautelativi per lo **strato A**] si ottiene:

= **strato A**  $\rightarrow c_u = 9,81\text{ KN/m}^2$ ;  $\gamma_n = 16,7\text{ KN/m}^3$  e utilizzando la seguente relazione:  $H_c = 4\ c/\gamma_n$  si ottiene un'altezza critica di scavo  $H_c = \sim 2.30\text{m}$ ;

Tenendo conto delle "tensioni di trazione" di altezza (y), che si generano in seguito allo scavo, ed in presenza di umidità a breve profondità, il valore dell'altezza critica (Hc) (Terzaghi) risulta ridotto per  $y = H_c/2 \rightarrow H_c' = \sim 1.10\text{m}$

*Si consiglia, comunque, in presenza di materiali granulari in matrice debolmente coesiva, di eseguire l'apertura del terreno, in condizioni di sicurezza, con una maggiore larghezza della base e una minore pendenza della parete di scavo, per abbattere l'incidenza di eventuali crolli, a causa dei fenomeni di rilassamento per diminuzione della spinta litostatica delle terre, conseguente lo sbancamento. Generalmente, per profondità di scavo superiori a 1.0/1.5mt, trattandosi di materiali granulari non coerenti (D.lgs 81/2008), si consiglia di provvedere ad armare provvisoriamente i fronti di scavo. Da non dimenticare che, se si dovesse decidere di impiantare il cantiere durante il periodo invernale o comunque in previsione di eventi pluviometrici importanti, sarà opportuno predisporre degli adeguati sistemi di allontanamento sia delle acque superficiali dal fondo scavo sia da quelle (eventuali) di falda idrica se risalita per incremento idrico.*

## 6. CONCLUSIONI

**Sulla base di quanto fin qui esposto si possono trarre le seguenti conclusioni:**

- Dalle conoscenze di carattere geologico, morfologico e idrogeologico, l'area esaminata è impostata principalmente su litologie incoerenti-coesive appartenenti a partire dal basso al miocene sino al quaternario recente ed attuale. Dal più recente al più antico la stratigrafia è descrivibile nelle seguenti formazioni:
  - ▶ Depositi eluvio colluviali (**b<sub>2</sub>**) immersi in matrice fine [Oligocene]
  - ▶ Depositi alluvionali terrazzati (**b<sub>na</sub>/b<sub>nb</sub>**) costituiti da ghiaie con subordinate sabbie e/o sabbie con subordinate limi e argille [Oligocene]
  - ▶ Arenarie di Pirri (**ADP**) arenaceo marnoso e/o Marne di Gesturi (**GST**) marnose arenacee appartenenti al sedimentario Oligo-Miocenico del Campidano Sulcis

I rimaneggiamenti antropici, che costituiscono le parti più superficiali, sono rappresentati da materiali limosi sabbiosi fini, ciottolosi, sono dovuti all'attività agricola della zona. Lo spessore è variabile da 0.50m/0.60m [S1/S2/S4] ad un massimo di circa 1.60m/2.10m [S3, S5, S8].

Dal punto di vista del loro comportamento geomeccanico, presentano caratteristiche variabili da litologia incoerente nei termini più attrattivi a coesiva nei termini più plastici. In funzione di ciò, i terreni hanno mostrato una certa variabilità della resistenza alla penetrazione da prove S.P.T (Standard Penetration Test). Questa disomogeneità, è congruente alla tipica variabilità litologica dei depositi di ambiente alluvionale e marino, presentandosi nei nostri casi diversamente addensati e/o consistenti. Essi, presentano negli strati più superficiali, dove sono presenti i livelli più francamente limosi sabbiosi fini discrete caratteristiche meccaniche, andando verso valori concretamente superiori con la profondità, dove è maggiore la presenza di addensamento da carico litostatico e ghiaie con ciottoletti.

- Nell'area d'interesse non sono stati rilevati fenomeni franosi in atto né segni che ne lascino presagire l'occorrenza; non è stata riscontrata la presenza d'alcun elemento tettonico attivo, quali faglie o dislocazioni in genere, che possa favorire l'innescarsi di dissesti di qualsiasi natura e provocare ripercussioni sulla stabilità delle opere in progetto. Essa, inoltre, non è interessata da fenomeni di subsidenza, né sono stati rilevati altri fenomeni morfogenetici attivi in grado di influire in maniera significativa sulla stabilità dell'area. In considerazione delle caratteristiche tecniche dei terreni unitamente ai valori di pendenza su cui giacciono, l'area rimane caratterizzata da buone condizioni di stabilità. Le caratteristiche geotecniche dei terreni analizzati in situ, unitamente ai valori di pendenza su cui giacciono le litologie, evidenziano la compatibilità degli stessi in funzione delle opere previste in progetto.

- I terreni, in base alle caratteristiche geo-litologiche, con particolare riferimento alla capacità d'assorbimento possono essere suddivisi in 3 differenti classi di permeabilità, secondo i valori indicati nella tabella:

Grado di permeabilità	Valore di k (m/s)
alto	superiore a $10^{-3}$
medio	$10^{-3} - 10^{-5}$
basso	$10^{-5} - 10^{-7}$
molto basso	$10^{-7} - 10^{-9}$
impermeabile	minore di $10^{-9}$

- **Classe 1** - medio-alta permeabilità: sedimenti alluvionali recenti

*Prima classe:* appartengono quei terreni a buona circolazione idrica, costituiti prevalentemente da coperture alluvionali allo stato sciolto o semicoerente. La permeabilità è dovuta alla presenza di sedimenti sabbioso-ghiaiosi di età olocenica, scarsamente addensati [ $10^{-2} \leq K \leq 10^{-4}$ ]

- **Classe 2** - bassa permeabilità: depositi colluviali dell'Olocene

*Seconda classe:* i depositi colluviali in matrice limoso-marnosa prevalente, con intercalazione di suoli limo-argillosi, presentano bassa permeabilità per porosità, localmente medio-bassa in corrispondenza di livelli limoso-sabbiosi [ $10^{-6} \leq K \leq 10^{-4}$ ]

- **Classe 3** - molto bassa/impermeabile: marne mioceniche

*Terza classe:* le marne Langhiane, con intercalazioni da argillose a siltose, talvolta associate a sottili livelli carbonatici, risultano per caratteristiche intrinseche scarsamente permeabili per porosità [ $K \leq 10^{-7}$ ].

La presenza della falda freatica superficiale, alimentata essenzialmente dalle acque di precipitazione meteorica, può essere presente, seppur di modesta entità, al contatto tra i depositi della copertura alluvio-colluviale e il substrato marnoso e/o in corrispondenza d'intercalazioni sabbioso-marnose-ciottolose; la presenza della falda idrica più profonda è funzione del grado di compattezza e dell'alternanza, all'interno del substrato terziario della zona, di orizzonti marnoso-argillosi scarsamente permeabili e marnoso-arenacei più o meno permeabili.

**Nota:** nell'area d'indagine, è stata evidenziata una certa umidità nei livelli considerati, ad eccezione dei primi metri, e variabilità nella % della matrice fine limosa-argillosa, soprattutto verso l'area del sondaggio S7 e S8. Solo nell'S3, S4 e S5 la sua presenza è risultata alta "forte". Evidenze di falda freatica superficiale, vera e propria, non sono state rilevate durante l'esecuzione degli otto sondaggi e 10 pozzetti.

*Importante sottolineare che la presenza di umidità e/o falda freatica superficiale, sulla base delle condizioni morfologiche e litostratigrafiche locali, si potrebbe rilevare a quote differenti da quella evidenziata (umidità spinta) in data 17 luglio 2015, in quanto legata soprattutto alla stagionalità (eventi meteorici) del periodo considerato.*

- Dall'analisi del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.), l'area in esame impostata su terreni Olocenici recenti e attuali, sovrastanti un substrato Oligo-Miocenico marnoso arenaceo situata in prossimità della SS554, più precisamente in località Is Corrias (Barracca Manna) e Su Pizzu Mannu direzione Policlinico, la cui quota s.l.m.m. è variabile da circa +27.0 metri in prossimità della prima rotatoria (Is Corrias), sino a circa +30/34 metri in prossimità della seconda rotatoria che si ricollega con il Policlinico. Le aree caratterizzate da pericolosità idraulica elevata (Hi4) con portate al colmo con tempi di ritorno a 50 anni ricadono nella piana in prossimità del confine amministrativo di Monserrato direzione policlinico, come si può dedurre dalla cartografia aggiornata al 2015 del PUC al PAI/PPR del territorio Comunale di Selargius. La pericolosità geomorfologica da frana, al contrario è assente, o meglio specificata come area Hg<sub>0</sub> ossia aree studiate con assenza di fenomeni franosi in atto o potenziali.

In riferimento alla zona dove è inserito il contesto stradale in progetto, quest'area risulta, quindi, non avere alcun vincolo di franosità, mentre risulta cartografata in ambito di zona extraurbana (aree agricole) a rischio idraulico, soggetta alla classe di pericolo idraulico Hi4. Ciò è correlato essenzialmente alla posizione plano-altimetrica e morfologica del sito.

Considerando, in ambito normativo, la classe vincolistica elevata (**Hi4**) → **La tipologia di intervento in progetto è qui ammissibile e/o consentita:** *in materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente [CAPO II Art. 27 - Disciplina delle aree di pericolosità elevata (Hi4)] e sottoposta allo studio di Compatibilità idraulica secondo "Allegato E" criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle norme di attuazione del P.A.I. in riferimento all'articolo 27, comma 3 lett. g).*

- Sulla base delle evidenze geo-litologiche, si può asserire che l'area d'indagine presenta la seguente successione stratigrafica "Tipo":

**Livello A** → Livello di copertura superficiale costituita essenzialmente da limi sabbiosi fini, talvolta con inclusi sporadici ciottoletti, colore nocciola bruno. Presenta uno spessore variabile da un minimo di 0.50m/0.60m [S1/S2/S4] ad un massimo di circa 1.60m/2.10m [S3, S5, S8]. Presenta in genere uno stato di addensamento basso, anche perché per la maggior parte trattasi di terreni rimaneggiati per la stessa attività agricola della zona, soprattutto verso Su Pizzu Mannu direzione bretella Policlinico.

**Livello B** → Livelli alluvionali di sabbie fini limose e/o argillose, alternati a livelli di limi argillosi e/o sabbiosi, con locali screziature e noduletti carbonatici biancastri creatisi per probabile oscillazione di falde superficiali, e presenza di ciottoletti eterometrici, diversamente addensati, colore da nocciola bruno a nocciola verdastro con l'aumentare della profondità. Inoltre, tale litologia è soventemente frammista, nelle parti più superficiali, a depositi eluvio-

colluviali di limo debolmente sabbioso e/o argilloso, con un contenuto variabile di matrice carbonatica. Lo spessore ha una variabilità a partire da un minimo di circa 1.40/1.50m [S3, S4, S6] sino ad un massimo di circa 1.90m/2.0m nell'area dei sondaggi S7 e S8. Lo stato di addensamento (+ attrattivi) e/o consistenza aumenta con la profondità. Si evidenzia una certa umidità naturale.

**Livello C** → Livello di sabbie grosse ghiaiose in matrice limosa debolmente argillosa, con dispersi sporadici ciottolotti, umido, colore da nocciola bruno a nocciola verdastro. A tratti sono presenti screziature ocracee legate a fenomeni di ossido-riduzione per probabile circolazione idrica. Il grado di consistenza e/o addensamento a seconda della prevalenza di materiale attrattivo o coesivo varia da moderatamente addensato a addensato. Tale evidenze vanno aumentando con la profondità.

- I parametri geotecnici delle unità stratigrafiche rilevate, verificati attraverso le correlazioni dirette con i valori di  $N_{spt}$ , per i livelli quaternari Olocenici con intercalazioni limose sabbiose fini e/o eluvio colluviali, sono i seguenti:

→ **Parametri geotecnici Livello A** → Livello di copertura superficiale limoso sabbioso fine, con talvolta inclusi sporadici ciottolotti, colore nocciola bruno.

<b>Peso di volume naturale (<math>\gamma_n</math>)</b>	17,65 KN/m <sup>3</sup>
<b>Peso di volume saturo (<math>\gamma_w</math>)</b>	18,63 KN/m <sup>3</sup>
<b>Angolo di attrito interno (<math>\phi</math>)</b>	31°
<b>Coesione</b> <small>n.d med</small>	9,81 ÷ 49 KN/m <sup>2</sup>
<b>Modulo Elastico (E)</b>	7568,77 KN/m <sup>2</sup> (Weeb)
<b>Modulo Edometrico (Md)</b>	10322,47 KN/m <sup>2</sup> (Menzebach e Malcev)
<b>N<sub>spt</sub></b> <small>medio</small>	19 [Tamm da Parry 1,86 daN/cm <sup>2</sup> ]
<b>Winkler (Kg/cm<sup>3</sup>)</b>	2,43
<b>Caratteristiche strato</b>	da debolmente addensato a addensato
<b>Tensione [<math>Q_{amm}</math>] 1.0m</b>	1,86 daN/cm <sup>2</sup>

N.B.: il coefficiente di Winkler è stato calcolato per  $Q$  (kg/cm<sup>2</sup>) = carico applicato nel livello supposto uguale a 1.0 kg/cm<sup>2</sup>, con  $N$  = numero di colpi S.P.T nello strato considerato pari a 19

→ **Parametri geotecnici Livello B** → Livelli alluvionali Olocenici di sabbie fini limose e/o argillose, alternati a livelli di limi argillosi e/o sabbiosi, con locali screziature e noduletti carbonatici biancastri, diversamente addensati, con presenza di ciottolotti, colore da nocciola bruno a nocciola verdastro con l'aumentare della profondità. Tale litologia è soventemente frammista, nelle parti più superficiali, a depositi eluvio-colluviali di limo debolmente sabbioso e/o argilloso, con un contenuto variabile di matrice carbonatica. Si evidenzia una certa umidità naturale.

**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

**Relazione geologico tecnica**

<b>Peso di volume naturale (<math>\gamma_n</math>)</b>	19,12 KN/m <sup>3</sup> (17,0KN/m <sup>2</sup> )
<b>Peso di volume saturo (<math>\gamma_w</math>)</b>	20,53 KN/m <sup>3</sup>
<b>Angolo di attrito interno (<math>\phi</math>)</b>	34°
<b>Coesione <math>c_{nd\ max}</math></b>	49,03 KN/m <sup>2</sup> (+ limosi)
<b>Modulo Elastico (E)</b>	11042,28 KN/m <sup>2</sup> (Weeb)
<b>Modulo Edometrico (Md)</b>	16847,82 KN/m <sup>2</sup> (Menzebach e Malcev)
<b>Nspt <math>_{medio}</math></b>	30 [Tamm da Parry 2,94 daN/cm <sup>2</sup> ]
<b>Winkler (Kg/cm<sup>3</sup>)</b>	3.84
<b>Caratteristiche strato</b>	addensato / molto addensato / duro
<b>Tensione [<math>Q_{amm}</math>] <math>_{2/3m}</math></b>	2,94 daN/cm <sup>2</sup>

N.B.: il coefficiente di Winkler è stato calcolato per  $Q$  (kg/cm<sup>2</sup>) = carico applicato nel livello supposto uguale a 2.0 kg/cm<sup>2</sup>, con  $N$  = numero di colpi S.P.T.  $_{medio}$  nello strato considerato pari a 30

→ **Parametri geotecnici Livello C** → Livello di sabbie grosse ghiaiose in matrice limosa debolmente argillosa, con dispersi sporadici ciottolotti, umido, colore da nocciola bruno a nocciola verdastro. A tratti sono presenti screziature ocracee legate a fenomeni di ossido-riduzione per probabile circolazione idrica. Il grado di consistenza e/o addensamento a seconda della prevalenza di materiale attrattivo o coesivo varia da moderatamente addensato a addensato. Tale evidenze vanno aumentando con la profondità.

<b>Peso di volume naturale (<math>\gamma_n</math>)</b>	19,50 KN/m <sup>3</sup>
<b>Peso di volume saturo (<math>\gamma_w</math>)</b>	20,50 KN/m <sup>3</sup>
<b>Angolo di attrito interno (<math>\phi</math>)</b>	30°
<b>Coesione <math>c_{nd\ med}</math></b>	49,03 KN/m <sup>2</sup>
<b>Modulo Elastico (E)</b>	14200.02 KN/m <sup>2</sup> (Weeb)
<b>Modulo Edometrico (Md)</b>	44757,55 KN/m <sup>2</sup> (Menzebach e Malcev)
<b>Nspt <math>_{medio\ ridotto}</math></b>	40 [Tamm da Parry 3,92 daN/cm <sup>2</sup> ]
<b>Caratteristiche strato</b>	molto addensato /duro
<b>Tensione [<math>Q_{amm}</math>] <math>_{3.5/5.0m}</math></b>	3,92 daN/cm <sup>2</sup>

- I dati sismici dell'area sensibile, coordinate Gauss-Boaga (Fuso 32) area sensibile 1<sup>a</sup> rotatoria

Is Corrias: **X** = 1509907.5698 longitudine **E** (WGS84  $_{509\ 878}$ )

**Y** = 4345818.7948 latitudine **N** (WGS84  $_{4\ 345\ 814}$ ),

e coordinate Gauss-Boaga (Fuso 32) area sensibile 2<sup>a</sup> rotatoria Su Pezzu Mannu:

**X** = 1510209.3914 longitudine **E** (WGS84  $_{510\ 180}$ )

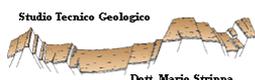
**Y** = 4346399.4523 latitudine **N** (WGS84  $_{4\ 346\ 395}$ )

hanno fornito i seguenti valori per un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche Costruzioni):

**Dati sulla costruzione:**

Classe d'uso: 3

Vita Nominale: 50 anni



Coefficiente d'uso: 1.500000

Vita di riferimento: 75.000000 anni

### STATO LIMITE ULTIMI (SLU)

**A) Dati sulla costruzione (SLV) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.100000 (SLV)**

Periodo di ritorno: 711.841619 (anni): **Valori finali calcolati**

$$ag = 0.0501 \text{ g} \div Fo = 2.5320 \div Tc^* = 0.3265 \text{ sec}$$

**B) Dati sulla costruzione (SLC) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.050000 (SLC)**

Periodo di ritorno: 1462.179431 (anni): **Valori finali calcolati**

$$ag = 0.0622 \text{ g} \div Fo = 2.5896 \div Tc^* = 0.3558 \text{ sec}$$

### STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

**C) Dati sulla costruzione (SLO) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.810000 (SLO)**

Periodo di ritorno: 45.160830 (anni): **Valori finali calcolati**

$$ag = 0.0162 \text{ g} \div Fo = 2.5555 \div Tc^* = 0.1480 \text{ sec}$$

**D) Dati sulla costruzione (SLD) Probabilità di superamento nella vita di riferimento: 0.630000 (SLD)**

Periodo di ritorno: 75.433572 (anni): **Valori finali calcolati**

$$ag = 0.0211 \text{ g} \div Fo = 2.5238 \div Tc^* = 0.1923 \text{ sec}$$

Tipo di suolo (D.M. 14/01/2008)

**Tipo C:** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT30 < 50$  nei terreni agrana grossa e  $70 < cu30 < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

	TIPI DI COSTRUZIONE	V <sub>n</sub>
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o importanza normale	>50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥100

La normativa definisce in presenza di azione sismica 4 classi di costruzioni in base al loro utilizzo (Classe d'uso - art. 2.4.2) a cui si associa un coefficiente d'uso (Cu) come mostrano le Tabelle seguenti (estratte da NTC 2008).

<b>Classe I</b>	Presenza occasionale di persone, edifici agricoli
<b>Classe II</b>	Normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente [...]
<b>Classe III</b>	Affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti con attività particolarmente pericolose per l'ambiente
<b>Classe IV</b>	Funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente [...]

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C <sub>u</sub>	0,7	1,0	1,5	2,0

Per la categoria topografica l'area ricade nella categoria T1: *Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$*

- Nella tabella sono indicati i valori di  $N_{S.P.T}$  e i corrispondenti dati della Tensione Ammissibile ( $Q_{amm}$ ) da "Parry", relativi alle prove penetrometriche dinamiche [S.P.T] eseguite:

Verticale e quota prova S.P.T.		Valore $N_{spt}$	$Q_{amm}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
Sond. <b>S<sub>1</sub></b>	[-1.0m]	65	6.5
Sond. <b>S<sub>2</sub></b>	[-1.0m]	19	1.9
Sond. <b>S<sub>3</sub></b>	[-3.0m]	44	4.4
Sond. <b>S<sub>4</sub></b>	[-1.50m]	28	2.8
Sond. <b>S<sub>5</sub></b>	[-2.0m]	38	3.8
Sond. <b>S<sub>6</sub></b>	[-1.0m]	64	6.4
	[-3.0m]	43	4.3
Sond. <b>S<sub>7</sub></b>	[-1.0m]	71	7.1
	[-3.50m]	40	4.0
Sond. <b>S<sub>8</sub></b>	[-1.0m]	37	3.7
	[-3.50m]	49	4.9

- Le risultanze delle prove di carico su piastra calcolato per un intervallo di carico  $\Delta P = 0.15 - 0.25 \text{ N/mm}^2$  (equivalente a  $0.15 \div 0.25 \text{ MPa}$ ), sono indicati nella tabella sottostante:

Prova di carico su piastra	Modulo di deformazione $M_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	Deformazione (mm)
Prova <b>CP1</b>	44,1	0,68
Prova <b>CP2</b>	44,8	0,67
Prova <b>CP3</b>	43,5	0,69
Prova <b>CP4</b>	42,3	0,71
Prova <b>CP5</b>	41,1	0,73
Prova <b>CP6</b>	46,2	0,65
Prova <b>CP7</b>	39	0,77
Prova <b>CP8</b>	48,4	0,62

- Le risultanze delle prove C.B.R, sono riportate nella tabella sottostante:

Prova C.B.R	Indici di portanza C.B.R	Costipamento	
		Densità max secca [g/cm <sup>3</sup> ]	Contenuto ottimo umidità [%]
Prova <b>P1C1</b>	Indice a 2.5 mm % = 10 Indice a 5.0 mm % = 13	1,763	8,3
Prova <b>P3C1</b>	Indice a 2.5 mm % = 9 Indice a 5.0 mm % = 13	1,868	15,4
Prova <b>P5C1</b>	Indice a 2.5 mm % = 7 Indice a 5.0 mm % = 14	1,865	15,2
Prova <b>P6C1</b>	Indice a 2.5 mm % = 13 Indice a 5.0 mm % = 15	1,875	15,4

Gli indici CBR, sulla scorta delle risultanze sopra riportate considerando il valore maggiore tra  $I_{2.5mm}$  e  $I_{5.0mm}$  variabile tra 13 e 15, confermano un terreno di idoneità da scadente a discreta all'utilizzo come strato di fondazione e/o di base della pavimentazione stradale.  $N. CBR \rightarrow 7 - 20 = \text{medio} = \text{fondazione} = A_2/A_4/A_6/A_7$

La capacità portante può essere rappresentata con più parametri; tra i vari si è scelto di utilizzare il modulo resiliente  $M_r$  e il modulo di deformazione  $M_d$ :

- Modulo resiliente → nel caso specifico di limi debolmente sabbiosi e/o sabbia limosa questo valore varia nei valori più alti tra 13 e 15, ed è stato posto pari a:  $CBR_{lab} = 13/15$   
Con tale valore è stato possibile calcolare il valore del modulo resiliente, attraverso il catalogo della "Portanza dei sottofondo", che risulta essere pari a  $M_r = 59,13/64,82$  MPa.
- Modulo di deformazione → ricavato dalla relazione:  $M_d = (CBR \text{ prog}) / 0,2$  è risultato pari a  $M_d = 29,56$  Mpa [basso]

□ L'elenco dei campioni prelevati e delle prove eseguite sono riportati nella "tabella" seguente:

Campioni [quota prelievo]	Granulometrica/Limiti di Atterberg	CBR	Proctor
<b>P1C1</b> [-0.50/-0.60m]	X	X	X
<b>P2C1</b> [-0.50/-0.60m]	X		
<b>P3C1</b> [-0.50/-0.60m]	X	X	X
<b>P4C1</b> [-0.50/-0.60m]	X		
<b>P5C1</b> [-0.50/-0.60m]	X	X	X
<b>P6C1</b> [-0.50/-0.60m]	X	X	X
<b>P7C1</b> [-0.50/-0.60m]	X		
<b>P8C1</b> [-0.50/-0.60m]	X		
<b>CPT7</b> [-0.20m]	X		
<b>CPT8</b> [-0.20m]	X		

Le risultanze delle analisi granulometriche (UNI 10006) e Limiti di Atterberg sono riportati nelle tabelle seguenti:

Campione	Quota da p.c. (m)	Descrizione litologica
<b>P1C1</b>	-0,60m	Sabbia debolmente limosa con ghiaia
<b>P2C1</b>	-0,50m	Sabbia limosa con ghiaia

**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotonde e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

**Relazione geologico tecnica**

<b>P3C1</b>	-0,50m	Sabbia limosa con ghiaia
<b>P4C1</b>	-0,50m	Sabbia limosa con ghiaia
<b>P5C1</b>	-0,50m	Sabbia limosa con ghiaia
<b>P6C1</b>	-0,50m	Limo ghiaioso debolmente sabbioso
<b>P7C1</b>	-0,50m	Limo sabbioso ghiaioso
<b>P8C1</b>	-0,50m	Sabbia limosa con ghiaia
<b>CP7</b>	-0,20m	Limo sabbioso ghiaioso
<b>CP8</b>	0,30m	Limo ghiaioso sabbioso

Campione	Quota da p.c. (m)	Limite Liquido (LL)	Limite Plastico (LP)	Indice Plastico (IP)	Classificazione / Indice di gruppo
<b>P1C1</b>	-0,60m	33	18	15	A2-4 / 1
<b>P2C1</b>	-0,50m	31	17	14	A6 / 3
<b>P3C1</b>	-0,50m	34	18	16	A6 / 3
<b>P4C1</b>	-0,50m	32	19,4	12,6	A6 / 2
<b>P5C1</b>	-0,50m	34	22	12	A6 / 2
<b>P6C1</b>	-0,50m	33	19	14	A6 / 2
<b>P7C1</b>	-0,50m	30	18	12	A6 / 2
<b>P8C1</b>	-0,50m	33,4	19,6	13,8	A6 / 3
<b>CP7</b>	-0,20m	33	19	14	A6 / 2
<b>CP8</b>	0,30m	31	17,5	13,5	A6 / 2

Sulla base delle risultanze si evince che le caratteristiche del materiale costituenti il gruppo come sottofondo rientrano (HRB) nella denominazione da “mediocre a scadente”, con grado di plasticità del terreno  $I_p$  da poco plastico a plastico [da 5 a 15 ÷ da 15 a 40]

- Il fattore di sicurezza (FS) di una parete di scavo viene definito come  $FS = \text{tg } \varphi / \text{tg } \beta$ , dove  $\varphi$  = angolo di attrito interno del materiale e  $\beta$  = inclinazione della parete di scavo, per cui lo scavo può essere considerato stabile, in assenza di significative variazioni delle condizioni al contorno, per valori di FS maggiori o uguali a 1.

Nel nostro caso, avendo le coperture Oloceniche un  $\varphi_{\text{da SPT}} = 30^\circ$ , per lavorare in condizioni di sicurezza, si dovrà tener conto di un'inclinazione della parete di scavo  $\text{min}$  di circa  $28^\circ$ .

Per questi terreni, è stata verificata l'altezza critica di scavo, che è l'altezza massima alla quale una scarpata verticale è stabile per un certo periodo di tempo senza bisogno di sostegni. Nel nostro caso, considerando i seguenti parametri geotecnici cautelativi per lo **strato A**] si ottiene  $\rightarrow c_u = 9,81 \text{ KN/m}^2$ ;  $\gamma_n = 16,7 \text{ KN/m}^3$  e utilizzando la seguente relazione:  $H_c = 4 c/\gamma_n$  si ottiene un'altezza critica di scavo  $H_c = \sim 2.30\text{m}$ ;

Tenendo conto delle "tensioni di trazione" di altezza (y), che si generano in seguito allo scavo, ed in presenza di umidità a breve profondità, il valore dell'altezza critica (Hc) (Terzaghi) risulta ridotto per  $y = H_c/2 \rightarrow H_c' = \sim 1.10\text{m}$

*Si consiglia, comunque, in presenza di materiali granulari in matrice debolmente coesiva, di eseguire l'apertura del terreno, in condizioni di sicurezza, con una maggiore larghezza della base e una minore pendenza della parete di scavo, per abbattere l'incidenza di eventuali crolli, a causa dei fenomeni di rilassamento per diminuzione della spinta litostatica delle terre, conseguente lo sbancamento. Generalmente, per profondità di scavo superiori a 1.0/1.5mt, trattandosi di materiali granulari non coerenti (D.lgs 81/2008), si consiglia di provvedere ad armare provvisoriamente i fronti di scavo. Da non dimenticare che, se si dovesse decidere di impiantare il cantiere durante il periodo invernale o comunque in previsione di eventi pluviometrici importanti, sarà opportuno predisporre degli adeguati sistemi di allontanamento sia delle acque superficiali dal fondo scavo sia da quelle (eventuali) di falda idrica se risalita per incremento idrico.*

- Nel nostro caso specifico, i terreni presenti in corrispondenza di gran parte del tratto stradale studiato, per la parte superficiale e oltre la copertura vegetale, sono costituiti da depositi a granulometria fine e finissima di consistenza medio scarsa. Si rende, quindi necessario al fine di garantire un buon appoggio del corpo stradale, l'approfondimento degli scavi finalizzato al rinvenimento di un substrato idoneo. Si consiglia l'asportazione del materiale, caratterizzato da scadenti caratteristiche geotecniche ed una bonifica sino alla profondità di circa 0.50m/0.60 m dal p.c.

Le prove eseguite in laboratorio hanno consentito di definire le caratteristiche geotecniche e fisico meccaniche dei terreni. In ordine alla realizzazione del corpo stradale, si propone la realizzazione di una stabilizzazione dei terreni di fondazione mediante la realizzazione di una bonifica, con sostituzione del terreno in posto con materiale di idonea pezzatura.

Il terreno asportato dovrà essere sostituito con materiale idoneo (A1-a e/o A1-b secondo la Classificazione CNR UNI), costituendo in tal maniera un buon terreno di appoggio.

All'interfaccia con il sottofondo si dovrà prevedere la messa in opera telo geotessuto, che delimita e confina i due strati.

Al di sopra della bonifica dovrà prevedersi uno strato di fondazione in misto granulare stabilizzato granulometricamente che contribuirà alla ripartizione dei carichi e costituirà una superficie regolare per la stesa degli strati legati (0.30 m). Il pacchetto stradale prevede la posa di 15.0 cm di misto bitumato, al fine di aumentare la capacità portante, la durabilità e nel contempo diminuire la deformabilità. A seguire si prevede la posa in opera di uno strato di collegamento (binder 7.0 cm) e Tappeto di usura 3.0 cm.

- L'area, che ospiterà l'opera in progetto, non evidenzia ostacoli di:
  - ▶ Natura geologica, idrogeologica o morfologica che impediscano l'utilizzazione prevista dal progetto;
  - ▶ Turbamento alle caratteristiche morfologiche del paesaggio. La stratigrafia, tipica dei terreni locali analizzati in situ, evidenzia la compatibilità degli stessi in funzione dell'opera da realizzarsi, a meno delle normali prescrizioni sugli sbancamenti;
  - ▶ Natura geotecnica che impedisca l'utilizzazione prevista dal progetto a meno delle normali prescrizioni ingegneristiche. Il progettista, tenuto conto delle esigenze di progetto e di sue considerazioni di prudenza, potrà intervenire per avere l'opera finita a regola d'arte.

**Cagliari li 03/08/2015**

**Il GEOLOGO** [sez. A]

Dott. Mario STRINNA

La presente relazione non può essere né copiata né riprodotta, anche parzialmente, se non con il consenso del professionista incaricato, previa autorizzazione scritta. Eventuali mancanze saranno punite ai sensi di legge (Art.2578 C.C. - L.22.4.1941 N.6331)

This report can be neither copied nor reproduced, even partially, except with the consent of the professional person in charge, prior written permission. Any deficiencies will be punished according to the law (Art.2578 CC - L.22.4.1941 N.6331)

Committente: Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

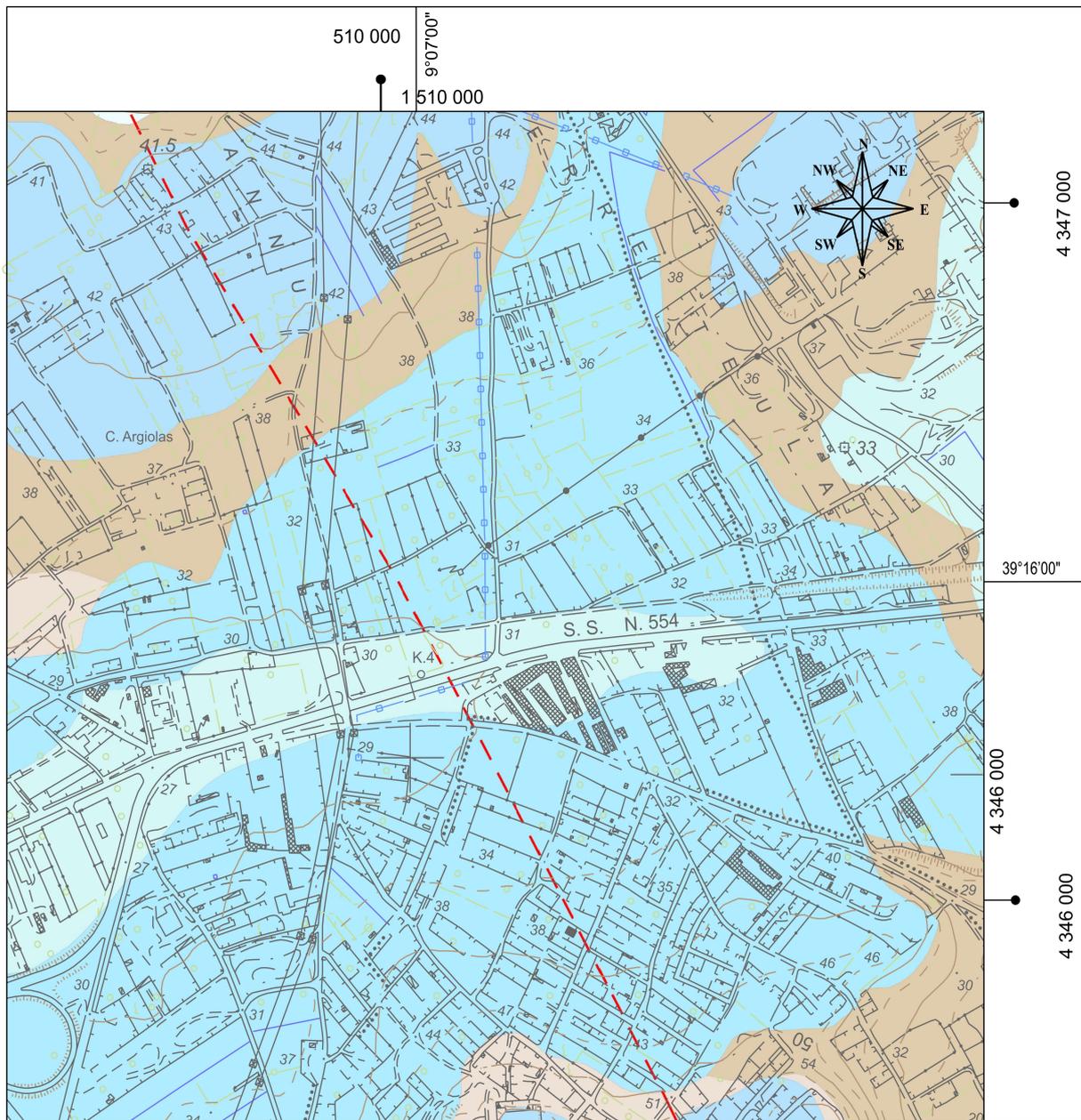
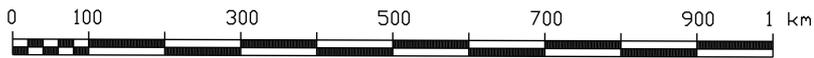
Progetto: Realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

Il Geologo: Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

Relazione geologico tecnica

# CARTA GEOLOGICA

SCALA 1:10.000



557100 MONSERRATO

GeologiaAreali2008.shp - Sardegna\_gb.ecw

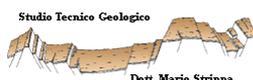
## LEGENDA

### DEPOSITI QUATERNARI

- b2** SEDIMENTI LEGATI A GRAVITÀ  
Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. *Olocene*
- bna** SEDIMENTI ALLUVIONALI  
Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. *Olocene*
- bnb** SEDIMENTI ALLUVIONALI TERRAZZATI  
Depositi alluvionali terrazzati. Sabbie con subordinati limi ed argille. *Olocene*

### COPERTURE POST-ERCINICHE - SUCCESSIONI SEDIMENTARIA OLIGO-MIOCENICA DEL CAMPIDANO-SULCIS

- ADP** ARENARIE DI PIRRI - Arenarie, arenarie marnose e/o siltose e siltiti grigio-verdastre, calcareniti giallastre, con molluschi, echinidi irregolari, alghe (*Lithothamnium*) e foraminiferi planctonici; sabbie biancastre, lenti di conglomerati a clasti di metarenarie. *Serravalliano*
- GST** MARNE DI GESTURI - Marne arenacee e siltitiche giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti contenenti faune a pteropodi, molluschi, foraminiferi, nannoplancton, frammenti ittiolitici, frustoli vegetali. *Burdigaliano sup. - Langhiano medio*



Dott. Mario Strinna

V.le A. Diaz n°48 - 09125 Cagliari - Tel/Fax. 070.303083

**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

**Relazione geologico tecnica**

---

## **DOCUMENTAZIONE STRATIGRAFICA E FOTOGRAFICA**

**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotonde e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA **O.R.G.** n. 441 [sez. A]

**SONDAGGIO S1 -5.0M**

## STRATIGRAFIA S1

SCALA 1:33 Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITA'										Sondaggio: S1				
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:				
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 17.07.2015				
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo				
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm														
σ mm	R v	A r	Pz	metri barr.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	SPT SPT	N	ROD % 0-100	prof m	DESCRIZIONE
				1						10-26-39	65		0,5	Livello di copertura sabbioso fine debolmente limoso, colore nocciola, debolmente addensato, asciutto
													1,3	Idem come sopra, ma addensata
				2									2,4	Livello di sabbie fini limose, addensate, frammisto da -1.50m a -1.90m a materiale di natura antropica (resti di piastrelle), colore da nocciola a bruno nocciola.
				3										Sabbie fini, diversamente addensate, colore nocciola verdastro
				4										
				5									5,0	



**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotonde e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA **O.R.G.** n. 441 [sez. A]

**SONDAGGIO S2 -5.0M**

## STRATIGRAFIA S2

SCALA 1:33 Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITA'										Sondaggio: S2			
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:			
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 17.07.2015			
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo			
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm													
σ mm	R V	A I	Pz	metri latt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	SPT SPT	RQD % 0-100	prof m	DESCRIZIONE
				1						6-8-10	19	0,6	Livello di copertura limoso debolmente sabbioso fine, colore nocciola bruno, debolmente addensato, con inclusi sporadici ciottoletti
							6	1				1,0	Livello di limi sabbiosi fini, addensati, colore nocciola bruno
							6	1				1,5	Livello di limi debolmente sabbiosi fini - argillosi, con presenza di screziature biancastre, duro, colore nocciola bruno
				2			6	1					Limi debolmente argillosi, con screziature biancastre, duri, colore nocciola
							5.4	0.8					
				3								3,1	Sabbie medio fini, in matrice limosa debolmente argillosa, colore nocciola grigiastro, con presenza di screziature biancastre e ocracee (ox), diversamente addensato. Si evidenzia da -4.0m a -5.0m una % maggiore di argilla
							3.6	0.7					
				4									
							1.8	0.6					
				5								5,0	

a) debole umidità nei livelli più profondi



**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 roatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA **O.R.G.** n. 441 [sez. A]

**SONDAGGIO S3 -5.0M**

**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

Relazione geologico tecnica

## STRATIGRAFIA S3

SCALA 1:33 Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITA'										Sondaggio: S3			
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:			
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 17.07.2015			
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo			
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm													
σ mm	R v	A r	Pz	metri barr.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	SPT SPT	RQD % 0-100	prof m	DESCRIZIONE
				1			6	1				0,1	Copertura ciottolosa sabbiosa fine (stradello), colore nocciola grigiastro
				2			6	1				1,6	Livello di limi sabbiosi fini, addensati, colore nocciola bruno, con dispersi ciottoletti
				3			6	1				3,0	Livello di sabbie fini in matrice limosa debolmente argillosa, addensate, con presenza di screziature e noduletti biancastri carbonatici, colore da nocciola a nocciola verdastro, debolmente umido
				4			6	1		28-28-16	44	3,6	Livello limoso sabbioso grosso, con ciottoli e ciottoletti eterometrici, colore nocciola bruno
				5			3,6	1				4,4	Livello sabbioso ghiaioso grosso, con dispersi ciottoletti, colore nocciola bruno, addensato
				5			6	1				5,0	Sabbia limosa debolmente argillosa, addensata, colore nocciola verdastro

a) verso i -5.0m presenza di forte umidità



Studio Tecnico Geologico



Dott. Mario Strinna

V.le A. Diaz n°48 - 09125 Cagliari - Tel/Fax. 070.303083

**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotonde e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA **O.R.G.** n. 441 [sez. A]

**Relazione geologico tecnica**

## **SONDAGGIO S4 -5.0M**

## STRATIGRAFIA S4

SCALA 1:33 Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITÀ										Sondaggio: S4			
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:			
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 17.07.2015			
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo			
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm													
σ mm	R r	A r	Pz	metri barr.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	SPT SPT	RQD % 0-100	prof m	DESCRIZIONE
				0									Copertura limosa sabbiosa, sciolta, con disperso qualche ciottolotto, colore nocciola
				0,6									Livello di limi sabbiosi fini, addensati, colore nocciola bruno, con dispersi ciottolotti
				1									
				1,5						8-13-15	28		Livello di limi sabbiosi fini debolmente argillosi, addensati, con screziature carbonatiche e presenza sporadica di ciottolotti, colore nocciola bruno
				2									
				3									
				3,0									Livello di ghiaie sabbiose con inclusi ciottolotti, in matrice limosa, con presenza di screziature ocracee (ox), debolmente umidi verso 1-4.50m, colore nocciola bruno
				4									
				5									
				5,0									

a) verso i -5.0m presenza di umidità



**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotonde e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

## SONDAGGIO S5-5.0M

**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

Relazione geologico tecnica

## STRATIGRAFIA S5

SCALA 1:33 Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITA'										Sondaggio: S5			
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:			
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 17.07.2015			
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo			
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm													
σ	R	A	Pz	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. %	SPT	RQD %	prof	DESCRIZIONE
mm	v	r	s	bat.					0-100	SPT	0-100	m	
				1								1.5	Copertura limosa debolmente argillosa, debolmente addensata (campo arato), colore nocciola marron
				2						15-18-20	38	3.4	Idem come sopra, ma con dispersi ciottolotti eterometrici e presenza di screziature biancastre, duro, colore nocciola bruno
				3								5.0	Idem come sopra, ma con ghiaia grossa e presenza di screziature ocracee (ox) verso i -5.0m
				4									
				5									

a) verso i -5.0m presenza di forte umidità



Studio Tecnico Geologico



Dott. Mario Strinna

V.le A. Diaz n°48 - 09125 Cagliari - Tel/Fax. 070.303083

**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotonde e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA **O.R.G.** n. 441 [sez. A]

**SONDAGGIO S6 -5.0M**

**STRATIGRAFIA S6**

SCALA 1:33 Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITA'										Sondaggio: S6			
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:			
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 17.07.2015			
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo			
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm													
σ mm	R r	A r	Pz	metri barr.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	SPT SPT	RQD % 0-100	prof m	DESCRIZIONE
				1						18-28-36	64	1.1	Livello di copertura limoso, debolmente sabbioso fine, addensato, colore nocciola bruno
				2			6						Idem come sopra, ma debolmente argilloso, con presenza di screziature biancastre carbonatiche, colore nocciola biancastro, duro
				3			6	0.7				2.5	Livello limoso sabbioso, con inclusi ciottolotti eterometrici, con presenza di screziature biancastre carbonatiche, addensato, colore nocciola verdastro
				4			6	0.9		12-18-25	43	3.5	Sabbie grosse ghiaiose, con inclusi ciottolotti eterometrici, addensato, umido verso i -5.0m, colore variabile da nocciola bruno a nocciola verdastro
				5								5.0	

a) presenza di debole umidità verso i -5.0m



**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 roatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA **O.R.G.** n. 441 [sez. A]

**Relazione geologico tecnica**

## **SONDAGGIO S7 -5.0M**

**STRATIGRAFIA S7**

SCALA 1:33 Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITA'										Sondaggio: S7			
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:			
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 17.07.2015			
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo			
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm													
σ mm	R r	A r	Pz	metri barr.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	SPT SPT	RQD % 0-100	prof m	DESCRIZIONE
				1						28-31-40	71	1.0	Livello di copertura limoso, debolmente sabbioso fine, addensato, colore nocciola bruno, con presenza sporadica di ciottolotti eterometrici
				2								2.5	Livello limoso sabbioso fine, con inclusi ciottolotti eterometrici e presenza di screziature biancastre carbonatiche, duro, colore nocciola biancastro
				3			6	1				3.0	Sabbie medio fini in matrice limosa, con screziature ocracee (ox), umido, colore nocciola bruno
				4						18-21-19	40	4.4	Livello di ghiaie grosse sabbiose, in matrice limosa debolmente argillosa, umido, colore nocciola bruno
				5			2.4	0.4				5.0	Idem come sopra, ma più sabbioso con inclusi ciottoli e ciottolotti eterometrici, umido, colore nocciola verdastro

a) presenza di debole umidità verso i -5.0m



**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 roatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA **O.R.G.** n. 441 [sez. A]

**SONDAGGIO S8 -5.0M**

## STRATIGRAFIA S8

SCALA 1:33 Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITÀ										Sondaggio: S8			
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:			
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 17.07.2015			
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo			
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm													
σ	R	A	Pz	metri	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. %	SPT	RQD %	prof	DESCRIZIONE
mm	v	r	s	bat.					0-100	SPT	0-100	m	
				0								0.4	Livello di copertura limoso, sciolto per rotazione del carotiere, colore nocciola bruno, con presenza sporadica di ciottolotti eterometrici
				1						12-18-19	37	2.1	Livello limoso sabbioso fine, con inclusi ciottolotti eterometrici e presenza di screziature biancastre carbonatiche, duro, colore nocciola biancastro
				2									
				3			6	1					Livello limoso sabbioso fine-argilloso, con presenza di screziature giallastre, addensato, umido, colore nocciola verdastro
				4			6	1					
				5			6	1		18-21-28	40	4.0	Livello di ghiaie grosse sabbiose, in matrice limosa debolmente argillosa, con presenza sporadica di ciottolotti, umido, colore nocciola bruno
				5								5.0	

a) presenza di debole umidità verso i -5.0m



**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotonde e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

Relazione geologico tecnica

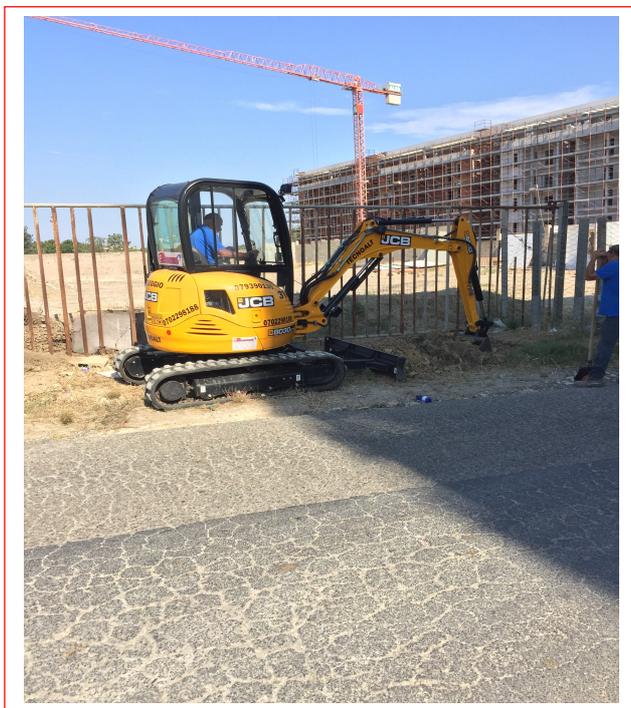
---

## ***DOCUMENTAZIONE STRATIGRAFICA E FOTOGRAFICA POZZETTI GEOGNOSTICI***

**POZZETTO P1**

SCALA 1 : 33 Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS_PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITA'										Sondaggio: P1				
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:				
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 21.07.2015				
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo				
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm														
o mm	R v	A z	Pz s	metri met.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	S.P.T. S.P.T.	N	ROD % 0-100	prof m	DESCRIZIONE
				1									1,2	Livello di copertura sabbioso fine debolmente limoso, colore nocciola, addensato, asciutto
a) Prova di laboratorio: granulometrica / CBR / Proctor														



**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius  
**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius  
**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

**POZZETTO P2**

SCALA 1:33 Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITA'										Sondaggio: P2			
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:			
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 21.07.2015			
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo			
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm													
σ mm	R r	A r	Pz	metri barr.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	SPT N	ROD % 0-100	prof m	DESCRIZIONE
				1		1) SDi < 0.50 0.60						1,2	Livello di copertura limosa debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, addensato, asciutto
a) Prova di laboratorio: granulometrica													



**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius  
**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius  
**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

**POZZETTO P3**

SCALA 1:33 Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITA'										Sondaggio: P3			
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:			
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 21.07.2015			
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo			
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm													
σ mm	R r	A r	Pz	metri barr.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	SPT SPT	RQD % 0-100	prof m	DESCRIZIONE
				1		1) SDi < 0.50 0.60						1,2	Livello di copertura limosa debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, addensato, asciutto
a) Prova di laboratorio: granulometrica / Proctor / CBR													



**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

Relazione geologico tecnica

## POZZETTO P4

SCALA 1:33

Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITA'										Sondaggio: P4			
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:			
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 21.07.2015			
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo			
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm													
σ mm	R r	A r	Pz	metri barr.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	SPT SPT	RQD % 0-100	prof m	DESCRIZIONE
				1		1) SDi < 0,50 0,60						1,2	Livello di copertura limosa debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, addensato, asciutto
a) Prova di laboratorio: granulometrica													



**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

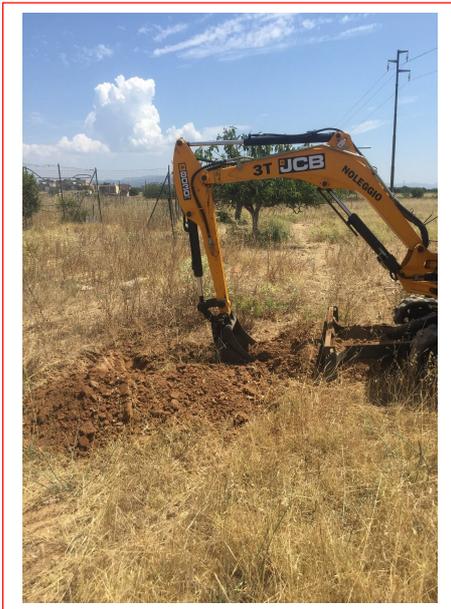
**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

**POZZETTO P5**

SCALA 1:33 Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITA'										Sondaggio: P5			
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:			
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 21.07.2015			
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo			
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm													
σ mm	R r	A r	Pz	metri barr.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	SPT SPT	RQD % 0-100	prof m	DESCRIZIONE
				1		1) SDi < 0.50 0.60						1,2	Livello di copertura limosa debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, addensato, asciutto
a) Prova di laboratorio: granulometrica / Proctor / CBR													

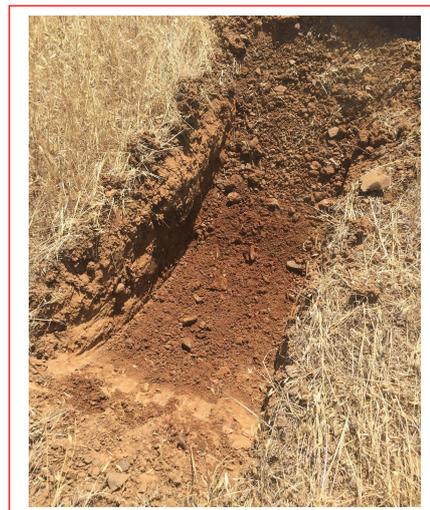
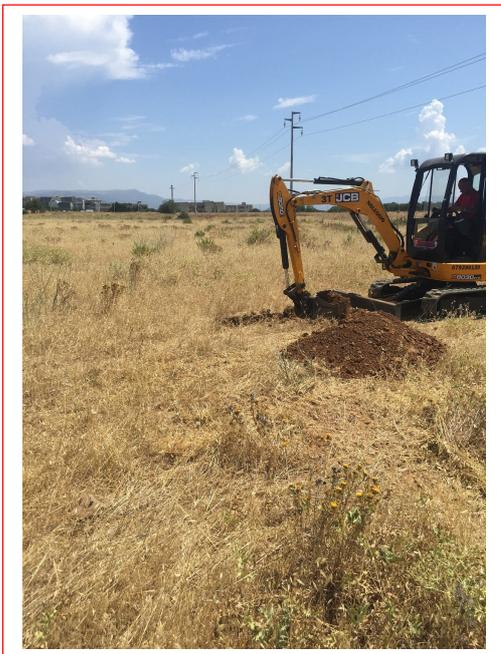


**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius  
**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotonde e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius  
**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

**POZZETTO P6**

SCALA 1:33 Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITA'										Sondaggio: P5			
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:			
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 21.07.2015			
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo			
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm													
σ mm	R r	A r	Pz	metri barr.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	SPT SPT	RQD % 0-100	prof m	DESCRIZIONE
				1		1) SDi < 0.50 0.60						1,2	Livello di copertura limosa debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, addensato, asciutto
a) Prova di laboratorio: granulometrica / Proctor / CBR													

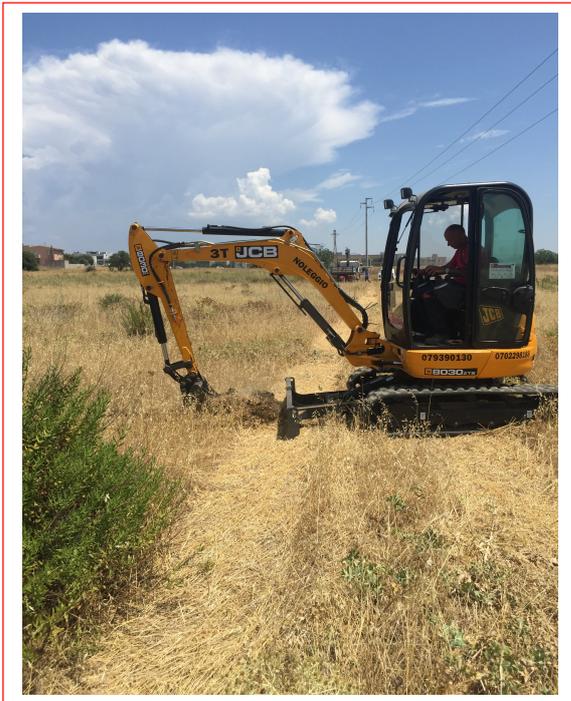


**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius  
**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius  
**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

**POZZETTO P7**

SCALA 1:33 Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITA'										Sondaggio: P7			
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:			
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 21.07.2015			
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo			
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm													
σ mm	R v	A r	Pz	metri barr.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	SPT SPT	RQD % 0-100	prof. m	DESCRIZIONE
				1		1) SDi < 0.50 0.60						1,2	Livello di copertura limosa debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, con ciottoli e ciottolotti eterometrici
a) Prova di laboratorio: granulometrica													

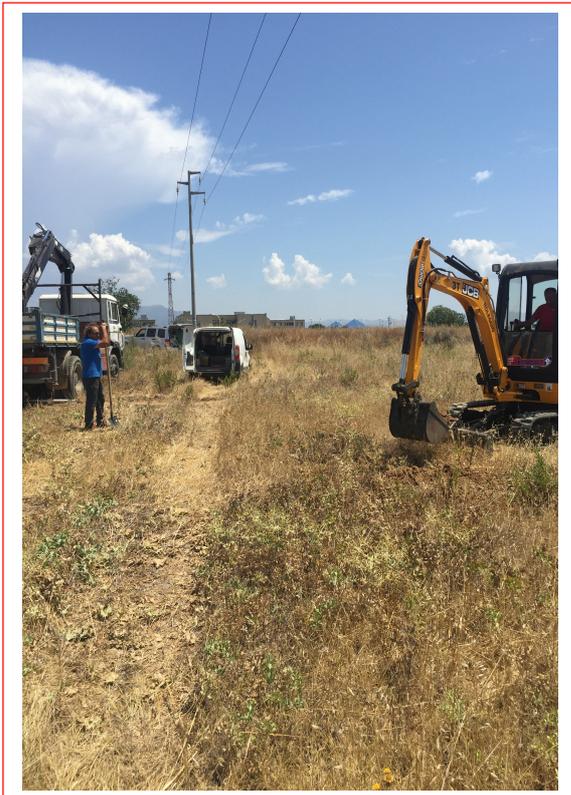


**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius  
**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius  
**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

**POZZETTO P8**

SCALA 1:33 Pagina 1/1

Riferimento: COMUNE DI SELARGIUS PROGETTO 2 ROTATORIE E CONNESSA VIABILITA'										Sondaggio: P8			
Località: Is Corrias (Barracca Manna) Su Pezzu Mannu										Quota:			
Impresa esecutrice: Geotest srl										Data: 21.07.2015			
Coordinate:										Redattore: Mario STRINNA Geologo			
Perforazione: Carotaggio continuo 101mm													
σ mm	R r	A r	Pz	metri barr.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0-100	SPT SPT	RQD % 0-100	prof m	DESCRIZIONE
				1		1) SDi < 0,50 0,60						1,2	Livello di copertura limosa debolmente sabbiosa fine, colore nocciola bruno, con ciottoli e ciottolotti eterometrici
a) Prova di laboratorio: granulometrica													



**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 roatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

Relazione geologico tecnica

---

## CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO

www.servizigeotecnici.com  
info@servizigeotecnici.com

Servizi Geotecnici s.a.s.  
09126 CAGLIARI, Via Libeccio 32  
Tel. Fax +39070371705

## PROVA DI CARICO SU PIASTRA

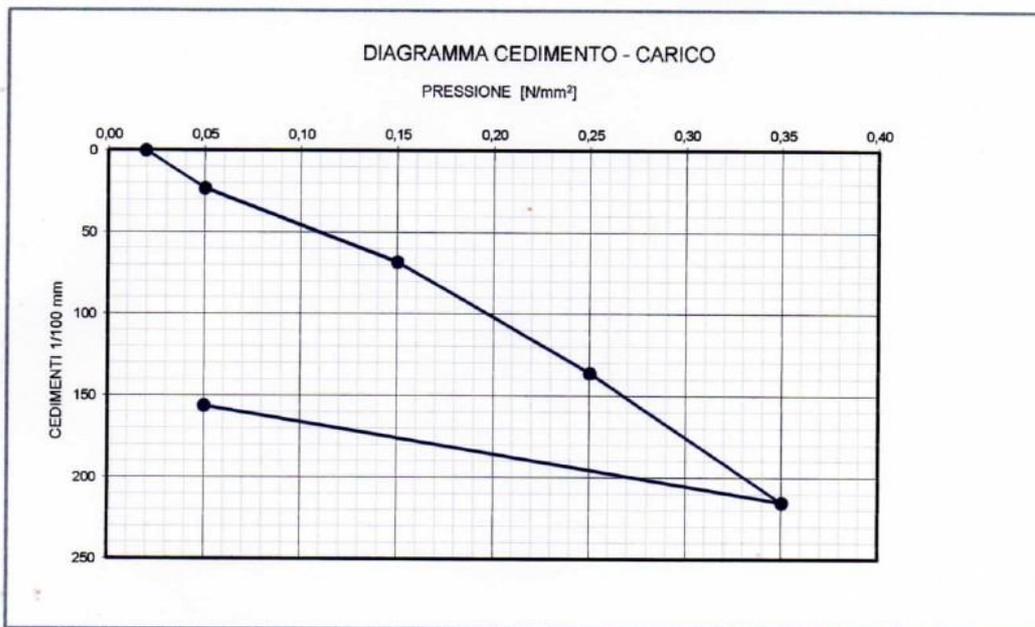
Bollettino Ufficiale CNR UNI - Anno XXVI N.146/1992

Certificato N. **№ 10884**  
Data: 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data di esecuzione: 21/07/2015  
Prova: CP1  
Strato: Materiale naturale previo scotico medio di 0,20 m

Diametro piastra (mm) 300



Note:

### DETERMINAZIONE DEL MODULO DI DEFORMAZIONE (Md)

Md (N/mm <sup>2</sup> )	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	44,1
Deformazione (mm)	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	0,68

IL TECNICO  
Dott. Geol. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE  
Dott. Geol. Alessandro Nefis

M.06/0705 Prova su piastra/C  
REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 9001:2008 - Cert. SGQ022/09

[www.servizigeotecnici.com](http://www.servizigeotecnici.com)  
[info@servizigeotecnici.com](mailto:info@servizigeotecnici.com)

**Servizi Geotecnici s.a.s.**  
 09126 CAGLIARI, Via Libeccio 32  
 Tel. Fax +39070371705

## PROVA DI CARICO SU PIASTRA

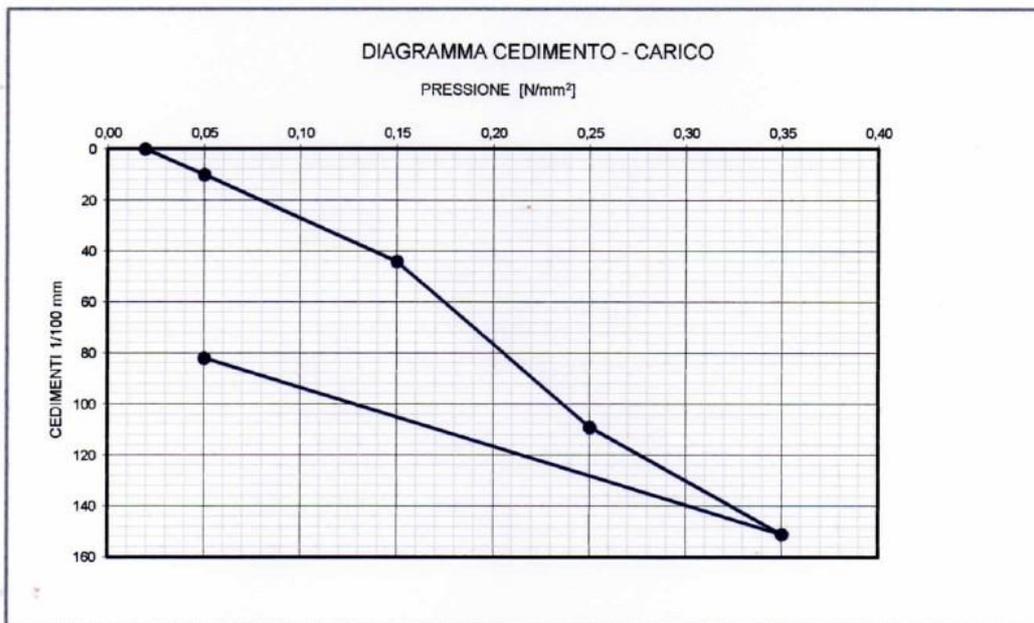
Bollettino Ufficiale CNR UNI - Anno XXVI N.146/1992

Certificato N. **10809**  
 Data: 27/07/2015

**Committente:** GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
**Cantiere:** Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

**Data di esecuzione:** 21/07/2015  
**Prova:** CP6  
**Strato:** Materiale naturale previo scotico medio di 0,20 m

Diametro piastra (mm) 300



Note:

### DETERMINAZIONE DEL MODULO DI DEFORMAZIONE (Md)

Md (N/mm <sup>2</sup> )	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	46,2
Deformazione (mm)	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	0,65

IL TECNICO  
 Dott. Geol. *Giorgio Madrigale*



IL COORDINATORE  
 Dott. *Paolo Alessandro Maffis*

M.06/0705 Prova su piastra/C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 9001:2008 - Cert. SGQ022/09

www.servizigeotecnici.com  
info@servizigeotecnici.com

Servizi Geotecnici s.a.s.  
09126 CAGLIARI, Via Libeccio 32  
Tel. Fax +39070371705

## PROVA DI CARICO SU PIASTRA

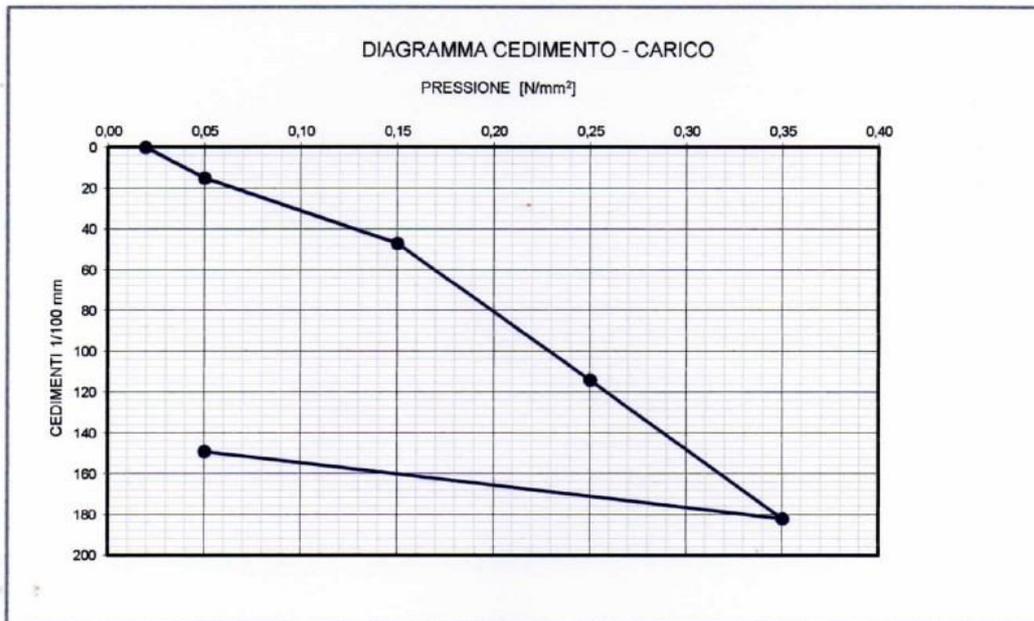
Bollettino Ufficiale CNR UNI - Anno XXVI N.146/1992

Certificato N. **№ 10805**  
Data: 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data di esecuzione: 21/07/2015  
Prova: CP2  
Strato: Materiale naturale previo scotico medio di 0,20 m

Diametro piastra (mm) 300



Note:

### DETERMINAZIONE DEL MODULO DI DEFORMAZIONE (Md)

Md (N/mm <sup>2</sup> )	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	44,8
Deformazione (mm)	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	0,67

IL TECNICO  
Dott. Geol. *Giorgio Madrigale*



IL COORDINATORE  
Dott. *Giuseppe Alessandro Malis*

M.06/0705 Prova su piastra/C  
REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 9001:2008 - Cert. SG0022/09

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

Servizi Geotecnici s.a.s.  
 09126 CAGLIARI, Via Libeccio 32  
 Tel. Fax +39070371705

**PROVA DI CARICO SU PIASTRA**

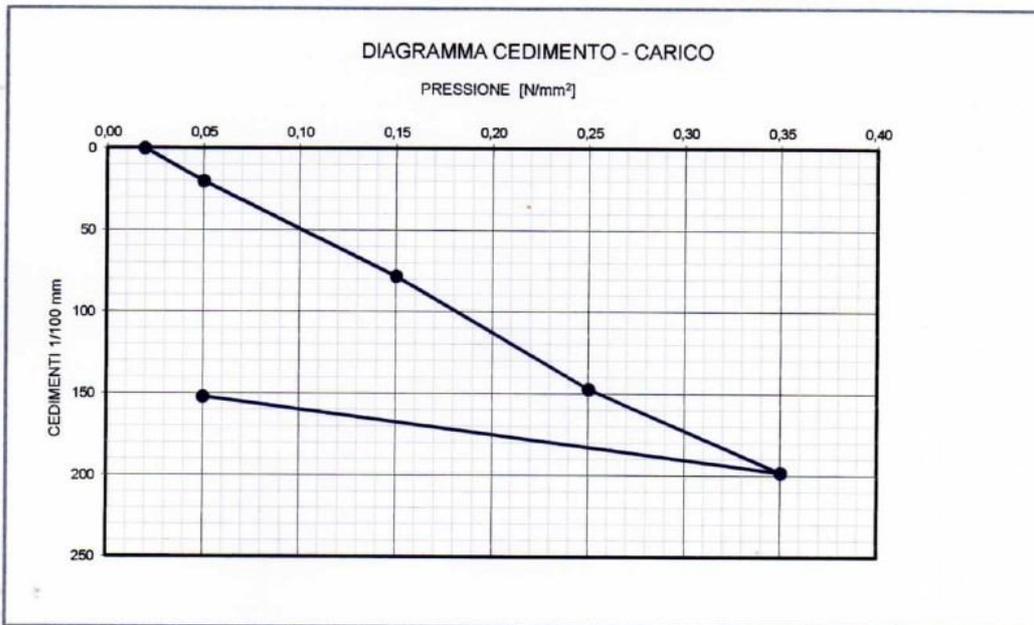
Bollettino Ufficiale CNR UNI - Anno XXVI N.146/1992

Certificato N. **10806**  
 Data: 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
 Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data di esecuzione: 21/07/2015  
 Prova: CP3  
 Strato: Materiale naturale previo scotico medio di 0,20 m

Diametro piastra (mm) 300



Note:

**DETERMINAZIONE DEL MODULO DI DEFORMAZIONE (Md)**

Md (N/mm <sup>2</sup> )	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	43,5
Deformazione (mm)	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	0,69

IL TECNICO  
 Dott. Geo. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE  
 Dott. Geo. Alessandro Nalis

M.06/0705 Prova su piastra/C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 9001:2008 - Cert. SGQ022/09

[www.servizigeotecnici.com](http://www.servizigeotecnici.com)  
[info@servizigeotecnici.com](mailto:info@servizigeotecnici.com)

**Servizi Geotecnici s.a.s.**  
 09126 CAGLIARI, Via Libeccio 32  
 Tel. Fax +39070371705

## PROVA DI CARICO SU PIASTRA

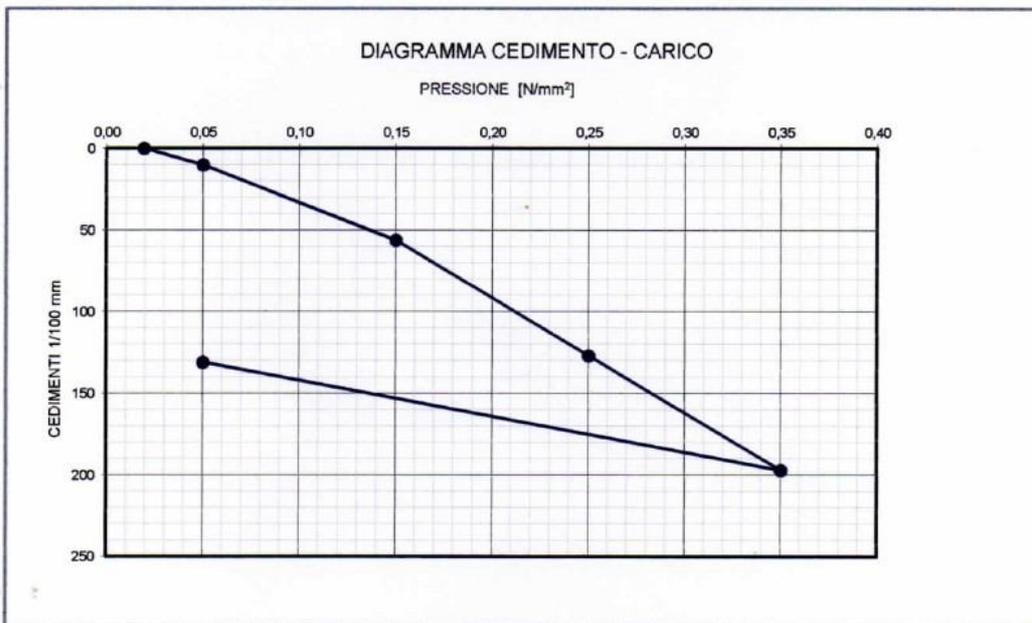
Bollettino Ufficiale CNR UNI - Anno XXVI N.146/1992

Certificato N. **№ 10807**  
 Data: 27/07/2015

**Committente:** GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
**Cantiere:** Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

**Data di esecuzione:** 21/07/2015  
**Prova:** CP4  
**Strato:** Materiale naturale previo scotico medio di 0,20 m

Diametro piastra (mm) 300



Note:

### DETERMINAZIONE DEL MODULO DI DEFORMAZIONE (Md)

Md (N/mm <sup>2</sup> )	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	42,3
Deformazione (mm)	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	0,71

IL TECNICO  
 Dott. Geol. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE  
 Dr. Geol. Alessandro Malis

M.06/0705 Prova su piastra/C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 9001:2008 - Cert. SG0022/09

## PROVA DI CARICO SU PIASTRA

Bollettino Ufficiale CNR UNI - Anno XXVI N.146/1992

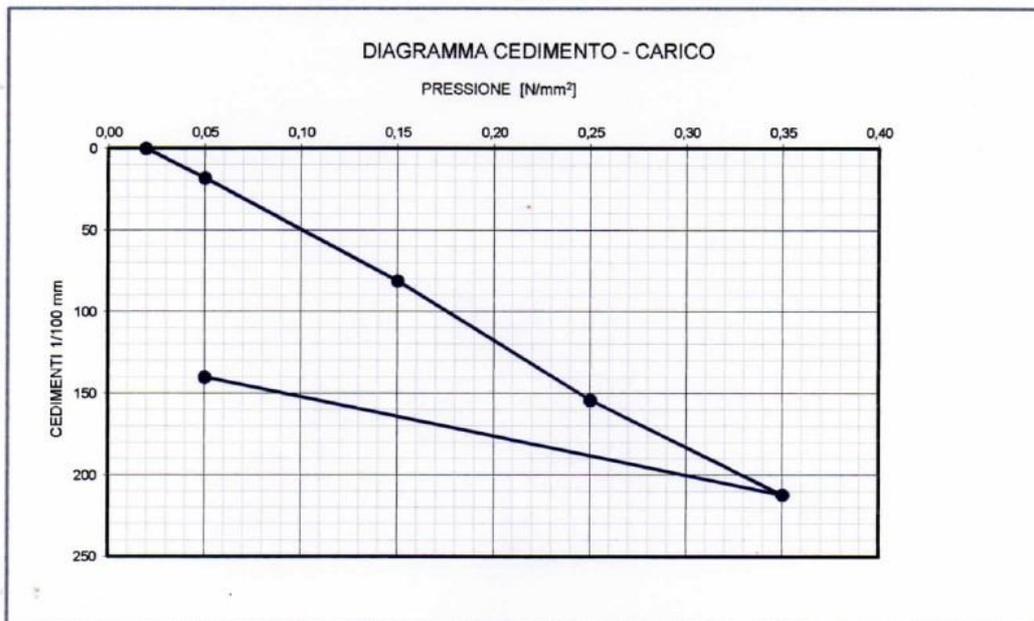
Certificato N. **10808**

Data: 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data di esecuzione: 21/07/2015  
Prova: CP5  
Strato: Materiale naturale previo scotico medio di 0,20 m

Diametro piastra (mm) 300



Note:

### DETERMINAZIONE DEL MODULO DI DEFORMAZIONE (Md)

Md (N/mm <sup>2</sup> )	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	41,1
Deformazione (mm)	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	0,73

IL TECNICO  
Dott. Geo. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE  
Dott. Geo. Alessandro Mells

M.06/0705 Prova su piastra/C  
REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 9001:2008 - Cert. SGQ022/09

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

Servizi Geotecnici s.a.s.  
 Via Libeccio, 32 - 09126 Cagliari  
 Tel Fax +39070371705

**ANALISI GRANULOMETRICA**

UNI EN 933-1:1999

№ 10305

Certificato N.

Data 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
 Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data prelievo: 21/07/2015  
 Pozzetto: P7  
 Campione: C1  
 Strato: -0,5 m da p.c.

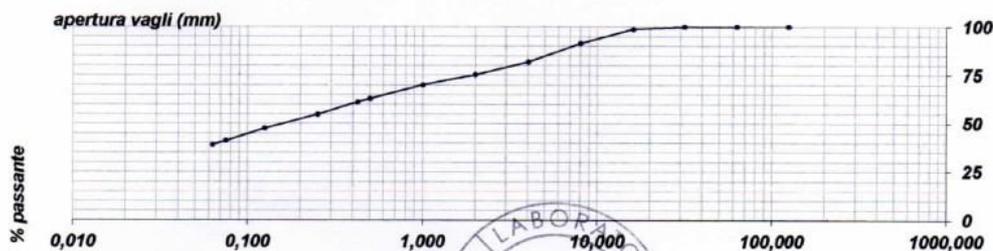
Setacci (mm)	Passante (%)
125	100,0
63	100,0
31,5	100,0
16	98,7
8	91,5
4	81,8
2	75,4
1,0	70,1
0,5	63,0
0,425	61,1
0,3	54,8
0,125	47,7
0,075	41,2
0,063	39,0

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll. Uff. C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	30
Limite Plastico	18
Indice Plastico	12
Indice di gruppo	2
Classificazione	A6
Boll. Uff. CNR-UNI 10006:2000	

CLASSIFICAZIONE AGI	
Ghiaia (f > 2 mm)	24,6
Sabbia (2 > f > 0,06 mm)	36,3
Limo e Argilla (0,06 > f < 0,002 mm)	39,0
Descrizione: Limo sabbioso ghiaioso	

Determinazione peso di volume	g/cmc	1,65
-------------------------------	-------	------

NOTE :



IL TECNICO  
 Dott. Mario Strinna



IL COORDINATORE  
 Dott. Geo. Alessandro Melis

M.11/0705 Classificazione/C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 900:2008 - Cert.N.1SGQ022/09

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

Servizi Geotecnici s.a.s.  
 09126 CAGLIARI, Via Libeccio 32  
 Tel. Fax +39070371705

**PROVA DI CARICO SU PIASTRA**

Bollettino Ufficiale CNR UNI - Anno XXVI N.146/1992

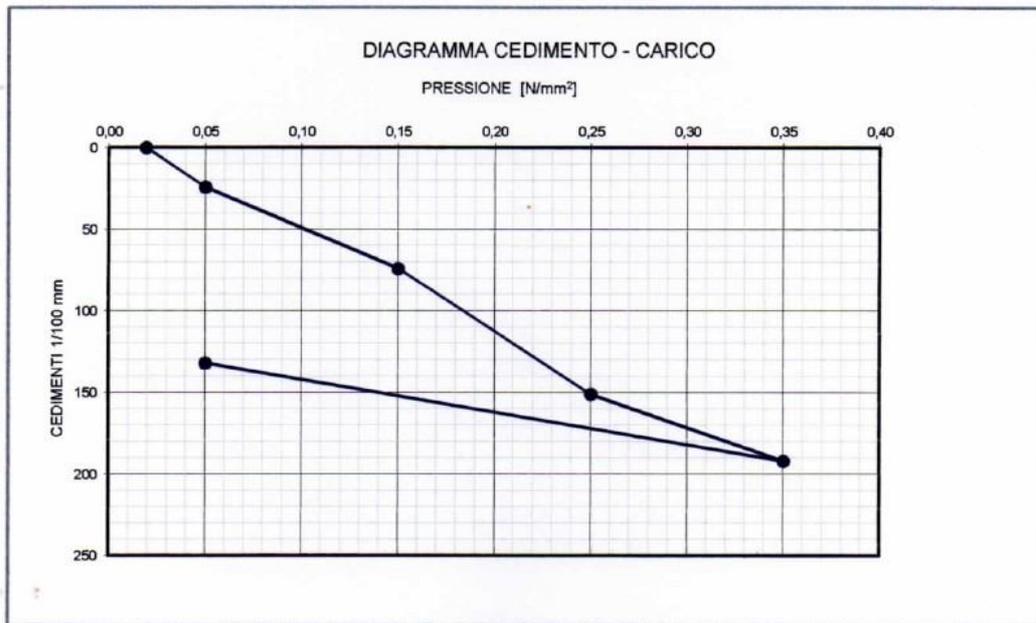
Certificato N. **10800**

Data: 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
 Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data di esecuzione: 21/07/2015  
 Prova: CP7  
 Strato: Materiale naturale previo scotico medio di 0,20 m

Diametro piastra (mm) 300



Note:

**DETERMINAZIONE DEL MODULO DI DEFORMAZIONE (Md)**

Md (N/mm <sup>2</sup> )	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	39,0
Deformazione (mm)	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	0,77

IL TECNICO  
 Dott. Geol. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE  
 Dott. Geol. Alessandro Melis

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 9001:2008 - Cert. SGC022/09

[www.servizigeotecnici.com](http://www.servizigeotecnici.com)  
[info@servizigeotecnici.com](mailto:info@servizigeotecnici.com)

**Servizi Geotecnici s.a.s.**  
 09126 CAGLIARI, Via Libeccio 32  
 Tel. Fax +39070371705

## PROVA DI CARICO SU PIASTRA

Bollettino Ufficiale CNR UNI - Anno XXVI N.146/1992

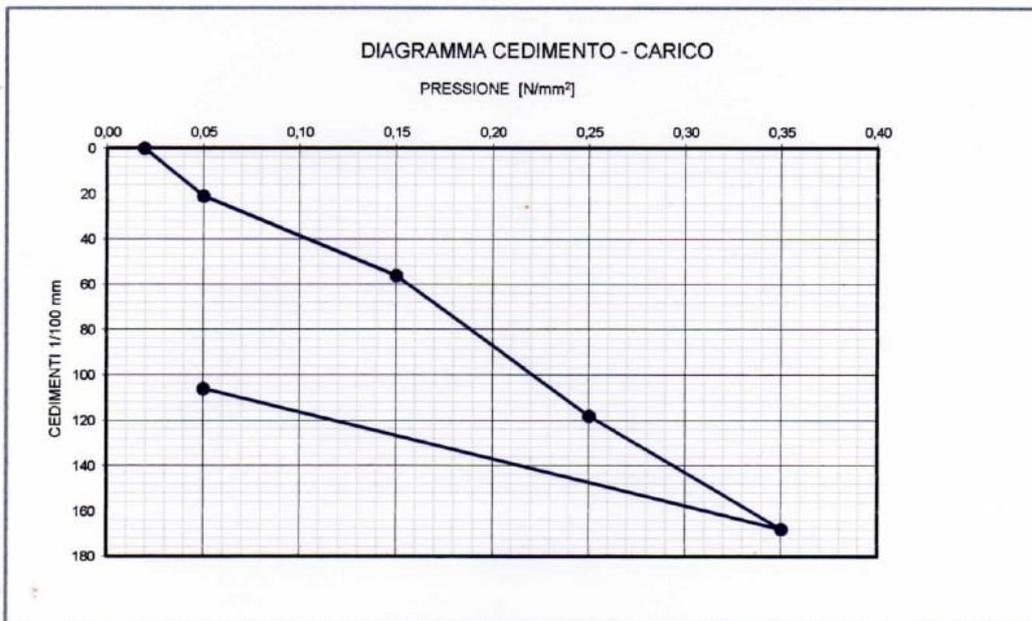
Certificato N. **10891**

Data: 27/07/2015

**Committente:** GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
**Cantiere:** Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

**Data di esecuzione:** 21/07/2015  
**Prova:** CP8  
**Strato:** Materiale naturale previo scotico medio di 0,20 m

Diametro piastra (mm) 300



Note:

### DETERMINAZIONE DEL MODULO DI DEFORMAZIONE (Md)

Md (N/mm <sup>2</sup> )	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	48,4
Deformazione (mm)	(0,15 ÷ 0,25 N/mm <sup>2</sup> ) =	0,62

IL TECNICO  
 Dott. Geol. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE  
 Dott. Geol. Alessandro Nalis

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 9001:2008 - Cert. SGC0022/09

M.06/0705 Prova su piastra/C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

Servizi Geotecnici s.a.s.  
 Via Libeccio, 32 - 09126 Cagliari  
 Tel Fax +39070371705

**ANALISI GRANULOMETRICA**  
 UNI EN 933-1:1999

№ 10302  
 Certificato N.  
 Data 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
 Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data prelievo: 21/07/2015  
 Ubicazione: Materiale prelevato in prossimità della prova di carico su piastra CP8  
 Campione: CP8  
 Strato: -0,3 m da p.c.

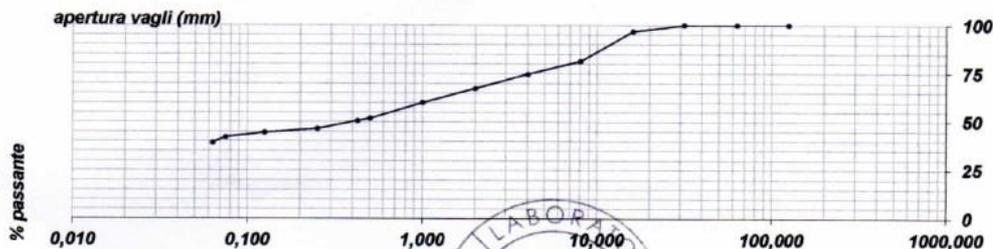
Setacci (mm)	Passante (%)
125	100,0
63	100,0
31,5	100,0
16	96,8
8	81,4
4	74,8
2	67,4
1,0	60,2
0,5	51,9
0,425	50,6
0,3	46,5
0,125	44,5
0,075	42,2
0,063	39,3

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll. Uff. C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	31
Limite Plastico	17,5
Indice Plastico	13,5
Indice di gruppo	2
Classificazione	A6
Boll. Uff. CNR-UNI 10006:2000	

CLASSIFICAZIONE AGI	
Ghiaia (f > 2 mm)	32,6
Sabbia (2 > f > 0,06 mm)	28,1
Limo e Argilla (0,06 > f > 0,002 mm)	39,3
Descrizione: Limo ghiaiososabbioso	

Determinazione peso di volume	g/cmc	1,58
-------------------------------	-------	------

NOTE :



IL TECNICO  
 Dott. Geol. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE  
 Dott. Geol. Alessandro Melis

M.11/0705 Classificazione/C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 900:2008 - Cert.N.1SGQ022/09

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

Servizi Geotecnici s.a.s.  
 Via Libeccio, 32 - 09126 Cagliari  
 Tel Fax +39070371705

**ANALISI GRANULOMETRICA**  
 UNI EN 933-1:1999

№ 10333

Certificato N.  
 Data 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
 Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data prelievo: 21/07/2015  
 Ubicazione: Materiale prelevato in prossimità della prova di carico su piastra CP7  
 Campione: CP7  
 Strato: -0,2 m da p.c.

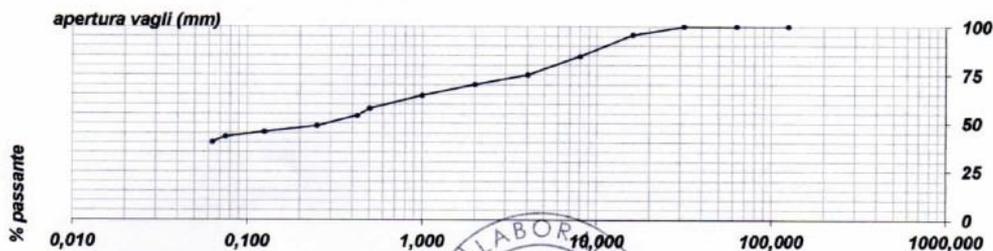
Setacci (mm)	Passante (%)
125	100,0
63	100,0
31,5	100,0
16	95,7
8	84,7
4	75,1
2	70,3
1,0	64,5
0,5	57,7
0,425	54,1
0,3	48,7
0,125	45,7
0,075	43,2
0,063	40,4

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll.Uff.C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	33
Limite Plastico	19
Indice Plastico	14
Indice di gruppo	2
Classificazione	A6
Boll. Uff. CNR-UNI 10006:2000	

CLASSIFICAZIONE AGI	
Ghiaia ( $f > 2$ mm)	29,7
Sabbia ( $2 > f > 0,06$ mm)	29,9
Limo e Argilla ( $0,06 > f > 0,002$ mm)	40,4
Descrizione: Limo sabbioso ghiaiosoghiaiosabbioso	

Determinazione peso di volume	g/cmc	1,61
-------------------------------	-------	------

NOTE :



IL TECNICO  
 Dott. Geol. Maurizio Madrigale



IL COORDINATORE  
 Dott. Geol. Alessandro Melis

M.11/0705 Classificazione/C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 900:2008 - Cert.N.1SGQ022/09

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

**Servizi Geotecnici** s.a.s.  
 Via Libeccio, 32 - 09126 Cagliari  
 Tel Fax +39070371705

**ANALISI GRANULOMETRICA**  
 UNI EN 933-1:1999

№ 10304  
 Certificato N. 4  
 Data 27/07/2015

**Committente:** GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
**Cantiere:** Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

**Data prelievo:** 21/07/2015  
**Pozzetto:** P8  
**Campione:** C1  
**Strato:** -0,5 m da p.c.

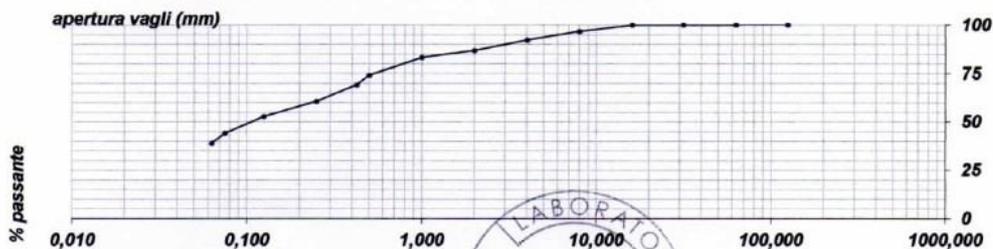
Setacci (mm)	Passante (%)
125	100,0
63	100,0
31,5	100,0
16	100,0
8	96,7
4	92,2
2	86,8
1,0	83,3
0,5	74,1
0,425	69,2
0,3	60,7
0,125	52,9
0,075	44,2
0,063	39,1

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll. Uff. C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	33,4
Limite Plastico	19,6
Indice Plastico	13,8
Indice di gruppo	3
Classificazione	A6
Boll. Uff. CNR-UNI 10006:2000	

CLASSIFICAZIONE AGI	
Ghiaia (f > 2 mm)	13,2
Sabbia (2 > f > 0,06 mm)	47,8
Limo e Argilla (0,06 > f < 0,002 mm)	39,1
Descrizione: Sabbia Limosa con ghiaia	

Determinazione peso di volume	g/cmc	1,63
-------------------------------	-------	------

NOTE :



IL TECNICO  
 Dott. Geol. Giorgio Mudigiale



IL COORDINATORE  
 Dott. Geol. Alessandro Melis

M.11/0705 Classificazione/C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 900:2008 - Cert.N. 15GG022/09

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

**Servizi Geotecnici** s.a.s.  
 Via Libeccio, 32 - 09126 Cagliari  
 Tel Fax +39070371705

**ANALISI GRANULOMETRICA**

UNI EN 933-1:1999

№ 10901

Certificato N.

Data 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
 Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data prelievo: 21/07/2015  
 Pozzetto: P1  
 Campione: C1  
 Strato: -0,6 m da p.c.

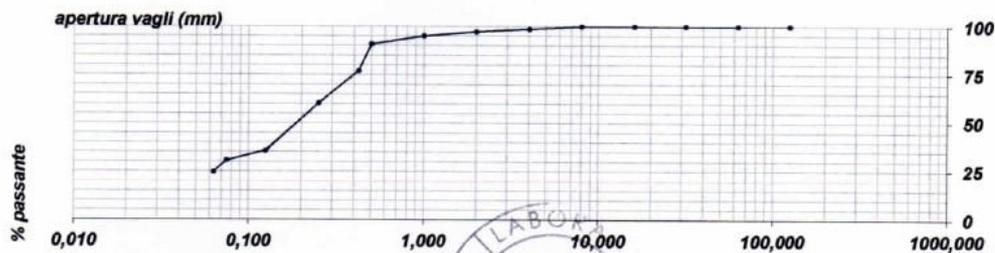
Setacci (mm)	Passante (%)
125	100,0
63	100,0
31,5	100,0
16	100,0
8	100,0
4	98,6
2	97,2
1,0	95,1
0,5	90,8
0,425	77,0
0,3	60,4
0,125	35,7
0,075	30,7
0,063	24,7

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll. Uff. C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	33
Limite Plastico	18
Indice Plastico	15
Indice di gruppo	1
Classificazione	A2-4
Boll. Uff. CNR-UNI 10006:2000	

CLASSIFICAZIONE AGI	
Ghiaia (f > 2 mm)	2,8
Sabbia (2 > f > 0,06 mm)	72,4
Limo e Argilla (0,06 > f < 0,002 mm)	24,7
Descrizione: Sabbia debolmente limosa con ghiaia	

Determinazione peso di volume	g/cmc	1,57
-------------------------------	-------	------

NOTE :



IL TECNICO  
 Dott. Geol. Mario Strinna



IL COORDINATORE  
 Dott. Geol. Alessandro Melis

M.11/0705 Classificazione/C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 900:2008 - Cert.N.1SGQ022/09

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

**Servizi Geotecnici s.a.s.**  
 Via Libeccio, 32 - 09126 Cagliari  
 Tel Fax +39070371705

### ANALISI GRANULOMETRICA

UNI EN 933-1:1999

N° 10306  
 Certificato N.  
 Data 27/07/2015

**Committente:** GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
**Cantiere:** Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

**Data prelievo:** 21/07/2015  
**Pozzetto:** P6  
**Campione:** C1  
**Strato:** -0,5 m da p.c.

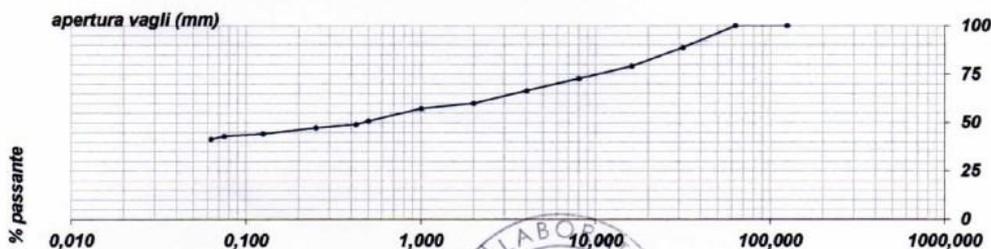
Setacci (mm)	Passante (%)
125	100,0
63	100,0
31,5	88,7
16	79,2
8	72,9
4	66,5
2	60,1
1,0	57,4
0,5	51,0
0,425	49,2
0,3	47,4
0,125	44,4
0,075	43,1
0,063	41,6

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll. Uff. C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	33
Limite Plastico	19
Indice Plastico	14
Indice di gruppo	2
Classificazione	A6
Boll. Uff. CNR-UNI 10006:2000	

CLASSIFICAZIONE AGI	
Ghiaia ( $f > 2$ mm)	39,9
Sabbia ( $2 > f > 0,06$ mm)	18,5
Limo e Argilla ( $0,06 > f > 0,002$ mm)	41,6
Descrizione: Limo ghiaioso debolmente sabbioso	

Determinazione peso di volume	g/cmc	1,63
-------------------------------	-------	------

NOTE:



IL TECNICO  
 Dott. Geol. Strinna Mario



IL COORDINATORE  
 Dott. Geol. Alessandros Meilis

M.11/0705 Classificazione/C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 900:2008 - Cert.N. 1SGQ022/09

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

**Servizi Geotecnici** s.a.s.  
 Via Libeccio, 32 - 09126 Cagliari  
 Tel Fax +39070371705

**ANALISI GRANULOMETRICA**  
 UNI EN 933-1:1999

№ 10337  
 Certificato N.  
 Data 27/07/2015

**Committente:** GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
**Cantiere:** Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

**Data prelievo:** 21/07/2015  
**Pozzetto:** P5  
**Campione:** C1  
**Strato:** -0,5 m da p.c.

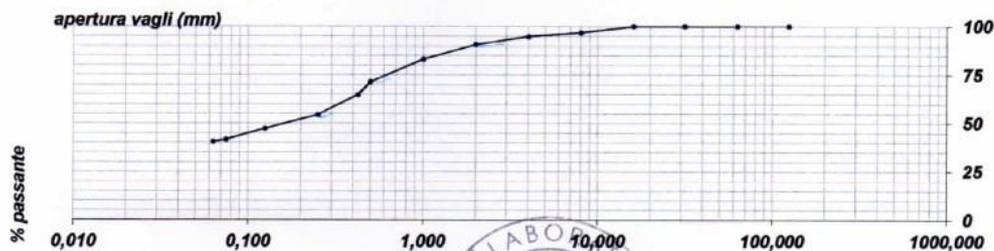
Setacci (mm)	Passante (%)
125	100,0
63	100,0
31,5	100,0
16	100,0
8	96,7
4	94,7
2	90,8
1,0	83,1
0,5	71,6
0,425	64,8
0,3	54,4
0,125	47,3
0,075	41,7
0,063	40,5

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll. Uff. C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	34
Limite Plastico	22
Indice Plastico	12
Indice di gruppo	2
Classificazione	A6
Boll. Uff. CNR-UNI 10006:2000	

CLASSIFICAZIONE AGI	
Ghiaia (f > 2 mm)	9,2
Sabbia (2 > f > 0,06 mm)	50,3
Limo e Argilla (0,06 > f < 0,002 mm)	40,5
Descrizione: Sabbia limosa con ghiaia	

Determinazione peso di volume	g/cmc	1,63
-------------------------------	-------	------

NOTE :



IL TECNICO  
 Dott. Geo. Mario Strinna



IL COORDINATORE  
 Dott. Geo. Alessandro Melis

M.11/0705 Classificazione/C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 900:2008 - Cert.N. 15GG022/09

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

Servizi Geotecnici s.a.s.  
 Via Libeccio, 32 - 09126 Cagliari  
 Tel Fax +39070371705

**ANALISI GRANULOMETRICA**

UNI EN 933-1:1999

№ 10308

Certificato N.

Data 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
 Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data prelievo: 21/07/2015  
 Pozzetto: P4  
 Campione: C1  
 Strato: -0,5 m da p.c.

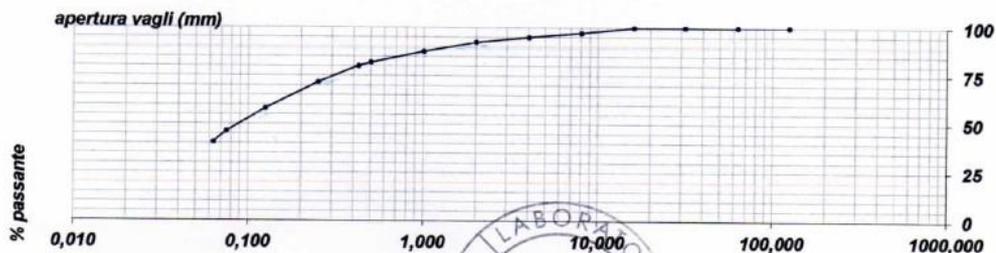
Setacci (mm)	Passante (%)
125	100,0
63	100,0
31,5	100,0
16	100,0
8	97,1
4	94,9
2	92,4
1,0	87,6
0,5	81,9
0,425	80,0
0,3	71,7
0,125	58,1
0,075	46,3
0,063	40,6

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll. Uff. C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	32
Limite Plastico	19,4
Indice Plastico	12,6
Indice di gruppo	2
Classificazione	A6
Boll. Uff. CNR-UNI 10006:2000	

CLASSIFICAZIONE AGI	
Ghiaia (f > 2 mm)	7,6
Sabbia (2 > f > 0,06 mm)	51,7
Limo e Argilla (0,06 > f > 0,002 mm)	40,6
Descrizione: Sabbia limosa con ghiaia	

Determinazione peso di volume	g/cmc	1,67
-------------------------------	-------	------

NOTE :



IL TECNICO  
 Dott. Geo. Giorgio Madigale



IL COORDINATORE  
 Dott. Geo. Alessandro Melis

M.11/0705 Classificazione/C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 900:2008 - Cert.N.1SGQ022/09

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

**Servizi Geotecnici s.a.s.**  
 Via Libeccio, 32 - 09126 Cagliari  
 Tel Fax +39070371705

**ANALISI GRANULOMETRICA**  
 UNI EN 933-1:1999

№ 10309  
 Certificato N.  
 Data 27/07/2015

**Committente:** GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
**Cantiere:** Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

**Data prelievo:** 21/07/2015  
**Pozzetto:** P3  
**Campione:** C1  
**Strato:** -0,5 m da p.c.

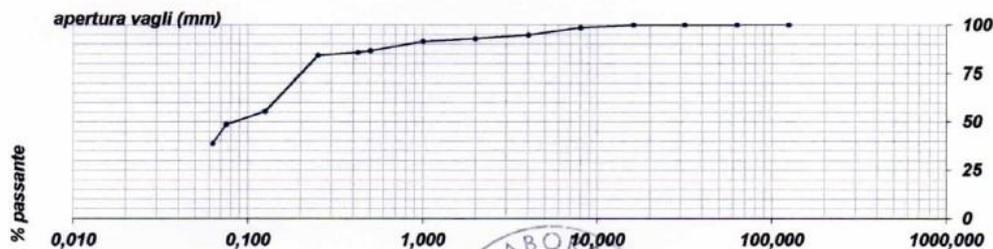
Setacci (mm)	Passante (%)
125	100,0
63	100,0
31,5	100,0
16	100,0
8	98,6
4	94,8
2	92,9
1,0	91,5
0,5	86,7
0,425	85,8
0,3	84,4
0,125	55,5
0,075	48,8
0,063	38,9

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll. Uff. C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	34
Limite Plastico	18
Indice Plastico	16
Indice di gruppo	3
Classificazione	A6
Boll. Uff. CNR-UNI 10006:2000	

CLASSIFICAZIONE AGI	
Ghiaia (f > 2 mm)	7,1
Sabbia (2 > f > 0,06 mm)	54,0
Limo e Argilla (0,06 > f < 0,002 mm)	38,9
Descrizione: Sabbia limosa con ghiaia	

Determinazione peso di volume	g/cmc	1,60
-------------------------------	-------	------

NOTE :



IL TECNICO  
 Dott. Geol. Giorgio Mudigale



IL COORDINATORE  
 Dott. Geol. Alessandro Melis

M.11/0705 Classificazione/C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 900:2008 - Cert.N. 1SGQ022/09

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

**Servizi Geotecnici** s.a.s.  
 Via Libeccio, 32 - 09126 Cagliari  
 Tel Fax +39070371705

**ANALISI GRANULOMETRICA**

UNI EN 933-1:1999

№ 10900

Certificato N.

Data 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
 Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data prelievo: 21/07/2015  
 Pozzetto: P2  
 Campione: C1  
 Strato: -0,5 m da p.c.

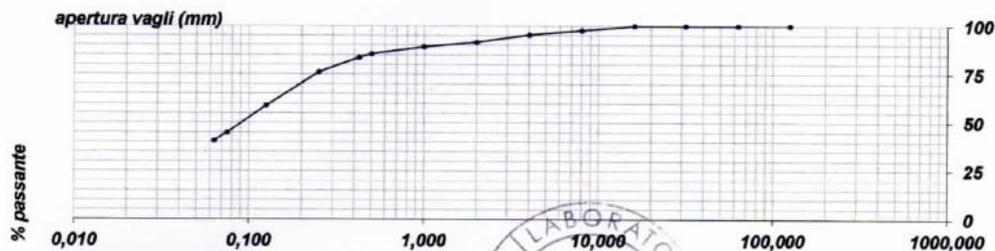
Setacci (mm)	Passante (%)
125	100,0
63	100,0
31,5	100,0
16	100,0
8	97,7
4	95,3
2	91,6
1,0	89,3
0,5	85,5
0,425	83,6
0,3	76,2
0,125	58,9
0,075	44,9
0,063	40,7

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll. Uff. C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	31
Limite Plastico	17
Indice Plastico	14
Indice di gruppo	3
Classificazione	A6
Boll. Uff. CNR-UNI 10006:2000	

CLASSIFICAZIONE AGI	
Ghiaia (f > 2 mm)	8,4
Sabbia (2 > f > 0,06 mm)	50,9
Limo e Argilla (0,06 > f > 0,002 mm)	40,7
Descrizione: Sabbia limosa con ghiaia	

Determinazione peso di volume	g/cmc	1,66
-------------------------------	-------	------

NOTE :



IL TECNICO  
 Dott. Geo. Giorgio Muddigale



IL COORDINATORE  
 Dott. Geo. Alessandro Meis

M.11/0705 Classificazione/C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 900:2008 - Cert.N.1SGQ022/09

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

Servizi Geotecnici s.a.s.  
 09126 CAGLIARI, Via Libeccio 32  
 Tel. Fax +39070371705

## INDICE DI PORTANZA C.B.R.

CNR UNI 10009

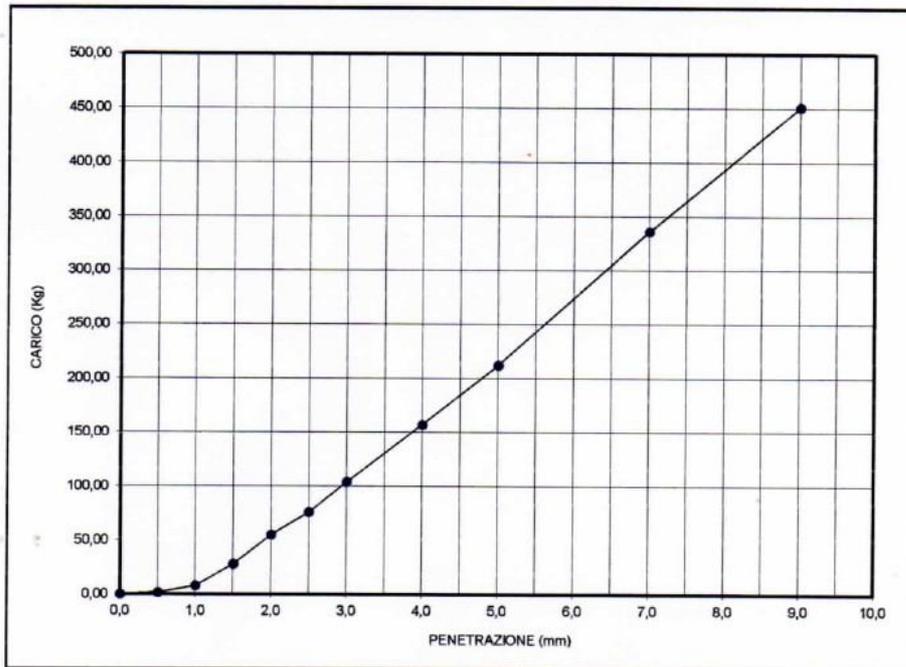
Certificato N. 10907

Data: 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari

Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data prelievo: 21/07/2015  
 Pozzetto: P3  
 Campione: C1  
 Strato: -0,5 m da p.c.



Note: Prova eseguita dopo immersione in acqua per 96 ore

DENSITA' MASSIMA SECCA (g/cm <sup>3</sup> )	1,865
CONTENUTO OTTIMO IN UMIDITA' %	15,4
Metodo di costipamento Proctor Modificato	
Materiale trattenuto al crivello 25 UNI 2334 (%)	

UMIDITA' SOTTO IL PISTONE (%)	17,1
-------------------------------	------

Acqua assorbita durante l'immersione	
g	345,0

INDICE DI PORTANZA C.B.R. (corretto)	
a 3,5 mm (%)	9
a 6,0 mm (%)	13

MISURA DEL RIGONFIAMENTO	
%	2,78

IL TECNICO  
 Dott. Geol. Sergio Madrigale



IL COORDINATORE  
 Dott. Geol. Alessandro Melis

M.25/0705 Indice C.B.R./C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 9001:2008 - Cert. SGQ022/09

### PROVA DI COSTIPAMENTO

Bollettino Ufficiale CNR UNI - Anno XII N. 69 - 30 novembre 1978  
Proctor AASHO Modificato

Fig. 10902

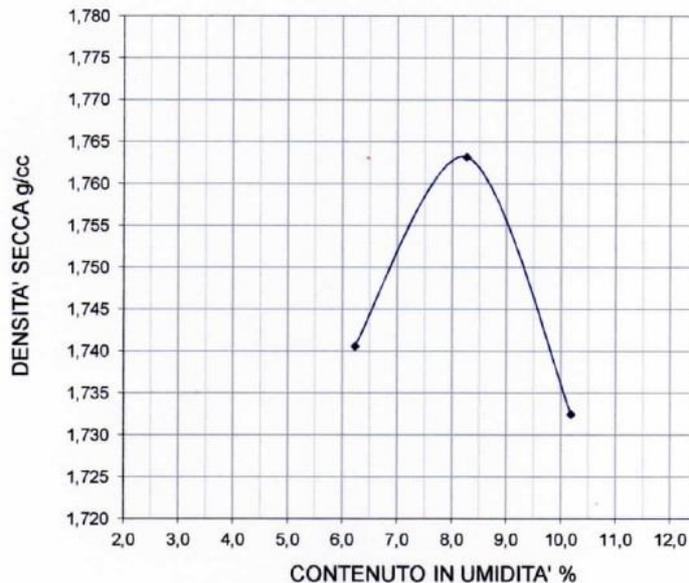
Certificato N.

Data: 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari

Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data prelievo: 21/07/2015  
Pozzetto: P1  
Campione: C1  
Strato: -0,6 m da p.c.



Note:

DENSITA' MASSIMA SECCA g/cc **1,763**

CONTENUTO OTTIMO IN UMIDITA' % **8,3**

IL TECNICO  
Dott. Geol. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE  
Dott. Geol. Alessandro Nalis

### PROVA DI COSTIPAMENTO

Bollettino Ufficiale CNR UNI - Anno XII N. 69 - 30 novembre 1978  
Proctor AASHO Modificato

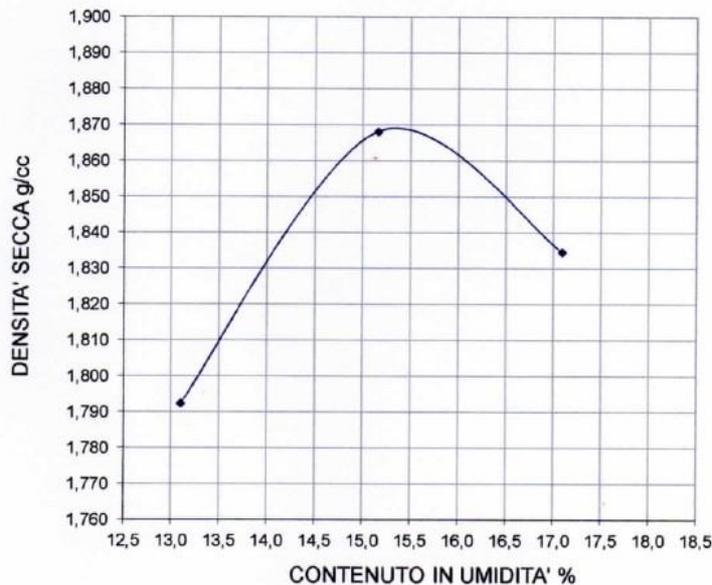
10903

Certificato N.

Data: 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data prelievo: 21/07/2015  
Pozzetto: P3  
Campione: C1  
Strato: -0,5 m da p.c.



Note:

DENSITA' MASSIMA SECCA g/cc **1,868**

CONTENUTO OTTIMO IN UMIDITA' % **15,4**

IL TECNICO  
Dott. Geol. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE  
Dott. Geol. Alessandro Melis

### PROVA DI COSTIPAMENTO

Bollettino Ufficiale CNR UNI - Anno XII N. 69 - 30 novembre 1978  
Proctor AASHO Modificato

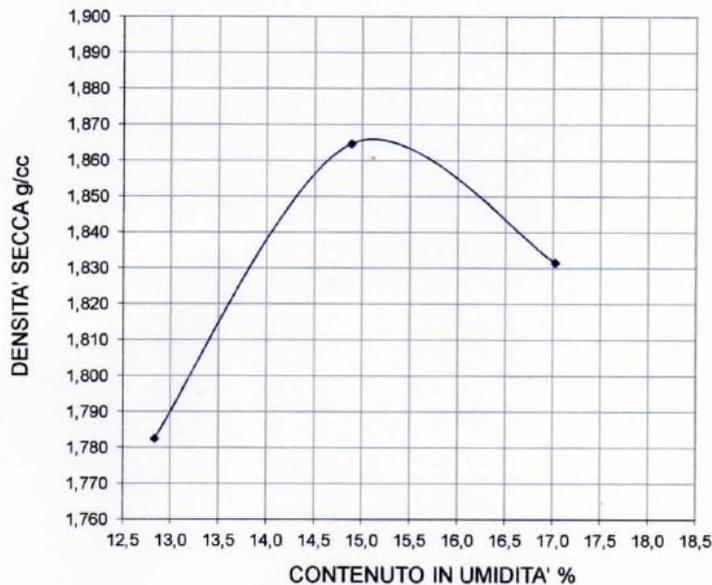
10904

Certificato N.

Data: 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data prelievo: 21/07/2015  
Pozzetto: P5  
Campione: C1  
Strato: -0,5 m da p.c.



Note:

DENSITA' MASSIMA SECCA g/cc **1,865**

CONTENUTO OTTIMO IN UMIDITA' % **15,2**

IL TECNICO  
Dott. Geol. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE  
Dott. Geol. Alessandro Nalis

www.servizigeotecnici.com  
info@servizigeotecnici.com

Servizi Geotecnici s.a.s.  
09126 CAGLIARI, Via Libeccio 32  
Tel Fax +39070371705

### PROVA DI COSTIPAMENTO

Bollettino Ufficiale CNR UNI - Anno XII N. 69 - 30 novembre 1978  
Proctor AASHO Modificato

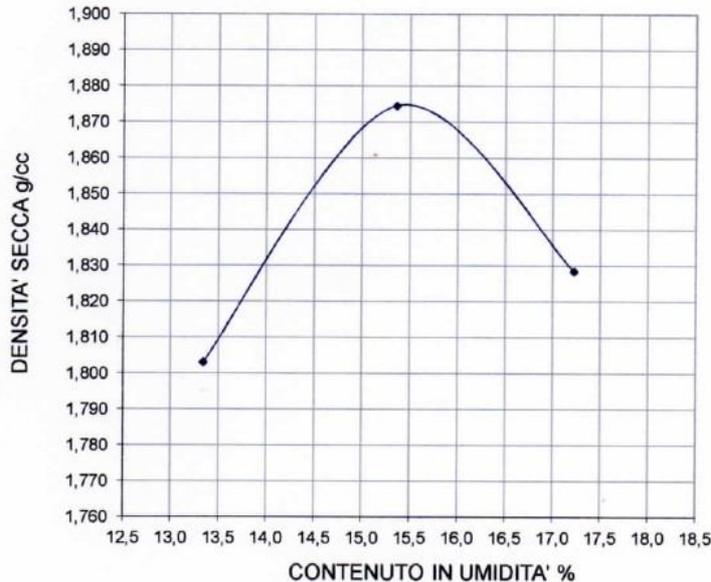
10905

Certificato N.

Data: 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari  
Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data prelievo: 21/07/2015  
Pozzetto: P6  
Campione: C1  
Strato: -0,5 m da p.c.



Note:

DENSITA' MASSIMA SECCA g/cc **1,875**

CONTENUTO OTTIMO IN UMIDITA' % **15,4**

IL TECNICO  
Dott. Geol. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE  
Dott. Geol. Alessandro Nalis

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 9001:2008 - Cert. SG0022/09

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

Servizi Geotecnici s.a.s.  
 09126 CAGLIARI, Via Libeccio 32  
 Tel. Fax +39070371705

## INDICE DI PORTANZA C.B.R.

CNR UNI 10009

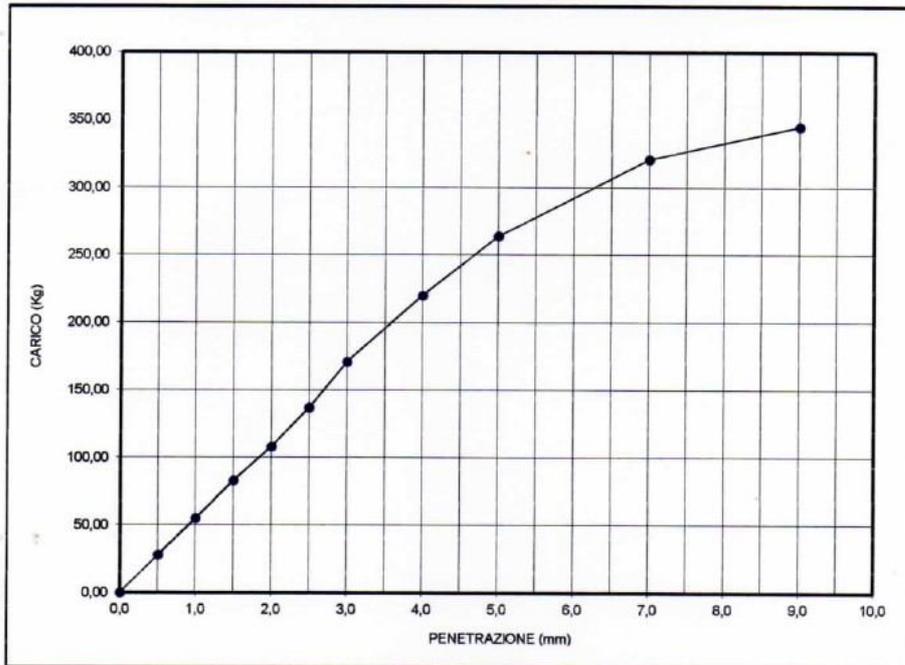
Certificato N. 10906

Data: 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari

Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data prelievo: 21/07/2015  
 Pozzetto: P1  
 Campione: C1  
 Strato: -0,6 m da p.c.



Note: Prova eseguita dopo immersione in acqua per 96 ore

DENSITA' MASSIMA SECCA (g/cm <sup>3</sup> )	1,765
CONTENUTO OTTIMO IN UMIDITA' %	8,2
Metodo di costipamento Proctor Modificato	
Materiale trattenuto al crivello 25 UNI 2334 (%)	

UMIDITA' SOTTO IL PISTONE (%)	10,1
-------------------------------	------

Acqua assorbita durante l'immersione	
g	203,0

INDICE DI PORTANZA C.B.R.	
a 2,5 mm (%)	10
a 5,0 mm (%)	13

MISURA DEL RIGONFIAMENTO	
%	1,61

IL TECNICO  
 Dott. Geol. Giacomo Madrigale



IL COORDINATORE  
 Dott. Geol. Alessandro Malis

M.25/0705 Indice C.B.R./C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 9001:2008 - Cert. SGQ022/09

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

Servizi Geotecnici s.a.s.  
 09126 CAGLIARI, Via Libeccio 32  
 Tel. Fax +39070371705

## INDICE DI PORTANZA C.B.R.

CNR UNI 10009

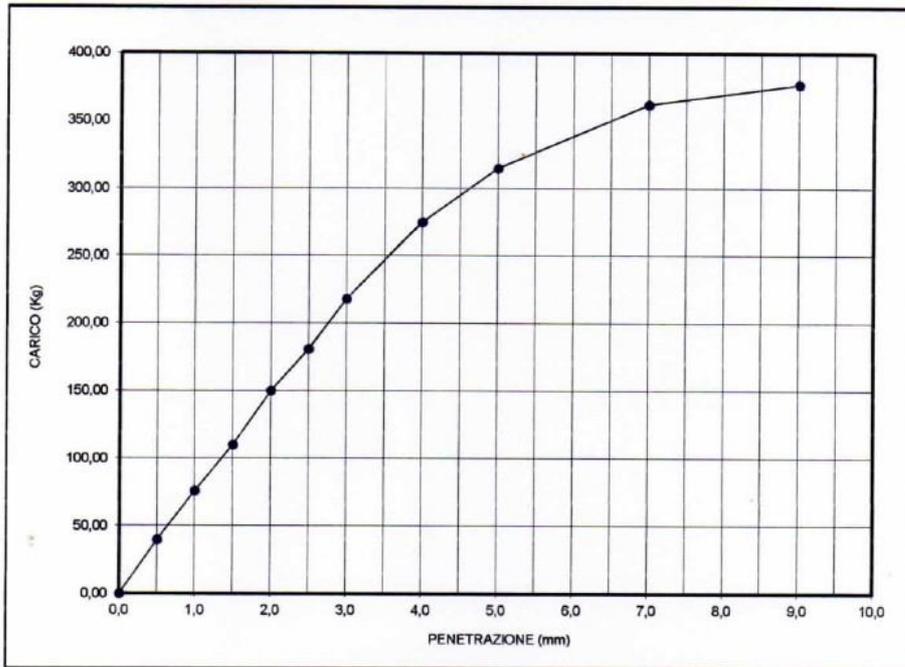
Certificato N. 10909

Data: 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari

Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data prelievo: 21/07/2015  
 Pozzetto: P6  
 Campione: C1  
 Strato: -0,5 m da p.c.



Note: Prova eseguita dopo immersione in acqua per 96 ore

DENSITA' MASSIMA SECCA (g/cm <sup>3</sup> )	1,874
CONTENUTO OTTIMO IN UMIDITA' %	15,4
Metodo di costipamento Proctor Modificato	
Materiale trattenuto al crivello 25 UNI 2334 (%)	

UMIDITA' SOTTO IL PISTONE (%)	17,1
-------------------------------	------

Acqua assorbita durante l'immersione	
g	401,0

INDICE DI PORTANZA C.B.R.	
a 2,5 mm (%)	13
a 5,0 mm (%)	15

MISURA DEL RIGONFIAMENTO	
%	3,03

IL TECNICO  
 Dott. Geol. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE  
 Dott. Geol. Alessandro Melis

M.25/0705 Indice C.B.R./C  
 REV.0 del 01.02.06

Pagina 1 di 1

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 9001:2008 - Cert. SGQ022/09

**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 rotonde e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA **O.R.G.** n. 441 [sez. A]

**Relazione geologico tecnica**

---

www.servizigeotecnici.com  
 info@servizigeotecnici.com

Servizi Geotecnici s.a.s.  
 09126 CAGLIARI, Via Libeccio 32  
 Tel. Fax +39070371705

## INDICE DI PORTANZA C.B.R.

CNR UNI 10009

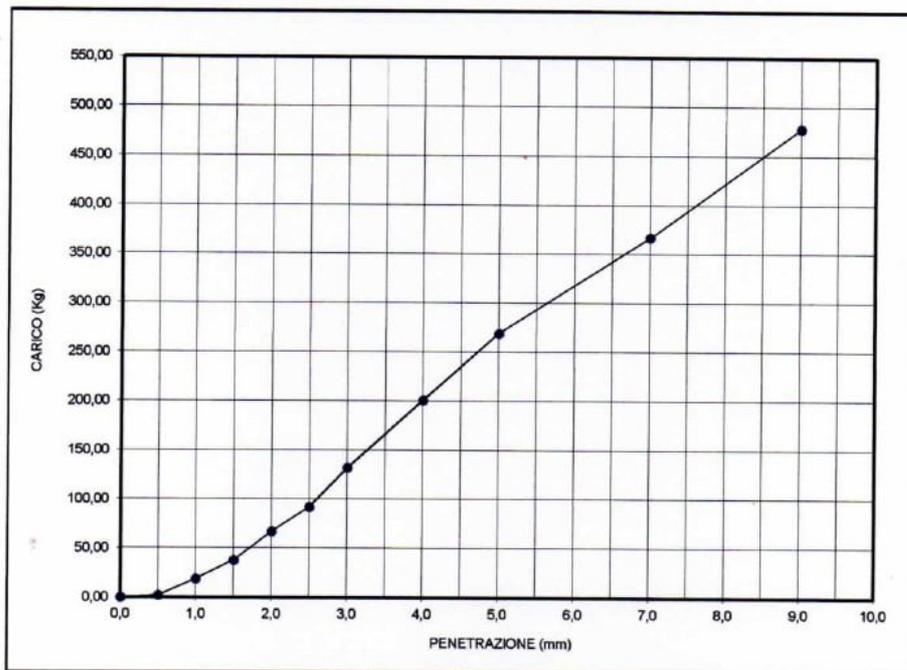
Certificato N. **10908**

Data: 27/07/2015

Committente: GEOTEST s.r.l. Viale Diaz, 48 - Cagliari

Cantiere: Strada di collegamento Is Corrias - Barracca Manna - Policlinico

Data prelievo: 21/07/2015  
 Pozzetto: P5  
 Campione: C1  
 Strato: -0,5 m da p.c.



Note: Prova eseguita dopo immersione in acqua per 96 ore

DENSITA' MASSIMA SECCA (g/cm <sup>3</sup> )	1,865
CONTENUTO OTTIMO IN UMIDITA' %	15,2
Metodo di costipamento Proctor Modificato	
Materiale trattenuto al crivello 25 UNI 2334 (%)	

UMIDITA' SOTTO IL PISTONE (%)	16,9
-------------------------------	------

Acqua assorbita durante l'immersione	
g	383,0

INDICE DI PORTANZA C.B.R. (Corretto)	
a 3,0 mm (%)	7
a 5,5 mm (%)	14

MISURA DEL RIGONFIAMENTO	
%	2,84

IL TECNICO  
 Dott. Geol. Giorgio Madrigale

M.25/0705 Indice C.B.R./C  
 REV.0 del 01.02.06



IL COORDINATORE  
 Dott. Geol. Alessandro Me...

Laboratorio operante in sistema di Qualità Aziendale certificato secondo la UNI EN ISO 9001:2008 - Cert. SGQ022/09

**Committente:** Comune di Selargius Via Istria 09047 Selargius

**Progetto:** Realizzazione n. 2 roatorie e connessa viabilità complementare in territorio di Selargius

**Il Geologo:** Dott. Mario STRINNA O.R.G. n. 441 [sez. A]

Relazione geologico tecnica

## PLANIMETRIA GENERALE UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

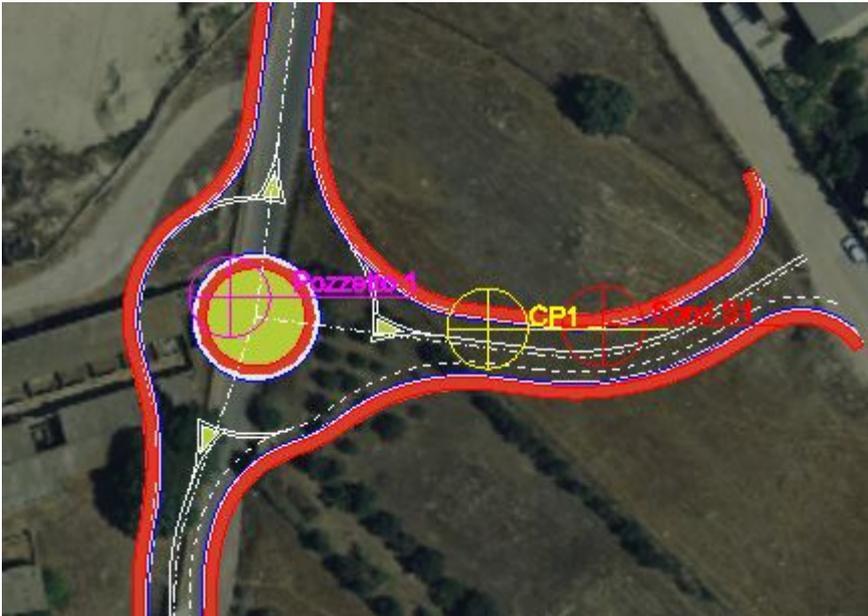


Figura 41 – Area 1 Is Corrias (Barracca Manna)



Figura 42 – Area 2 Su Pizzu Mannu

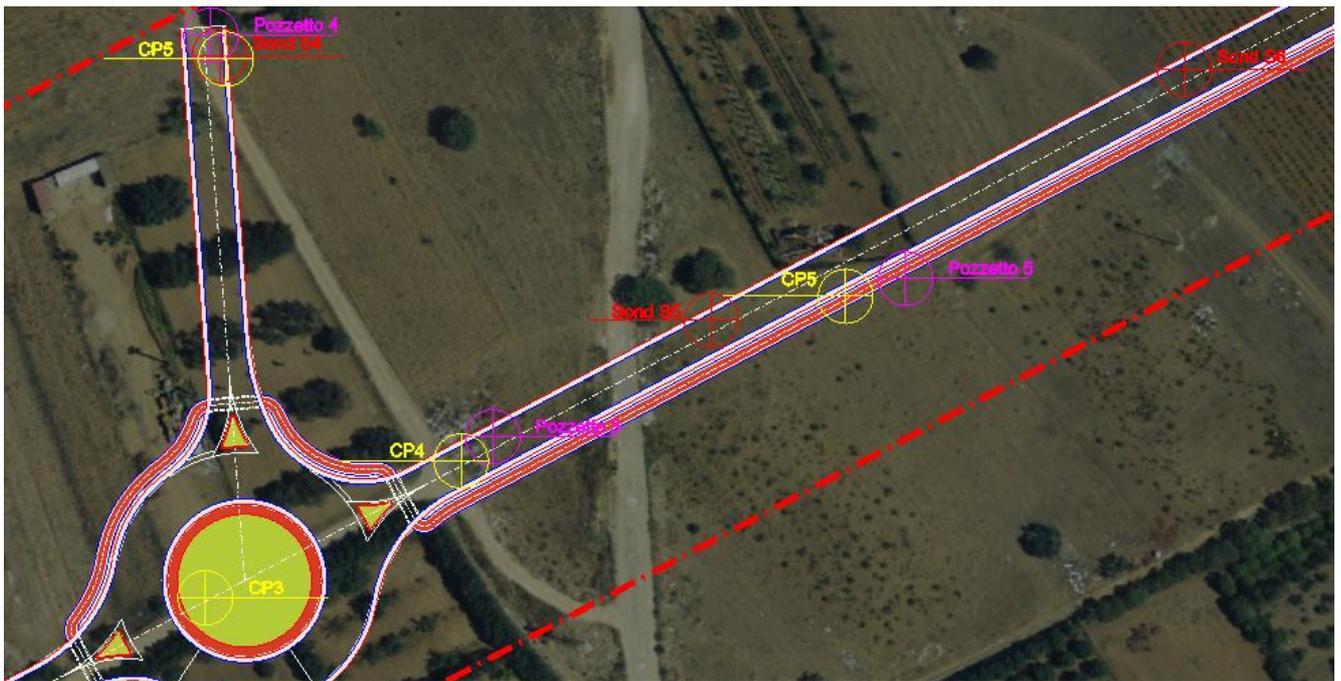


Figura 43 – Area 2 Su Pizzu Mannu 2 rotonda direzione Policlinico

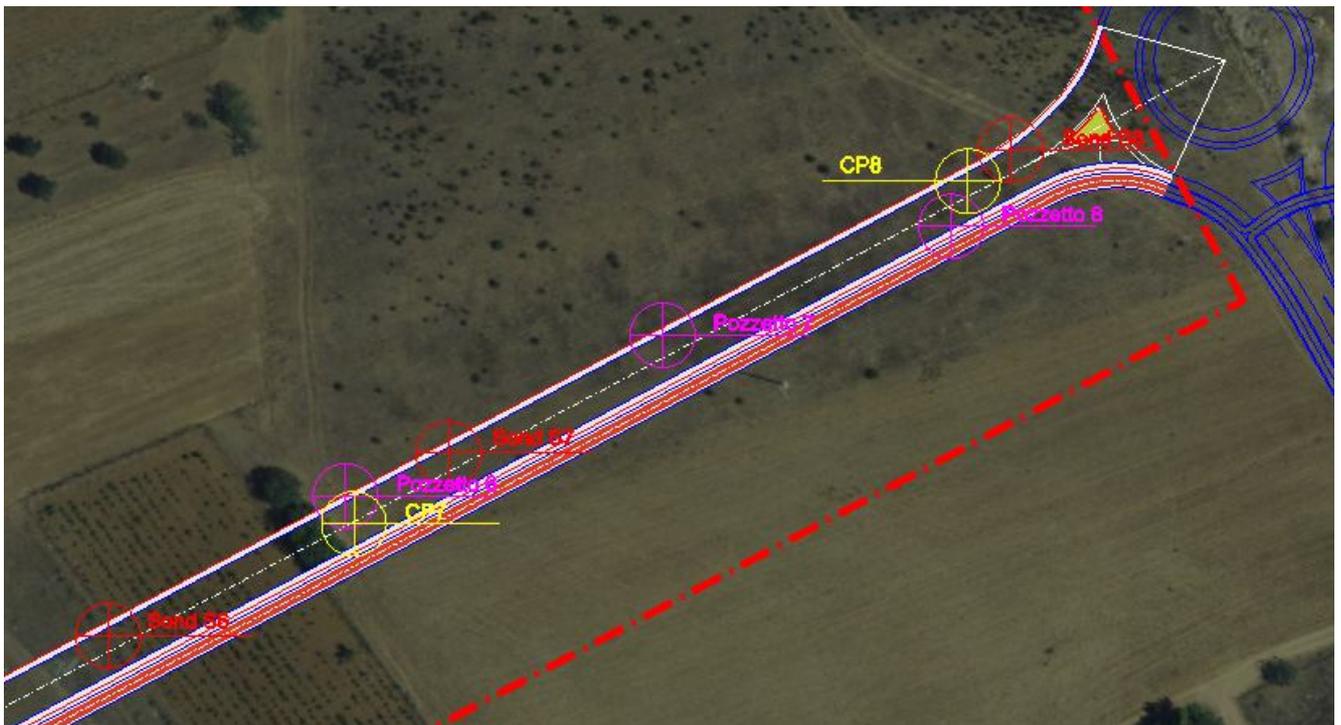


Figura 44 – Area 2 Su Pizzu Mannu collegamento Policlinico

# Planimetria ubicazione indagini geognostiche

scala grafica

## LEGENDA

SONDAGGI GEOGNOSTICI

CARICO SU PIASTRA DA 300mm

POZZETTI GEOGNOSTICI

