



---

## PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

RAZIONALIZZAZIONE DELL'ACCESSO  
AL POLICLINICO UNIVERSITARIO  
DAL "PONTE STRALLATO"  
IN TERRITORIO DI MONSERRATO

---

### STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO

**Dott. Geol. Alessandro Melis**

via Libeccio, 3 - 09126 Cagliari

tel. 070371705

e-mail [sg.melis@libero.it](mailto:sg.melis@libero.it)



---

data revisione

---

data emissione

ottobre 2017

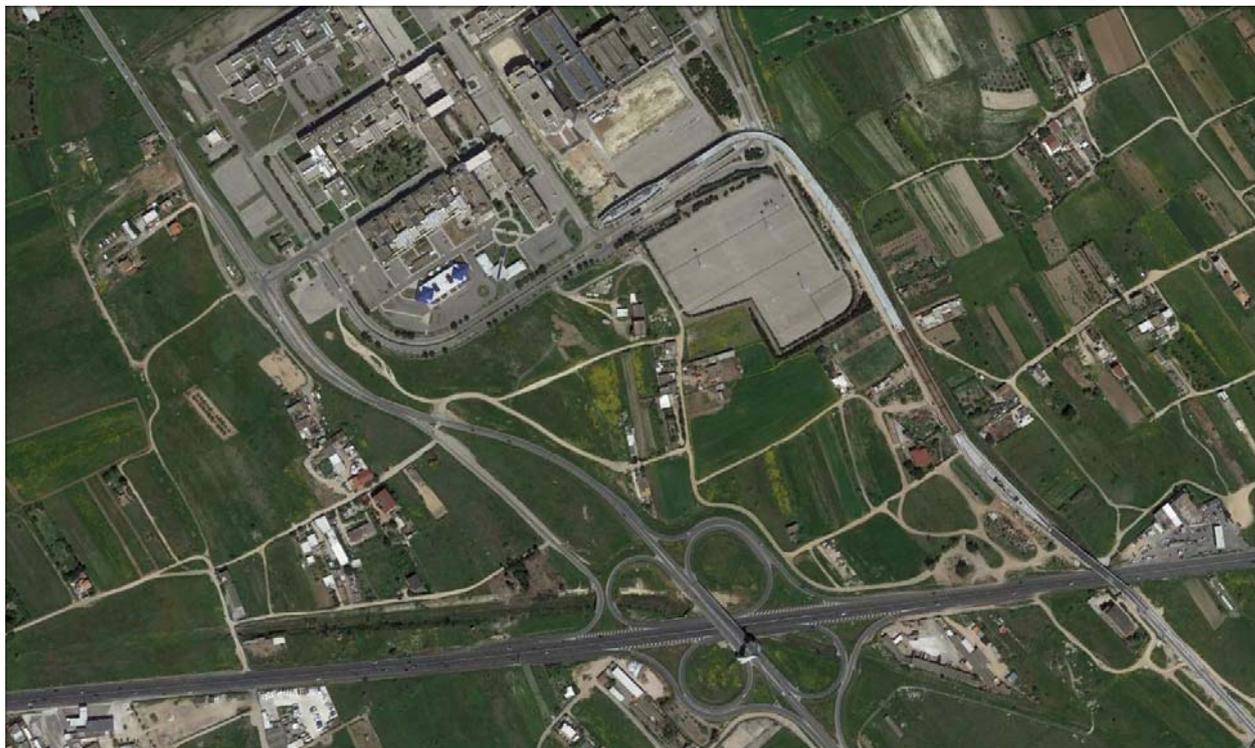
---

oggetto

studio geologico e geotecnico

# Azienda Ospedaliero Universitaria di Cagliari

Razionalizzazione dell'accesso al Policlinico  
Universitario dal "Ponte Strallato"  
in territorio di Monserrato.



## STUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO

**COMMITTENTE :**  
Azienda Ospedaliero Universitaria di Cagliari

Cagliari, Ottobre 2017

### IL GEOLOGO

Dott. Alessandro Melis  
09126 Cagliari – Via Libeccio 32  
Ordine dei Geologi della Regione Sardegna  
☎ ☎ 070 371705 e-mail [sg.melis@libero.it](mailto:sg.melis@libero.it)

## Sommario

1.	PREMESSA.....	2
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
3.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE .....	5
5.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE .....	8
6.	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	10
7.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	10
8.	SPECIFICHE INERENTI IL PROGETTO .....	11
9.	ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITA' .....	12
10.	CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	15
11.	RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	16
12.	PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I. SARDEGNA .....	18
13.	INTERVENTO IN PROGETTO .....	18
14.	SPECIFICHE INERENTI IL PROGETTO .....	18
15.	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	19
16.	POZZETTI GEOGNOSTICI.....	20
17.	ANALISI DI LABORATORIO .....	20
18.	DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO .....	21
19.	CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI.....	23
20.	CONCLUSIONI .....	25

Azienda Ospedaliero Universitaria di Cagliari

Razionalizzazione dell'accesso al Policlinico Universitario dal "Ponte Strallato"  
in territorio di Monserrato.

PROGETTO DEFINITIVO  
Studio geologico- geotecnico

## 1. PREMESSA

Nell'ambito del progetto di realizzazione del nuovo accesso al Policlinico Universitario di Monserrato, è stato eseguito uno studio geologico tecnico di dettaglio, finalizzato alla verifica della situazione presente in corrispondenza dell'area dove è prevista la realizzazione dell'opera

Il presente lavoro definisce i parametri geologico-geotecnici utili al dimensionamento delle strutture di fondazione dell'opera.

Scopo del lavoro è stata la verifica della natura e consistenza dei terreni di fondazione in corrispondenza dell'area, suffragata da una indagine geognostica di dettaglio e da successive determinazioni di laboratorio.

Quanto sopra in ottemperanza a quanto prescritto dal nuovo Testo Unico "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14/01/2008) e come già previsto dal D.M. LL. PP. 11/03/88 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei

pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", emanato in attuazione della Legge 02/02/1974 n. 64, art. 1, che impone per tutte le opere presenti sul territorio nazionale la realizzazione di apposite indagini di approfondimento geologico e geotecnico a supporto della progettazione, come quella cui è riferito il presente elaborato tecnico.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Dal punto di vista normativo si è fatto riferimento a :

### **Decreto Ministeriale 14.01.2008**

Norme Tecniche per le Costruzioni

### **D.M. LL.PP. del 11/03/1988**

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

### **Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003**

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica

### **Ordinanza P.C.M. n. 3341 del 3.5.2005**

Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003

### **Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006**

Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone

### **Circolare n. 617 Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009**

Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008

### **P.A.I. Piano stralcio per l'assetto idrogeologico**

Regione Autonoma della Sardegna

### **Norme di attuazione del P.A.I.**

Regione Autonoma della Sardegna

### **Circolare 9 Gennaio 1996, n. 218/24/3 Ministero dei Lavori Pubblici**

Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica

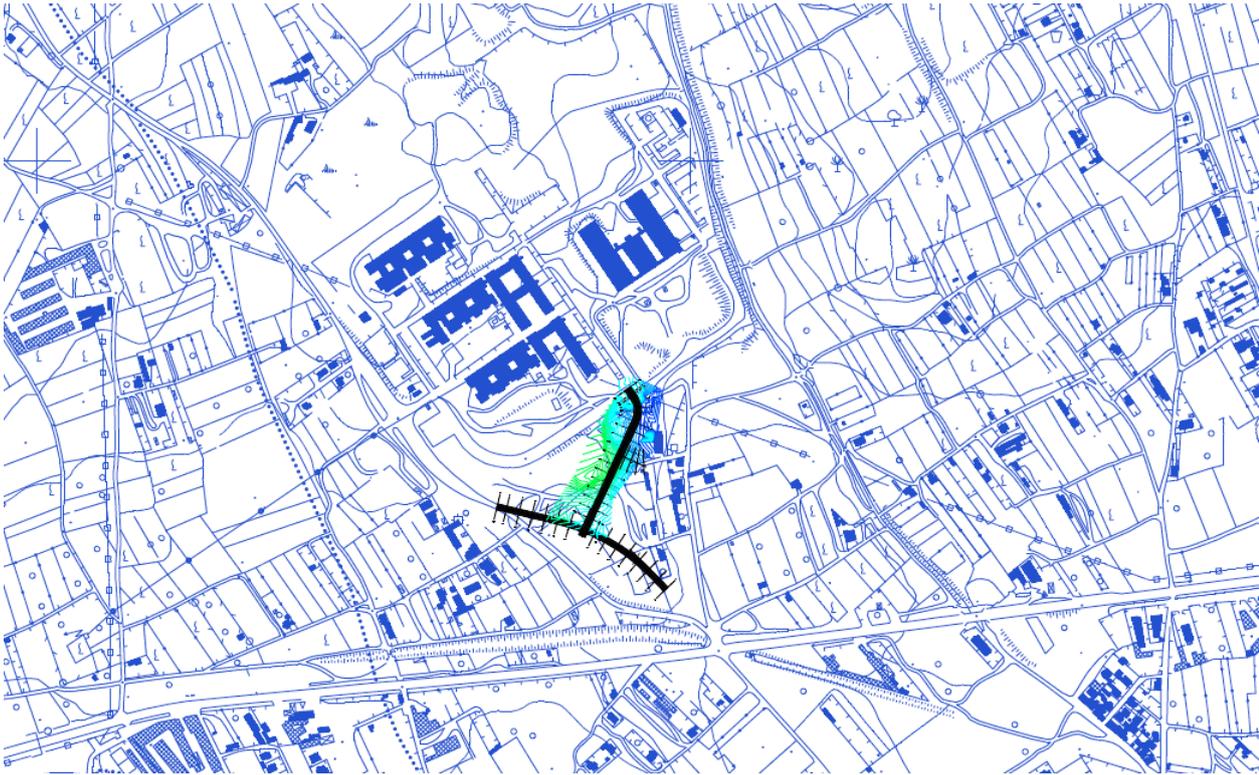
### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata dal progetto insiste sul territorio Comunale di Monserrato (CA) e più nel dettaglio settore nord-occidentale rispetto al centro abitato.

Più precisamente il settore in esame ricade nel Foglio N°557 100 "Monserrato" della Carta Tecnica Regionale Numerica in scala 1 : 10.000.



Vista aerea del sito di interesse



Stralcio Carta Tecnica della Sardegna

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'assetto geologico dell'area è legato all'evoluzione paleogeografica del settore, la cui origine è conseguente agli eventi sedimentari Miocenici e tettonici legati all'origine della "Fossa del Campidano".

I terreni presenti nell'area studiata hanno caratteristiche limitatamente variabili.

Il centro abitato di Monserrato ricade per la massima parte ai margini di un sistema di corsi d'acqua che adduceva l'area stagnante di "Pauli" e successivamente l'area di Molentargius.

L'area vasta è dominata da depositi Quaternari e dalla presenza di numerosi stagni e paludi dalle quali spiccano le colline di Cagliari.

Sostanzialmente il settore si presenta pianeggiante, ricco di stagni e di lagune, su cui spiccano colline (100 - 120 m) costituite da coperture Mioceniche. Altre colline, più basse, si rinvengono nell'entroterra, spesso ricoperte da sottili depositi alluvionali antichi del Pleistocene.

I terreni e le rocce presenti hanno avuto origine da una sedimentazione marina a carattere trasgressivo di mare poco profondo, che ha colmato la "fossa sarda" Oligo-Miocenica.

L'intero settore successivamente, durante il Plio-Quaternario, è stato interessato da eventi neotettonici con andamento NW-SE, che hanno dato origine ad un horst, rappresentato dalle colline di Cagliari e causato un basculamento verso ovest della seguente successione di unità litostratigrafiche.

Il settore risulta caratterizzato dalle seguenti formazioni (dal basso verso l'alto) :

- La formazione delle Marne di Gesturi (Miocene), costituite da marne argillose di colore grigio e giallo ben stratificate. I principali affioramenti, di questa formazione, sono visibili nei rilievi collinari a nord e ad est della città di Quartu S. Elena, tra gli abitati di Sestu, Monserrato, Settimo S. Pietro, Maracalagonis, costeggiando lo stagno di Simbirizzi per arrivare fino alla costa.
- Seguono le Arenarie di Pirri (Miocene), tipici sedimenti di ambiente litorale passanti localmente a termini più conglomeratici verso est. Si tratta di una serie arenaceo-sabbiosa con una scarsa presenza di microfaune, ma di età riferibile al Serravalliano per la presenza di forme bentoniche. Il contatto con le marne sottostanti è netto e visibile, in particolare nelle cave di argilla nel territorio di Quartu S.Elena. I maggiori affioramenti li troviamo dall'entroterra di Quartu S.E., fino al Golfo di Cagliari, ed in particolar modo tra gli abitati di Pirri ( da cui queste arenarie prendono il nome ) e a SW di Monserrato;
- Sovrastanti le arenarie di Pirri, esclusivamente nelle colline di Cagliari, affiora un complesso prevalentemente carbonatico, costituito alla base da calcare marnoso-arenaceo tenero, denominato "Pietra Cantone" (Tortoniano). In continuità stratigrafica si rinviene un calcare granuloso detto "Tramezzario", chiude la serie un calcare organogeno chiamato "Pietra Forte" (Tortoniano- Messiniano). Le tre unità litostratigrafiche sopra descritte appartengono alla Formazione del calcare di Cagliari, MIOCENE.

A partire dal Miocene superiore si ha un'intensa fase erosiva legata ad una nuova generalizzata regressione marina del Messiniano" responsabile, nel settore di interesse, dello smantellamento dei sedimenti Serravalliano-Tortoniani ancora presenti nelle colline di Cagliari.

Durante il Plio-Pleistocene, la Sardegna viene interessata da una tettonica distensiva con manifestazioni di un sistema di faglie per lo più dirette che spesso ricalcano le vecchie fratture tardo erciniche. In quest'arco di tempo si hanno strutture a horst e graben con lo sviluppo, all'interno della fossa sarda, del graben del Campidano esteso dal golfo di Cagliari a quello di Oristano.

Parte del territorio attraversa un periodo di subsidenza attiva, in cui la fossa del Campidano di Quartu è alimentata dai settori meno stabili rappresentati dalle colline meridionali del Sarrabus e da quelle di Cagliari.

In corrispondenza delle zone più subsidenti, nel Pliocene inferiore, si ha una trasgressione localizzata, che porta alla deposizione di sedimenti marini come quelli ritrovati in alcuni sondaggi nel sottosuolo dell'area urbana di Quartu S. Elena.

Se si escludono i depositi costieri attribuibili al "Tirreniano", la serie Quaternaria affiorante in tutto il settore inizia con depositi appartenenti al Subsistema di Portoscuso. Si tratta di depositi del Pleistocene sup. di età post-Tirreniana, costituiti da ghiaie alluvionali terrazzate.

A seguire i depositi Olocenici costituiti da sedimenti alluvionali e costieri che hanno contraddistinto sia le dinamiche attuali che quelle passate.

I primi sedimenti cronologicamente presenti sono costituiti dai Depositi di spiaggia e dai cordoni litorali antichi, che fanno da contorno al bacino studiato.

Tali sedimenti sono rappresentati da ghiaie sabbiose medio-grossolane affioranti con uno spessore superiore ai 10 m presso il cordone di Is Arenas.

A questi sedimenti costieri seguono i Depositi alluvionali terrazzati, costituiti da ghiaie grossolane e sabbie prevalenti.

I depositi di versante e coltri eluvio-colluviali si rinvengono rispettivamente a nord dell'abitato di Sinnai, nelle valli dei Rii Sa Cracuraxius e Sa Grutta e nelle vicinanze dei

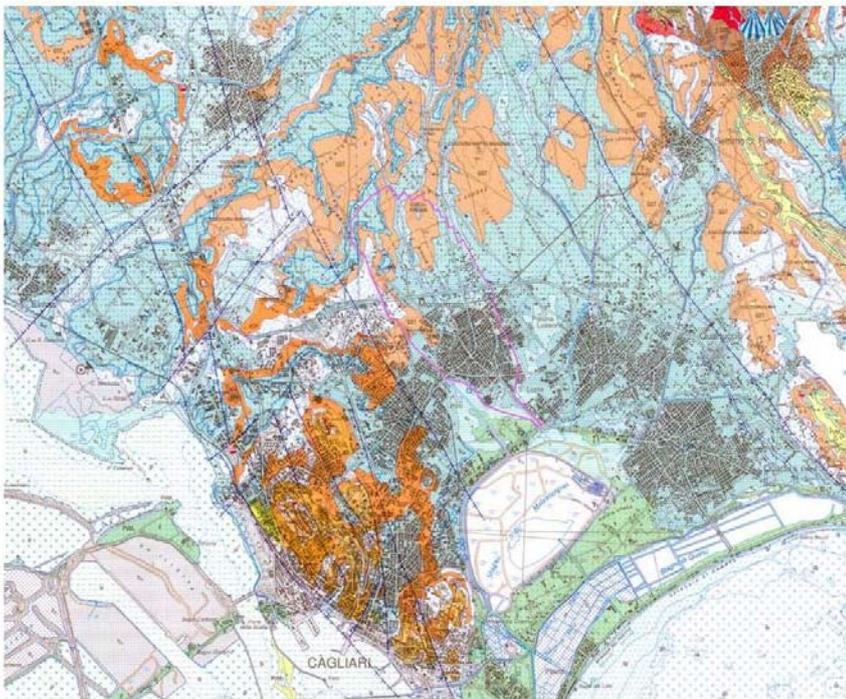
depositi marnosi miocenici, oltre la SS 554, ad est di Quartu S.Elena, Quartucciu e sopra lo stagno Simbirizzi.

Sono presenti inoltre, dei depositi palustri, costituiti da argille limose grigio-verdastre con abbondante frazione organica e frammenti di molluschi marini e lagunari situati presso lo stagno di Molentargius, dei depositi alluvionali come quelli presenti presso il Riu di S.Giovanni a Selargius e depositi a causa di eventi idrometeorici eccezionali, che riattivano le possibili dinamiche alluvionali e dei depositi antropici di età chiaramente olocenica.

## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE

Nell'area in esame affiorano, quando non obliterate da riporti di natura antropica, i depositi Olocenici principalmente costituiti da formazioni limoso argillose con subordinate sabbie, di colore da grigio a marrone, di media consistenza.

Si rinvencono inoltre altri depositi di origine continentale costituiti da alluvioni anch'esse a frazione prevalentemente limosa e limoso-sabbiosa, talora con noduli e incrostazioni carbonatiche biancastre più o meno compatti.



Geologia Area di Monserrato (Foglio Cagliari Carta Geologica d'Italia 1 : 50.000)

Al di sotto si rinviene la formazione marnosa in facies semilitoide anche se parzialmente alterata principalmente nei livelli superficiale.

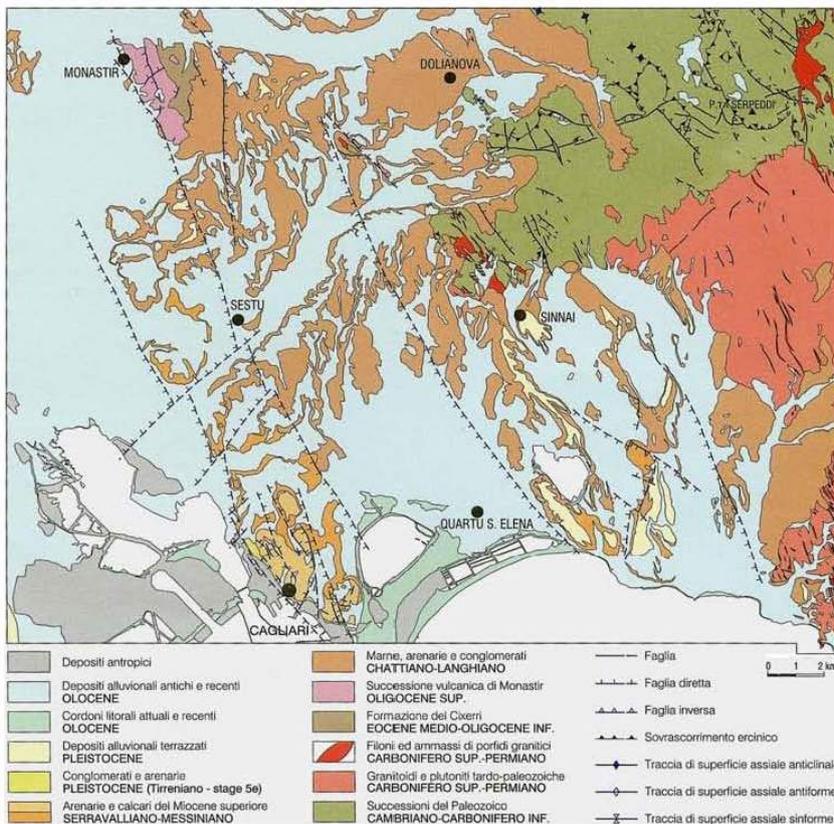
Si tratta di marne arenacee e siltiti di colore variabile da giallastro a grigio, con rare intercalazioni francamente arenacee.

## INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Le colline della Città di Cagliari rappresentano dei pilastri tettonici composti rimasti emersi dal Campidano di Cagliari, che rappresenta la parte più depressa della fossa tettonica, colmata nella parte settentrionale da depositi sedimentari e da potenti formazioni vulcaniche.

Tali pilastri risultano suddivisi in blocchi secondari per effetto delle diverse fratture che hanno smembrato tutta la serie del Miocene di Cagliari.

Per quanto riguarda gli scopi del lavoro e data la natura dei terreni presenti in corrispondenza dell'area di sedime delle opere in progetto, l'assetto strutturale dell'area è da considerare ininfluenza.



Schema tettonico (Foglio Cagliari Carta Geologica d'Italia 1 : 50.000)

## 6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

I tratti salienti dell'assetto geomorfologico dell'area sono influenzati dalle formazioni presenti.

La conca orientale cagliaritana é il risultato della colmata della fossa tettonica Terziaria operata dalle alluvioni antiche e recenti dei corsi d'acqua discendenti dalle pendici dei rilievi che ne formano le quinte.

Il territorio urbano di Monserrato, posto tra il piede del sistema collinare Terziario e l'ex stagno di Pauli e lo Stagno di Molentargius, in corrispondenza di alcuni rii che discendevano da tale versante, presenta deboli pendenze e dislivelli poco significativi, è caratterizzato da forme piatte, poco articolate, talora depresse.

Nel complesso l'intero territorio comunale denota una modesta articolazione di forme e paesaggi.

I processi morfogenetici più significativi sono quelli fluviali e di dilavamento, nonché quelli relativi all'attività antropica.

Il modesto reticolo idrografico, a carattere prevalentemente stagionale, è caratterizzato da valli poco incise.

Ad est dell'area in esame si rileva il Rio Saliu che scorre in direzione N-S per sfociare nello stagno di Molentargius dopo aver attraversato i centri abitati di Monserrato e Selargius.

## 7. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'idrogeologia del settore è fortemente influenzata dalla presenza degli Stagni del Simbirizzi e di Molentargius impostatisi sul sistema di fosse tettoniche.

Nella piana di Monserrato la falda freatica ha come acquifero la porzione sommitale della successione arenaceo-marnosa miocenica e parte della sovrastante copertura alluvionale Quaternaria. Si tratta di una falda con potenzialità ridotta; lo strato saturo è potente in media 2 m e l'acqua spesso presenta tenori di salinità elevati con residuo fisso intorno a 5 g/l. Una zona di alimentazione si individua lungo gli alvei del S. Giovanni .

Nell'area più a meridione dello stesso territorio (Monserrato, Selargius) l'acquifero è costituito dalle sabbie conglomeratiche del Quaternario marino che, dotate di buona permeabilità, permettono migliori portate nei pozzi grazie anche ad una maggiore potenza della falda (5 m circa). La soggiacenza è compresa tra 2 e 10 m ed i gradienti idraulici rilevati vanno dallo 0,38 al 3%.

Le caratteristiche morfologiche e litologiche dei terreni affioranti influenzano le forme del drenaggio superficiale.

La permeabilità dei suoli è riconducibile principalmente ad una permeabilità primaria per porosità (medio bassa), tipica dei depositi alluvionali e sabbiosi oltre che della maggior parte dei litotipi incoerenti.

Dalle indagini risulta una modesta falda contenuta entro la formazione superficiale e localizzata a circa 6.0 m dal p.c.

Si ritiene che lo specchio freatico possa subire modeste oscillazioni legate principalmente all'alternarsi tra la stagione secca e quella piovosa.

Praticamente sterile risulta la formazione marnosa di base.

## 8. SPECIFICHE INERENTI IL PROGETTO

In ottemperanza alle leggi vigenti in materia, sono state definite le specifiche inerenti l'intervento di seguito riportate, che comunque dovranno essere verificate dal progettista e dallo strutturista.

### Tipo di costruzione e vita nominale $V_N$

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale $V_N$
Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o importanza normale	$\geq 50$
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

A

Ai fini della valutazione della sicurezza e più nello specifico della pericolosità sismica, le strutture sono state considerate opere ordinarie, dunque in classe d'uso II, con una vita nominale  $\geq 50$  anni.

### Azioni sismiche e Classi d'uso $C_u$

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

Classe d'uso	
<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>	<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>
<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
<b>Coefficiente <math>C_u</math></b>	0,7	1,0	<b>1,5</b>	2,0

### Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_r$

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento ( $V_r$ ).

Il periodo di riferimento si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_u$  :

$$V_r = V_N \times C_u$$

Le azioni sismiche da considerare devono essere riferite ad un periodo di riferimento  $V_r$  ricavato dal prodotto tra la vita nominale  $V_N$  ed il coefficiente d'uso  $C_u$

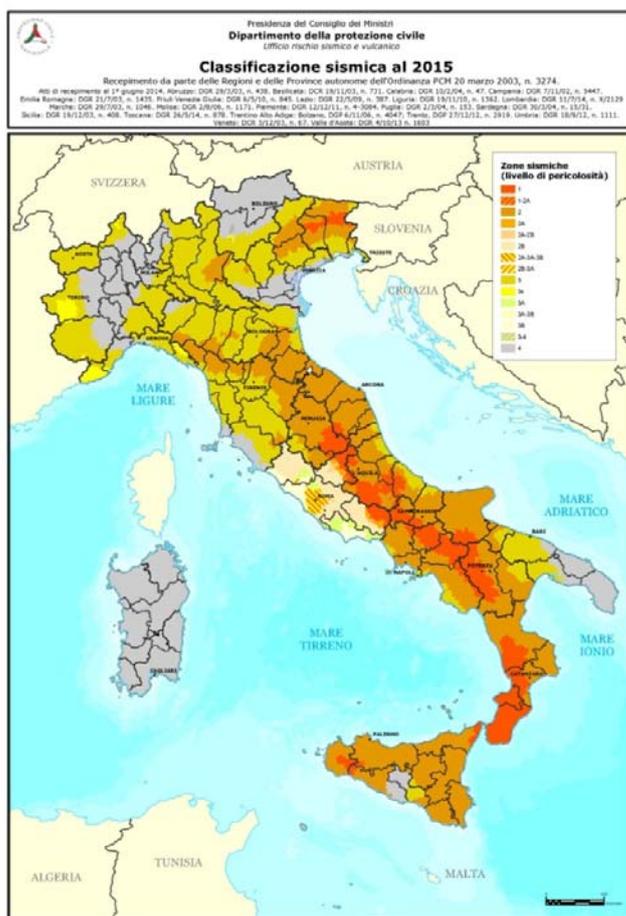
$$V_r = 50 (V_N) \times 1.5(C_u) = 75$$

## 9. ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITA'

L'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 classifica l'intero territorio nazionale dal punto di vista sismico, attribuendo al Comune di Arborea la zona 4.

A tale zona corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni inferiore a 0,05 (ag/g). Questo si traduce in un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,05 (ag/g) riferita a suoli molto rigidi.

Zona	Accelerazione orizzontale con superamento pari al 10 % in 50 anni [a <sub>g</sub> /g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a <sub>g</sub> /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



Classificazione sismica del territorio nazionale al 2015

- Zona 1 - È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti. Comprende 708 Comuni o porzioni di essi per i quali  $[a_g/g] \geq 0,25g$ .
- Zona 2 - Nei 2.345 Comuni o porzioni di essi per i quali  $0,25g > [a_g/g] \geq 0,15g$  possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
- Zona 3 - Nei 1.560 Comuni o porzioni di essi per i quali  $0,15g > [a_g/g] \geq 0,05g$  possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
- 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.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito d'intervento, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Il territorio del Comune in argomento e tutta la Sardegna, come sopra riportato, è classificato in Zona 4 come zona sismica di riferimento, caratterizzata da un valore  $a_g$  dell'accelerazione massima al suolo con probabilità di superamento al 10% in 50 anni pari a  $a_g = 0.05g$ .

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali ed una verticale

A seconda delle diverse categorie di suolo ed in ordine all'amplificazione stratigrafica sono da considerare i seguenti Coefficienti  $S_s$  e  $S_c$

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	$S_s$	$S_c$
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T^*c) - 0.20$
<b>C</b>	<b><math>1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1.50</math></b>	<b><math>1.05 \cdot (T^*c) - 0.33</math></b>
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T^*c) - 0.50$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T^*c) - 0.40$

I valori dei parametri caratteristici dello spettro di risposta elastico per il calcolo delle azioni sismiche orizzontali secondo le Norme tecniche per le costruzioni sono quelli di seguito indicati :

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	<b>S</b>	<b>T<sub>B</sub></b>	<b>T<sub>C</sub></b>	<b>T<sub>D</sub></b>
A B C D E	1	0.05	0.15	1

dove  $S$  è il fattore amplificativo e  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$  sono i tempi (durate) relativi ai vari tratti dello spettro di risposta corrispondente a ciascuna categoria di profilo stratigrafico.

## 10. CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

La normativa sismica vigente evidenzia, per il calcolo delle azioni sismiche di progetto e la valutazione dell'amplificazione del moto sismico, come i diversi profili stratigrafici del sottosuolo, in base alle loro caratteristiche di spessore e di rigidità sismica (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche trasversali), possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base: il fattore moltiplicativo delle azioni sismiche orizzontali di progetto dipende cioè dalla natura, dallo spessore e soprattutto dalla velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_{sh}$  all'interno delle coperture.

I valori dei parametri che definiscono la forma dello spettro di risposta al sito dovrebbero derivare da accurate indagini di risposta sismica locale: in mancanza di tali studi nelle Norme tecniche per le costruzioni si definiscono per questo aspetto cinque (A, B, C, D, E) più due (S1, S2) categorie di suolo di fondazione a diversa rigidità sismica, caratterizzate da velocità  $V_{s30}$  (definito come il valore medio della velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali o di taglio nei primi 30 metri sotto la base della fondazione) decrescenti e quindi da effetti amplificativi crescenti:

CATEGORIA	DESCRIZIONE
Suolo A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{S30}$ (velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio) superiori a 800 m/sec, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m
Suolo B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).
Suolo C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180 m/sec e 360 m/sec ( $15 < NSPT < 50$ , $70 < cu < 250$ kPa).
Suolo D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/sec ( $NSPT < 15$ , $cu < 70$ kPa).
Suolo E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali caratterizzati da valori di $V_{s30}$ simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/sec.

In aggiunta a queste due categorie, per le quali le norme definiscono le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

CATEGORIA	DESCRIZIONE
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza con elevato indice di plasticità ( $I_p > 40$ ) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/sec
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno classificabile nei tipi precedenti.

Sulla base delle indagini geognostiche eseguite, da precedenti esperienze in aree limitrofe e dalle indicazioni bibliografiche è stato possibile stimare la categoria sismica di suolo.

In particolare il suolo di fondazione può essere assimilato alla Categoria C.

#### Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche, in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella seguente tabella (NTC 2008) in funzione delle categorie morfologiche e dell'ubicazione dell'intervento :

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	$S_T$
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

L'intervento in progetto è posto in corrispondenza di una superficie subpianeggiante, pertanto viene assegnato un valore di  $S_T$  pari a 1.0.

La progettazione delle fondazioni riguarda generalmente anche la verifica nei confronti della liquefazione e della stabilità globale. Nel caso in questione tuttavia, vista la struttura litostratigrafica del sito, la verifica nei confronti della liquefazione può essere omessa non avendo riscontrato la presenza di terreni granulari sabbiosi saturi.

## 11. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (2008) prevedono l'assegnazione dei valori necessari per la determinazione delle azioni sismiche in ogni sito considerato, in particolare:

$a_g$  = accelerazione massima orizzontale del sito;

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*C$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Pertanto tutto il territorio comunale in argomento, come tutta la Sardegna, è collocato in zona sismica 4, con parametri sismici per periodi di ritorno di riferimento  $T_R$ , riportati nella seguente tabella (Tabella 2 D.M.14.01.2008) :

TABELLA 2: Valori di  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per le isole, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida e Capri.

Isole	$T_R=30$			$T_R=50$			$T_R=72$			$T_R=101$			$T_R=140$			$T_R=201$			$T_R=475$			$T_R=975$			$T_R=2475$		
	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$	$a_g$	$F_o$	$T_C^*$
Arcipelago Toccoano, Isole Egadi, Pantelleria, Sardegna, Lampedusa, Linosa, Ponza, Palmarola, Zannone	0,186	2,61	0,273	0,235	2,67	0,296	0,274	2,70	0,303	0,314	2,73	0,307	0,351	2,78	0,313	0,393	2,82	0,322	0,500	2,88	0,340	0,603	2,98	0,372	0,747	3,09	0,401
Ventotene, Santo Stefano	0,239	2,61	0,245	0,303	2,61	0,272	0,347	2,61	0,298	0,389	2,66	0,326	0,430	2,69	0,366	0,481	2,71	0,401	0,600	2,92	0,476	0,707	3,07	0,517	0,852	3,27	0,564
Ustica, Tremiti	0,429	2,50	0,400	0,554	2,50	0,400	0,661	2,50	0,400	0,776	2,50	0,400	0,901	2,50	0,400	1,056	2,50	0,400	1,500	2,50	0,400	1,967	2,50	0,400	2,725	2,50	0,400
Alicudi, Filicudi,	0,350	2,70	0,400	0,558	2,70	0,400	0,807	2,70	0,400	1,020	2,70	0,400	1,214	2,70	0,400	1,460	2,70	0,400	2,471	2,70	0,400	3,212	2,70	0,400	4,077	2,70	0,400
Panarea, Stromboli, Lipari, Vulcano, Salina	0,618	2,45	0,287	0,817	2,48	0,290	0,983	2,51	0,294	1,166	2,52	0,290	1,354	2,56	0,290	1,580	2,56	0,292	2,200	2,58	0,306	2,823	2,65	0,316	3,746	2,76	0,324

## 12. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO P.A.I. SARDEGNA

Nell'ambito della perimetrazione P.A.I., l'area in argomento non risulta insistere in aree a pericolosità e rischio idraulico e/o geomorfologico.

Il sito ricade nel Sub-Bacino n. 7 "Flumendosa Campidano Cixerri" del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Sardegna.

## 13. INTERVENTO IN PROGETTO

Il progetto in analisi prevede la realizzazione di una bretella di collegamento a valle dello svincolo del "ponte strallato" di lunghezza paria a circa 250 m.

La realizzazione del nuovo accesso al Policlinico Universitario si è reso necessario a seguito del progressivo spostamento dei servizi ambulatoriali nel complesso di Monserrato e, soprattutto, la nuova apertura presso il Policlinico Universitario del servizio di Pronto Soccorso.

## 14. SPECIFICHE INERENTI IL PROGETTO

In ottemperanza alle leggi vigenti in materia, sono state definite le specifiche inerenti l'intervento di seguito riportate, che comunque dovranno essere verificate dal progettista e dallo strutturista.

### Tipo di costruzione e vita nominale $V_N$

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale $V_N$
Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o importanza normale	$\geq 50$
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

A

Ai fini della valutazione della sicurezza e più nello specifico della pericolosità sismica, le strutture sono state considerate opere ordinarie, dunque in classe d'uso II, con una vita nominale  $\geq 50$  anni.

### Azioni sismiche e Classi d'uso $C_u$

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

<b>Classe d'uso</b>	
<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 [...]

<b>Classe d'uso</b>	I	II	III	IV
<b>Coefficiente <math>C_u</math></b>	0,7	1,0	1,5	2,0

### Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_r$

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento ( $V_r$ ).

Il periodo di riferimento si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_u$  :

$$V_r = V_N \times C_u$$

Le azioni sismiche da considerare devono essere riferite ad un periodo di riferimento  $V_r$  ricavato dal prodotto tra la vita nominale  $V_n$  ed il coefficiente d'uso  $C_u$

$$V_r = 50 (V_N) \times 1(C_u) = 50$$

## 15. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Alla ricerca bibliografica preliminare, che ha visto la consultazione della cartografia tematica disponibile, e al rilievo geologico di dettaglio, esteso ad un intorno ritenuto significativo rispetto all'area di futuro intervento, sono state affiancate indagini dirette, finalizzate alla verifica delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione,

realizzate nel Settembre 2017 in corrispondenza delle aree di sedime del tracciato stradale in progetto.

La campagna di indagini geognostiche è consistita in :

- N.4 Pozzetti geognostici
- Determinazioni di laboratorio.

L'ubicazione delle indagini è riportata nella allegata planimetria.

## 16. POZZETTI GEOGNOSTICI

Con l'ausilio di un escavatore meccanico sono stati realizzati N.4 saggi geognostici disposti secondo l'ubicazione riportata nella allegata planimetria.

Nella seguente tabella si riepilogano le profondità raggiunte dai saggi, il livello della falda rilevata e le quote di campionamento.

Pozzetto	Sigla Campioni	Profondità (m dal p.c.)	Falda [m dal p.c.]	Profondità campionamento [m dal p.c.]
1	P1C1	2.0	assente	-0.5
2	P2C1	1.5	assente	-0.5
3	P3C1	1.7	assente	-0.4
4	P4C1	1.6	assente	-0.4

## 17. ANALISI DI LABORATORIO

Per la caratterizzazione fisico – meccanica dei terreni sono state eseguite le seguenti determinazioni di laboratorio :

- Analisi granulometriche per setacciatura
- Determinazione dei limiti di Atterberg
- Determinazione delle Proprietà indice
- Prova di taglio diretto
- Indice di Portanza C.B.R.

Il programma analitico delle prove geotecniche da eseguire è stato fornito dalla Committente.

Di seguito si riporta il quadro sinottico delle determinazioni eseguite, mentre nei report allegati vengono riassunte tutte le determinazioni specifiche.

## QUADRO SINOTTICO DEI RISULTATI

		POZZETTO	Pz1	Pz2	Pz3	Pz4
		CAMPIONE	P1C1	P2C1	P3C1	P3C1
		da m	0,50	0,50	0,40	0,40
		a m				
<b>DETERMINAZIONE</b>						
PESO SPECIFICO DEI GRANULI		(t/m <sup>3</sup> )	2,630	2,610		
PESO DI VOLUME NATURALE		(t/m <sup>3</sup> )	1,880	1,910		
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA		(%)	8,7	11,3		
LIMITE DI LIQUIDITA'		(%)	44	52		
LIMITE DI PLASTICITA'		(%)	19	25		
INDICE DI PLASTICITA'		(%)	25	27		
CLASSIFICAZIONE CNR UNI			A2-7	A7-6		
PROVA C.B.R.	Densità massima secca	(t/m <sup>3</sup> )	1,959	1,929	1,869	1,979
	Contenuto ottimo umidità	(%)	9,2	11,5	14,6	8,9
	Indice di portanza a 3.0 mm	(%)	10	8	11	16
	Indice di portanza a 5,5 mm	(%)	12	8	12	12
PROVA DI TAGLIO DIRETTO	$\phi'$	(°)		23		
	c'	(kPa)		40		

Sul campione prelevato in corrispondenza del Pozzetto P2 e denominato P2C1 sono state eseguite delle verifiche dell'indice di portanza C.B.R a diversi contenuti di calce e più dettagliatamente con tenori pari a 2.2, 2.5 e 3.0 %.

Dai risultati ottenuti si evince un sensibile miglioramento in termini di indice di portanza con l'aumentare del contenuto di calce, così come riportato nella allegata certificazione.

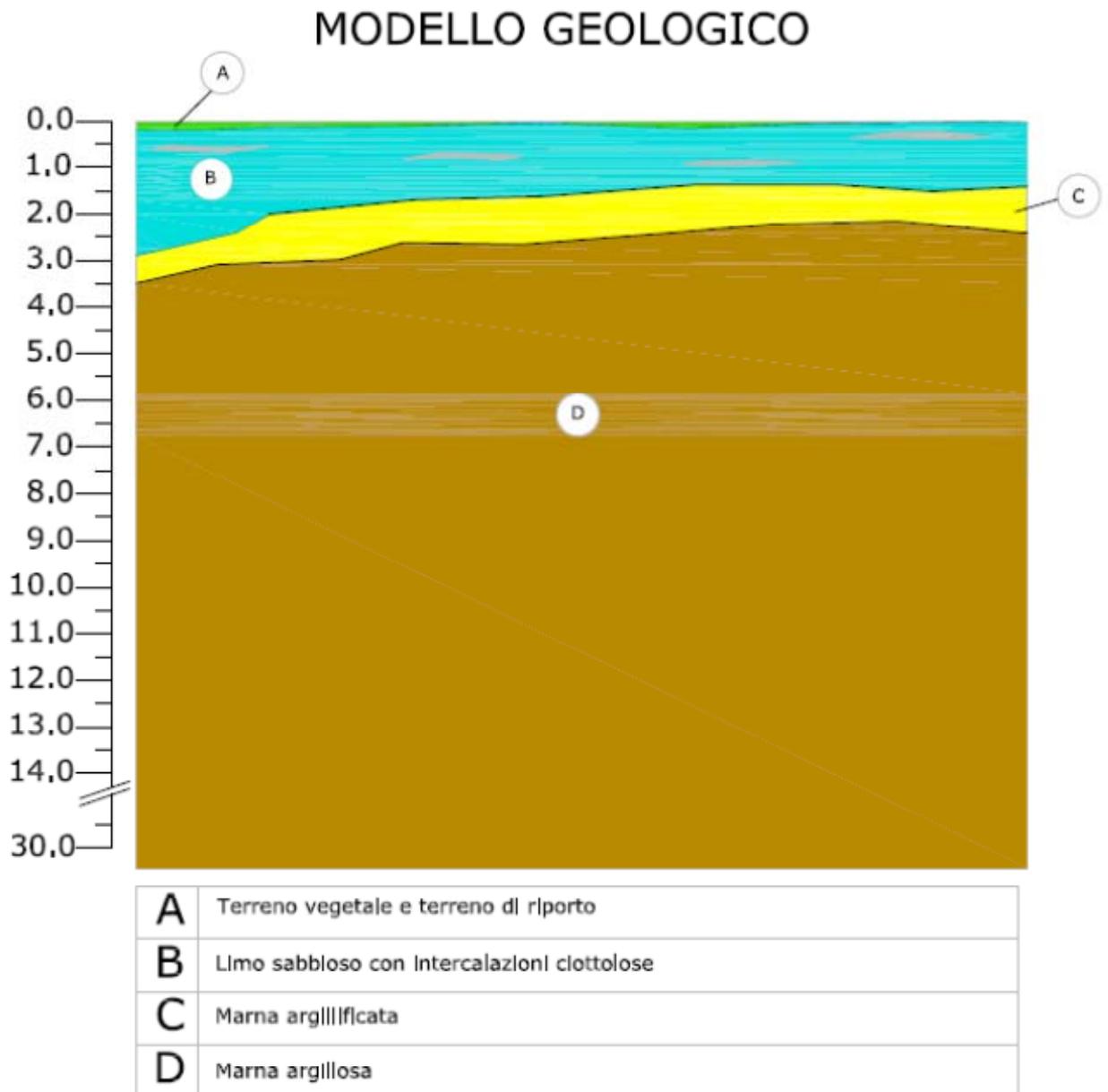
## 18. DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Le prove eseguite hanno consentito di ricostruire un assetto stratigrafico caratterizzato da una sottile coltre superficiale di terreno vegetale, di spessore raramente superiore a 0.2÷0.3 m (Unità A).

Successivamente si rinviene un orizzonte limoso sabbioso mediamente addensato con frequenti incrostazioni e noduli biancastri farinosi (CaCO<sub>3</sub>), di spessore variabile ma raramente superiore a 3.0 m. All'interno di questo orizzonte si rinvengono talora delle intercalazioni ciottolose di modesto spessore. (Unità B).

A seguire è presente la formazione marnoso argillosa intensamente alterata e argillificata (fascia di alterazione "*capellaccio*" di alterazione ), (Unità C).

Infine si rinviene la formazione marnosa generalmente sana e compatta anche se talvolta interessata da marcata fratturazione (Unità D).



Tale caratterizzazione litostratigrafica consente di definire il modello geologico e geotecnico del sito, attribuendo, con l'ausilio delle indagini geognostiche e delle determinazioni di laboratorio, i seguenti parametri caratteristici :

Unità	Profondità [m da p.c.]	$\varphi$ [°]	$\gamma_n$ [t/m <sup>3</sup> ]
A	0.0÷0.2		
B	0.2÷ sino a 3.0	22-25	1.70-1.90
C	3.0÷4.5	23-26	1.70-1.90
D	4.5÷30.0 e più	>30	1.70-1.90

dove :

$\varphi$  = Angolo di attrito interno

$E_y$  = Modulo elastico

$\gamma_n$  = Peso di volume naturale

## 19. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI

I risultati dell'indagine geognostica in situ ed in laboratorio consentono di avere un quadro attendibile circa la conformazione dei terreni di fondazione presenti in corrispondenza del tracciato stradale.

L'esecuzione dei saggi geognostici e delle successive analisi di laboratorio hanno permesso di determinare le caratteristiche stratigrafiche, granulometriche e fisico meccaniche dei terreni.

Sui campioni sotto specificati, sono state eseguite delle determinazioni di laboratorio al fine di determinare alcune caratteristiche fisiche dei terreni di fondazione.

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 alluvionali a granulometria fine e finissima di medio scarsa consistenza poco addensati.

Le prove eseguite in laboratorio hanno consentito di definire le caratteristiche geotecniche e fisico meccaniche dei terreni.

Le determinazioni di laboratorio confermano la presenza di terreni fini (Classificazione CNR UNI A7-6 e A2-7) caratterizzati da medio scarse caratteristiche geotecniche, con valori di resistenza la taglio medio bassa (Angolo di resistenza al taglio 23°) e indici di portanza C.B.R. altrettanto bassi.

I terreni in argomento, mediamente compressibili e ancor più se in presenza d'acqua (anche di filtrazione superficiale), sono caratterizzati da una struttura molto debole dello scheletro.

In corrispondenza del basamento marnoso sottostante risultano frequenti i ristagni d'acqua (aree di ristagno delle acque piovane) con imbibizione delle coperture terrose superficiali e conseguente scadimento delle caratteristiche geotecniche.

Si rende pertanto necessario al fine di garantire un buon appoggio del corpo stradale, l'approfondimento degli scavi finalizzato al rinvenimento di un substrato più compatto.

Pertanto in ordine alla realizzazione del rilevato 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 (Classificazione CNR UNI A1-a).

Per il tratto compreso tra la Sezione 1 e la Sezione 11 si consiglia l'asportazione del materiale caratterizzato da scadenti caratteristiche geotecniche ed una bonifica sino ad una profondità di circa 50 cm dal p.c.

All'interfaccia con il sottofondo, si dovrà prevedere la messa in opera di geotessuto, che delimita e confina i due strati e previene la risalita di particelle fini.

La presenza del geotessuto, impedirà la dispersione del materiale di bonifica, sotto il carico costante, verso il sottofondo.

Nel contempo si eviterà la compenetrazione delle particelle più fini del terreno verso il misto granulare costituente la bonifica.

Si eviterà la naturale tendenza alla migrazione delle particelle fini limose verso gli strati a maggiore permeabilità e a migliori caratteristiche geomeccaniche.

Il moto di filtrazione è naturalmente indotto dai moti idraulici della falda limitrofa abbinata alla naturale capillarità del terreno.

Per il tratto finale, dalla Sezione 11 alla Sezione 18, sarà sufficiente uno scotico superficiale (20 cm dal p.c.) ed anche in questo tratto si consiglia la posa del geotessuto.

## 20. CONCLUSIONI

Dal rilievo geologico di superficie e dalle indagini eseguite, è stato possibile ricavare il quadro geologico tecnico dell'area studiata.

Geologicamente il sito in studio si presenta sicuro e privo di alcun fenomeno di instabilità in atto, o potenzialmente derivabile dalla realizzazione dell'intervento in progetto.

Il progetto in esame non evidenzia allo stato attuale controindicazioni specifiche in merito agli aspetti geologici in generale ed altrettanto in rapporto alla stratigrafia, all'assetto strutturale, alla geomorfologia e all'idrogeologia.

Non esiste una copertura pedologica che possa essere compromessa dall'insediamento delle opere previste.

Non sono presenti affioramenti di interesse geologico tale da poter essere inquadrati nella categoria "monumenti geologici" e come tali da sottoporre a salvaguardia.

Dal punto di vista idrogeologico non si rilevano interferenze degne di nota ed il tipo di intervento previsto non interessa falde acquifere profonde. Durante le fasi di indagine non è stata rilevata la presenza della falda idrica.

I terreni presenti entro l'area di interesse, sono dotati di una caratterizzazione geotecnica discreta, che può essere considerata più che sufficiente, sia per quanto attiene alla capacità portante, sia per quanto riguarda i cedimenti.

Si ha pertanto ragione di ritenere che i terreni presenti offrano buone caratteristiche geotecniche e possano garantire un buon appoggio dei manufatti in progetto.

Sulla base di quanto sopra specificato, si ritiene che le opere previste dal Progetto sono fattibili sotto il profilo geologico, geotecnico e idrogeologico.

La valutazione di tutti gli elementi raccolti nell'area in esame, nonché i risultati dell'indagine geognostica condotta, integrata da dati già noti precedente acquisiti in

aree limitrofe confermano la presenza nel lotto in esame di terreni con discrete caratteristiche geomeccaniche.

La granulometria medio fine dei terreni presenti richiede tuttavia particolare attenzione in ordine allo smaltimento delle acque che dovrà essere da un sistema di canalette e fossi di guardia.

In ordine alla scavabilità dei terreni in argomento si ritiene che si possano prevedere scavi in depositi alluvionali e detritici che comportano una buona "rippability" cioè una buona propensione ad essere scavati con mezzi meccanici semplici (escavatore meccanico).

Cagliari, Ottobre 2017

## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Pozzetto geognostico N. 1	
Profondità in m da p.c.	Descrizione
0,0 ÷ 0,2	Terreno vegetale misto a terreno di riporto limoso con frammenti lapidei di vaia natura
0,2 ÷ 0,9	Limo sabbioso di colore marrone chiaro con litoidi poligenici eterometrici talora decimetrici, elaborati e abbondanti noduli e incrostazioni farinose di colore biancastro, consistente
0,9 ÷ 1,4	Limo argilloso di colore bianco giallastro, consistente
1,4 ÷ 1,6	Sabbia limosa di colore marrone giallastro, mediamente addensata
1,6 ÷ 2,0	Alternanza di limo sabbioso e argilla marnosa, di colore giallastro, consistente



Pozzetto geognostico N. 2	
Profondità in m da p.c.	Descrizione
0,0 ÷ 0,1	Terreno vegetale limoso di colore marrone
0,1 ÷ 0,9	Marna molto alterata di colore biancastro, in genere poco consistente e estremamente farinosa, talora numerose scaglie più compatte
0,9 ÷ 1,5	Idem, ma più compatta e più sana, colore da biancastro a nocciola chiaro, moderatamente consistente



Pozzetto geognostico N. 3	
Profondità in m da p.c.	Descrizione
0,0 ÷ 0,1	Terreno vegetale limoso sabbioso con ghiaia, colore marrone
0,1 ÷ 0,6	Ghiaia in abbondante matrice limoso sabbiosa, di colore marrone, talora mista a incrostazioni carbonatiche di colore biancastro, moderatamente addensata
0,6 ÷ 1,7	Marna argillosa di colore bianco giallastra, consistente, più compatta in profondità



Pozzetto geognostico N. 4	
Profondità in m da p.c.	Descrizione
0,0 ÷ 0,2	Terreno vegetale limoso sabbioso con rara ghiaia di colore marrone
0,2 ÷ 1,6	Limo sabbioso di colore marrone, con noduli e incrostazioni carbonatiche farinose biancastre, talora con ghiaia minuta, consistente



## **DETERMINAZIONI DI LABORATORIO#**

**ELABORATI GRAFICI#**

## ANALISI GRANULOMETRICA

UNI EN 933-1:1999

Committente: Azienda Ospedaliera Universitaria di Cagliari  
Cantiere: Nuovo Accesso Policlinico Universitario di Monserrato

11639

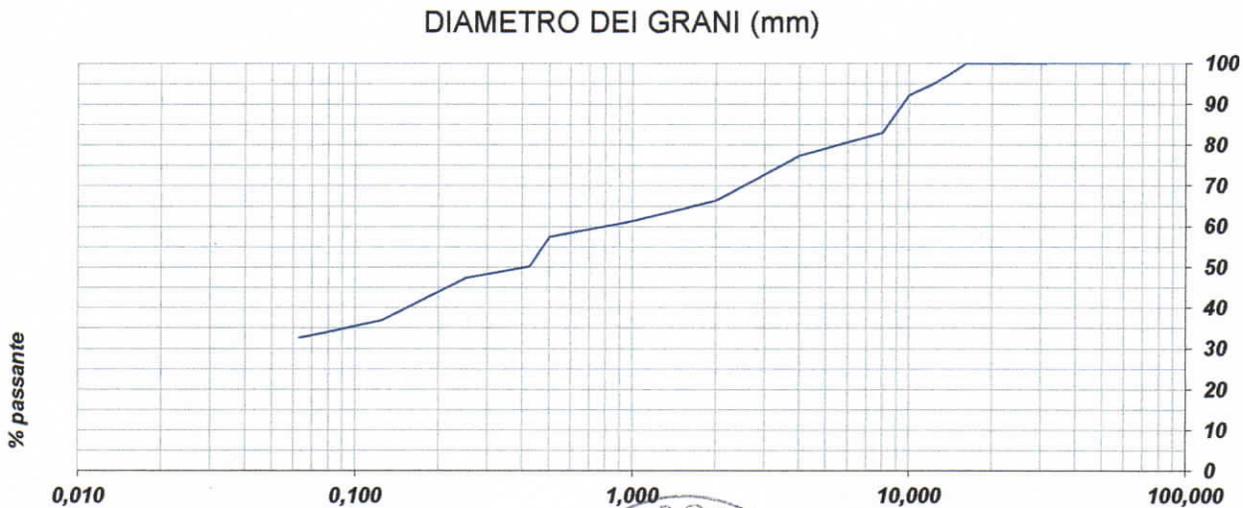
Certificato N. \_\_\_\_\_  
Data 29/09/2017

Pozzetto : P1  
Campione: P1C1  
Profondità campionamento (m da p.c.): -0,5  
Data prelievo: 13/09/2017

Setacciatura e sedimentazione	
Setacci (mm)	Passante (%)
63	100,00
31,5	100,00
20	100,00
16	100,00
14	97,42
12,5	95,34
10	92,26
8	83,01
4	77,44
2	66,44
1	61,45
0,5	57,45
0,425	50,21
0,2500	47,38
0,1250	37,05
0,0750	33,72
0,0630	32,72

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll.Uff.C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	44
Limite Plastico	19
Indice Plastico	25
Indice di gruppo	4
Classificazione delle terre UNI 11531-1:2014	<b>A2-7</b>

Determinazione peso di volume naturale	g/cmc	1,88
Determinazione contenuto naturale d'acqua	%	8,7
Peso specifico dei grani	g/cmc	2,63



IL TECNICO  
Dott. Carlo Maria Madrigale



IL COORDINATORE  
Dott. Alessandro Melis

## INDICE DI PORTANZA C.B.R.

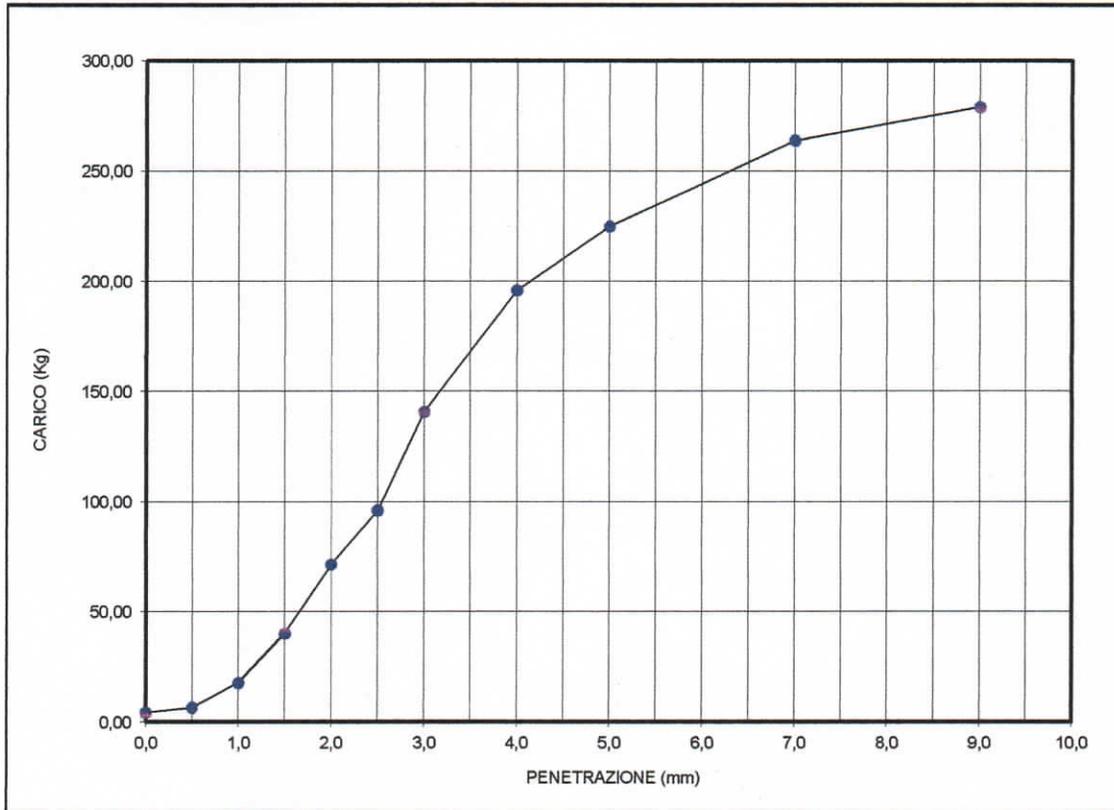
CNR UNI 10009

Certificato N. **11640**

Data: 29/09/2017

Committente: Azienda Ospedaliera Universitaria di Cagliari  
Cantiere: Nuovo Accesso Policlinico Universitario di Monserrato

Pozzetto : P1  
Campione: P1C1  
Profondità campionamento (m da p.c.): -0,5  
Data prelievo: 13/09/2017



Note: Prova eseguita dopo immersione in acqua per 96 ore

DENSITA' MASSIMA SECCA (g/cm <sup>3</sup> )	1,959
CONTENUTO OTTIMO IN UMIDITA' %	9,2
Metodo di costipamento Proctor Modificato	
Materiale trattenuto al crivello 25 UNI 2334 (%)	

Umidità sotto il pistone (%)	11,1
------------------------------	------

Acqua assorbita durante l'immersione	
g	500,0

INDICE DI PORTANZA C.B.R. (corretto)	
a 3,0 mm (%)	10
a 5,5 mm (%)	12

MISURA DEL RIGONFIAMENTO	
%	2,82

IL TECNICO  
Dott. *[Signature]*



IL COORDINATORE  
Dott. *[Signature]*

## ANALISI GRANULOMETRICA

UNI EN 933-1:1999

Committente: Azienda Ospedaliera Universitaria di Cagliari  
Cantiere: Nuovo Accesso Policlinico Universitario di Monserrato

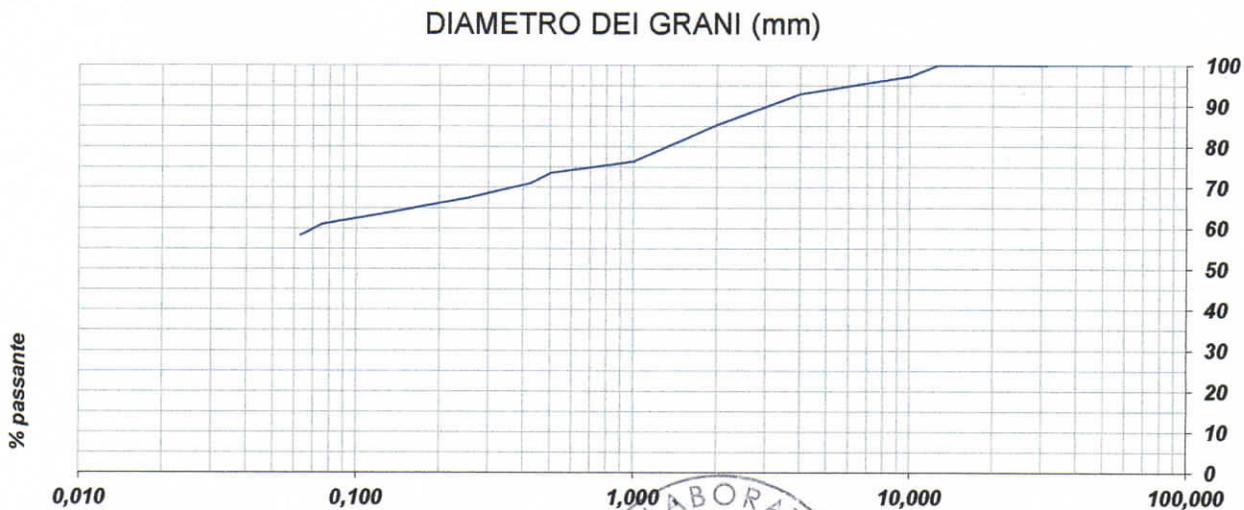
Certificato N. **11641**  
Data 29/09/2017

Pozzetto : P2  
Campione: P2C1  
Profondità campionamento (m da p.c.): -0,5  
Data prelievo: 13/09/2017

Setacciatura e sedimentazione	
Setacci (mm)	Passante (%)
63	100,00
31,5	100,00
20	100,00
16	100,00
14	100,00
12,5	100,00
10	97,28
8	96,31
4	93,01
2	85,44
1	76,50
0,5	73,59
0,425	71,07
0,2500	67,38
0,1250	63,69
0,0750	60,97
0,0630	58,25

LIMITI DI ATTERBERG	
Boll.Uff.C.N.R. - UNI 10014	
Limite Liquido	52
Limite Plastico	25
Indice Plastico	27
Indice di gruppo	14
Classificazione delle terre UNI 11531-1:2014	<b>A7-6</b>

Determinazione peso di volume naturale	g/cmc	1,91
Determinazione contenuto naturale d'acqua	%	11,3
Peso specifico dei grani	g/cmc	2,61



IL TECNICO  
Dott. G. Madigale



IL COORDINATORE  
Dott. S. Melis

# PROVA DI TAGLIO DIRETTO

ASTM D3080-90

Committente: Azienda Ospedaliera Universitaria di Cagliari  
Cantiere: Nuovo Accesso Policlinico Universitario di Monserrato

11642

Certificato N.

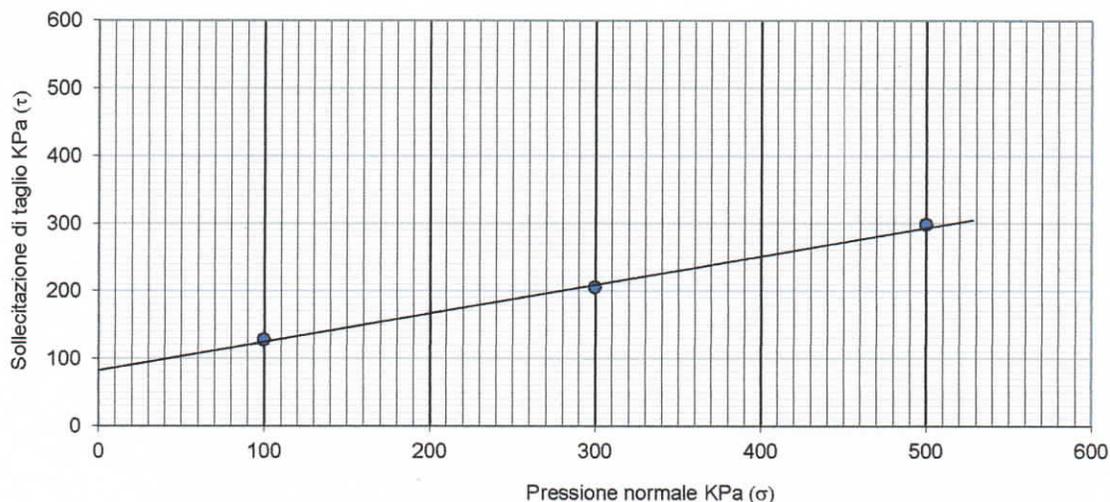
Data 29.09.2017

Pozzetto P2  
Campione P2C1  
Profondità campione: -0,5 m da p.c.  
Data prelievo: 13.09.2017

CONSOLIDAZIONE		1	2	3
PRESSIONE VERTICALE	$\sigma$ KPa	100	300	500
CEDIMENTO	mm	0,115	0,253	0,565

ROTTURA		1	2	3
SOLLECITAZIONE DI TAGLIO	$\tau$ KPa	126,8	204,2	297,5

Tipo campionamento: Campione rimaneggiato ricostruito in laboratorio	
Descrizione: Argilla debolmente limosa	
Peso di volume (g/cmc)	1,91



Angolo di resistenza al taglio 23°  
Coesione efficace 40 KPa

Note:

IL TECNICO  
Dott. Giuseppe Madrigale



IL COORDINATORE  
Dott. Alessandro Melis

# INDICE DI PORTANZA C.B.R.

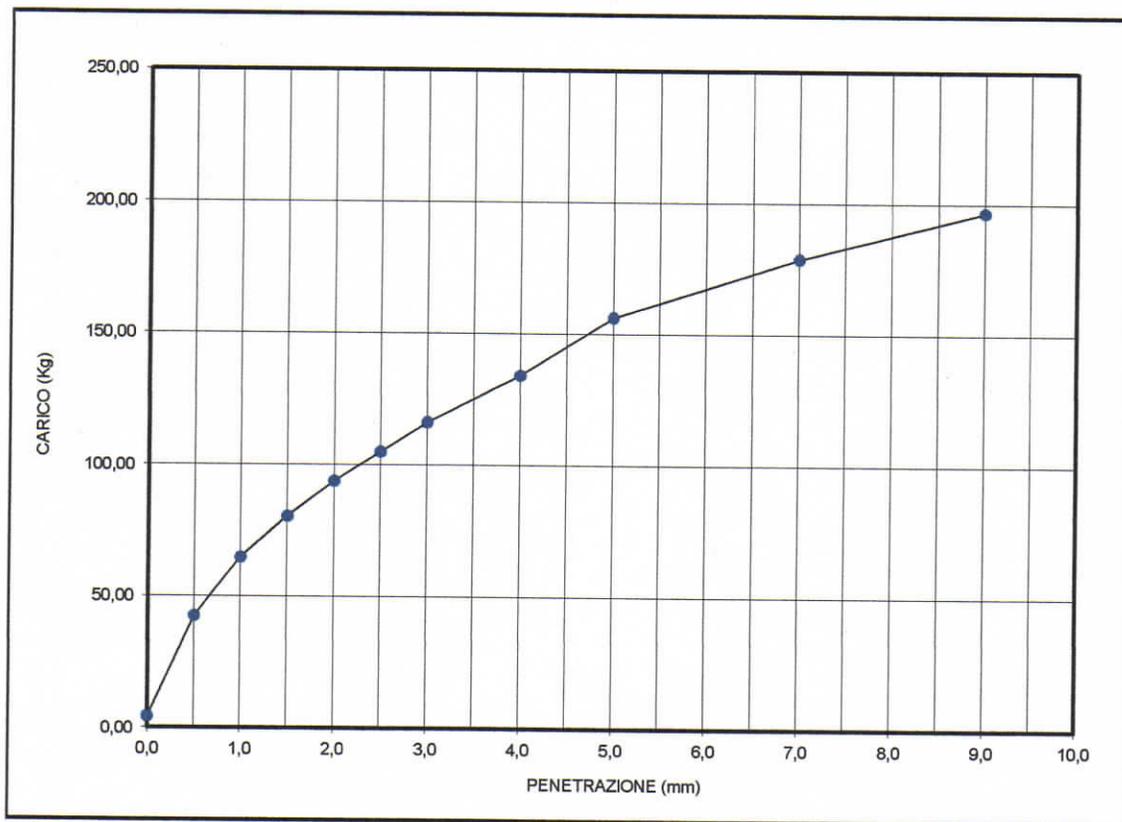
CNR UNI 10009

Certificato N. **11643**

Data: 29/09/2017

Committente: Azienda Ospedaliera Universitaria di Cagliari  
Cantiere: Nuovo Accesso Policlinico Universitario di Monserrato

Pozzetto : P2  
Campione: P2C1  
Profondità campionamento (m da p.c.): -0,5  
Data prelievo: 13/09/2017



Note: Prova eseguita dopo immersione in acqua per 96 ore

DENSITA' MASSIMA SECCA (g/cm <sup>3</sup> )	1,929
CONTENUTO OTTIMO IN UMIDITA' %	11,5
Metodo di costipamento Proctor Modificato	
Materiale trattenuto al crivello 25 UNI 2334 (%)	

Umidità sotto il pistone (%)	12,3
------------------------------	------

Acqua assorbita durante l'immersione	
g	478,0

INDICE DI PORTANZA C.B.R.	
a 2,5 mm (%)	8
a 5,0 mm (%)	8

MISURA DEL RIGONFIAMENTO	
%	3,34

IL TECNICO  
Dott. Geol. Giorgio Madrigale



IL COORDINATORE  
Dott. Geol. Alessandro Melis

## INDICE DI PORTANZA C.B.R.

CNR UNI 10009

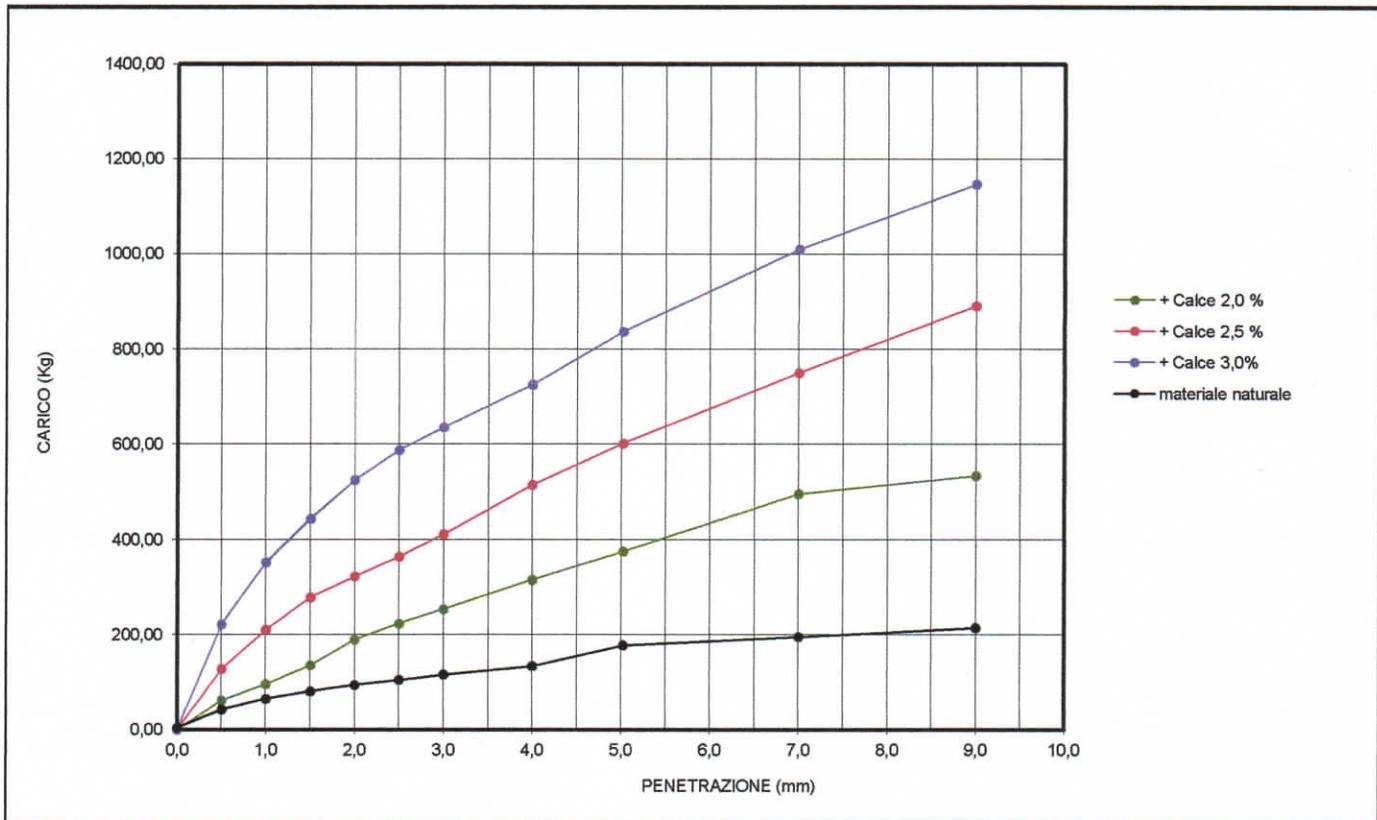
Certificato N. **11644**

Data: 29/09/2017

Committente: Azienda Ospedaliera Universitaria di Cagliari

Cantiere: Nuovo Accesso Policlinico Universitario di Monserrato

Pozzetto : P2  
Campione: P2C1  
Profondità campionamento (m da p.c.): -0,5  
Data prelievo: 13/09/2017



Note: Provini condizionati per 7 gg in aria , e 96 h in condizioni di saturazione

INDICE DI PORTANZA C.B.R.			
a 2,5 mm (%)	7	Materiale naturale	Misura del rigonfiamento %
a 5,0 mm (%)	16		3,34
a 2,5 mm (%)	16	Materiale naturale + 2,0% di calce	Misura del rigonfiamento %
a 5,0 mm (%)	18		2,83
a 2,5 mm (%)	27	Materiale naturale + 2,5% di calce	Misura del rigonfiamento %
a 5,0 mm (%)	30		2,51
a 2,5 mm (%)	43	Materiale naturale + 3,0% di calce	Misura del rigonfiamento %
a 5,0 mm (%)	41		2,24



## INDICE DI PORTANZA C.B.R.

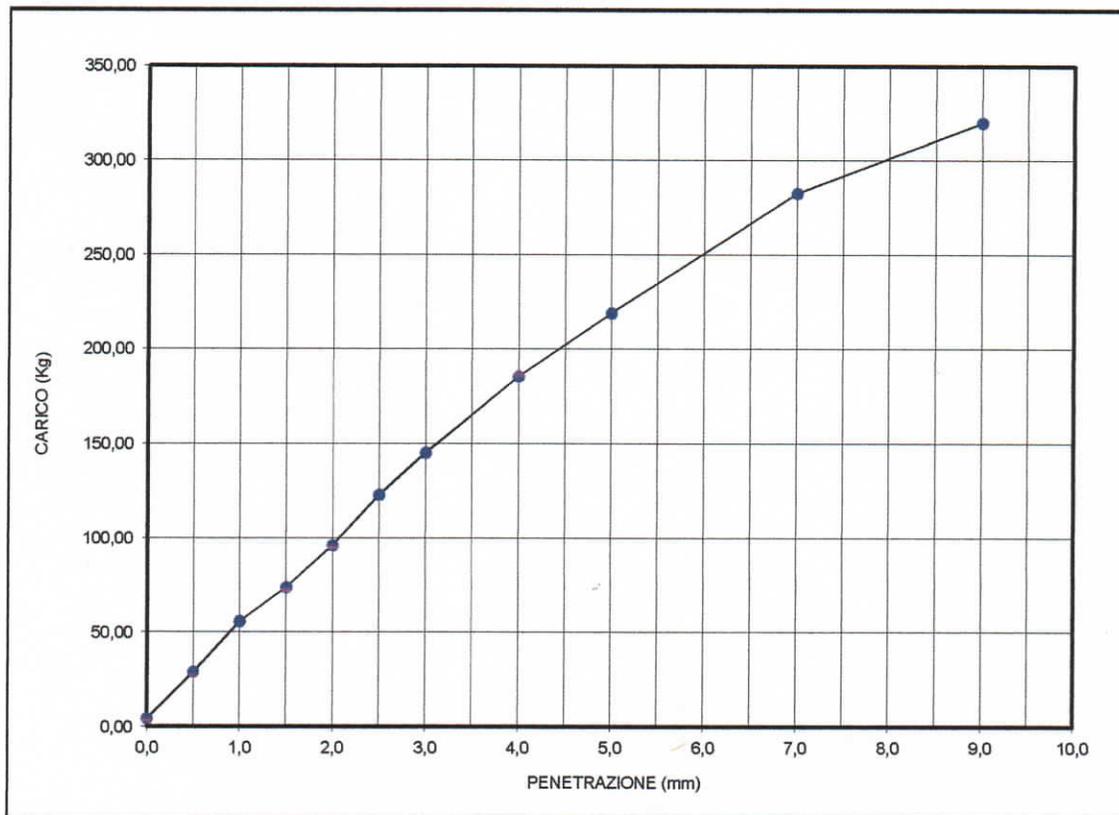
CNR UNI 10009

Certificato N. **11645**

Data: 29/09/2017

Committente: Azienda Ospedaliera Universitaria di Cagliari  
Cantiere: Nuovo Accesso Policlinico Universitario di Monserrato

Pozzetto : P3  
Campione: P3C1  
Profondità campionamento (m da p.c.): -0,4  
Data prelievo: 13/09/2017



Note: Prova eseguita dopo immersione in acqua per 96 ore

DENSITA' MASSIMA SECCA (g/cmc)	1,869
CONTENUTO OTTIMO IN UMIDITA' %	14,6
Metodo di costipamento Proctor Modificato	
Materiale trattenuto al crivello 25 UNI 2334 (%)	

Umidità sotto il pistone (%) 16,5

Acqua assorbita durante l'immersione	
g	373,0

INDICE DI PORTANZA C.B.R. (corretto)	
a 3,0 mm (%)	11
a 5,5 mm (%)	12

MISURA DEL RIGONFIAMENTO	
%	3,11

IL TECNICO  
Doit. *Giorgio Madrigale*



IL COORDINATORE  
*Alessandro Melis*

## INDICE DI PORTANZA C.B.R.

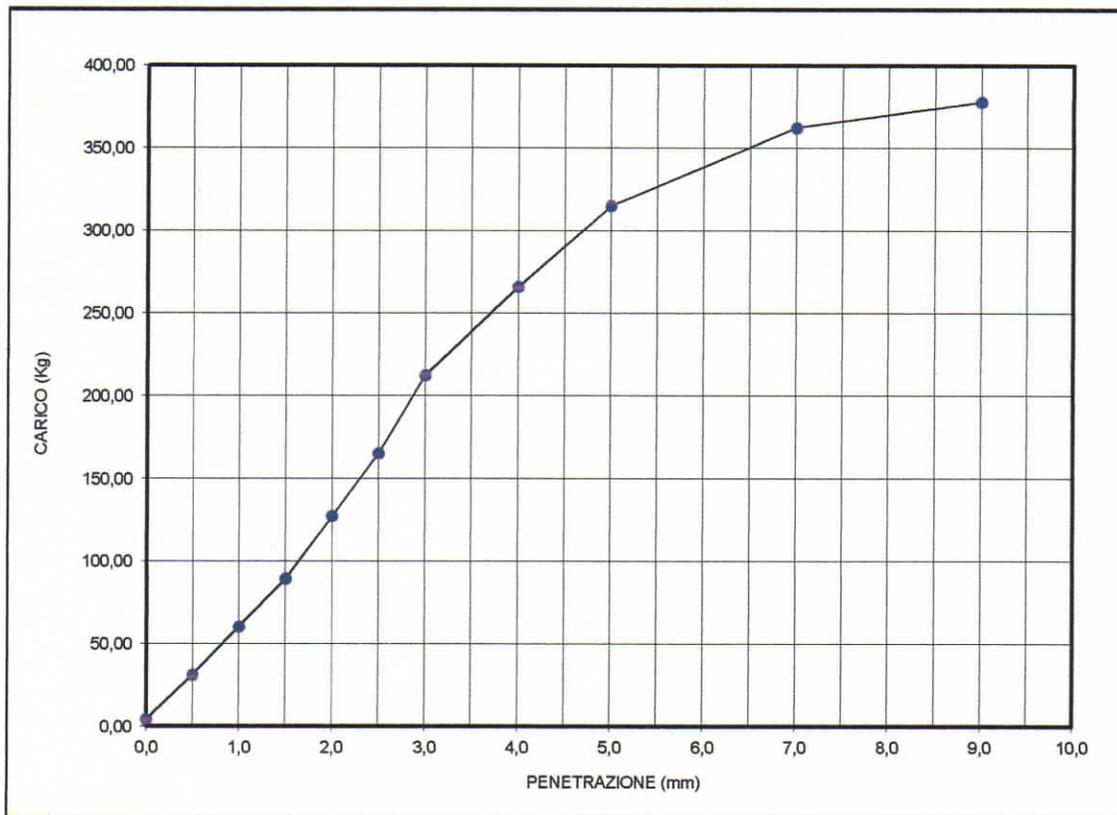
CNR UNI 10009

Certificato N. **11646**

Data: 29/09/2017

Committente: Azienda Ospedaliera Universitaria di Cagliari  
Cantiere: Nuovo Accesso Policlinico Universitario di Monserrato

Pozzetto : P4  
Campione: P4C1  
Profondità campionamento (m da p.c.): -0,4  
Data prelievo: 13/09/2017



Note: Prova eseguita dopo immersione in acqua per 96 ore

DENSITA' MASSIMA SECCA (g/cm <sup>3</sup> )	1,979
CONTENUTO OTTIMO IN UMIDITA' %	8,9
Metodo di costipamento Proctor Modificato	
Materiale trattenuto al crivello 25 UNI 2334 (%)	

Umidità sotto il pistone (%) 10,5

Acqua assorbita durante l'immersione  
g 362,0

INDICE DI PORTANZA C.B.R.	
a 2,5 mm (%)	16
a 5,0 mm (%)	12

MISURA DEL RIGONFIAMENTO  
% 2,51

IL TECNICO  
Dott. Geol. Giacomo Madrigale



IL COORDINATORE  
Dott. Geol. Alessandro Melis