



Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

CUP F2602000340001 CIG 652449686B



GARA CA 08/15 - NUOVA SS 554 CAGLIARITANA

ADEGUAMENTO DELL'ASSE ATTREZZATO URBANO ED ELIMINAZIONE DELLE INTERSEZIONI A RASO DAL KM 1+500 AL KM 11+850



Pregio tecnico



Caratteristiche ambientali



Cantierizzazione e fasi di lavoro

OFFERTA TECNICA

ASSE STRADALE PRINCIPALE

GEOLOGIA E GEOTECNICA

GEOLOGIA

Relazione geologica

CODICE PROGETTO		CODICE ELABORATO					SCALA	DATA	CODICE ELABORATO DI OFFERTA	
progetto	liv.	numero	campo 1	campo 2	campo 3	campo 4	rev			
D P C A 0 6	D	1 5 0 1	T 0 0	G E 0 1	G E O	R E 0 1	C	-	07/12/2017	8.1

CONCORRENTE:



PROGETTISTA INDICATO COSTITUENDO R.T.P.

Capogruppo Mandataria R.T.P.

SWSTM

Mandante



Mandante

ING. FRANCESCA LEO

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
FRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Paolo Cucino

RESPONSABILE ELABORATO

Ing. Paolo Cucino

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
3	INDAGINI E RILEVAMENTI DI DETTAGLIO	6
3.1	Campagne geognostiche conoscitive di Progetto Preliminare	7
3.1.1	Banca dati (ISPRA) (1986-2003)	7
3.1.2	Indagini geognostiche di aree limitrofe (1984-2012)	7
3.1.3	Indagini geognostiche Progetto Preliminare	7
3.2	Campagna geognostica conoscitiva di Progetto Definitivo (2016)	8
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE REGIONALE.....	10
5	ASSETTO GEOLOGICO LOCALE.....	12
5.1	Marne di Gesturi (GST) - Burdigaliano sup.-Langhiano medio	13
5.2	Argille di Fangario (AFA) - Langhiano medio - Serravalliano inf.	14
5.3	Arenarie di Pirri (ADP) – Serravalliano	15
5.4	Subsistema di Portoscuso (sintema di Portovesme) (PVM _{2a}) - Pleistocene sup.....	16
5.5	Depositi alluvionali terrazzati (Dt) – Olocene.....	17
5.6	Coltri eluvio-colluviali (b2) - Olocene	18
5.7	Depositi palustri (e ₅) - Olocene.....	19
5.8	Depositi alluvionali (Da) – Olocene	19
5.9	Depositi antropici (h) – Olocene	20
6	ASSETTO STRUTTURALE DEL SETTORE DI STUDIO.....	21
7	ASSETTO GEOMORFOLOGICO DEL SETTORE DI STUDIO	23
8	ASSETTO IDROGEOLOGICO.....	26
8.1	Idrografia e pluviometria dell'area	27
8.2	Complessi idrogeologici	28
8.2.1	Complesso idrogeologico delle Argille di Fangario e delle Marne di Gesturi	28
8.2.2	Complesso idrogeologico delle Arenarie di Pirri	28
8.2.3	Complesso idrogeologico dei depositi quaternari dell'area continentale.....	29



8.3	Piezometri	30
9	ANALISI GEOLOGICO-TECNICA DEL TRACCIATO	32
9.1	Tratta da inizio lotto sino alla Pk 1+663.66.....	32
9.2	Dalla Pk 1+663.66 alla Pk 1+817.832	32
9.3	Dalla Pk 1+817.832 alla Pk 3+326	32
9.4	Dalla Pk 3+326 alla Pk 4+816.53	33
9.5	Dalla Pk 4+816.53 alla Pk 5+670 (svincolo Policlinico/Università).....	33
9.6	Dalla Pk 5+670 alla Pk 6+275 (Viadotto del Monserrato).....	33
9.7	Dalla Pk 6+275 alla Pk 7+397 (Viadotto Selargius Ovest)	34
9.8	Dalla Pk 7+397 alla Pk 8+825 (Viadotto Selargius centro).....	34
9.9	Dalla Pk 8+825 alla Pk 9+500 (Viadotto Selargius Est)	35
9.10	Dalla Pk 9+500 a fine lotto (PK 11+846.26) (Viadotto Quartucciu)	35

1 INTRODUZIONE

La presente relazione riporta i risultati degli studi a carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico effettuati nell'area interessata dal Progetto Definitivo della SS 554 "Cagliaritano" – Asse Attrezzato Urbano, che prevede l'adeguamento in sede dell'arteria, attualmente caratterizzata per un tratto da doppia carreggiata con due corsie per senso di marcia e spartitraffico centrale e per un tratto da unica carreggiata con due corsie per senso di marcia, e l'eliminazione degli svincoli a raso.

Il gruppo di lavoro è stato coordinato dal dott. geol. Pasqualino Notaro ed è costituito da geologi specializzati in diverse discipline delle scienze della terra: il dott. Giuseppe Cianflone, la dott.ssa geol. Chiara Benedetta Cannata e il dott. geol. Giovanni Vespasiano.

Questo rapporto analizza e descrive il contesto geomorfologico, stratigrafico ed idrogeologico ricostruito durante le seguenti fasi operative:

- ricerca bibliografica di tutti i dati disponibili sulle aree interessate dal progetto, mirata ad acquisire i dati più recenti sull'assetto geodinamico e tettonostratigrafico dell'area cagliaritano;
- rilevamento geologico, geomorfologico e strutturale in scala 1:5.000;
- analisi fotogeologica in stereoscopia;
- individuazione ed analisi dei risultati delle campagne di indagini geognostiche;
- caratterizzazione litologica ed idrogeologica dei litotipi affioranti mediante definizione dei complessi idrogeologici.

L'elaborazione dei dati ha permesso la stesura della presente relazione geologica ed idrogeologica generale ed i seguenti elaborati:

- carta geologica, scala 1:5.000 (da DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-CG-01-B a DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-CG-04-B)
- carta idrogeologica, scala 1:5.000 (da DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-CG-06-Ba DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-CG-09-B)
- carta geomorfologica, scala 1:5.000 (DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-CG-05-B)
- Profilo geologico, scala 1:2.000/200 (da DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-FG-01-B a DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-FG-07-A)
- carta delle indagini, scala 1: 10.000 (da DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-CG-14-B a DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-CG-17-B)
- carta della pericolosità sismica, scala 1:5.000 (da DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-CG-10-B a DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-CG-13-B)

Per la realizzazione della carta interpretativa ci si è avvalsi dei dati e documenti messi a disposizione nell'ambito della precedente progettazione preliminare, dei dati scientifici e cartografici disponibili in letteratura, dei nuovi dati rilevati, della campagna di indagini integrative realizzata in questa fase progettuale e dell'interpretazione delle foto aeree. Il presente lavoro costituisce quindi un approfondimento degli elaborati del precedente progetto preliminare.

Gli elaborati prodotti permettono di visualizzare graficamente la situazione geologica di superficie e alla quota delle opere in sottoterraneo nell'ambito dell'area esaminata.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il tracciato stradale oggetto di studio (S.S. 554 “Cagliaritana”) si estende per circa 12 Km in direzione circa E-O nell’area a nord dell’agglomerato urbano di Cagliari, tra lo Stagno di Cagliari e quello di Simbirizzi (Figura 1). Nel dettaglio la tratta in esame collega la parte nord del retroterra di Cagliari, partendo dallo svincolo con la strada statale 131 “Carlo Felice”, con la parte sud-orientale fino allo svincolo con la SS 125 “Orientale Sarda”.

Il tracciato è ubicato all’interno del territorio dei comuni di Cagliari, Selargius, Monserrato, Quartucciu e Quartu Sant’Elena.



Figura 1. Indicazione schematica del tracciato in progetto.

3 INDAGINI E RILEVAMENTI DI DETTAGLIO

Il presente studio si basa su dati geologici, geomorfologici e idrogeologici ottenuti mediante indagini geognostiche e rilevamenti di superficie condotti appositamente per la progettazione della strada in oggetto, sia in questa fase progettuale che nelle precedenti. A supporto della campagna geognostica effettuata, sono stati consultati dati storici derivanti sia dalla banca dati dell'Istituto Superiore per la Ricerca Ambientale (ISPRA), comprendenti sondaggi realizzati principalmente per scopi irrigui, ad uso domestico e/o industriale sia dalla documentazione fornita dalla società TEC.AM. di Cagliari.

In sintesi, i dati considerati provengono dalle seguenti fonti:

- Dati Storici
 - Campagna indagini
 - Banca dati dell'Istituto Superiore per la Ricerca Ambientale (ISPRA) (1986 – 2003);
 - Sondaggi effettuati dalla società Geoconsult s.r.l., per la realizzazione dell'Azienda Ospedaliera Universitaria di Cagliari (1984);
 - Indagini effettuate dalla società TEC.AM s.r.l. (2008, 2009 e 2012);
 - Sondaggi eseguiti per conto dell'Ente Autonomo del Flumendosa, per la realizzazione del Serbatoio di Selargius (1990);
 - Progetto preliminare a base gara
 - Carte tematiche
 - Geologica (in scala 1:5000);
 - Geomorfologica (in scala 1:5000);
 - Idrogeologica (in scala 1:5000);
 - Campagne geognostiche conoscitive
 - Campagna di indagine del 2015;
- Progetto definitivo
 - Osservazioni di superficie;
 - Campagna indagini integrative per il progetto definitivo (2016);

L'ubicazione ed i risultati delle indagini geognostiche e geofisiche effettuate sono riportati negli specifici elaborati di progetto (cfr. da DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-CG-14-B a DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-CG-17-B) a corredo della presente relazione. L'ubicazione delle indagini svolte nell'ambito del Progetto Preliminare è stata desunta dalle tavole grafiche consegnate in fase di gara.

Tali indagini, opportunamente georeferenziate, hanno consentito di definire, congiuntamente al rilevamento diretto di campagna degli elementi geologici e geostrutturali, il quadro geologico-tecnico di riferimento e le conseguenti interazioni con il progetto.

3.1 Campagne geognostiche conoscitive di Progetto Preliminare

Nell'ambito della presente progettazione sono stati utilizzati tutti i dati derivanti dalle documentazioni bibliografiche disponibili e dalle campagne geognostiche eseguite per la redazione del progetto preliminare.

3.1.1 Banca dati (ISPRA) (1986-2003)

I dati riguardano sondaggi geognostici effettuati principalmente a scopi irrigui, ad uso domestico e/o industriale, risalenti al periodo temporale compreso tra il 1986 ed il 2003, di lunghezza massima pari a 100 m (Tabella 1).

Campagna di indagine 1986/2003		
Tipologia indagine	n°	Profondità (m)
Sondaggi geognostici	10	527
Misure piezometriche	10	

Tabella 1. Banca dati dell'Istituto Superiore per la Ricerca Ambientale (ISPRA)

3.1.2 Indagini geognostiche di aree limitrofe (1984-2012)

Fra questi rientrano sondaggi effettuati dalla società Geoconsult s.r.l., per la realizzazione dell'Azienda Ospedaliera Universitaria di Cagliari (1984), indagini effettuate dalla società TEC.AM s.r.l. e sondaggi eseguiti per conto dell'Ente Autonomo del Flumendosa, per la realizzazione del Serbatoio di Selargius risalenti al periodo temporale compreso tra il 1984 ed il 2012 e di lunghezza massima pari a 45 m.

Indagini geognostiche 1984/2012		
Tipologia indagine	n°	Profondità (m)
Sondaggi geognostici a rotazione	13	243
Misure di Falda	6	
Prove SPT	12	
Prelievo di campioni disturbati e indisturbati per analisi di laboratorio	6	

Tabella 2. Indagini geognostiche realizzate dalla società Geoconsult s.r.l. e dalla società TEC.AM s.r.l. per conto dell'Ente Autonomo del Flumendosa

3.1.3 Indagini geognostiche Progetto Preliminare

Comprendono le indagini effettuate dalla ditta Sidercem s.r.l. nella campagna geognostica appositamente programmata per la progettazione preliminare (2015) di lunghezza massima pari a 35 m.

Campagna indagini geognostiche 2015		
Tipologia indagine	n°	Profondità (m)

Sondaggi geognostici a carotaggio continuo	48	1131.6
Pozzetti geognostici	10	15.05
Installazione di Piezometri	7	
Prove SPT	149	
Prova di carico su piastra	10	
Prove Geofisiche Down-Hole	10	
Prelievo di campioni disturbati e indisturbati per analisi di laboratorio	139	

Tabella 3. Indagini geognostiche realizzate dalla società Sidercem s.r.l.

3.2 Campagna geognostica conoscitiva di Progetto Definitivo (2016)

La campagna geognostica per la Progettazione Definitiva (Tabella 4) è stata eseguita nel mese di febbraio 2016 ed è stata concepita in modo da integrare i dati e le conoscenze già acquisite durante la fase di Progettazione Preliminare.

Campagna di indagini integrative – 2016		
Tipologia indagine	n°	Profondità (m)
Sondaggi verticali a carotaggio continuo	1	30
Pozzetti geognostici	14	30.6
Installazione di Piezometri di Casagrande	1	
Prove SPT	7	
Prova di carico su piastra	6	
Prove sismiche a rifrazione	1	
M.A.S.W.	9	
Prelievo di campioni disturbati e indisturbati	25	
Prove di laboratorio	5	
Indagini ambientali	13	

Tabella 4- Riassunto delle indagini geognostiche previste per la campagna geognostica di progetto definitivo (2016)

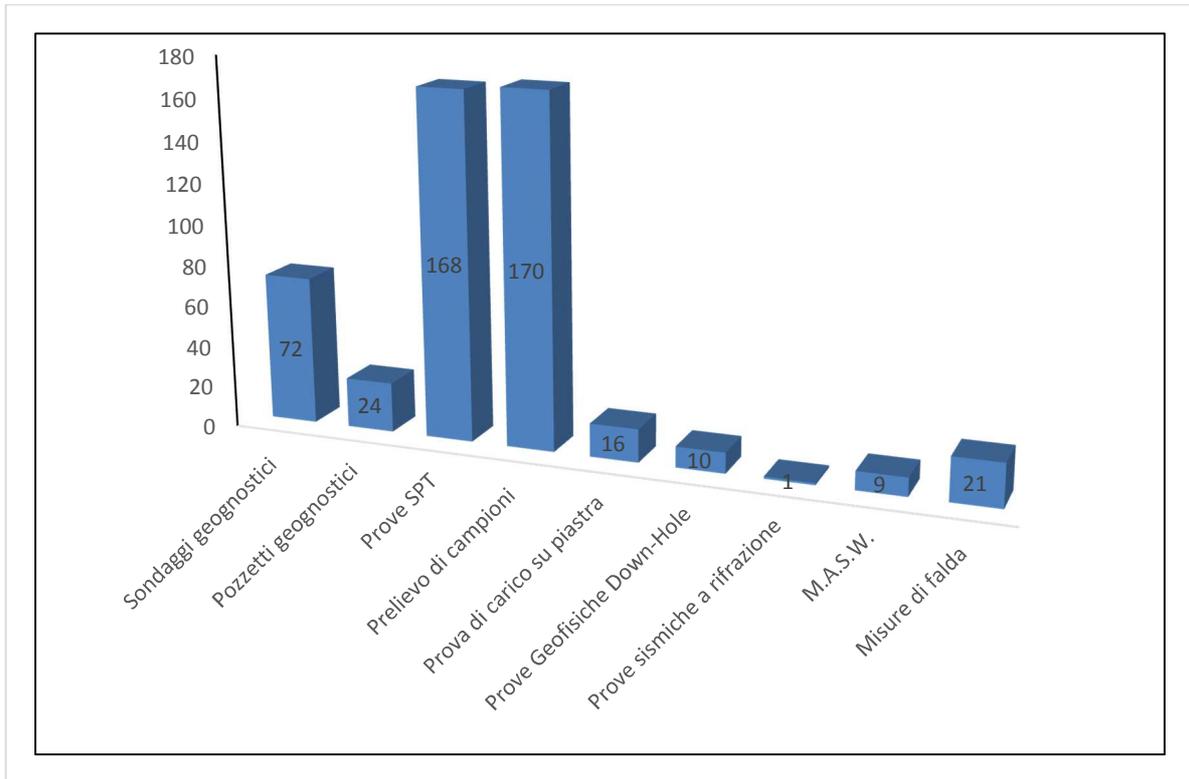


Figura 2. Quadro riassuntivo delle indagini eseguite nel Progetto Preliminare e nel Progetto Definitivo del 2016.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE REGIONALE

La strada statale Cagliaritano (SS 554) è ubicata nel settore centro-meridionale della Sardegna, lungo il bordo orientale della depressione tettonica del Campidano (Figura 3).

Il nucleo della Sardegna meridionale (Complesso Metamorfico di medio e basso grado) è costituito da unità tettoniche, Cambriano - Carbonifere, coinvolte nell'orogenesi Varisca ed interessate da metamorfismo da medio a basso grado (Ghezzi e Orsini, 1981; Carmignani et alii, 1992). In dettaglio, le rocce varisiche della Sardegna meridionale fanno parte delle cosiddette Falde Esterne, affioranti tra la Barbagia e l'Iglesiente-Sulcis, e costituiscono le seguenti unità tettoniche: Unità del Sarrabus, Unità dell'Alburese, Unità di Rio Grappa, Unità di Gerrei (Carmignani et alii, 2008). Tali falde, vergenti verso SO, si sovrappongono, nel settore sud-ovest dell'isola, alla cosiddetta Zona Esterna a thrust e pieghe, molto deformata ma autoctona (Carmignani et alii, 1987, 2008). Sia il settore delle Falde Esterne che quello della Zona Esterna sono intrusi da plutoniti e sistemi filoniani, correlabili al magmatismo post-collisionale tardo-ercinico sardo, rappresentati dai Complessi intrusivi dell'Arburese, del Sarrabus e del Sulcis-Iglesiente.

Sul basamento varisico si appoggiano le successioni sedimentarie che registrano un record sedimentario quasi continuo dal tardo Carbonifero al Quaternario. Le varie successioni sono separate da superfici di discordanza a basso angolo, che testimoniano diversi episodi di sollevamento della regione a partire dal Carbonifero.

La Sardegna meridionale è caratterizzata dalla presenza di due rilievi montuosi, lungo i bordi orientale ed occidentale, separati dalla porzione meridionale del Rift Sardo (Figura 5). Quest'ultimo rappresenta una struttura tettonica estensionale databile al Miocene inferiore, la cui origine è correlabile all'apertura del bacino Algero-Provenzale (Orsini et alii, 1980). Le principali faglie del settore meridionale del Rift Sardo sono state riattivate tra il Pliocene e il Quaternario ed hanno portato alla formazione del Graben del Campidano (Balía et alii, 1991) che è stato progressivamente riempito da unità, da marino a continentali, comprendenti marne che passano verso l'alto a sedimenti silicoclastici (Pecorini et alii, 1969).

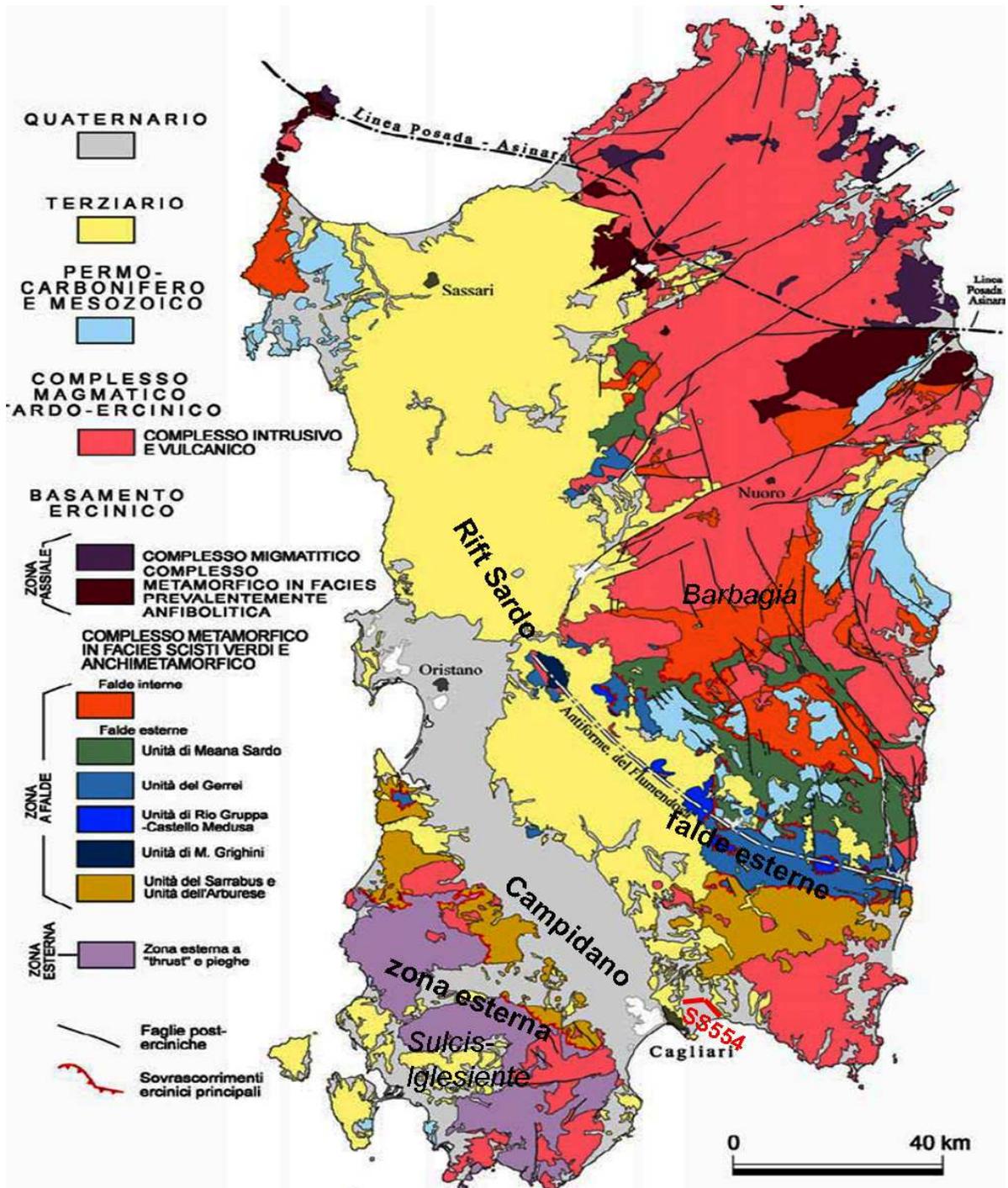


Figura 3. Carta geologica della Sardegna (modificata da Carmignani et alii, 2012); il cerchio rosso evidenzia l'area di progetto.

5 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

La strada statale Cagliaritano (SS 554) è ubicata nel settore centro-meridionale della Sardegna, lungo il bordo orientale della depressione tettonica del Campidano (Figura 3), caratterizzato da sistemi di faglie normali orientate NO-SE che hanno permesso la formazione del Graben stesso. Nell'area affiorano i depositi miocenici del Rift Sardo e quello plio-quadernari del Graben del Campidano.

Le osservazioni di superficie e le indagini eseguite nell'area d'interesse, nelle diverse fasi progettuali, hanno permesso di distinguere, dalla più antica alla più recente, le seguenti unità litostratigrafiche (Figura 4):

- Marne di Gesturi;
- Argille di Fangario (non affioranti lungo il tracciato);
- Arenarie di Pirri;
- Calcari di Cagliari (non affioranti lungo il tracciato);
- Subsistema di Portoscuso (sistema di Portovesme) (non affioranti lungo il tracciato);
- Depositi olocenici.

La ricostruzione dello schema dei rapporti stratigrafici (Figura 4) evidenzia che sulle Marne di Gesturi (Burdigaliano sup.-Langhiano medio) poggiano le Argille di Fangario (Langhiano medio?-Serravalliano inf.) e su queste due formazioni si ha il contatto in discordanza delle Arenarie di Pirri (Serravalliano).

Verso l'alto stratigrafico, sono presenti i Calcari di Cagliari (Tortoniano-Messiniano?) che poggiano sulle Arenarie di Pirri. Nell'area investigata, al tetto dei depositi miocenici, è presente il subsistema di Portoscuso (sistema di Portovesme) che è rappresentato dalle ghiaie alluvionali terrazzate, con intercalazione di livelli e lenti di sabbie, datate al Pleistocene sup. Sui depositi pleistocenici sono presenti dei sedimenti olocenici molto variegati che comprendono: depositi di spiaggia e dei cordoni litoranei antichi, depositi alluvionali terrazzati, coltri eluvio-colluviali, depositi palustri, depositi alluvionali e depositi antropici (come ad esempio saline e discariche minerarie).

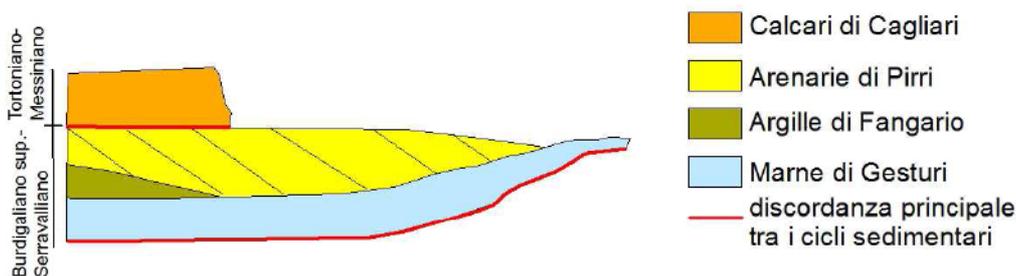


Figura 4. Schema stratigrafico delle unità mioceniche presenti nell'area investigata (modificato da CARG, 2005).

5.1 Marne di Gesturi (GST) - Burdigaliano sup.-Langhiano medio

Le marne di Gesturi (*Cherchi, 1974*) consistono in una potente successione (diverse centinaia di metri) di marne arenacee e siltitiche. Le marne presentano un colore da giallastro a beige nelle porzioni più esterne, alterate ed ossidate, e grigio piombo nelle parti più profonde, non alterate. Dal punto di vista stratigrafico, le Marne di Gesturi poggiano sulla Formazione di Nurallao mentre al tetto evolvono attraverso un passaggio graduale, eteropico, alle Argille di Fangario o direttamente alle Arenarie di Pirri (Figura 4).

Le Marne di Gesturi sono caratterizzate da due litofacies, una marnoso-arenacea (GST) ed una piroclastico-epiclastica (GSTa). Nell'area del tracciato è presente solo la facies GST che comprende marne arenacee, arenarie marnose e siltitiche caratterizzate da secondarie intercalazioni di arenarie soprattutto nelle parti basale e sommitale. La porzione basale è costituita da un'alternanza di strati (con spessore fino al metro) di arenarie medio-grossolane localmente ben cementate e fossilifere (bivalvi, gasteropodi, briozoi), siltiti e marne siltose e/o argillose.

I sondaggi geognostici realizzati lungo il tracciato hanno mostrato una prevalenza di marne siltitiche di colore grigio scuro con giacitura suborizzontale, compatte, sottilmente laminate, interessate da rada presenza di fratture ad alto angolo frequentemente riempite di calcite. Localmente le marne siltitiche sono alternate a marne argillose, da mediamente a molto compatte (Figura 5). Nella parte più superficiale, le Marne di Gesturi alterate (Figura 6) si presentano come marne siltose da tenere a compatte, con alternanza di livelli sabbiosi e siltitici giallastri; localmente si presentano come limi argilloso-sabbiosi avana, con sparse concrezioni carbonatiche.

Lungo il tracciato in progetto, le GST affiorano all'incirca tra la pk 4750 e la pk 4825 e tra la pk 11475 e la fine del tracciato.



Figura 5. Marne di Gesturi (sondaggio S48 tra 15 e 20 m) è possibile osservare il passaggio dalla facies argilloso-marnosa a quella marnosa compatta.



Figura 6. Marne di Gesturi, (sondaggio S46 tra 10 e 15) passaggio dalla facies alterata a quella integra.

5.2 Argille di Fangario (AFA) - Langhiano medio - Serravalliano inf.

Le Argille di Fangario, non interferenti con le opere in progetto, affiorano a ridosso del tracciato (Figura 7) e sono costituite da argille e marne grigie e locali argille sabbiose giallo-biancastre e sono caratterizzate da abbondanti resti di pesci, rari gasteropodi e foraminiferi planctonici e bentonici.

Sul tetto delle argille di Fangario poggia, in discordanza, con contatto più o meno erosivo, la formazione delle Arenarie di Pirri.

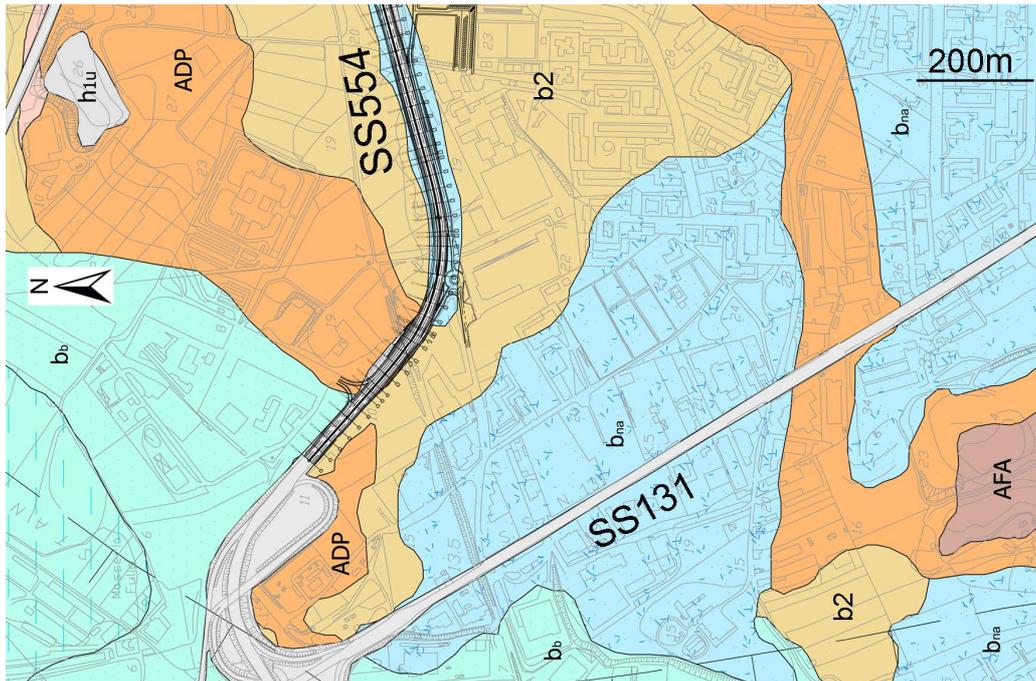


Figura 7. Stralcio della carta geologica (DPCA06-P-1501-T00-GE-00-GEO-CG-01-A) mo­strante l'affioramento delle Argille di Fangario (AFA) a sud del tratto iniziale del tracciato.

5.3 Arenarie di Pirri (ADP) – Serravalliano

Le Arenarie di Pirri consistono in un'alternanza di banchi, da decimetrici a metrici, ben cementati di arenarie e sabbie quasi incoerenti. Lo spessore delle sabbie aumenta progressivamente verso l'alto stratigrafico passando da decimetrico a metrico. All'interno della successione si rin­vengono anche lenti e livelli di conglomerati a clasti di metamorfiti paleozoiche, la cui genesi può essere ricondotta a facies fluvio-deltizie oppure ad occasionali trasporti in massa.

I granuli che costituiscono le arenarie sono composti prevalentemente da elementi di quarzo, feldspato e mica, mentre sono rari i clasti di calcite, che generalmente costituiscono il cemento. La granulometria si presenta grossolana alla base, tendendo a diminuire verso l'alto.

Le ADP poggiano in discordanza sulle Argille di Fangario o direttamente sulle Marne di Gesturi.

Lungo il tracciato in progetto, le ADP affiorano all'incirca tra la pk 1625 e la pk 1825 e sono state rinvenute nei sondaggi S1 (Figura 8) ed S2. Nei sondaggi le ADP si presentano come alternanza di siltiti tenere, con debole matrice argillosa, di colore bruno chiaro tendente al verde ed arenarie tenere con livelli più limosi, carotate come sabbie addensate, di colore bruno verdastro. Occasionalmente è stata osservata anche la presenza di clasti da millimetrici a centimetrici di natura poligenica.



Figura 8. Arenarie di Pirri carotate nel sondaggio S1 tra 0 e 5 m di profondità.

5.4 Subsistema di Portoscuso (sistema di Portovesme) (PVM_{2a}) - Pleistocene sup.

Il Subsistema di Portoscuso, che non interseca mai il tracciato ma è stato riconosciuto in affioramento nell'area compresa tra il tratto terminale del tracciato stesso e lo stagno di Simbirizzi (Figura 9), fa parte del Sistema di Portovesme e comprende depositi marini e continentali, depositi dopo la penultima fase fredda pleistocenica.

Il PVM_{2a} è costituito da sedimenti di origine continentale del Pleistocene superiore, rappresentati da ghiaie medio-grossolane, con clasti sia subarrotondati che subspigolosi, che rappresentano i residui di ampie conoidi alluvionali terrazzate coalescenti; la presenza di elementi subspigolosi fa presupporre che derivino dal rimaneggiamento di detriti originatisi per processi di degradazione fisica dei versanti (termoclastismo, crioclastismo), in condizioni di clima arido, tipico dell'ultima fase fredda pleistocenica. Gli spessori osservati per il PVM_{2a} sono generalmente metrici, ma localmente possono superare i 10 m.

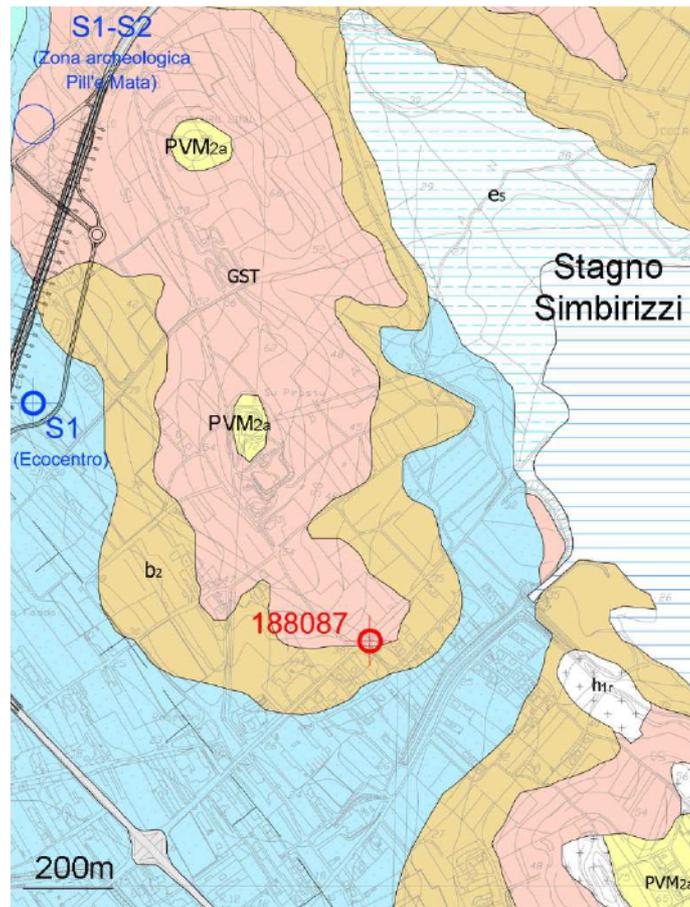


Figura 9. Stralcio della carta geologica (DPCA06-P-1501-T00-GE-00-GEO-CG-04-A) che mostra lembi del Subsistema di Portoscuso (PVM2a) affioranti nell'area compresa tra il tratto terminale del tracciato e lo Stagno Simbirizzi.

5.5 Depositi alluvionali terrazzati (Dt) – Olocene

Si tratta di depositi alluvionali molto eterogeni, caratterizzati da continui cambi di facies, collocati ai lati dei letti attuali o dei tratti di alveo regimati e solitamente non vengono coinvolti nelle dinamiche fluviali in atto, tranne che per eventi idrometeorici eccezionali. Lo spessore di questi depositi, che sono pressoché continui lungo tutto il tracciato, è variabile, generalmente intorno ai 10m ma spesso raggiunge potenze maggiori sino a 25 m.

In funzione della granulometria prevalente vengono distinte 3 litofacies:

- **b_{na}**, ghiaie grossolane prevalenti, con lenti e livelli di sabbie e ghiaie fini a stratificazione incrociata;
- **b_{nb}**, sabbie prevalenti (Figura 10);
- **b_{nc}**, limi ed argille prevalenti (Figura 11).

I depositi alluvionali terrazzati sono presenti diffusamente lungo il tracciato tranne in due tratti comprese all'incirca tra le pk 1+663 e 3+300 e tra la pk 11+467 e la fine del tracciato.



Figura 10. Litofacies b_{nb} , a prevalenza sabbiosa, carotata nel sondaggio S5 tra 0 e 5 m di profondità.

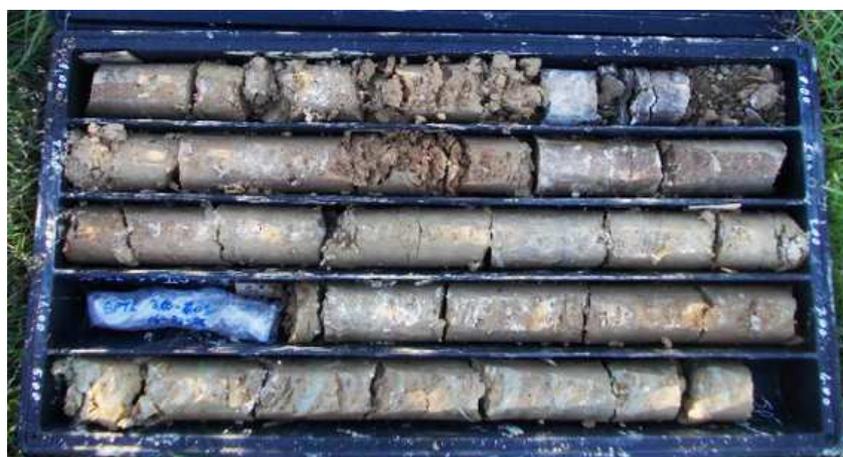


Figura 11. Litofacies b_{nc} , a prevalenza limoso-argillosa, carotata nel sondaggio S21 tra 0 e 5 m di profondità.

5.6 Coltri eluvio-colluviali (b2) - Olocene

Le coltri eluvio colluviali sono rappresentate da depositi eterometrici costituiti da percentuali variabili di materiali fini, quali sabbia e silt, più o meno pedogenizzati e arricchiti in frazione organica, mescolati con sedimenti più grossolani (Figura 12); tali depositi presentano uno spessore generalmente esiguo, ma sono diffusamente presenti sul substrato pelitico-arenaceo terziario rendendone difficoltoso il riconoscimento. Localmente sono caratterizzati dalla presenza di suoli e dall'accumulo di carbonato di calcio sotto forma di noduli, lenti e croste.



Figura 12. Coltre eluvio-colluviale (b2) carotata tra 0 e 4 m di profondità nel sondaggio S30.

5.7 Depositi palustri (e₅) - Olocene

I depositi palustri non affiorano lungo il tracciato ma sono stati riconosciuti nelle aree circostanti, in prossimità degli stagni di Simbirizzi (Figura 1, Figura 9) e Molentergius (Figura 1). Tali depositi sono costituiti da argille limose grigio-verdastre con frazione organica abbondante e frammenti conchigliari. In alcuni settori queste argille si presentano ciottolose e parzialmente stabilizzate e colonizzate dalla vegetazione, o localmente antropizzate.

5.8 Depositi alluvionali (Da) – Olocene

I depositi alluvionali sono costituiti prevalentemente da sedimenti grossolani a cui si intercalano localmente sottili livelli e lenti di sabbia. La loro origine è strettamente correlata ai sistemi di drenaggio locale (Riu Saliu, Riu Selargius, Riu de Is Cungiaus). Lo spessore di tali depositi varia localmente e talvolta supera i 5 m.

In funzione della granulometria prevalente vengono distinte 3 litofacies:

- **b_a**, ghiaie da medie a molto grossolane prevalenti, con lenti e sottili livelli di sabbie;
- **b_b**, sabbie prevalenti (Figura 13);
- **b_c**, limi ed argille prevalenti.

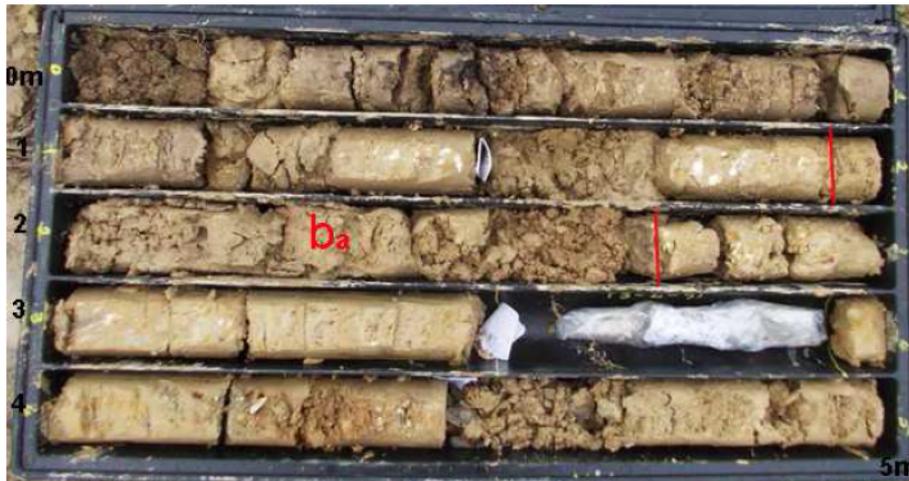


Figura 13. Litofacies b_a , a prevalenza ghiaiosa, carotata nel sondaggio S24 tra 1,9 e 2,7 m di profondità.

5.9 Depositi antropici (h) – Olocene

I depositi antropici comprendono diversi tipi di materiali:

- **Ril**, rappresenta il rilevato stradale esistente presente in corrispondenza del quadrifoglio tra le pk 2+600 e 3+600 e dello Svincolo S.S. n°125 (tra le pk 10+650 e 11+050);
- **h1r**, costituiti da riporti a fine edilizio, non presenti lungo il tracciato affiorano nell'area compresa tra il tratto terminale e lo Stagno Simbirizzi (Figura 9);
- **h1u**, rappresenta i rifiuti solidi urbani, che non intersecano il tracciato ma sono presenti a nord del tratto iniziale.

6 ASSETTO STRUTTURALE DEL SETTORE DI STUDIO

L'assetto strutturale dell'area di studio è strettamente correlato alla tettonica miocenico-quadernaria che ha portato alla formazione prima del Rift Sardo e poi del Graben del Campidano.

L'area investigata è ubicata nel settore meridionale del Rift Sardo: un semi-graben immergente a est (*Casula et alii*, 2001) bordato da allineamenti tettonici principali, a componente normale. Gli allineamenti sono rappresentati dalla Faglia di Isili (allineamento esterno) e dalla Faglia di Monastir (allineamento interno) (Figura 14); quest'ultima è una faglia normale con direzione N160-140° E immergente a OSO con un rigetto medio dell'ordine del migliaio di metri.

L'attività di queste faglie, tra il Burdigaliano e il Messiniano inf., ha prodotto lo spazio di accomodamento che ha permesso la deposizione di potenti sedimenti rappresentati nell'area dalle Marne di Gesturi, le Argille di Fangario, le Arenarie di Pirri e i Calcari di Cagliari.

La ripresa della tettonica, alla fine del Messiniano, ha prodotto un'inversione della tettonica nella Sardegna meridionale; ne sono un esempio le colline di Cagliari dove *Casula et alii* (2001), sulla base di dati geofisici, hanno stimato un'inversione messiniana dell'ordine del migliaio di metri.

L'ultima fase tettonica è quella Plio-Pleistocenica, responsabile dell'apertura del Graben del Campidano. Il picco della subsidenza è stato registrato nel Pliocene medio-superiore dalla deposizione della potente successione clastica della Formazione di Samassi.

La faglia di Monastir interseca il tracciato intorno alla pk 4+125 (DPCA06-P-1501-T00-GE-00-GEO-FG-03-A) mentre una normale secondaria lo interseca all'incirca alla pk 11+050 (DPCA06-P-1501-T00-GE-00-GEO-FG-04-A).

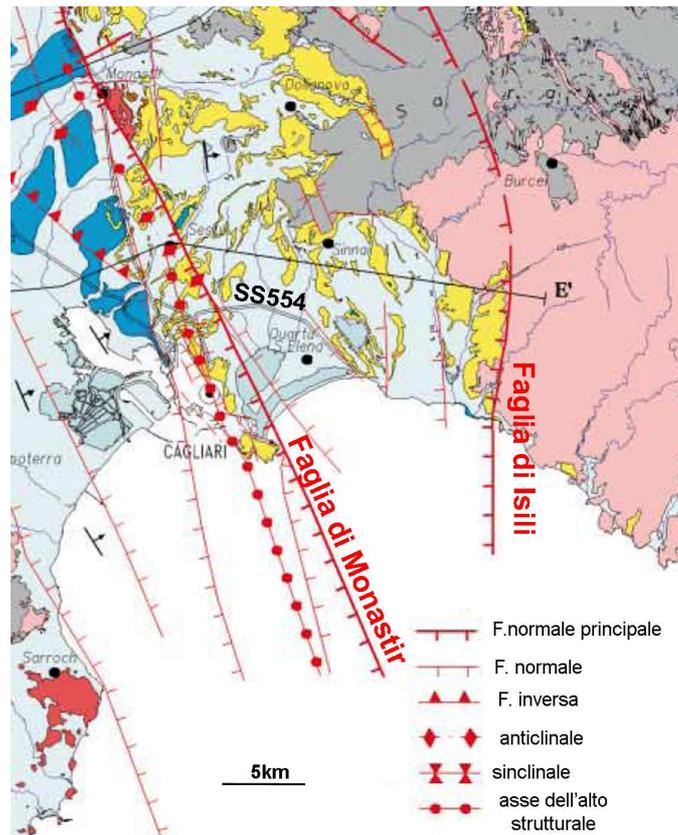


Figura 14. Carta geologica con ubicazioni delle strutture tettoniche che interessano l'area di studio (da Casula et alii, 2001).

7 ASSETTO GEOMORFOLOGICO DEL SETTORE DI STUDIO

L'area investigata fa parte della fascia costiera che delimita verso nord il Golfo degli Angeli. L'area rappresenta la porzione meridionale della piana del Campidano ed è caratterizzata da una certa complessità di ambienti costieri e di transizione nell'entroterra, con vasti stagni-lagune ai piedi del sistema collinare cagliaritana. Quest'ultimo è costituito da dieci colli con altezza massima intorno ai 140 m. I rilievi collinari presentano un generale orientamento NNO-SSE (Figura 15) in quanto seguono le strutture tettoniche che bordano il Graben del Campidano.

L'area che raccorda la fascia collinare a quella costiera è caratterizzata dalla presenza di zone lagunari tra le più importanti del Mediterraneo. Tra queste c'è lo Stagno di Molentargius che si estende nella periferia orientale dell'area urbana ed ha una conformazione ovale asimmetrica ad asse di allungamento NO-SE.

Il tracciato stradale è situato a nord dell'agglomerato urbano principale, dove il rilievo principale è rappresentato da Cuccuru Angius, con un'altezza di 58 m s.l.m.

Dal punto di vista idrografico, il reticolo appare poco sviluppato, caratterizzato da corsi d'acqua a prevalente regime torrentizio, che danno luogo a valli poco incise. I principali corsi d'acqua attraversati dal tracciato sono, procedendo da ovest verso est, il Riu Salius, il Riu Selargius ed il Riu de is Cungiaus, che, dopo aver attraversato, rispettivamente, i centri abitati di Monserrato, Selargius e Quartucciu, confluiscono tutti all'interno dello Stagno di Molentargius (Figura 15). Attualmente il reticolo idrografico è interessato da importanti opere di regimazione torrentizia e fluviale.

I principali elementi geomorfologici riconosciuti nell'area di progetto sono terrazzi fluviali individuabili grazie alla presenza di orli di terrazzo che cingono questi gradini, più o meno alti rispetto alle alluvioni più recenti.

In generale, non sembrano esserci elementi geomorfologici particolari, tali da far ipotizzare la presenza di condizioni di rischio per l'opera da realizzare.

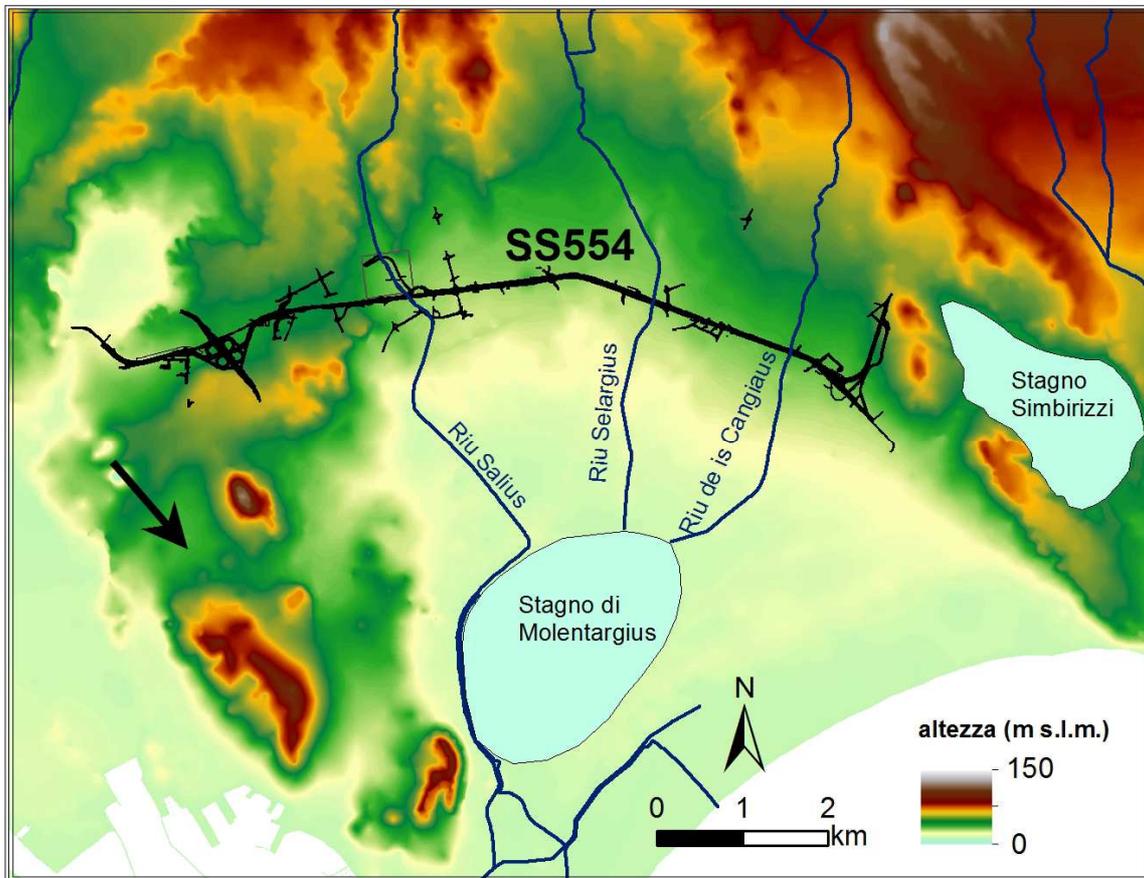


Figura 15. Mappa altimetrica dell'area cagliaritana con localizzazione dei principali reticoli idrografici. La mappa mette in evidenza l'allineamento NNO-SSE (freccia nera) dei rilievi collinari di Cagliari.

Dall'esame della cartografia del PAI della Sardegna recentemente aggiornate secondo la variante approvata con delibera n.11 del 21/05/2012, si è verificato che il progetto non interseca aree soggette a pericolosità da frana. Sono stati però riconosciuti due tratti del tracciato che intersecano due zone classificate come aree inondabili. Nel dettaglio, si tratta del tratto compreso all'incirca tra la pk 5+300 e la pk 6+400, che interseca una zona con pericolosità da piena Hi1 e Hi2 in corrispondenza dell'area circostante il Riu Salius (Figura 16). L'altro tratto, compreso tra la pk 8+325 e la pk 8+375, è invece lambito dal limite settentrionale della fascia a pericolosità da piena Hi3, presente lungo il Riu Selargius (Figura 17).

Nel rispetto della normativa di attuazione del PAI sono stati effettuati studi ed approfondimenti di dettaglio, riportati nei documenti (cfr elaborato DPCA06-D-1501-T00-GE-00-GEO-CG-05-B) a cui si rimanda per i dettagli.

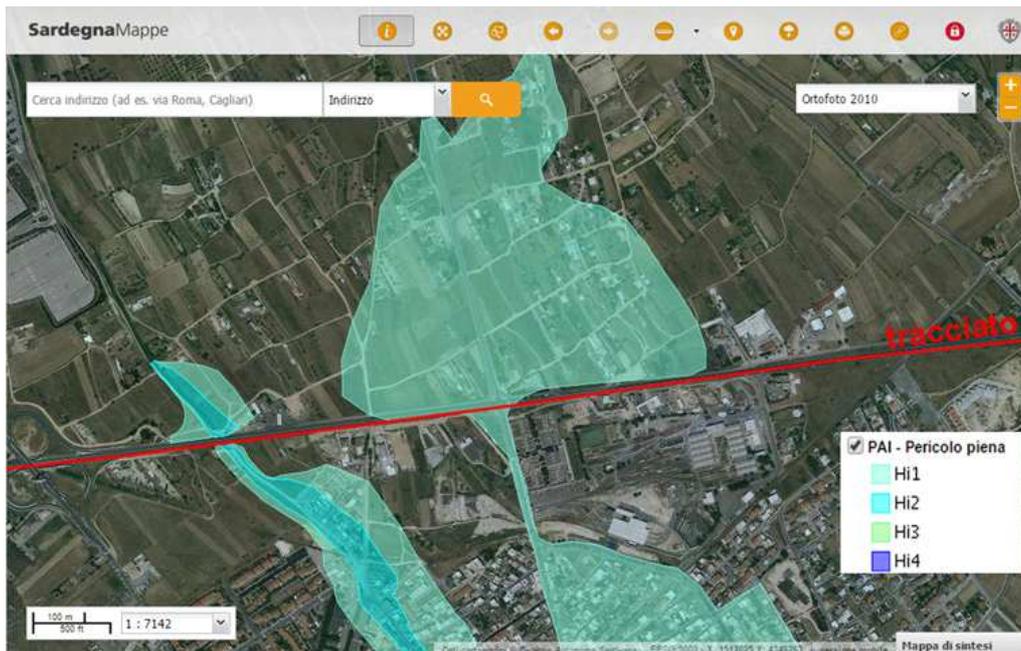


Figura 16. Pericolosità da piena Hi1 e Hi 2 in corrispondenza del Riu Salius.

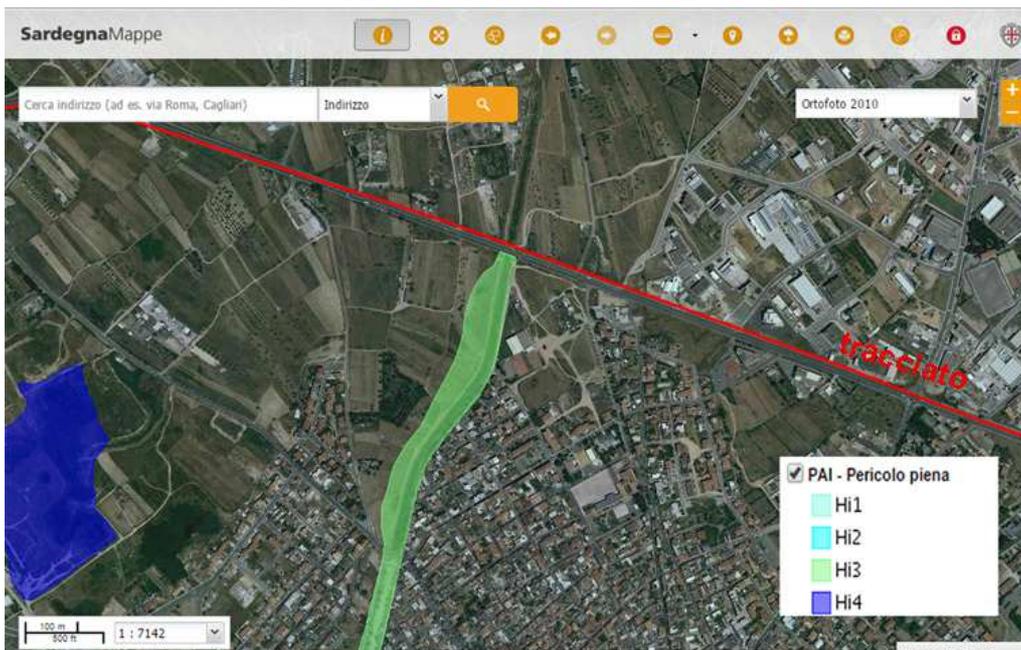


Figura 17. Pericolosità da piena Hi3 in corrispondenza del Riu Selargius

8 ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il principale acquifero dell'area interessata dalla realizzazione del tracciato stradale è impostato nelle litologie sabbioso arenacee della formazione delle Arenarie di Pirri, nella quale vengono scavati e trivellati pozzi per usi idropotabili. Alla base l'acquifero è sostenuto dalle litologie argilloso-limose delle Argille di Fangario a ovest e dalle Marne di Gesturi ad est e a nord, che fungono da acquiclude impermeabile. All'interno dell'acquifero si osservano significative variazioni di permeabilità e locali fenomeni di salienza della falda, a causa della presenza di livelli più costipati ed intercalazioni lapidee debolmente argillose all'interno della formazione incoerente e con facies basali grossolane. L'alimentazione principale della falda dell'area urbana di Cagliari ha direzione NO-SE, partendo dal Colle di San Michele fino a Monte Urpinu, coinvolgendo Monte Claro ed i rioni di Castello e di San Benedetto. Il deflusso della falda si estende perpendicolarmente a questa direzione di alimentazione, dirigendosi sia verso lo Stagno di Molentargius ad est, che verso lo Stagno di Santa Gilla ad ovest. Nella zona di S. Benedetto, la falda risulta affiorante, tanto da far registrare allagamenti di scantinati ed imbibizione di murature. La falda ha le caratteristiche di una falda in pressione, a causa della compressione provocata dall'intensa urbanizzazione della città di Cagliari. L'elevata urbanizzazione dell'area ha inoltre ridotto l'infiltrazione di acqua meteorica, inibendo la ricarica degli acquiferi freatici. La circolazione idrica sotterranea è infatti mantenuta grazie all'apporto di acqua proveniente dalla rete idropotabile interrata, presente nel sottosuolo di Cagliari.

In merito alla qualità dei sistemi profondi, le acque di falda dell'area esaminata, un tempo sfruttate per uso idropotabile, attualmente sono sfruttate esclusivamente per scopi industriali e irrigui a causa sia delle elevate concentrazioni di nitrato riscontrate legate principalmente all'interazione con la rete fognaria nel settore est, sia a contaminazioni riconducibili a risalite del cuneo salino lungo le linee di costa.

Lo studio realizzato da Barrocu et alii (2010) nell'estate del 2005, sui livelli di falda e sulle caratteristiche chimico-fisiche di 96 pozzi e 10 piezometri, ha permesso di acquisire numerosi dati sulle caratteristiche delle falde ricadenti nell'area di interesse. L'elaborazione dei dati ha permesso di confermare quanto sottolineato ovvero, l'esistenza di uno spartiacque che divide la città di Cagliari e che si estende in direzione NNO-SSE dal Colle di San Michele fino al Monte Urpinu.

I dati geochimici hanno evidenziato, nei sistemi profondi, elevate concentrazioni in solfati e in modo localizzato elevate concentrazioni in ammonio, manganese e ferro. La presenza del nitrato è quasi sicuramente riconducibile, come anticipato precedentemente, a contaminazioni legate al sistema fognario. Le alte concentrazioni sono state riscontrate in due aree ben distinte: (i) nell'area più antica e popolata di Cagliari, ad ovest del sopracitato spartiacque partendo dal Colle San Michele sino al promontorio di Cala Mosca e (ii) lungo il settore nord orientale dello Stagno di Molentargius presso i centri storici di Selargius, Quartucciu e Quartu Sant'Elena. La sopracitata contaminazione con il sistema fognario faciliterebbe così l'instaurarsi di condizioni estremamente riducenti favorendo l'aumento delle concentrazioni di Fe e Mn in soluzione. Inoltre, tutto il settore prospiciente la linea di costa è risultato affetto da elevate concentrazioni in cloro dovute localmente ad intrusione marina, risalita di acque connate e interazioni con successioni salifere.

A carattere generale, Barrocu et alii (2010) hanno evidenziato la presenza di quattro principali famiglie geochemiche: acque bicarbonato-sodiche, bicarbonato-calciche, clorurato-sodiche e clorurato-calciche. Le facies clorurato sodiche e clorurato calciche, con concentrazioni in cloro superiori ai 150 ppm indicano la presenza di fenomeni di salinizzazione dovuti ad intrusione marina (Appello e Postma, 1994). Le facies clorurato-sodiche e bicarbonato-sodiche, con concentrazioni in cloro inferiori a 150 ppm, testimoniano invece ricariche di acque dolci in acquiferi inizialmente affetti da intrusione marina (fresheening). In conclusione la qualità delle acque profonde dell'area di Cagliari risulta estremamente influenzata dall'attività antropica, infatti, dove questa è risultata più intensa e radicata anche la qualità delle acque ne ha risentito negativamente.

8.1 Idrografia e pluviometria dell'area

L'idrografia di Cagliari è rappresentata ad occidente dai fiumi: Riu Mannu di S. Sperate, il Flumineddu, il Riu sa Nuxedda ed il Riu sa Traja. I primi due sono affluenti del Flumini Mannu e i loro bacini si sviluppano prevalentemente nell'attiguo Foglio Assemini; mentre i secondi sfociano nello Stagno di Cagliari - S. Gilla. Lo stagno di S. Gilla ha una superficie di circa 1500 ha e faceva parte di uno specchio d'acqua più grande: lo "Stagno di Cagliari", i cui immissari principali sono il Flumini Mannu e il Rio Cixerri. Tra il 1920 e il 1925 lo Stagno di Cagliari fu smembrato in tre parti, la più occidentale lo "Stagno di Capoterra" fu interrato e quella orientale, detta "delle Saline", fu ed è tuttora soggetta ad una forte concentrazione salina. Ad oggi rimane soltanto lo stagno di Santa Gilla.

Dal 1981 al 2010 le precipitazioni medie annue, misurate in corrispondenza della stazione meteorologica situata nell'aeroporto di Elmas, si attestano a 395,3 mm mediamente distribuite in 61 giorni di pioggia, con modesto picco tra autunno e inverno ed un minimo tra primavera ed estate. I dati termo-pluviometrici ottenuti dall' Idrografico della Sardegna, rilevati dal SISS per la stazione di Cagliari e ottenuti dalle medie di 85 anni di osservazioni, rilevano un valore medio annuale delle precipitazioni che raggiunge i 414,3 mm (Figura 18). L'andamento medio delle precipitazioni evidenzia che i mesi più piovosi sono ottobre, novembre, dicembre e gennaio, mentre giugno, luglio e agosto sono i mesi meno piovosi. Il mese più piovoso è dicembre con 59,7 mm mentre il più secco è luglio con 7,4 mm. L'anno più piovoso dal 1922 al 2009 risulta essere 1957 con 749,8 mm mentre il meno piovoso il 2001 con 153 mm.

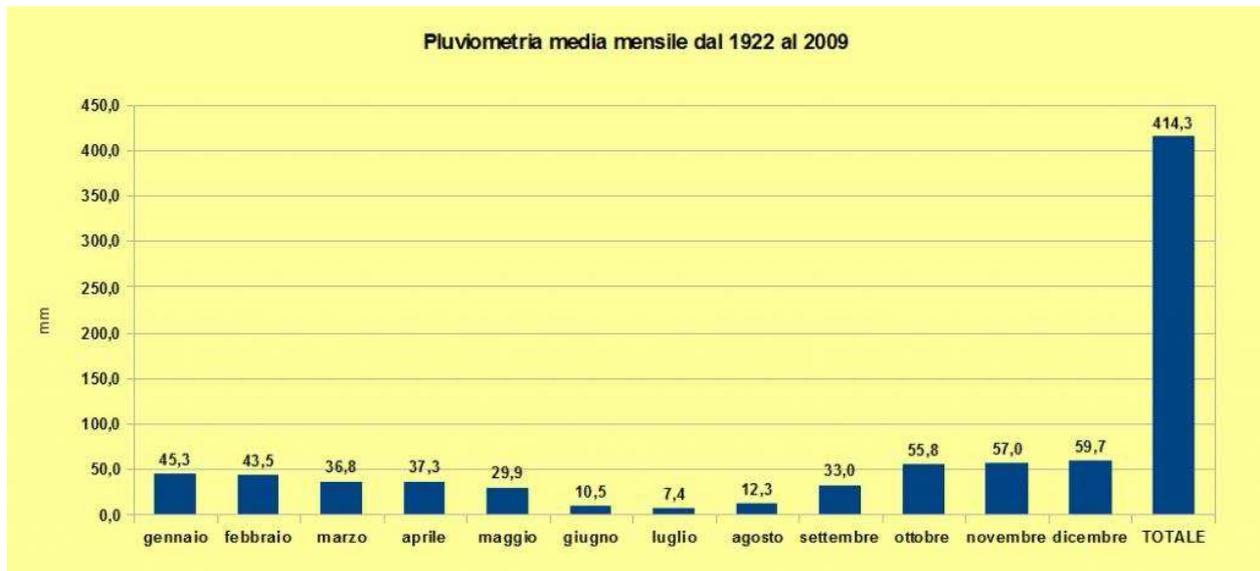


Figura 18. Precipitazione medie (dal 1922 al 2009) (da <http://www.sardegna-clima.it>)

8.2 Complessi idrogeologici

Nell'area in esame si possono definire tre complessi idrogeologici a comportamento omogeneo, dotati di caratteristiche di permeabilità relativa ben distinte (Tabella 5).

8.2.1 Complesso idrogeologico delle Argille di Fangario e delle Marne di Gesturi

Il complesso è costituito da argille e marne argillose e/o sabbiose grigio-giallastre, passanti ad arenarie marnose, contenenti brachipodi, echinidi, gasteropodi, cefalopodi, bivalvi, foraminiferi e nannoplanton. L'età risale al periodo Langhiano medio - Serravalliano inf. Le Marne di Gesturi sono costituite da marne arenacee e siltitiche giallastre, con intercalazioni di arenarie e calcari, contenenti faune a pteropodi, foraminiferi, molluschi e frammenti ittiolitici. La facies risale Burdigaliano sup. - Langhiano medio. Fanno parte del complesso anche i depositi quaternari palustri (limi ed argille limose grigio-scure, fanghi torbosi nerastri con abbondante frazione organica) dell'area continentale, che mostrano caratteri di permeabilità affini a quelli delle argille e delle marne. La permeabilità del complesso va da molto bassa a bassa, con significative variazioni di permeabilità, e questo complesso rappresenta l'acquicluda del sistema idrogeologico locale (Tabella 5).

8.2.2 Complesso idrogeologico delle Arenarie di Pirri

Il complesso, risalente al Periodo Serravalliano, è costituito da arenarie, arenarie marnose e/o siltose grigio-verdastre, calcareniti giallastre con molluschi, echinidi, foraminiferi planctonici; sabbie biancastre, lenti di conglomerati a clasti di metamorfiti paleozoiche. La permeabilità dell'ammasso va da medio-alta a molto alta (Tabella 5).

Secondo *Barrocu et alii* (1981) la formazione sabbioso-arenacea ha infatti una notevole conduttività idraulica per porosità. I valori di k , ottenuti su campioni indisturbati di sabbie più o meno argillose prelevate in scavi superficiali in

varie parti della città, sono dell'ordine di $10^{-3} + 10^{-4}$ cm/ sec. La conduttività sembra maggiore verso la base della serie, dove i sondaggi hanno rilevato la presenza di orizzonti essenzialmente costituiti da sabbie grossolane e ghiaie, e in corrispondenza delle zone a maggiore fratturazione che interessano la formazione.

8.2.3 Complesso idrogeologico dei depositi quaternari dell'area continentale

Il complesso è costituito da depositi di spiaggia (sabbie, ghiaie e calcareniti), alluvionali terrazzati (ghiaie grossolane con lenti e livelli di sabbie e/o limi ed argille prevalenti), eluvio-colluviali (detriti grossolani immersi in matrice sabbioso-siltosa), alluvionali (ghiaie da medie a molto grossolane prevalenti con lenti e sottili livelli di sabbia, sabbie prevalenti, limi ed argille prevalenti) e antropici (materiali di riporto e aree bonificate, rifiuti solidi urbani). Il complesso è dotato di permeabilità da medio-alta a molto alta (Tabella 5).

Complessi idrogeologici			Gradi di permeabilità (classi AFTES)			
			10 ⁻⁸ m/s	10 ⁻⁶ m/s	10 ⁻⁵ m/s	
N.	Unità litologiche	Contesto idrogeologico	K1 - da molto basso a basso	K2 - da basso a medio	K3 - da medio ad alto	K4 - da alto a molto alto
1	Arenarie di Pirri	Arenarie, arenarie marnose Permeabilità primaria da medio-alta a molto alta.				
2	Argille di Fangario e delle Marne di Gesturi	Argille, marne argillose e/o sabbiose grigio-giallastre, depositi palustri (limi ed argille limose grigio-scure, fanghi torbosi nerastri con abbondante frazione organica). Il complesso è dotato di valori di permeabilità, primaria, da molto bassi a bassi.				
3	Depositi quaternari dell'area continentale	I depositi continentali sono costituiti da depositi di spiaggia, alluvionali terrazzati, eluvio-colluviali, alluvionali e antropici. Il complesso è dotato di permeabilità da medio-alta a molto alta.				

Tabella 5. Suddivisione dei principali complessi idrogeologici riconosciuti.

8.3 Piezometri

Al fine di ricostruire l'andamento della superficie piezometrica lungo l'asse di tracciamento sono stati rintracciati i livelli di soggiacenza della falda (

Codice Sondaggio	Data rilevamento	Soggiacenza (m)			Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
181741 (BANCA DATI ISPRA)	OTT/1989	-28			15	25	10	1
181688 (BANCA DATI ISPRA)	GENN/1995	-30/-35			10	25	15	0,5
181733 (BANCA DATI ISPRA)	APR/2001	Pr.1 -30	Pr. 2 -54		10,63			1,5
193195 (BANCA DATI ISPRA)	DIC/2000	-22/-40			3,6	6	2,4	2,5
193204 (BANCA DATI ISPRA)	FEB/1990	Pr.1 -19 -20	Pr.2 -30 -31	Pr.3 -39 -40	8	23	15	1
193843 (BANCA DATI ISPRA)	GIU/1986	N.D.			9	38,6	29,6	N.D.
188207 (BANCA DATI ISPRA)	MAG/1996	-24/-24,5			9	50	41	0,5
S1 (TEC.AM SRL)	12/05/2009	-4			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
S2 (TEC.AM SRL)	12/05/2009	-3			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
S3 (TEC.AM SRL)	12/05/2009	-3,40			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
S2 (SIDERCEM SRL)	9-13/10/2015	-8			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
S7 (SIDERCEM SRL)	4-5/11/2015	-8			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
S18 (SIDERCEM SRL)	24-26/11/2015	-8			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
S27 (SIDERCEM SRL)	3-4/12/2015	-8			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
S37 (SIDERCEM SRL)	2-3/12/2015	-15			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
S42 (SIDERCEM SRL)	4-5/11/2015	-15			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
S47 (SIDERCEM SRL)	13-14/10/2015	-15			N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
S1 (GEOSERVING SRL)	19-20/02/2016	-7,50						
PEI1(GEOSERVING SRL)	19-20/02/2016	-2,38/-2,90						

Tabella 6), rinvenuti nei diversi sondaggi.

Tabella 6. Soggiacenza della falda misurata nei sondaggi delle diverse campagne d'indagine

9 ANALISI GEOLOGICO-TECNICA DEL TRACCIATO

9.1 Tratta da inizio lotto sino alla Pk 1+663.66

Il tratto iniziale del tracciato interessa il settore a nord del centro abitato di Cagliari e si sviluppa in leggero rilevato. L'opera principale del settore è costituita dallo svincolo per l'accesso all'area Urbana di Su Planu.

In asse al tracciato affiorano le coltri eluvio-colluviali (Co) comprendenti detriti grossolani immersi in una matrice sabbioso-siltosa, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti ed arricchiti in frazione organica. La potenza dei depositi varia da un massimo di 1.5 m fino alla totale scomparsa per lasciar posto ai sottostanti depositi alluvionali terrazzati (Dt). Anche questi ultimi mostrano potenze variabili (fino a 4 metri) e si ritrovano in affioramento per circa 40 metri fra la Pk 1+577 e la Pk 1+614.5. Le coltri e le alluvioni si ritrovano sovrapposte al bancone arenaceo e arenaceo marnoso ascrivibile alle Arenarie di Pirri (ADP).

Il pozzetto geognostico Pei1, realizzato durante la campagna 2016, conferma la presenza delle coltri detritiche superficiali nel caso specifico limoso-sabbiose di colore biancastro con varve di colore marrone.

I dati piezometrici disponibili indicano la presenza della falda a circa 2.8 m da p.c. come evidenziato dal pozzetto Pei1.

9.2 Dalla Pk 1+663.66 alla Pk 1+817.832

Nel tratto in esame, sviluppato sempre in leggero rilevato con altezze massime rispetto il piano campagna di circa 1 metro, si osserva, lungo l'asse di tracciamento, la graduale scomparsa della copertura eluvio-colluviale (Co) e dei depositi alluvionali terrazzati per lasciar posto alle Arenarie di Pirri (ADP) che come detto comprendono arenarie e arenarie marnoso-siltose grigio-verdastre, calcareniti giallastre; sabbie biancastre, lenti di conglomerati a clasti di metamorfiti paleozoiche con vario grado di elaborazione. Le potenze medie risultano di circa 18 metri. Al di sotto si ritrovano le Marne di Gesturi (GST) caratterizzate da Marne arenacee e siltitiche giallastre, con intercalazioni di arenarie e di calcari. I dati risultano confermati dal pozzetto ambientale dal pozzetto Pei2 e dal sondaggio S1 realizzati nella campagna 2016, posti a circa 1 km a est del tratto esaminato.

La ricostruzione della superficie di falda porta ad ipotizzare un graduale approfondimento della stessa, ricadente all'interno delle Arenarie di Pirri (ADP), sino ad una profondità stimata di circa 4m da p.c.

9.3 Dalla Pk 1+817.832 alla Pk 3+326

Il tratto in questione prevede un tracciato in rilevato, impostato prevalentemente sui depositi alluvionali sovrapposte alle Arenarie di Pirri (ADP). I sondaggi S1 ed S2 hanno evidenziato composizioni essenzialmente arenaceo limose per quest'ultima con cementazione variabile da bassa a media e potenze dell'ordine dei 10/15 metri. Al di sotto, come per la totalità del tracciato, si ritrovano le marne argillose compatte della formazione di Gesturi (GST).

Il progetto prevederà il potenziamento del quadrifoglio esistente e la ripresa del cavalcavia dalla Pk 3+020 alla Pk 3+080 di svincolo con la SS131dir.

I dati piezometrici disponibili indicano la presenza di una falda ricadente all'interno delle Arenarie di Pirri (ADP); in corrispondenza del sondaggio S1 (2016) è stata misurata a circa 7.5 m di profondità da p.c. e in corrispondenza del sondaggio S2 (2015) a circa 8 m di profondità da p.c..

9.4 Dalla Pk 3+326 alla Pk 4+816.53

Il rilevamento di campagna, i dati bibliografici acquisiti attraverso la banca dati dell'ISPRA hanno confermato la presenza di depositi recenti, costituiti prevalentemente da alluvioni terrazzate (Dt), potenti circa 4-5 m, poggianti sul substrato costituito dalle arenarie di Pirri (ADP) e dalle Marne di Gesturi (GST).

Dal punto iniziale fino alla PK 3+444 il tracciato stradale, che prevedrà anche la realizzazione di 1 svincolo (baracca Manna su Pezzu Mannu), risulterà impostato sulle coltri eluvio colluviali, con potenze via via decrescenti, passanti progressivamente ai depositi alluvionali terrazzati (Dt) i quali raggiungono potenze massime di 4 metri. Dalla PK 3+444 le coltri eluvio-colluviali lasciano il posto ai depositi alluvionali terrazzati per poi riaffiorare alla PK 4+448. Il sondaggio 181688 (ISPRA) conferma la sovrapposizione diretta fra i sopracitati (Dt) e i sottostanti livelli marnoso-siltosi ad alto grado di cementazione (GST) ad una profondità di circa 3 metri. Il settore esaminato prevedrà la realizzazione di un tracciato in rilevato con quote massime rispetto al piano campagna di circa 2 metri.

Nel tratto centrale, alla PK 4+125 è riportata una faglia diretta presunta (Faglia di Monastir).

E' possibile ipotizzare che la falda sia situata a circa 4-5m da p.c. al contatto tra ed i depositi terrazzati (Dt) e le marne del substrato che costituiscono un limite impermeabile.

9.5 Dalla Pk 4+816.53 alla Pk 5+670 (svincolo Policlinico/Università)

Il sondaggio S3 (2015) ha messo in evidenza che la tratta sarà impostata inizialmente sui depositi limoso-argillosi (bnc) per poi passare su formazioni prevalentemente sabbiose (bnb). Le due unità, afferenti alla formazione delle alluvioni terrazzate (Dt), si interdigitano progressivamente lungo il settore che va dalla PK 5+000 circa alla PK 5+030 e fanno registrare una potenza massima di circa 6.5 metri. Le due formazioni sopra descritte poggiano direttamente sulle Marne di Gesturi (GST).

Nel settore in esame la livelletta di progetto si discosta poco dalla quota di piano campagna; lungo il tratto considerato è prevista la realizzazione dello svincolo Policlinico/Università.

E' possibile ipotizzare la presenza di un sistema superficiale al contatto tra il substrato ed i depositi terrazzati (Dt).

Punti di maggiore criticità nella tratta sono costituiti dalle zone classificate come aree inondabili con pericolosità da piena Hi1 e Hi2 in corrispondenza dell'area circostante il Riu Salius.

9.6 Dalla Pk 5+670 alla Pk 6+275 (Viadotto del Monserrato)

In questo settore si prevede di realizzare un lungo tratto in rilevato e un viadotto (Viadotto del Monserrato) della lunghezza di circa 416 metri dalla PK 5+760 alla PK 6+176. In asse al tracciato affiorano prevalentemente i depositi terrazzati (Dt) ed alluvionali (Da); queste ultime, tra le Pk 5+775 e 5+825, poggiano direttamente sulle Marne di Gesturi

(GST). In corrispondenza di questo tratto sono stati effettuati i sondaggi S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11 e il pozzetto esplorativo Pz3 (2015) e il pozzetto esplorativo Pzi1 (2016).

Dalla Pk 5+825 la potenza dei depositi alluvionali diventa significativa, sino a raggiungere i 13 m di spessore; tali depositi sono caratterizzati da numerose variazioni di facies, come evidenziato dalle indagini eseguite (sondaggi S6, S8, S9 e S10) che confermano la presenza di lenti sabbiose (bnb) in un deposito a prevalente componente limoso-argillosa (bnc). I depositi alluvionali (Da), affioranti tra le Pk 6+060 e 6+200 circa, sono invece composte prevalentemente da ghiaie e sottili livelli di sabbia.

In merito al Viadotto, la Spalla ovest (Pk 5+760.20) risulterà impostata al contatto fra le sabbie limoso-argillose da poco a mediamente addensate (bnb e bnc) e le marne sottostanti (GST), le Pile 1 e 2 (Pk 5+792.20 e Pk 5+824.20), data la scomparsa relativa delle sovrastanti sabbie limoso-argillose (bnb e bnc), si ritroveranno imposte totalmente nelle Marne di Gesturi mentre, le restanti pile (settore centrale del viadotto) e la spalla Est esclusivamente nei sovrastanti depositi alluvionali terrazzati (Dt) costituiti da sabbie debolmente limose, limi sabbiosi debolmente argillosi e sabbie limose con ghiaia a clasti poligenici arrotondati.

In questa tratta è prevista anche la realizzazione dello svincolo di Monserrato.

Il log del sondaggio S7 evidenzia una falda a circa 8 m di profondità dal p.c..

Anche in questa tratta, i punti di maggiore criticità sono costituiti dalle zone classificate come aree inondabili con pericolosità da piena Hi1 e Hi2 in corrispondenza dell'area circostante il Riu Salius.

9.7 Dalla Pk 6+275 alla Pk 7+397 (Viadotto Selargius Ovest)

Lungo il settore esaminato si prevede di realizzare il secondo viadotto del progetto (Viadotto Selargius Ovest) che si estenderà per circa 288 metri tra le PK 6+981.40 e 7+269.40. In corrispondenza di questo tratto sono stati realizzati i sondaggi: S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19, S20, S21 (2015) e i pozzetti esplorativi: Pz4, Pz5 (2015) e Pzi4, Pzi5 (2016). Nel tratto in esame, lungo l'asse del tracciato in leggero rilevato, si osservano i depositi alluvionali terrazzati (Dt), le cui potenze raggiungono spessori superiori ai 20m (si osserva un inspessimento repentino, da Ovest verso Est, come testimoniato dai sondaggi S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19, S20 e S21 legato ad una paleomorfologia sepolta). In merito al Viadotto, sia le Spalle che le Pile saranno impostate interamente nei depositi alluvionali terrazzati (Dt) costituiti da sabbie, limi e ghiaie fini. Intorno alla PK 6+825 è prevista la realizzazione della sopraelevata per la presenza della ferrovia di Cagliari. Il progetto prevede inoltre la realizzazione dello svincolo Selargius Ovest.

Il log del sondaggio effettuato (S 18) riporta la presenza di falda a 8 m di profondità dal p.c.. Nella tratta in esame è stata ipotizzata la presenza di una falda residente all'interno delle coltri alluvionali, ad una profondità di circa 8-10m da p.c.; tuttavia, è possibile che vi siano anche altri sistemi, più superficiali, ospitati nei livelli più grossolani.

9.8 Dalla Pk 7+397 alla Pk 8+825 (Viadotto Selargius centro)

Come parte del transetto precedente anche il terzo viadotto (il Selargius Centro) ed il rilevato stradale in tutta la sua estensione (potenze massime del rilevato rispetto il piano campagna di circa 2.5m) risultano impostati nei depositi

alluvionali terrazzati (Dt) anche in questo caso con potenze che sfiorano i 25 metri. La sovrapposizione è confermata dai pozzetti Pzi6 (2016) e PZ7 (2015) che evidenziano composizioni per i depositi alluvionali terrazzati essenzialmente argilloso-limose debolmente sabbiose. Il viadotto si svilupperà per circa 423 metri tra le Pk 8+289.70 e le Pk 8+712.70. In prossimità del viadotto vi è la presenza del canale del Rio di Selargius con i relativi depositi alluvionali. La maggior parte delle Pile e le Spalle del viadotto verranno impostate nei depositi terrazzati alluvionali che, come confermato dai sondaggi S24, S25, S26, S27, S28, S29, S30, S31 e 32 (2015), risultano costituiti da ghiaie grossolane prevalenti, con lenti e livelli di sabbie e ghiaie fini. Le Pile 1, 2 e 3 (Pk 8+321.70, Pk 8+360.70 e Pk 8+392.70 rispettivamente) invece saranno impostate nei depositi alluvionali del Rio di Selargius. Il progetto prevede inoltre la realizzazione dello svincolo Selargius Centro.

Il log del sondaggio effettuato (S27) riporta l'evidenza di una falda a circa 8 m di profondità dal p.c..

I punti di maggiore criticità sono costituiti dalla fascia a pericolosità da piena Hi3, presente lungo il Rio di Selargius.

9.9 Dalla Pk 8+825 alla Pk 9+500 (Viadotto Selargius Est)

In questo tratto la realizzazione del rilevato interesserà i depositi alluvionali terrazzati (Dt). Il viadotto (Selargius Est) si estende per circa 320 metri dalla Pk 9+071.5 alla Pk 9+391.5. Le Pile e la Spalle verranno impostate interamente nei depositi alluvionali terrazzati. I sondaggi geognostici S33, S34, S35, S36, S37, S38 (2015) e il pozzetto esplorativo PZ7 confermano la presenza di ghiaie prevalenti, argilloso-limose nella porzione alta, con lenti e livelli di sabbie e ghiaie fini a stratificazione incrociata intercalate in sabbie e limi argillosi. I dati di profondi restituiscono per il (Dt) potenze per alcuni tratti di poco inferiori ai 25 metri. In corrispondenza di questo tratto è stato realizzato anche il sondaggio 183843 (indagini di bibliografia) alla PK 9 +460.00 circa.

Il settore compreso all'incirca tra le pk 8+325 e 8+375 ricade in un'area con pericolo da piena Hi3 (alta).

I dati di falda sono forniti dal sondaggio S 37 ad una profondità di 15 m dal p.c.

9.10 Dalla Pk 9+500 a fine lotto (PK 11+846.26) (Viadotto Quartucciu)

Il viadotto Quartucciu previsto per l'ultimo tratto in esame presenterà una lunghezza di circa 352 metri e si estenderà, dalla Pk 10+145.80 alla Pk 10+497.80. Lungo l'asse si riscontrano in prevalenza depositi alluvionali terrazzati di potenza compresa tra 16-18 metri sino alla Pk 10+450; da questo punto in poi gli spessori delle coltri alluvionali si riducono assestandosi intorno ai 10-11m sino alla Pk 11+325; successivamente si osserva una riduzione degli spessori sino alla chiusura dei depositi alluvionali alla Pk 11+510 dove vengono sostituiti dalle marne di Gesturi (GST).

Le Pile e le Spalle del viadotto saranno interamente impostate nei depositi alluvionali terrazzati caratterizzati da ghiaie grossolane prevalenti, con lenti e livelli di sabbie e ghiaie fini a stratificazione incrociata intercalate in sabbie e limi argillosi come confermato dai sondaggi S39, S40, S41, S42, S43, S44, S45, S46, S47 e S48 (2015) e i pozzetti Pei8 e Pzi8 (2016). In corrispondenza di questa tratta sono stati realizzati, inoltre, i pozzetti esplorativi Pz8, Pz9, Pz10 (2015) e Pzi9 e Pei9 (2016).

Nella tratta in esame saranno realizzati 3 svincoli principali: Svincolo Quartucciu, Svincolo S.S. n°125 (esistente e da modificare) e Svincolo S.S. n°125 Quartucciu Nord.

In prossimità del PK 11+048 è riportata una faglia diretta presunta ad alto angolo.

I log dei sondaggi effettuati (S 42 e S 47) riportano la presenza di una falda alla profondità di circa 15 m dal p.c..

