



# Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

## S.S. 131 di "Carlo Felice"

Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131  
dal km 108+300 al km 209+500  
Risoluzione dei nodi critici – 1° e 2° stralcio

### PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE CENTRALE PROGETTAZIONE

#### PROGETTISTI:

Dott. Ing. CARLO BOSMAN      Dott. Ing. ACHILLE DEVITOFRANCESCHI  
Ordine Ing. di Roma n. 16449      Ordine Ing. di Roma n. 19116  
Dott. Ing. ENRICO MITTIGA      Dott. Ing. FULVIO MARIA SOCCODATO  
Ordine Ing. di Roma n. 20228      Ordine Ing. di Roma n. 18861

#### IL GEOLOGO

Dott. Geol. STEFANO SERANGELI  
Ordine Geol. Lazio n. 659

#### IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Dott. Ing. GINEVRA BERETTA      Dott. Ing. ADRIANA CORCELLI  
Ord. Ing. Prov. RM n. 20458      Ord. Ing. Prov. RM n. 33764

#### COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Arch. ROBERTO ROGGI  
Ordine Architetti Prov. RM n° 10554

#### VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. ANTONIO SCALAMANDRE'

#### GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS

Dott. Ing. Carlo Bosman – Responsabile di progetto  
Dott. Ing. Gabriele Giovannini – Cartografia  
Dott. Ing. Ginevra Beretta – Ambiente  
Dott. Geol. Giuseppe Cardillo – Ambiente  
Dott. Ing. Adriana Corcelli – Ambiente  
Dott. Geol. Stefano Serangeli – Geologia  
Dott. Ing. Enrico Mittiga – Geotecnica  
Dott. Ing. Attilio Petrillo – Idraulica  
Dott. Ing. Gianfranco Fusani – Strade  
Dott. Ing. Francesco Primieri – Strade  
Geom. Claudio D'Arcangelo – Strade  
Dott. Ing. Alessandro Piccarreta – Opere civili  
Geom. Pietro Tomasiello – Opere civili  
Geom. Carmelo Zema – Espropri  
Dott. Ing. Pierluigi Fabbro – Interferenze  
Dott. Ing. Francesco Bezzi – Impianti  
Geom. Stefano De Masi – Computi e capitolati  
Geom. Marco Spinucci – Sicurezza  
Dott. Arch. Roberto Roggi – Sicurezza

#### RESPONSABILI DI SERVIZI INGEGNERIA

Dott. Ing. Fulvio Maria Soccodato – Territorio  
Dott. Ing. Alessandro Micheli – Geotecnica e Impianti  
Dott. Ing. Achille Devitofranceschi – Opere Civili  
Geom. Fabio Quondam – Computi e capitolati  
Dott. Geol. Serena Majetta

PROTOCOLLO

DATA

## GEOLOGIA E GEOTECNICA

### Relazione geologica

CODICE PROGETTO

PROGETTO      LIV. PROG.      N. PROG.

DPCA09    D    1401

NOME FILE

T00GE00GEORE11\_A

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. T00GE00GEORE11

A

--

D					
C					
B					
A	EMISSIONE	Febbraio 2015	Geol. S. SERANGELI	Geol. S. SERANGELI	Ing. A. MICHELI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

**INDICE**

<b>1. <u>Premesse</u></b>	<b>2</b>
<b>2. <u>Riferimenti normativi</u></b>	<b>5</b>
<b>3. <u>Inquadramento geografico</u></b>	<b>7</b>
<b>4. <u>Schema geologico generale</u></b>	<b>9</b>
<b>5. <u>Inquadramento geologico-strutturale dell'area di studio</u></b>	<b>13</b>
<b>6. <u>Successione stratigrafica e caratteri delle unità geologiche</u></b>	<b>16</b>
<b>7. <u>Schema Geomorfologico</u></b>	<b>21</b>
<b>8. <u>Schema Idrogeologico</u></b>	<b>24</b>
<b>9. <u>Sismicità</u></b>	<b>26</b>
<b>9.1 <u>Sismicità storica</u></b>	<b>26</b>
<b>9.2 <u>Pericolosità sismica</u></b>	<b>26</b>
<b>10. <u>Indagini geognostiche</u></b>	<b>30</b>
<b>11. <u>Modello Geologico di Riferimento</u></b>	<b>46</b>
<b>11.1 <u>Modello Geologico di dettaglio</u></b>	<b>48</b>
<b>12. <u>Bibliografia</u></b>	<b>61</b>

## **1. Premesse**

La presente relazione geologica fa parte della documentazione allegata al Progetto Definitivo degli interventi di "Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131 dal km 108+300 al km 209+500. Risoluzione dei nodi critici – 1° e 2° stralcio".

In particolare, questi interventi sono rappresentati dall'eliminazione delle intersezioni a raso presenti su tale arteria, realizzando n. 6 nuove infrastrutture di svincolo (intersezioni a livelli sfalsati), in località Paulilatino, Macomer, Mulargia, Bonorva, Cossoine e Codrongianos. Inoltre, è stata effettuata la verifica, ed il conseguente adeguamento, di tutti i 22 svincoli esistenti nella tratta d'interesse, nonché la riqualificazione delle strade provinciali S.P. 124 e 125, allo scopo di razionalizzare la viabilità secondaria compresa tra gli svincoli di Bonorva Sud e Cossoine. Sono parte ulteriore dell'intervento l'eliminazione o adeguamento di tutti gli accessi presenti che sono stati risolti con la riqualificazione e l'adeguamento di strade locali esistenti oltre la realizzazione di nuove viabilità accessorie.

Nella presente nota vengono inizialmente descritti i contesti geomorfologico, stratigrafico ed idrogeologico generali dell'area; successivamente vengono analizzati gli interventi in progetto dislocati lungo la S.S.131, in un tratto di circa 100 km, con particolare riferimento agli svincoli di nuova realizzazione, in corrispondenza dei quali si concentrano gli interventi progettuali più rilevanti, quali:

- Nuovo Svincolo di Paulilatino al Km 120+000
- Nuovo Svincolo di Mulargia-Macomer al Km 148+500
- Nuovo Svincolo di Bonorva Sud al Km 158+000
- Nuovo Svincolo di Bonorva Nord al Km 162+000
- Nuovo Svincolo di Cossoine al Km 166+000
- Nuovo Svincolo al Km 190+350.

Gli elementi necessari a tale scopo sono stati ricavati a seguito dell'esame della documentazione bibliografica disponibile per l'area in oggetto, con particolare riferimento alle diverse campagne d'indagine poste in essere dall'ANAS – Compartimento della viabilità per la Sardegna - nel corso della progettazione generale dell'adeguamento della nuova S.S.131, nonché dell'analisi diretta delle condizioni geologiche e geomorfologiche delle aree interessate dai diversi interventi.

In particolare, i dati geognostici presi in esame sono riferibili alle seguenti campagne d'indagine:

- Edilgeo s.r.l. – anno 1991 – tratto km 165+800 ÷ km 171+600;
- Ing. Piero Porcu – anno 1992 – tratto km 159+900 ÷ km 163+000;
- S.P.G. s.r.l. – anno 1997 – tratto km 107+000 ÷ km 119+000;
- Soiltecnica s.r.l. – anno 1997 – tratto km 121+500 ÷ km 158+900;
- Edilsuolo s.r.l. – anno 1997 – tratto km 138+800 ÷ km 147+600;
- Geotecno s.r.l. – anno 1997 – tratto km 164+600 ÷ km 197+700;
- Sardadrill s.r.l. – anno 1998 – tratto km 159+300 ÷ km 163+500;
- Micropali s.a.s. – anno 1998 – tratto km 162+300 ÷ km 162+700;
- Fondedile s.r.l. – anno 1998 – tratto km 161+500 ÷ km 162+300;
- Tea Territorio e Ambiente s.r.l. – anni 1997, 1998 – km 140+000 ÷ km 144+200 e anno 1999 – tratto km 205+000 ÷ km 209+000;
- Geo Lavori s.r.l. – anno 1999 – tratto km 203+200 ÷ km 205+000;
- Sigeco s.r.l. – anno 2005 – tratto km 123+300 ÷ km 126+700 e tratto km 139+800 ÷ km 146+600;
- Ageco s.r.l. – anno 2011 – tratto km 192+500 ÷ km 192+900;
- P.L.P. s.n.c. – anno 2012 – tratto km 192+000 ÷ km 193+500;

La documentazione ad esse relativa è riportata negli elaborati "Documentazione indagini geognostiche" e "Documentazione indagini geofisiche", accompagnati dalla relativa planimetria di ubicazione delle indagini (generale e di dettaglio per gli interventi principali) e dagli elaborati raggruppati i certificati delle prove di laboratorio dei campioni prelevati durante l'esecuzione dei sondaggi.

Inoltre, ai fini di ricostruire le condizioni stratigrafiche di dettaglio e caratterizzare dal punto di vista geotecnico le litologie presenti in relazione agli interventi in progetto, sono state programmate apposite indagini geognostiche e geofisiche con relative prove di laboratorio, ubicate esattamente in corrispondenza delle opere d'arte più importanti.

La presente nota fa specifico riferimento ai seguenti elaborati:

- "Carta geologica e geomorfologica generale" (n.16 tavole), in scala 1:10.000;
- "Planimetria ubicazione indagini" (n.16 tavole), in scala 1:10.000;
- "Carta idrogeologica" (n.16 tavole), in scala 1:10.000;

Inoltre per ogni opera principale quali svincoli di nuova realizzazione e ponti sulle viabilità secondarie sono stati prodotti i seguenti elaborati.

- "Carta geologica e geomorfologica di dettaglio", in scala 1:2.000 o 1:1.000;
- "Planimetria ubicazione indagini", in scala 1:2.000 o 1:1.000;
- "Sezioni geologiche", in scala 1:1.000;

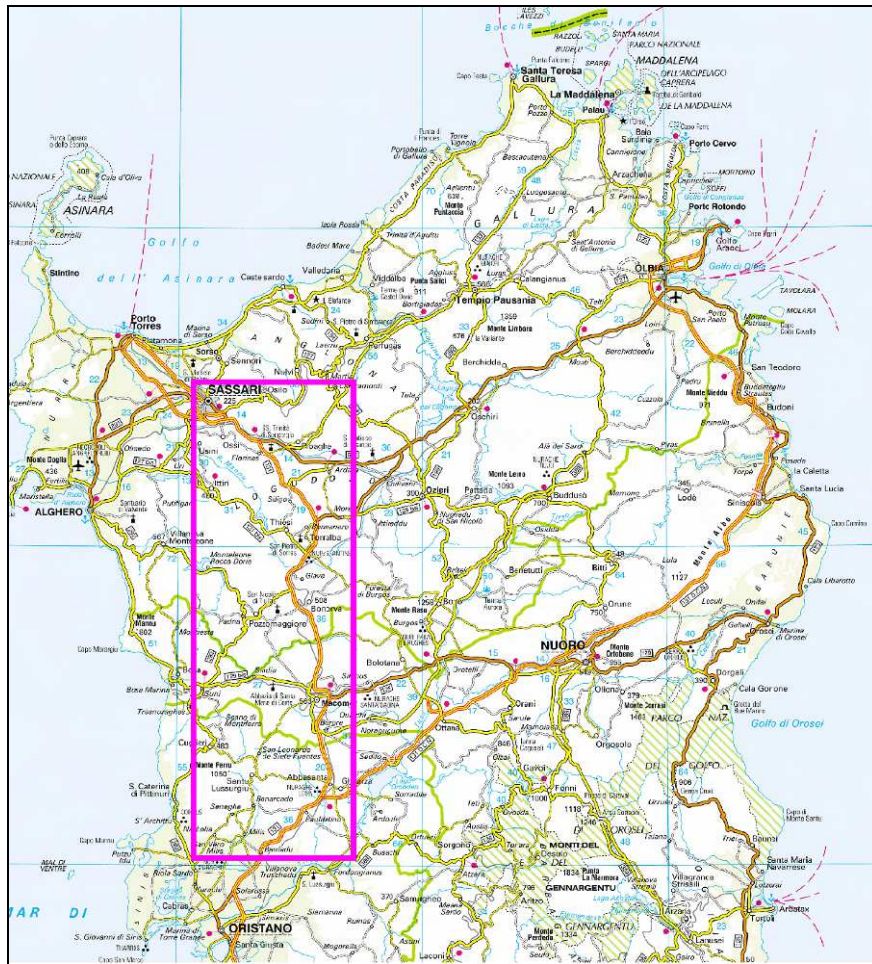
## **2. Riferimenti normativi**

- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»".
- D.M. 14/01/2008 - "Nuove Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare Ministero dei LL.PP. 02/02/09 n. 617 - Istruzione per l'applicazione delle "Nuove Norme tecniche per le costruzioni";
- D. Lgs. n.163 del 12 aprile 2006: "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE".
- D.P.R. 21 dicembre 1999 n. 554 "Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici 11 febbraio 1994, n.109 e successive modificazioni".
- D.M. 11/03/88 - Istruzioni per l'applicazione delle "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";
- Circolare ministeriale LL.PP. 24/09/88 n. 30483 - "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";
- Interventi sulla rete idrografica e sui versanti. Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6, ter D.L. 180/98 e successive modifiche ed integrazioni. Variante adottata con deliberazione del Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 2 del 25.02.2010;
- Eurocodice 7.1 (1997): Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. UNI;

- Eurocodice 7.2 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI;
- Eurocodice 7.3 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI;
- Eurocodice 8 (1998).

### **3. Inquadramento geografico**

La S.S. 131 "Carlo Felice" costituisce il principale collegamento viario della Sardegna. Essa si sviluppa in direzione Sud-Nord da Cagliari a Porto Torres, per un'estensione di circa 235 km, collegando i centri abitati più importanti dell'isola.



**Figura 1 – Ubicazione dell'area di intervento**

La porzione di tracciato dove ricadono gli interventi in progetto si sviluppa dalla zona a nord di Oristano, al km 108+300, fino alla città di Sassari, al km 209+500, per una lunghezza di circa 101 km, attraversando ben 21 territori comunali diversi, ricadenti nelle province di Oristano, Nuoro e Sassari.



In questo tratto il tracciato segue una direzione circa Sud-Nord, da latitudine di circa 40°00' a circa 40° 43'.

Le tavole della CTR al 10.000 della Regione Sardegna, in cui ricade il tratto di S.S. 131 di interesse progettuale, sono (da sud verso nord): 528040 "Zeddiani"; 514060 "San Vero Milis"; 515130 "Bauladu"; 515090 "Santa Cristina"; 515100 "Paulilatino"; 515060 "Abbasanta"; 515020 "Cantoniera Ponte Merchis"; 498140 "Borore"; 498100 "Macomer"; 498060 "Stazione di Campeda"; 498020 "Padru Mannu"; 480140 "Bonorva"; 480130 "Cossoine"; 480090 "Campu Giavesu"; 480100 "Giave"; 480060 "Bonannaro"; 480010 "Banari"; 460130 "Campu Lasari"; 460090 "Ploaghe"; 459120 "Ossi"; 459080 "Laghi Bunnari"; 459110 "Usini"; 459070 "Sassari".

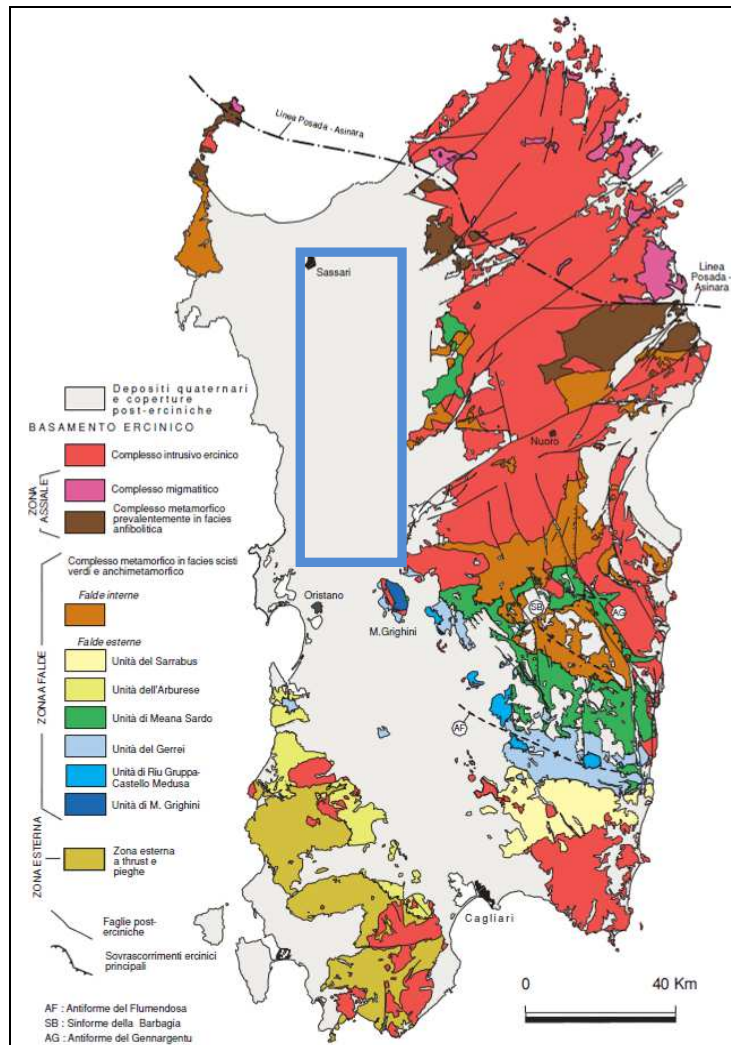
#### ***4. Schema geologico generale***

Le caratteristiche geologico-strutturali dell'area di interesse progettuale derivano dai numerosi e complessi eventi geologici che hanno interessato l'intera isola, in particolare nell'Era paleozoica ma anche in quella cenozoica e, relativamente all'area in esame, soprattutto mesozoica.

La struttura fondamentale del basamento sardo ha avuto origine dall'Orogenesi ercinica, conseguentemente ad una collisione associata a subduzione di crosta oceanica e metamorfismo di alta pressione (1<sup>a</sup> fase, Siluriano) seguita da una collisione continentale che ha prodotto ispessimento crostale, magmatismo e metamorfismo (2<sup>a</sup> fase, Devoniano-Carbonifero).

La collisione continentale, che successivamente ha determinato la formazione della catena ercinica, è ricostruibile come segue.

- Un margine sovrascorrente del continente armoricano è rappresentato dal *Complesso metamorfico di Alto Grado*, affiorante nella Sardegna settentrionale ed in Corsica. Esso costituisce la parte più interna della catena ed è formato da migmatiti e gneiss migmatitici in facies anfibolitica; sono presenti inoltre, all'interno di sporadici affioramenti di metabasiti, delle paragenesi relitte in facies eclogitica.
- Il margine sottoscorrente della placca del Gondwana è rappresentato dal *Complesso metamorfico di Basso e Medio Grado* affiorante nella Sardegna centrale, centrorientale e nella Nurra settentrionale; si tratta di un metamorfismo progrado che varia da sud verso nord dalla facies a scisti verdi a quella anfibolitica.



**Figura 2 - Principali elementi strutturali del basamento ercinico sardo (fonte: Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, Geologia della Sardegna). Il riquadro blu indica l'area di interesse progettuale**

I due complessi appena descritti sono separati da un contatto tettonico, costituito dalla «linea Posada-Asinara», interpretato come un segmento della sutura ercinica sud-europea. Si tratta di una fascia milonitica con frammenti di crosta oceanica (le stesse metabasiti sporadicamente presenti anche nel Complesso di Alto Grado, più a nord) che dalla foce del fiume Posada attraversa tutta la Sardegna settentrionale fino all'Isola dell'Asinara.

Le coperture del margine sottoscorrente (ossia del *Complesso di Basso e Medio Grado*) rappresentate dalle sequenze sedimentarie e vulcaniche del Cambriano-Carbonifero

inferiore sono scollate dal loro basamento e accumulate in una pila di falde, compresa tra la «linea Posada-Asinara» e la *Zona Esterna* della catena, costituita dal Sulcis-Iglesiente.

Le differenze di carattere strutturale e stratigrafico che caratterizzano questo alloctono permettono di suddividerlo in: a) una zona a Falde Interne, affioranti tra la «linea Posada-Asinara» e la Barbagia; b) una zona a Falde Esterne, affioranti tra la Barbagia e l'Arburese-Iglesiente-Sulcis nord-orientali.

Le rocce metamorfiche delle Falde Interne, malgrado derivino dalle stesse successioni presenti nella Sardegna centro-meridionale (cioè nelle Falde Esterne), sono caratterizzate da un più alto grado metamorfico, dalla scarsità di vulcaniti ordoviciane e di calcari siluriano-devoniani. Le coperture metasedimentarie e metavulcaniche delle Falde Esterne costituiscono la parte più esterna dell'alloctono e sono state messe in posto da NE verso SW nell'avanfossa della catena durante il Carbonifero inferiore (Viseano). Infine, le sequenze sedimentarie paleozoiche della Zona Esterna della catena ercinica, affioranti nel Sulcis-Iglesiente, sono caratterizzate da pieghe ad elevata inclinazione e metamorfismo regionale di bassissimo grado, aventi direzione EW e NE.

Successivamente, il basamento sardo è stato interessato da una inversione postcollisionale della tettonica, da compressiva a distensiva, che nelle zone interne dell'orogene (Sardegna settentrionale) ha avuto inizio probabilmente più precocemente nel Carbonifero inferiore, mentre nella Sardegna centromeridionale ha avuto luogo tra il Carbonifero superiore (Westfaliano) e il Permiano allorché, al termine della convergenza, il collasso gravitativo ha coinvolto tutta la crosta inspessita.

Il complesso intrusivo orogenetico, indicato come «batolite sardo», in affioramento, ha un'estensione di circa 6000 km<sup>2</sup> ed è costituito da un'associazione plutonica calcicalina

caratterizzata da un'estrema eterogeneità composizionale in cui sono rappresentati gabbri, dioriti, tonaliti, granodioriti, monzograniti.

Il passaggio dal Paleozoico al Mesozoico nelle medesime condizioni ambientali ha reso problematica, soprattutto per la scarsità di fossili in quei livelli, una dettagliata suddivisione stratigrafica.

Nel prosieguo dell'Era cenozoica la Sardegna, pur conservando il carattere cratonico instauratosi dall'inizio dell'Era mesozoica, subisce i riflessi del ciclo orogenico alpino che ha causato la fratturazione del basamento paleozoico ed il parziale piegamento e dislocamento delle sequenze sedimentarie mesozoiche.

In questa fase in Sardegna si possono individuare quattro cicli sedimentari principali separati da lacune e discordanze stratigrafiche correlabili sia con fasi orogenetiche (Alpina e Pirenaica) sia con fasi distensive (apertura del bacino miocenico delle Baleari e del Tirreno settentrionale, apertura del Bacino pliocenico del Mar Tirreno meridionale).

La tettonica terziaria del basamento sardo-corso deve essere correlata con l'evoluzione dei tre margini che lo caratterizzano:

1. un margine collisionale con accrescimento di crosta oceanica, iniziato nel Cretaceo superiore, seguito da una distensione che per alcuni autori ha avuto inizio nell'Oligocene, secondo altri nel Miocene inferiore;
2. un margine passivo con una fase di *rifting* e un moto di deriva e rotazione del blocco sardo-corso (Burdigaliano), da associare all'apertura del Bacino delle Baleari e del Mar Tirreno settentrionale;
3. un margine passivo riferibile al Miocene superiore-Pliocene, associato all'apertura del Mar Tirreno meridionale.

## **5. Inquadramento geologico-strutturale dell'area di studio**

In Sardegna, l'Eocene medio segna l'inizio di un periodo di grande instabilità tettonica che comprende anche una importante fase di accorciamento crostale (Carmignani et al., 1992). Durante questo periodo di instabilità vi è stata la deposizione di sedimenti di ambiente prevalentemente continentale, di natura sedimentaria e magmatica, che affiorano abbondantemente nell'area di interesse progettuale. Tale successione sedimentaria è contemporanea a un'importante attività vulcanica calcalcalina, rappresentata da una varietà di prodotti effusivi ed esplosivi con composizione da basaltico-andesitica a riolitica. Le età radiometriche delle vulcaniti sono comprese tra 28 Ma e 15 Ma, anche se la maggior parte dei prodotti vulcanici è riferibile al Burdigaliano.

Questo potente complesso vulcano-sedimentario è in parte associato a una importante tettonica trascorrente, responsabile delle più evidenti strutture terziarie dell'area. Faglie trascorrenti sinistre orientate NE-SW caratterizzano tutta la Sardegna centro-settentrionale; esse risultano coniugate con un sistema di faglie destre di minore importanza orientate E-W. I sistemi di faglie trascorrenti, in parte ereditate dalle discontinuità meccaniche erciniche, individuano una direzione di raccorciamento con andamento meridiano.

Il vulcanismo oligo-miocenico sardo rappresenta uno degli eventi geologici più importanti del Mediterraneo occidentale. Nell'area di interesse progettuale esso è testimoniato dalla presenza di un'alternanza di andesiti e andesiti basaltiche (12), a composizione da basica ad intermedia ("Serie andesitica" Auct.), e di rioliti, riodaciti e daciti (11), a composizione da intermedia ad acida ("Serie ignimbritica", Auct.). Localmente, la successione vulcanica è attraversata da sistemi filoniani.

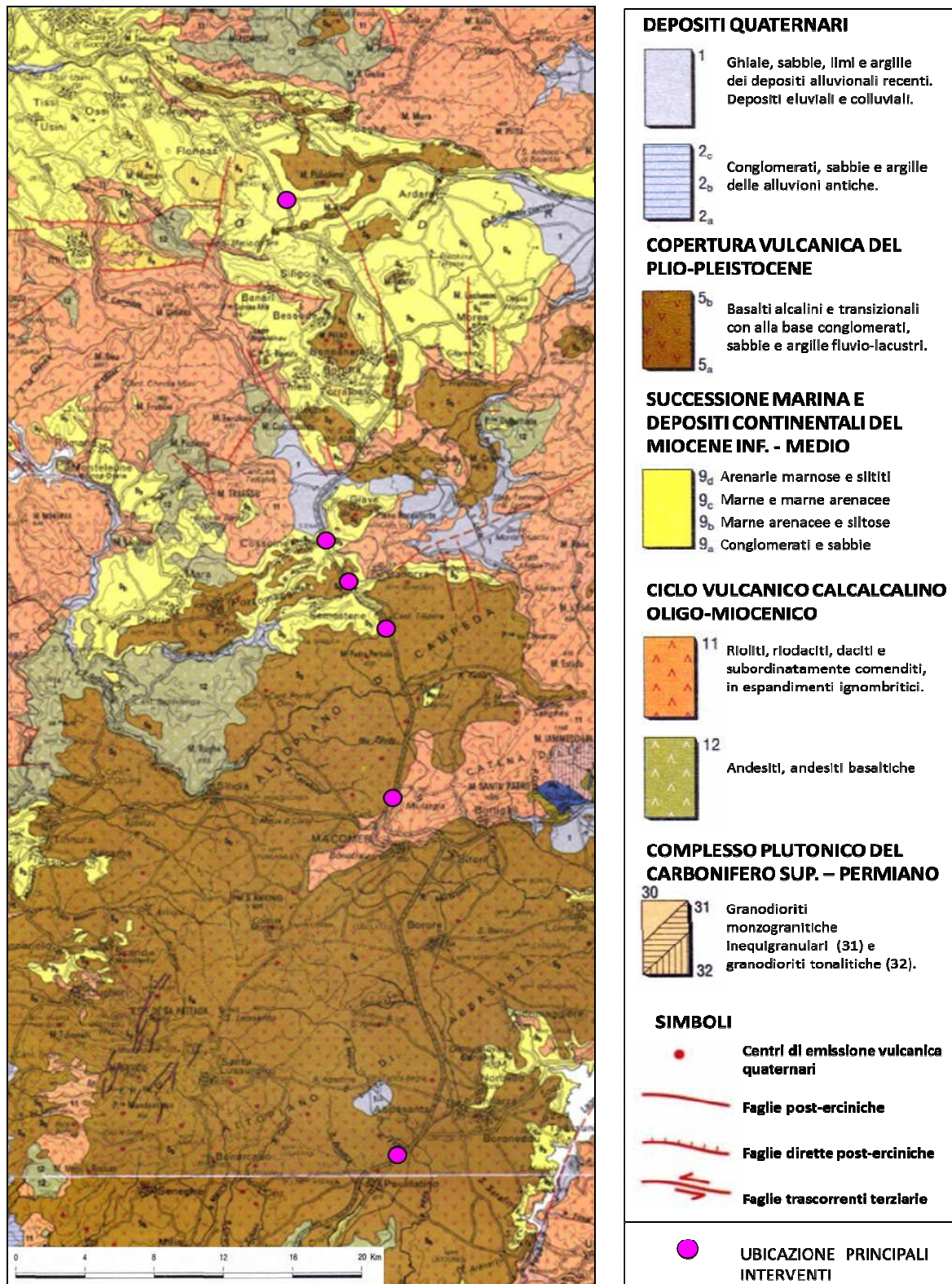


Figura 3 – Stralcio della Carta Geologica della Sardegna in scala 1:200.000, redatta a cura del Comitato per il Coordinamento della Cartografia Geologica e Geotematica della Sardegna con coordinatore L. Carmignani. I pallini fucsia individuano le aree dei principali interventi

A partire dal Burdigaliano superiore avviene una importante fase distensiva che genera una serie di fosse tettoniche ad andamento sub-meridiano; in esse si verifica una ampia trasgressione marina, con sedimentazione silicoclastica e carbonatica, che arriva fino al Serravalliano ("2° ciclo" sedimentario miocenico). Si tratta di una successione che inizia con conglomerati e arenarie (9a) e prosegue con depositi silicoclastici e carbonatici prevalentemente di ambiente marino (9b, 9c, 9d). La trasgressione è seguita da una facies regressiva e da una nuova pulsazione trasgressiva, caratterizzata da sedimentazione carbonatica di mare basso, che va dal Tortonianiano fino al Messiniano ("3° ciclo" miocenico).

La distensione continua anche nel Pliocene e, successivamente, nel Pleistocene, testimoniata principalmente dai grandi espandimenti plio-pleistocenici di basalti interplacca. Si tratta di prodotti ascrivibili ad un vulcanismo interplacca, costituiti essenzialmente da lave basaltiche, da alcaline ad alcaline-transizionali e sub-alcaline (5), affioranti abbondantemente nell'area di interesse progettuale.

Il Quaternario è rappresentato in gran parte da depositi di copertura del substrato in facies continentale, come alluvioni antiche (2a) o depositi di fondovalle (1).



## **6. Successione stratigrafica e caratteri delle unità geologiche**

L'area all'interno della quale si collocano gli interventi in progetto ricade nei Fogli n. 180 "Sassari", n. 193 "Bonorva", n. 206 "Macomer" e n. 217 "Oristano" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.

Lo schema stratigrafico adottato nel presente lavoro fa riferimento a quello proposto nel Progetto "Carta Geologica di base della Sardegna in scala 1:25.000" (Figura 3), messo a disposizione dalla Regione, che ha inteso realizzare una carta geologica omogenea ed estesa a tutta l'Isola, adeguata agli obiettivi di pianificazione del Piano Paesaggistico Regionale (PPR) e conforme alle indicazioni del Servizio Geologico d'Italia. La ricostruzione del Modello Geologico di Riferimento lungo il tratto di arteria in corso di adeguamento è stata, pertanto, effettuata a partire dai dati geologici di superficie, raccolti nel corso dei diversi sopralluoghi effettuati nell'area, integrati con quelli relativi alle diverse campagne geognostiche e geofisiche.

I terreni affioranti lungo il tratto studiato, pertanto, sono stati accorpati all'interno di 8 diversi complessi geologici, di natura da sedimentaria marina a continentale a vulcanica, a loro volta comprendenti diverse unità formazionali, che coprono un intervallo di tempo dal Cambriano all'Attuale, e di seguito elencati dal più antico al più recente.

### **Successione sedimentaria Oligo-miocenica del Logudoro-Sassarese:**

- **Formazione del Rio Minore (LRM).** Depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne con resti di piante, conglomerati, e calcari silicizzati di ambiente lacustre ("Formazione lacustre" Auct.). BURDIGALIANO;
- **Formazione di Mores (RES).** Calcareniti, calcari bioclastici fossiliferi. Calcari nodulari a componente terrigena variabile, con faune a gasteropodi (Turritellidi), ostreidi ed echinidi (Scutella, Amphiope) ("Calcari inferiori" Auct.) (RESa). Arenarie e conglomerati a

cemento carbonatico, fossiliferi e bioturbati. Intercalazioni di depositi sabbioso-arenacei quarzoso-feldspatici a grana medio-grossa, localmente ricchi in ossidi di ferro (Ardara-Mores) (RESb). BURDIGALIANO;

- **Formazione di Oppia Nuova (OPN).** Sabbie quarzoso-feldspatiche e conglomerati eterometrici, ad elementi di basamento paleozoico, vulcaniti oligomioceniche e calcari mesozoici (Nurra). Ambiente da conoide alluvionale e fluvio-deltizio. BURDIGALIANO MEDIO-SUP.;
- **Formazione di Borutta (RTU).** Marne, marne arenacee bioturbate e calcari marnosi, localmente in alternanze ritmiche. LANGHIANO;
- **Formazione di Florinas (LNS).** Sabbie quarzose-feldspatiche, biancastre, poco o nulla cementate, di ambiente fluvio-marino; alla base siltiti scure e conglomerati continentali. Sabbie prevalenti (a). Biocalcareni prevalenti (b). SERRAVALLIANO;
- **Formazione di Monte Santo (NST).** Calcari bioclastici di piattaforma interna, con rare intercalazioni silicoclastiche ed episodi biotermali; calcareniti. SERRAVALLIANO – TORTONIANO;

#### **Distretto vulcanico di Ottana:**

- **Unità di Bauladu (BDU).** Andesiti e andesiti basaltiche, talora autoclastiche, glomeroporfiriche, con fenocristalli di Px, Am, Bt; in cupole di ristagno, con associati depositi epiclastici. AQUITANIANO? – BURDIGALIANO;
- **Unità di Santa Vittoria (VTT).** Andesiti basaltiche e andesiti, porfiriche, pirosemico-anfibolitiche; in cupole di ristagno e colate, con associati prodotti epiclastici e sottili intercalari sedimentari ( $17,7 \pm 0,8$  Ma). AQUITANIANO? – BURDIGALIANO;

- **Unità di Monte Pramas (PAM).** Andesiti basaltiche e andesiti, ipocristalline, porfiriche per fenocristalli di Pl, Cpx, Opx, Am; in potenti colate talora autoclastiche e dicchi. BURDIGALIANO;
- **Unità di Sedilo (EDI).** Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, a chimismo riodacitico, pomiceo-cineritici, debolmente saldati, spesso argillificati, ricchi di pomici, con cristalli liberi di Pl, Sa, Bt, Qtz (K/Ar 19,4 ± 1 Ma, 1997). BURDIGALIANO;

#### **Distretto vulcanico di Bonorva:**

- **Unità di Macomer (OER).** Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, saldati, con strutture da vitroclastiche ad eutaxitiche; in bancate alternate a depositi piroclastici di flusso, caduta e di onda basale. (K/Ar 21,6±1,1 Ma: Lecca et alii, 1997). Intercalati livelli piroclastici di flow, fall e surge (OERb). BURDIGALIANO;
- **Unità di Monte Santu Padre (PDR).** Alternanza di depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica saldati, a chimismo da dacitico a riolitico, con cristalli liberi di Pl, Sa, Cpx, Bt, Mag, con struttura etaxitica, talora ricchi in litici poligenici. Alla base piroclastiti pomiceo cineritiche e livelli epiclastici (PDRa). BURDIGALIANO;
- **Unità di Chilivani (HVN).** Depositi di flusso piroclastico pomiceo-cineritici in facies ignimbrítica, debolmente saldati, spesso argillificati, ricchi in pomici, con cristalli liberi di Pl, Sa, Bt, Am; la componente clastica è poligenica ed eterometrica. BURDIGALIANO;
- **Unità di Bortigali (BGA).** Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, a chimismo riodacitico, con cristalli liberi di Pl, rari Sa e Am, con strutture eutaxitiche. (K/Ar 21,8 ± 1,1 Ma: Lecca et alii, 1997). BURDIGALIANO;

#### **Distretto vulcanico di Osilo-Castelsardo:**

- **Unità di Monte da Silva (ILV).** Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbrítica, pomiceo-cineritici, bianco-grigiastri, non saldati. BURDIGALIANO;

### **Basalti della Campeda-Planargia:**

- **Subunità di Campeda (BPL1).** Basalti più raramente andesiti basaltiche subalcaline, porfiriche per fenocristalli di Pl, Opx, Cpx e Ol. Basalti e trachibasalti debolmente alcalini, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx; in estese colate. PLIOCENE;
- **Subunità di Dualchi (BPL2).** Andesiti basaltiche subalcaline, porfiriche per fenocristalli di Pl, Cpx, Opx, Ol; in estesi espandimenti. Trachibasalti e basalti debolmente alcalini, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx. ?PLIOCENE – PLEISTOCENE;
- **Subunità di Funtana di Pedru Oe (BPL3).** Basalti debolmente alcalini e trachibasalti, a grana minuta, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Px; in estese colate. PLIOCENE SUP;
- **Subunità di Sindia (BPL4).** Basalti debolmente alcalini olocristallini, porfirici per fenocristalli di Ol, Pl, e rari xenocristalli quarzosi; in colate. Trachibasalti debolmente alcalini, olocristallini. PLIOCENE – PLEISTOCENE

### **Basalti del Logudoro:**

- **Subunità di Semestene (BGD2).** Hawaiiiti, porfiriche per fenocristalli di Ol e Cpx, Anl, con frequenti noduli peridotitici; in colate. ( $2,2 \pm 0,1$  Ma: Beccaluva et alii, 1981). Basaniti ad analcime, porfiriche per fenocristalli di Ol e Cpx. BURDIGALIANO;
- **Subunità di Monte Ruju (BGD3).** Basalti alcalini, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Cpx, e frequenti xenocristalli di Opx; rari xenoliti quarzosi a struttura granoblastica, frequenti noduli gabbrici e peridotitici. PLEISTOCENE MEDIO;
- **Subunità di San Matteo (BGD4).** Trachibasalti olocristallini, porfirici per fenocristalli di Pl, Cpx, Ol, con noduli gabbrici e peridotitici, e xenoliti quarzosi, in estese colate ( $0,7-0,2 \pm 1$  Ma). PLEISTOCENE MEDIO;

- **Subunità di Monte Poddighe (BGD5).** Basalti transizionali e subordinati basalti alcalini, afirici, ipocristallini, con noduli peridotitici, in limitate colate (0,2 Ma: Beccaluva et alii, 1981). PLEISTOCENE MEDIO;
- **Subunità di Punta Sos Pianos (BGD6).** Basalti alcalini generalmente olocristallini, debolmente porfirici per fenocristalli di Ol, Pl, Cpx, con xenoliti quarzosi. (0,14 ± 0,1 Ma: Beccaluva et alii, 1981). PLEISTOCENE MEDIO-SUP;

**Depositi pleistocenici dell'area continentale:**

- **Sintema di Portovesme – Litofacies nel Subsintema di Portoscuso (PVM2a).** Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. PLEISTOCENE SUP;

**Depositi quaternari dell'area continentale:**

- **Depositi palustri (e5).** Limi ed argille limose talvolta ciottolose, fanghi torbosi con frammenti di molluschi. OLOCENE;
- **Depositi di frana (a1a).** Corpi di frana antichi. OLOCENE;
- **Depositi di versante (a).** Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. OLOCENE;
- **Coltri eluvio-colluviali (b2).** Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica. OLOCENE;
- **Depositi alluvionali (bn).** Ghiaie, da grossolane a medie, stabilizzate. OLOCENE;
- **Coltri alluvionali (b-bb).** Ghiaie, da grossolane a medie, sciolte (b). Sabbie con subordinati limi e argille (bb). OLOCENE;
- **Depositi antropici (h1).** Materiali di riporto, aree bonificate, discariche minerarie. OLOCENE

## **7. Schema Geomorfologico**

Per la descrizione dei caratteri geomorfologici dell'area oggetto di studio è stato preso in considerazione il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

Tale documento, redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, è stato approvato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006. Nella presente relazione è stata utilizzata principalmente la banca dati cartografica, consultabile sul sito istituzionale "Sardegna Geoportale", approvata con delibera n. 11 del 21.05.2012 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ed aggiornata alla data del 31.12.2011.

Le informazioni derivanti dalla suddetta cartografia sono state, inoltre, integrate con quelle provenienti dalla documentazione facente parte del Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) e del Progetto AVI (Aree Vulnerate Italiane).

Dall'esame della cartografia del P.A.I. della Sardegna, limitatamente alle aree interessate da Pericolosità per Frana, si è verificato che, lungo tutto il tracciato, sono distribuite tutte le quattro aree di pericolosità: Hg1 (pericolosità bassa), Hg2 (pericolosità media), Hg3 (pericolosità elevata), Hg4 (pericolosità molto elevata).

In particolare, di seguito si riporta la loro distribuzione lungo il tracciato, completata dalla descrizione dei dissesti catalogati nella documentazione facente parte dei due Progetti citati prima (IFFI e AVI):

- km 112 ÷ km 113: in tale settore, privo di interventi significativi, sono state delimitate quattro aree adiacenti, classificate come frane inattive all'interno del Progetto AVI.
- km 143: in prossimità dello svincolo di Macomer, nel settore a nord di esso, sono presenti tre fasce contigue caratterizzate da un grado di pericolosità crescente, a

partire da Hg1, per arrivare, spostandosi verso nord, ad Hg3. Il progetto dello svincolo, comunque, non interferisce con tali aree.

- km 147 ÷ km 148: lungo questo km ,ma non direttamente interessante gli interventi di progetto, è presente un'area classificata dal Progetto IFFI come soggetta a crolli e/o ribaltamenti diffusi. Nella parte più settentrionale di tale area, il tracciato di trova ad una distanza di circa 80 m rispetto a tale settore.
- km 159 ÷ km 162: lungo tale tratta sono presenti aree classificate dal P.A.I. in tutti i quattro gradi di pericolosità; in particolare, lo svincolo di Bonorva sud ricade in prossimità di due fasce consecutive, Hg3 ed Hg4, poste lateralmente rispetto all'asse dell'infrastruttura, mentre esso è lambito superiormente da un'estesa area a pericolosità Hg4, che prosegue lungo il tracciato, interessando parte dell'asse di progetto di adeguamento della S.S. 124 e parte dello svincolo di Bonorva nord, posto al km 162. Quest'ultimo svincolo interferisce, inoltre, per brevi tratti, con le aree a pericolosità Hg2 ed Hg3. Tutt'intorno sono presenti altre aree soggette a classificazione dal P.A.I., non interessanti direttamente il progetto in esame. Ad ovest dello svincolo di Bonorva Sud, in corrispondenza delle aree Hg2, Hg3 ed Hg4, è segnalata dal P.A.I. una frana da crollo quiescente; tale tipologia di frana è presente, in due differenti settori dell'intervento di adeguamento della S.S. 124.
- km 165 ÷ km 166: in prossimità del km 165 vi sono quattro delimitazioni di aree classificate come Hg4, che, però, non interferiscono con gli interventi di progetto; il rilevato di attacco alla spalla del viadotto in progetto lungo 100 m, è lambito dal corpo di una frana quiescente da crollo. Più a nord, in corrispondenza dello svincolo di Cossoine (km 166), è presente una vasta area Hg2, che interessa, principalmente, la rotatoria di raccordo con la S.S. 292dir.

- km 171 ÷ km 173: in tale tratto, non interessato dalla realizzazione di opere importanti, vi sono fasce a pericolosità Hg2, Hg3 ed Hg4.
- km 173 ÷ km 177: anche lungo tale tratto, vi sono fasce PAI a pericolosità Hg3, ma soprattutto Hg4. In alcuni punti tali fasce interessano dei brevi tratti di ammodernamento dell'asse stradale esistente e di realizzazione di nuove piazzole. Alcuni settori Hg4 sono caratterizzati dalla presenza di aree di frana quiescente da crollo e da frane denominate puntuali.
- km 178 ÷ km 179: la aree Hg2 ed Hg4 sono, qui, più vaste ed interessano dei settori in ammodernamento del corpo stradale.
- km 181 ÷ km 186: in corrispondenza di tale tratto è stato segnalato, all'interno del progetto AVI, un corpo di frana inattiva, che, però, non interferisce con il progetto. In corrispondenza del km 186 è presente un esteso corpo franoso quiescente di tipo "frana da crollo", che non interferisce con nessun elemento progettuale.
- km 193 ÷ km 197: questo settore è caratterizzato di pericolosità diffusa di differente grado, da Hg1 ad Hg4; in particolare, l'adeguamento dello svincolo di Florinas interferisce, in corrispondenza della rampa di nuova realizzazione, con un'area a pericolosità Hg1. Tra i km 195 e 197 sono indicate delimitazioni di frane da crollo quiescenti non interferenti con il progetto; in prossimità del km 196, è stata individuata, un'area in frana ("frana di Florinas"), di recente riattivazione.
- km 199 ÷ km 201: lateralmente a tale tratto, privo di significativi interventi, a meno della realizzazione di nuove piazzole, sono presenti due fasce contigue Hg2 ed Hg4, quest'ultima segue la delimitazione di una frana da crollo quiescente.
- km 203 ÷ km 209: in quest'ultimo tratto, non interessato da realizzazione di svincoli o di opere importanti, si susseguono aree appartenenti a tutte le quattro



classificazioni P.A.I.. In particolare, in corrispondenza del km 203, è presente un'area Hg4 caratterizzata dalla presenza di un'importante frana attiva da crollo riconosciuta nei documenti P.A.I.. Tra i km 205 e 206, è individuata un corpo di frana inattivo di tipologia complessa.

### **8. Schema Idrogeologico**

Per quanto concerne l'idrografia superficiale, è da riscontrare la presenza di aree diffusamente estese, caratterizzate da un reticolo idrografico non particolarmente complesso, costituito, per lo più, da incisioni di modesti torrenti che costituiscono il drenaggio naturale dell'acqua durante le precipitazioni. L'andamento di questi torrenti è legato, essenzialmente, alla presenza di fratture di natura strutturale e, limitatamente, a fenomeni erosivi.

Oltre a tale reticolo idrografico sono presenti estese zone depresse palustri, che si incontrano in vari punti dell'area interessata dalla realizzazione delle opere in progetto.

Dal punto di vista idrogeologico, le formazioni presenti lungo tutto il tratto stradale interessato dalle opere di ammodernamento possono essere raggruppate in sette complessi idrogeologici con differenti caratteristiche:

Depositi olocenici alluvionali, palustri e detritici (bn, b, bb, b2, a, a1a, e5): in tale complesso idrogeologico sono racchiusi i terreni aventi una granulometria eterogenea, rappresentata da ciottoli e blocchi in matrice limo-sabbiosa ed i terreni costituenti le coltri eluvio colluviali e detritiche di modesto spessore. Le caratteristiche granulometriche di tali depositi, gli conferiscono dei valori di permeabilità variabili ed un grado di trasmissività ridotto in ragione dello spessore ridotto del volume saturo. Inoltre, la permeabilità riscontrabile è di tipo primario ( $1 \times 10^{-1}$  m/s ÷  $1 \times 10^{-3}$  m/s).

Complesso ghiaioso sabbioso pleistocenico (PVM2a): tale complesso comprende terreni ghiaioso-sabbiosi, caratterizzati da granulometria grossolana e media. La permeabilità dei terreni è di tipo primario ed ha valori elevati in relazione alla granulometria dei depositi ( $1 \times 10^{-3}$  m/s ÷  $1 \times 10^{-5}$  m/s).

Complesso dei basalti plio-pleistocenici (BGD, BPL): il complesso comprende terreni permeabili per fessurazione (permeabilità primaria e secondaria) con permeabilità complessiva da media a localmente medio-alta. Esso è caratterizzato da basalti fessurati e vacuolari, trachifonoliti, ignimbriti, rioliti, trachiti e tufi pomiceo-cineritici, del Quaternario, Pliocene ed Oligo-Miocene ( $1 \times 10^{-5}$  m/s ÷  $1 \times 10^{-7}$  m/s).

Complesso dei depositi piroclastici e andesitici oligo-miocenici (ILV, BGA, HVN, PDR, OER, EDI, PAM, VTT, BDU): i terreni appartenenti a questo gruppo sono andesiti e piroclastiti più o meno tufacee, caratterizzate da una permeabilità secondaria per fessurazione da bassa a medio-bassa ( $1 \times 10^{-6}$  m/s ÷  $1 \times 10^{-9}$  m/s).

Complesso carbonatico oligo-miocenico (NST, RES): i calcari bioclastici e le calcareniti appartenenti a questo complesso idrogeologico si presentano mediamente fratturati e/o carsificati, quindi con una permeabilità secondaria da media a medio-alta per fratturazione e carsismo ( $1 \times 10^{-3}$  m/s ÷  $1 \times 10^{-5}$  m/s).

Complesso detritico sabbioso oligo-miocenico (LNS, OPN, LRM): è costituito prevalentemente da sabbie quarzoso-feldspatiche, variamente cementate, con intercalazioni conglomeratiche e calcarenitiche. La permeabilità, di tipo primario, varia da medio-alta per porosità a localmente bassa ( $1 \times 10^{-5}$  m/s ÷  $1 \times 10^{-7}$  m/s).

Complesso marnoso oligo-miocenico (RTU): all'interno del complesso vi sono marne, marne arenacee e marne calcaree poco fratturate, la cui permeabilità per fratturazione (secondaria) è bassa o bassissima ( $1 \times 10^{-8}$  m/s ÷  $1 \times 10^{-10}$  m/s).

## **9. Sismicità**

### **9.1 Sismicità storica**

La sismicità della Regione Sardegna è assai bassa, come evidenziato da molti indicatori, quali l'evoluzione cinematica del Mediterraneo centrale, che secondo qualsiasi ricostruzione presente in letteratura, afferma che l'intero blocco sardo-corso è rimasto stabile negli ultimi 7 milioni di anni. Il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (versione CPTI11) (disponibile sul sito dell'INGV all'indirizzo: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>), che rappresenta il più completo e aggiornato database dei parametri macrosismici e strumentali dell'intero territorio nazionale, riporta, infatti, solo 2 eventi nel Nord della Sardegna, entrambi di magnitudo inferiore a 5 (nel 1924 e nel 1948). Si tratta, comunque, di eventi irrilevanti poiché di bassa energia.

### **9.2 Pericolosità sismica**

Esaminando gli aspetti relativi alla pericolosità sismica, essa può definirsi come *"grado di probabilità che si verifichi, in una determinata area ed in un determinato periodo di tempo, un evento sismico dannoso con l'insieme degli effetti geologici e geofisici ad esso connessi, senza alcun riguardo per le attività umane"*. L'analisi del livello di pericolosità distingue quindi due fasi: la definizione della pericolosità sismica di base, in condizioni di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria A), in assenza di discontinuità stratigrafiche e/o morfologiche; l'analisi della pericolosità locale, ossia della modificazione locale dello scuotimento sismico prodotta dalle reali caratteristiche del terreno, dalla successione litostratigrafia locale, dalle condizioni morfologiche, unitamente alla possibilità di sviluppo di effetti cosismici: fagliazione superficiale, fenomeni di densificazione,

fenomeni di liquefazione, cedimenti differenziali, instabilità dei pendii e frane indotte dal sisma, movimenti gravitativi profondi, tsunami, ecc.

Negli ultimi anni si sono succeduti provvedimenti normativi ed amministrativi per la definizione delle caratteristiche di pericolosità sismica locale. Con l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 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*", che rispondeva alla necessità di aggiornare gli strumenti normativi per la riduzione del rischio sismico, si stabiliscono i criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la nuova classificazione sismica dei comuni italiani, successivamente integrati e aggiornati dall'OPCM 3519/06. L'intero territorio nazionale viene suddiviso in 4 zone sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco  $a_g$  su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Gli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni sono stati rapportati alle 4 zone sismiche indicate dall'OPCM 3519/06.

ZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI ( $a_g$ )
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

Tale classificazione è basata su un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro  $a_g$  secondo i limiti amministrativi (criterio "zona dipendente"). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica del territorio nazionale" dell'Italia, elaborata secondo l'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006, n. 3519.

Sulla base di tale ordinanza, aggiornata al 16/01/2006 con le comunicazioni delle regioni, tutti i territori comunali in cui ricadono gli interventi in progetto sono stati classificati in zona 4 (sismicità irrilevante) (Figura 4).

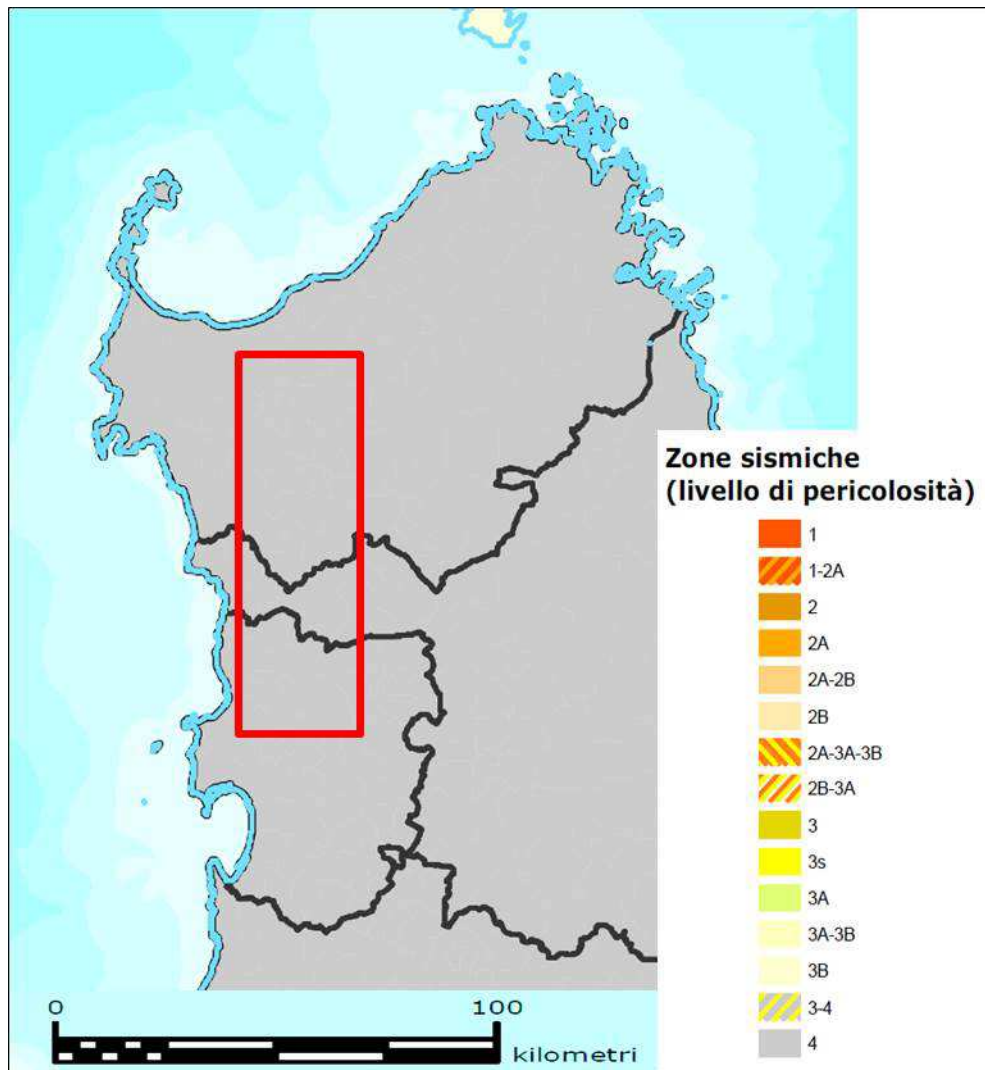


Figura 4 – Stralcio della Mappa di classificazione sismica nazionale, aggiornata al 2012, della Sardegna centro-settentrionale ([http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/class2012\\_02prov.pdf](http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/class2012_02prov.pdf))

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (accelerazione del moto del suolo, intensità al sito, spettro di sito) viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (riportato nella tabella

1 dell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008). La tabella 2 dell'Allegato B riporta i valori di  $a_g$ ,  $f_0$  e  $T_C$  per le isole (con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida e Capri), costanti su tutto il territorio di ciascuna isola. La Figura 5 riporta tale tabella, cui è necessario fare riferimento per tutti i comuni della Sardegna.

L'approccio "sito dipendente" della nuova normativa permette di riferirsi, per ogni costruzione, ad un'accelerazione di riferimento propria in relazione sia alle coordinate geografiche dell'area di progetto, sia alla vita nominale dell'opera stessa. In quest'ottica la classificazione sismica del territorio rimane utile, dal punto amministrativo, per la gestione pianificativa e di controllo dello stesso.

Isole	T <sub>R</sub> =30			T <sub>R</sub> =50			T <sub>R</sub> =72			T <sub>R</sub> =101			T <sub>R</sub> =140			T <sub>R</sub> =201			T <sub>R</sub> =475			T <sub>R</sub> =975			T <sub>R</sub> =2475		
	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T <sub>C</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T <sub>C</sub>
Arcipelago Toscano, Isole Egadi, Pantelleria, <b>Sardegna</b> , 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
Alliudii, 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

**Figura 5 – Tabella 2 dell'Allegato B delle NTC 2008 in cui vengono riportati i valori di  $a_g$ ,  $f_0$  e  $T_C$  per i diversi tempi di ritorno (TR) validi per tutte le isole ad eccezione della Sicilia, Ischia, Capri e Procida, e costanti sull'intero territorio di ciascuna isola.**

## **10. Indagini geognostiche**

Il tratto di arteria interessato degli interventi di adeguamento è stato oggetto, a varie riprese, nell'ambito dei progetti generali di ammodernamento dell'arteria, di attività di indagine geognostica. E' stata pertanto effettuata la raccolta, presso il Compartimento di Cagliari, di tutti i dati ad esse riferiti, comprendenti stratigrafie di sondaggi e di pozzetti geognostici, diagrammi di prove penetrometriche, prospezioni geofisiche, prove di laboratorio geotecnico e relativa documentazione fotografica. Tali indagini, opportunamente georeferenziate, hanno integrato le osservazioni provenienti dal rilevamento geologico di superficie, portando alla definizione del modello geologico di riferimento.

In totale, i dati raccolti comprendono:

- n. 343 perforazioni di sondaggio;
- n. 125 Pozzetti geognostici;
- n. 32 Stendimenti sismici a rifrazione;
- n. 70 Prove penetrometriche CPT e DPSH.

Nel dettaglio, essi sono riferibili alle seguenti campagne d'indagine:

### **Edilgeo srl (1991) – da Km. 165+800 a Km. 171+600**

- n. 2 Sondaggi
- n. 14 Pozzetti

Indagine		Profondità (m da p.c.)
Sondaggi	S12	7,0
	S13	7,0
Pozzetti	P1	1,6
	P2	1,3
	P3	2,5
	P4	0,8
	P5	2,3

Indagine		Profondità (m da p.c.)
Pozzetti	P6	2,5
	P7	3,0
	P8	2,4
	P9	1,9
	P10	2,3
	P11	2,3
	P12	2,0
	P13	3,0
	P16bis	1,7

• **Ing. Piero Porcu (1992) - da Km. 159+900 a Km. 163+000**

- n. 14 Sondaggi

Indagine		Profondità (m da p.c.)
Sondaggi	S1	42,2
	S2	27,2
	S3	23,0
	S4	32,7
	S5	19,6
	S6	26,5
	S7	20,5
	S8	21,0
	S9	20,0
	S10	20,1
	S11	20,6
	S12	7,7
	S13	5,3
	S14	11,6

• **S.P.G. srl (1997) – da Km. 107+000 a Km. 119+000**

- n. 38 Sondaggi
- n. 6 Pozzetti
- n. 7 Stendimenti sismici a rifrazione

Indagine		Profondità (m da p.c.)
Sondaggi	S11	20,0
	S12	20,0
	S14	20,0
	S15	20,0
	S16	20,0
	S17	20,0
	S18	20,0
	S19	20,0
	S20	15,0
	S21	15,0
	S22	15,0
	S23	15,0
	S24	15,0
	S25	15,0
	S26	15,0
	S27	15,0
	S28	20,0
	S29	15,0
	S30	15,0

Indagine		Profondità (m da p.c.)
Sondaggi	S31	20,0
	S32	20,0
	S33	20,0
	S34	21,0
	S35	20,0
	S36	22,0
	S37	22,0
	S38	20,0
	S39	21,0
	S40	20,0
	S41	20,0
	S42	20,0
	S43	20,0
	S44	20,0
	S45	20,0
	S46	21,0
	S47	20,0
	S48	23,2
	S49	25,0



Indagine		Profondità (m da p.c.)
Pozzetti	PE17	3,0
	PE18	3,0
	PE19	2,4
	PE20	2,7
	PE21	1,9
	PE22	2,0
Geofisica	Base A	L=110 m
	Base B	L=110 m
	Base C	L=110 m
	Base D	L=110 m
	Base E	L=110 m
	Base F	L=110 m
	Base G	L=110 m

• **Soiltecnica srl (1997) – da Km. 121+500 a Km. 158+900**

- n. 36 Sondaggi
- n. 35 Pozzetti
- n. 7 Stendimenti sismici a rifrazione

Indagine		Profondità (m da p.c.)
Sondaggi	F1dx	20,0
	F1sx	20,0
	F2dx	20,0
	F2sx	20,0
	F3dx	20,0
	F3sx	20,3
	F4dx	20,0
	F4sx	20,0
	F5dx	20,0
	F5sx	20,0
	F6dx	20,0
	F6sx	20,0
	F7dx	20,0
	F7sx	20,0
	F8A dx	20,0
	F8B dx	20,0
	F8A sx	20,0
	F8B sx	20,0

Indagine		Profondità (m da p.c.)
Sondaggi	F9dx	20,0
	F9sx	20,0
	F10dx	20,0
	F11dx	20,0
	F12sx	20,0
	F12A dx	20,0
	F12B dx	20,0
	F13dx	20,0
	F14dx	20,0
	F15dx	20,0
	F16dx	20,0
	F17dx	20,0
	F18dx	20,0
	F19dx	20,0
	F20A dx	20,0
	F20B dx	20,0
	F21A sx	20,0
	F21B sx	20,0

Indagine		Profondità (m da p.c.)
<b>Pozzetti</b>	PF1dx	2,0
	PF1sx	2,0
	PF2dx	1,7
	PF2sx	2,2
	PF3dx	2,3
	PF3sx	1,8
	PF4dx	2,5
	PF4sx	1,4
	PF5dx	1,1
	PF5sx	2,8
	PF6dx	0,45
	PF6sx	1,2
	PF7dx	2,0
	PF7sx	2,0
	PF8Adx	1,2
	PF8Asx	2,7
	PF8Bdx	1,0
	PF8Bsx	2,15

Indagine		Profondità (m da p.c.)
<b>Pozzetti</b>	PF9dx	2,6
	PF9sx	0,4
	PF10sx	2,0
	PF11dx	2,4
	PF11sx	2,0
	PF12dx	2,5
	PF12sx	0,7
	PF13dx	2,5
	PF14dx	0,6
	PF14sx	0,7
	PF15dx	0,6
	PF15sx	1,8
	PF16dx	0,6
	PF17sx	0,4
	PF18sx	0,5
	PF19dx	0,8
	PF19sx	0,5

Indagine		Profondità (m da p.c.)
<b>Prove Penetrometriche dinamiche</b>	PP1	1,7
	PP2	1,8
	PP3	2,1
	PP4	1,5
	PP5	1,5
	PP6	1,9
	PP7	2,0
	PP8	1,9
	PP9	2,1
	PP10	5,9
	PP11	5,2
	PP12	1,7
	PP13	1,9
	PP14	1,6
	PP15	1,5
	PP16	1,8
	PP17	1,7
	PP18	2,1
	PP19	2,2
	PP20	4,5
	PP21	3,7
	PP22	2,7
	PP23	4,5
	PP24	4,2
	PP25	3,1
	PP26	1,5
	PP27	1,5
	PP28	1,6

- **Edilsuolo srl (1997) – da Km. 138+800 a Km. 147+600**
  - n. 21 Sondaggi
  - n. 5 Stendimenti sismici a rifrazione

	Indagine	Profondità (m da p.c.)
<b>Sondaggi</b>	H1	18,3
	H2	15,0
	H3	15,5
	H4	18,0
	H5	20,0
	H6	20,0
	H7	20,5
	H8	20,4
	H9	17,0
	H10	20,0
	H11	30,0
	H12	30,0
	H13	35,0
	H14	40,0
	H15	55,0
	H16 (d.n.)	55,0
	H17 (d.n.)	80,0
	H18 (d.n.)	100,0
	H19 (d.n.)	120,0
	H20 (d.n.)	140,0
	H21 (d.n.)	160,0
<b>Geofisica</b>	Linea 1	L=230 m
	Linea 2	L=110 m
	Linea 3	L=110 m
	Linea 6	L=46 m
	Linea A	L=440 m

• **Geotecno srl (1997) – da Km. 164+600 a Km. 197+700**

- n. 70 Sondaggi
- n. 44 Pozzetti
- n. 30 Prove penetrometriche statiche CPT

	Indagine	Profondità (m da p.c.)
Sondaggi	SI1	25,0
	SI2	10,0
	SI3	10,0
	SI4	10,0
	SI5	11,3
	SI6	10,0
	SI7	10,0
	SI8	10,0
	SI9	10,0
	SI10	10,0
	SI11	11,8
	SI12	12,0
	SI13	13,5
	SI14	10,0
	SI15	10,0
	SI17	10,0
	SI18	10,0
	SI19	8,0
	SI20	10,0
	SI21	12,0
	SI22	15,0
	SI22bis	10,0
	SI23	20,0
	SI24	22,0
	SI25	15,0
	SI26	20,0
	SI27	12,5
	SI28	15,0
	SI29	13,5
	SI30	10,0
	SI31	10,0
	SI32	12,0
	SI33	12,0
	SI33bis	12,8
SI34	10,0	

	Indagine	Profondità (m da p.c.)
Sondaggi	SI35	10,0
	SI36	10,0
	SI37	10,0
	SI38	15,0
	SI39	20,0
	SI40	10,0
	SI41	10,0
	SI42	10,0
	SI43	15,0
	SI44	10,0
	SI44bis	10,0
	SI45	10,0
	SI46	10,0
	SI47	10,0
	SI48	10,0
	SI49	10,0
	SI50	10,0
	SI51	10,0
	SI52	10,0
	SI53	20,0
	SI54	10,0
	SI55	15,0
	SI56	20,0
	SI57	15,0
	SI58	15,0
	SI59	20,0
	SI60	13,0
	SI61	12,0
	SI62	15,0
	SI63	15,0
	SI64	10,0
	SI65	10,0
	SI66	10,0
	SI67	10,0
SI68	10,0	

	Indagine	Profondità (m da p.c.)
<b>Pozzetti</b>	Pz1	2,0
	Pz2	2,0
	Pz3	2,4
	Pz4	2,4
	Pz5	2,0
	Pz6	2,0
	Pz7	2,0
	Pz8	1,3
	Pz9	2,0
	Pz10	0,5
	Pz11	0,6
	Pz12	2,3
	Pz13	2,4
	Pz14	2,0
	Pz15	2,0
	Pz16	2,0
	Pz17	2,3
	Pz18	2,3
	Pz19	2,0
	Pz20	2,0
	Pz21	1,2
	Pz22	1,2

	Indagine	Profondità (m da p.c.)
<b>Pozzetti</b>	Pz23	1,0
	Pz24	2,1
	Pz25	2,0
	Pz26	0,3
	Pz27	0,7
	Pz28	0,7
	Pz29	2,4
	Pz30	2,3
	Pz31	2,4
	Pz32	2,0
	Pz33	2,4
	Pz34	2,3
	Pz35	1,3
	Pz36	2,3
	Pz37	1,0
	Pz38	2,3
	Pz39	0,9
	Pz40	2,0
	Pz41	2,0
	Pz42	2,4
	Pz43	2,0
	Pz44	1,5

	Indagine	Profondità (m da p.c.)
<b>Prove Penetrometriche statiche CPT</b>	CPT1	3,0
	CPT2	3,6
	CPT4	2,6
	CPT5	14,8
	CPT6	13,8
	CPT7	15,8
	CPT8	10,8
	CPT9	9,8
	CPT9b	3,8
	CPT10	8,8
	CPT11	5,8
	CPT12	10,6
	CPT13	11,0
	CPT14	11,8
	CPT15	12,8
	CPT16	2,0
	CPT17	6,8
	CPT18	4,8
	CPT19	7,8
	CPT20	10,2
	CPT21	8,6
	CPT22	7,8
	CPT23	7,6
	CPT24	7,4
	CPT25	11,2
	CPT26	7,0
	CPT27	7,8
	CPT28	9,4
	CPT29	7,8
	CPT30	4,2

• **Sardadrill srl (1998) - da Km. 159+300 a Km. 163+500**

- n. 8 Sondaggi
- n. 5 Stendimenti sismici a rifrazione

Indagine		Profondità (m da p.c.)
Sondaggi	S1	20,0
	S2	20,0
	S3	20,0
	S5	18,0
	S6	20,0
	S35	20,0
	S36	20,0
	S38	16,0

Indagine		Profondità (m da p.c.)
Geofisica	Base A	L=110 m
	Base B	L=110 m
	Base C	L=110 m
	Base D	L=110 m
	Base E	L=110 m

• **Micropali sas (1998) - da Km. 162+300 a Km. 162+700**

- n. 7 Sondaggi
- n. 4 Prove penetrometriche

Indagine		Profondità (m da p.c.)
Sondaggi	S28	40,0
	S28A	15,0
	S29	30,0
	S30	45,0
	S32	35,0
	S33	20,0
	S34	25,0
Prove Penetrometriche	PP1	1,8
	PP2	2,6
	PP3	4,8
	PP4	1,8

• **Fondedile srl (1998) - da Km. 161+500 a Km. 162+300**

- n. 8 Sondaggi
- n. 7 Prove penetrometriche

	Indagine	Profondità (m da p.c.)
<b>Sondaggi</b>	S7	30,0
	S9	30,0
	S11	30,0
	S13	40,0
	S15	40,0
	S15a	30,0
	S26	30,0
	S26a	28,0
<b>Prove Penetrometriche</b>	PP1	1,6
	PP2	1,4
	PP3	1,4
	PP4	0,8
	PP5	0,8
	PP6	1,0
	PP7	1,0

• **Tea srl (1997/1998) - da Km. 140+000 a Km. 144+200**

- n. 22 Sondaggi
- n. 3 Stendimenti sismici a rifrazione

	Indagine	Profondità (m da p.c.)
<b>Sondaggi</b>	SG1	15,0
	SG2	11,6
	SG3	13,7
	SG4	15,0
	SG5	20,0
	SG6	20,0
	SG7	20,0
	SG8	20,0
	SG9	20,0
	SG10	21,0
	SG11	20,0
	SG12	25,0
	SG13	30,0
	SG14	30,0

	Indagine	Profondità (m da p.c.)	
<b>Sondaggi</b>	SG15	35,0	
	SG16	40,0	
	SG17	60,0	
	SG18 <del>d.o.</del>	60,0	
	SG19 <del>d.o.</del>	110,0	
	SG20 <del>d.o.</del>	140,0	
	SG21 <del>d.o.</del>	150,0	
	SG22 <del>d.o.</del>	170,0	
	<b>Geofisica</b>	Linea A	L=440 m
		Linea 4	L=230 m
Linea 5		L=46 m	

• **Tea srl (1999) - da Km. 205+000 a Km. 209+000**

- n. 32 Sondaggi

	Indagine	Profondità (m da p.c.)
<b>Sondaggi</b>	Ss1	20,0
	Ss2	20,0
	Ss3	20,8
	Ss4	20,0
	Ss5	25,0
	Ss6	20,0
	Ss7	20,0
	Ss8	20,0
	Ss9	20,0
	Ss10	20,0
	Ss11	40,0
	Ss12	40,0
	Ss13	45,0
	Ss14	41,0
	Ss15	21,0
	Ss16	29,7
	Ss17	39,8
	Ss18	35,8
	Ss19	20,6
	Ss20	45,0
	Ss22	45,0
	Ss23	24,8
	Ss24	25,0
	Ss25	25,0
	Ss27	25,0
	Ss28	30,0
	Ss29	30,0
	Ss30	30,0
	Ss31	25,0
	Ss32	42,0
	Ss33	20,0
	Ss34	20,0



- **Geolavori srl (1999) - da Km. 203+200 a Km. 205+000**

- n. 17 Sondaggi
- n. 2 Prove penetrometriche

	Indagine	Profondità (m da p.c.)
Sondaggi	S1	20,0
	S2	15,0
	S3	20,0
	S4	15,0
	S5	10,0
	S6	10,0
	S7	50,0
	S8	48,0
	S9	48,0
	S10	58,0
	S11	60,0
	S14	80,0
	S15	62,2
	S17	40,0

- **Sigeco srl (2005) - da Km. 123+300 a Km. 126+700 e da Km. 139+800 a Km. 146+600**

- n. 56 Sondaggi
- n. 2 Stendimenti sismici a rifrazione

Indagine		Profondità (m da p.c.)
Sondaggi	S1 (lotto 6)	15,0
	S2 (lotto 6)	10,0
	S1	10,0
	S2	10,0
	S3	10,0
	S4	10,0
	S5	10,0
	S6	10,0
	S7	15,0
	S8	15,0
	S9	15,0
	S10	15,0
	S11	11,6
	S12	15,0
	S12bis	15,0
	S13	15,0
	S14	15,0
	S15	15,0
	S15bis	11,5
	S16	15,0
	S17	15,0
	S18	15,0
	S19	12,0
	S20	12,0
S21	10,0	
S22	10,0	
S23	12,0	
S24	10,0	

Indagine		Profondità (m da p.c.)
Sondaggi	S25	10,0
	S26	10,0
	S27	5,0
	S28	10,0
	S29	10,0
	S30	8,0
	S32	14,2
	S33	13,3
	S34	10,0
	S35	14,9
	S36	14,7
	S37	15,0
	S38	15,0
	S39	15,0
	S40	15,0
	S41	15,0
	S42	10,0
	S43	10,0
	S44	15,0
	S46	10,0
	S47	10,0
	S48	10,0
	S49	10,0
	S50	15,0
S51	10,0	
S52	10,0	
S53	10,0	
S54	10,0	

Indagine		Profondità (m da p.c.)
Geofisica	Profilo 1	L=1080 m
	Profilo 2	L=120 m

- **A.ge.co. srl (2011) - da Km. 192+500 a Km. 192+900 (Zona Svincolo Ploaghe)**
  - n. 7 Sondaggi
  - n. 12 Pozzetti
  - n. 3 Stendimenti sismici a rifrazione

Indagine		Profondità (m da p.c.)
Sondaggi	Sn1	25,0
	Sn1bis	5,0
	Sn2DH	30,0
	Sn3	20,0
	Sn4	30,0
	Sn5DH	30,0
	Sn6	25,0
Pozzetti	Pn1	2,4
	Pn2	2,1
	Pn3	2,4
	Pn4	2,9
	Pn5	1,7
	Pn5bis	1,1
	Pn6	0,0
	Pn7	2,4
	Pn8	2,3
	Pn9	0,9
	Pn10	1,7
Pn11	1,6	
Geofisica	Base A	L=60,0
	Base B	L=60,0
	Base C	L=60,0

- **P.L.P. snc (2012) – da Km. 192+000 a Km. 193+500 (Zona Svincolo Ploaghe)**
  - n. 5 Sondaggi
  - n. 14 Pozzetti
  - n. 27 Prove penetrometriche dinamiche DPSH

	Indagine	Profondità (m da p.c.)
<b>Sondaggi</b>	S1DH	36,0
	S3	12,0
	S4DH	12,0
	S5	12,0
	S6DH	12,0

	Indagine	Profondità (m da p.c.)
<b>Pozzetti</b>	P1	4,0
	P2	4,0
	P3	4,0
	P4	4,0
	P5	4,0
	P6	4,0
	P7	4,0
	P8	3,0
	P9	1,2
	P10	2,5
	P11	1,8
	P12	2,5
	P13	4,0
	P14	4,0

	Indagine	Profondità (m da p.c.)
Penetrometriche dinamiche DPSH	DPH1	2,8
	DPH2	1,4
	DPH3	3,0
	DPH4	5,2
	DPH5	3,2
	DPH6	4,6
	DPH7	4,0
	DPH8	3,2
	DPH9	3,6
	DPH10	1,0
	DPH11	2,2
	DPH12	0,4
	DPH13	1,2
	DPH14	2,8
	DPH15	1,0
	DPH16	2,2
	DPH16bis	0,8
	DPH17	1,2
	CPT1(1)	2,0
	CPT1(2)	1,8
	CPT1(3)	1,8
	CPT2(1)	2,0
	CPT2(2)	1,8
	CPT2(3)	2,0
	CPT3(1)	1,2
	CPT3(2)	1,4
	CPT3(3)	1,2

I dati disponibili sono in fase di integrazione con una campagna di indagini geognostiche e geofisiche, corredate da prove di laboratorio, opportunamente realizzata per gli approfondimenti puntuali in corrispondenza delle nuove opere previste in progetto (aree di svincolo ed opere di nuova realizzazione lungo la viabilità accessoria).

In particolare è stata prevista l'esecuzione di: n. 20 sondaggi a carotaggio continuo, della profondità variabile tra 15 e 35 metri, completati con l'esecuzione di prove in situ (SPT e prove pressiometriche), l'installazione di piezometri e il prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati; n. 57 pozzetti geognostici con prove di carico su piastra; n. 4 indagini sismiche Down-Hole in onde P ed S per una quantità complessiva prevista in m 140; n. 6 basi sismiche a rifrazione in onde P ed S ed elaborazione tomografica, per una quantità complessiva prevista in m 300.

## **11. Modello Geologico di Riferimento**

La S.S. 131, nel tratto interessato dagli interventi di adeguamento e messa in sicurezza, attraversa, lungo il suo percorso, diversi ambiti geologico-geomorfologici, di seguito descritti.

- Il tratto meridionale, a partire dal km 108+300 fino al km 142+500 circa, si sviluppa in corrispondenza dell'Altopiano di Abbasanta, rappresentato da un esteso *plateau* basaltico originatosi dalla messa in posto dei termini effusivi riferiti al Ciclo vulcanico plio-pleistocenico. Essi sono rappresentati principalmente da basalti alcalini e transizionali, andesiti basaltiche e basalti subalcalini, appartenenti alla Complesso della Campeda-Planargia. La quota generale del *plateau* varia da 350 m s.l.m. nella parte più meridionale fino a circa 450 m s.l.m. nel territorio di Macomer. Dal punto di vista della pericolosità da frana, il tracciato interferisce, nel tratto compreso fra il km 142+600 ed il km 143+200, con un'area classificata, dal P.A.I. della Regione Sardegna, a pericolosità bassa (Hg1) e, dal km 143+200 al km 143+600, con un'area a pericolosità media (Hg2);
- Il tratto centrale, che si estende dal km 142+500 al km 160+000 circa, si sviluppa prevalentemente in corrispondenza dell'Altopiano di Campeda, altro *plateau* basaltico costituito dalle formazioni effusive precedentemente descritte, che costituiscono la terminazione settentrionale della colata basaltica plio-pleistocenica appartenente al Complesso della Campeda-Planargia. La quota media dell'altopiano è di circa 650 m s.l.m.. Verso sud, la separazione fra questo e l'Altopiano di Abbasanta è esercitata dalla dorsale collinare e montuosa della Catena del Marghine e del Monte di Sant'Antonio, posta immediatamente a nord di Macomer e allungata in direzione NE-

SW, con quote variabili da 800 m a 1000 m s.l.m.. Essa è composta dai depositi piroclastici e ignimbrici appartenenti al Ciclo Vulcanico Calco-alcino oligo-miocenico. Il tratto in esame interferisce con un'area classificata dal P.A.I. a pericolosità geomorfologica molto elevata (Hg4) estesa dallo Svincolo di Bonorva Sud (Km 159+000) a quello di Bonorva nord (161+800);

- Il tratto settentrionale, dal Km 160+000 fino all'altezza di Sassari (km 209+000), si sviluppa prevalentemente in corrispondenza del bacino sedimentario del Lugudoro, allungato in direzione NNW-SSE, ed esteso dall'altopiano da Bonorva fino a Ploaghe e, più a nord, da Sassari verso Porto Torres. Il bacino, generatosi a seguito di una fase di distensione crostale successiva alla messa in posto delle vulcaniti oligo-mioceniche, è stato successivamente colmato dai terreni sedimentari appartenenti alla Successione marina e continentale miocenica del Lugudoro-Sassarese. Quest'ultima è rappresentata da alternanze di sabbie calcaree, calcareniti e calcari marnosi, con marne argillose e conglomerati, in facies che cambia da prossimale a distale spostandosi da est verso ovest. Successivamente, in lembi isolati posti in corrispondenza delle principali discontinuità crostali, si sono depositi i termini effusivi ad affinità basaltica del Pliocene (Basalti del Lugudoro). L'orografia dell'area di quest'ultimo tratto è prevalentemente collinare, con quote che oscillano dai 300 fino ai 600 m s.l.m.. A rilievi dalla sommità tabulare, modellati nei sedimenti miocenici, si alternano modeste colline costituite da domi vulcanici, apparati lavici e scoriacei, e ampie zone pianeggianti colmate dalle alluvioni quaternarie. Queste ultime corrispondono di frequente a conche endoreiche, caratterizzata da scarsità di drenaggio superficiale delle acque. Nel tratto in esame si riscontrano interferenze con diverse aree classificate dal P.A.I. a pericolosità



geomorfologica elevata (Hg3) e molto elevata (Hg4), dal Km 170+500 al Km 179+000, dal Km 194+000 al Km 196+500 e dal Km 203+000 al Km 208+000.

### ***11.1 Modello Geologico di dettaglio***

In questo paragrafo verrà descritto il modello geologico di riferimento in corrispondenza di ogni ambito di intervento in progetto. Per la descrizione dettagliata delle formazioni geologiche presenti si rimanda al paragrafo 6 - Successione stratigrafica e caratteri delle unità geologiche.

#### *Svincolo di Paulilatino al Km 119+000*

Questo intervento consiste nell'adeguamento dello svincolo esistente con la realizzazione di due nuove rampe, senza la costruzione di opere d'arte significative.

L'intervento si colloca in un'area pressoché pianeggiante, caratterizzata dalla presenza di terreni appartenenti alla Subunità di Dualchi, facente parte del gruppo dei Basalti della Campeda-Planargia, rappresentati da basalti e andesiti basaltici litoidi, con aspetto vacuolare, mediamente fratturati. Al tetto questi si presentano fortemente fratturati e alterati, con frequenti fenomeni di argillificazione, per uno spessore di circa 8 m.

In superficie i basalti sono ricoperti da una coltre eluvio-colluviale di alterazione e da depositi di copertura quaternari, con uno spessore massimo di circa 5 m.

Da un punto di vista generale, non sono presenti particolarità geologico-geomorfologiche ed idrogeologiche tali da condizionare in maniera significativa le scelte progettuali.

#### *Nuovo svincolo di Paulilatino al Km 120+000*

L'intervento consiste nella realizzazione di un nuovo svincolo circa 1 km più avanti rispetto a quello esistente, con la costruzione di quattro nuove rampe di ingresso e/o di

uscita, di due rotatorie poste nei tratti terminali dell'attraversamento, e la sistemazione dei tratti di viabilità locale interferita. Non si prevede, quindi, la realizzazione di nuove opere d'arte significative.

Come lo svincolo esistente al km 119, anche il nuovo Svincolo di Paulilatino si posiziona in un'area pressoché pianeggiante caratterizzata dalla presenza dei Basalti della Campeda-Planargia, con caratteristiche litologiche analoghe a quelle precedentemente incontrate, ricoperte in superficie da una coltre eluvio-colluviale di alterazione e da depositi di copertura quaternari, con uno spessore massimo di circa 4 m. Nella parte nord dello svincolo è presente, inoltre, una modesta area caratterizzata da depositi palustri essenzialmente limosi ed argillosi.

Vista l'assenza di opere d'arte significative, non sussistono particolari criticità geologico-geomorfologiche ed idrogeologiche tali da condizionare le scelte progettuali.

#### *Ponti sulla viabilità secondaria ai km. 120+100 e 120+400*

L'intervento prevede la realizzazione di un tratto di complanare sul lato Oristano, con la realizzazione di un ponticello di luce 23 m per l'attraversamento del Riu Pitziu, al km 122+025, e di un tratto di complanare sul lato Sassari con la realizzazione di due ponticelli di luce 23 m, per il superamento del Riu Pitziu al km 122+025 e del Rio Mannu al km 122+358.

Il modello geologico di riferimento per le opere in progetto è sostanzialmente analogo a quello descritto per gli interventi precedenti: andesiti e basalti della Subunità di Dualchi, ricoperte da modesti spessori di coltri superficiali (massimo 3-4 metri).

La tipologia di fondazioni previste per le spalle dei tre ponticelli comprende l'impiego di micropali  $\varnothing=300$ , L=15,0 m; non sussistono particolari criticità geologiche relative all'interazione opera-terreno.

### Ponte sulla viabilità secondaria al km. 127+700

Sulla viabilità secondaria, in lato Oristano, è prevista la realizzazione di un ponticello con luce 23 m per il superamento del Rio Merchis al km 127+625. Le spalle saranno su fondazioni dirette.

Il ponte si colloca in un'area pressoché pianeggiante in cui scorre, da ovest ad est, il Rio Merchis. Ad est è posizionata una modesta area soggetta a ristagno d'acqua, dove la falda risulta essere sub-affiorante o posizionata a basse profondità.

Il modello geologico di riferimento per l'opera in progetto è simile a quello descritto per gli interventi precedenti: andesiti e basalti della Subunità di Dualchi, da mediamente a molto fratturati (la fratturazione aumenta sensibilmente verso il tetto), ricoperti da una coltre eluvio-colluviale superficiale, con spessore massimo di 3 metri. In corrispondenza dell'incisione valliva affiorano i depositi alluvionali ghiaiosi e sabbioso grossolani, per uno spessore massimo di circa 2 m.

Essendo le fondazioni impostate sul substrato basaltico, non sussistono particolari criticità geologico-geomorfologiche ed idrogeologiche tali da condizionare le scelte progettuali adottate.

### Ponte sulla viabilità secondaria al Km 138+800

Sulla viabilità secondaria dell'estesa di 1000 m in nuova sede, da realizzarsi sul lato Sassari, è prevista la realizzazione di un ponte di luce poco superiore a 36 m per il superamento del Riu Tossilo. Le spalle saranno su fondazioni dirette.

Il modello geologico di riferimento dell'opera è caratterizzato da andesiti e basalti della Subunità di Dualchi affioranti o sub-affioranti, con caratteristiche litologiche simili a

quelle precedentemente descritte, molto fratturati verso il tetto per uno spessore di circa 6-8 m.

In corrispondenza dell'incisione valliva del Riu Tossilo affiorano i depositi alluvionali ghiaiosi e sabbioso grossolani, per uno spessore massimo di circa 2 m.

Essendo le fondazioni impostate sul substrato basaltico, non sussistono particolari criticità geologico-geomorfologiche ed idrogeologiche tali da condizionare le scelte progettuali adottate.

#### *Svincolo di Macomer sud al Km 142+500*

In corrispondenza dell'intersezione con la S.S.129 Trasversale Sarda, dove si posiziona l'attuale svincolo di Macomer sud, è prevista la realizzazione di una rotatoria a 3 bracci con due rampe dedicate. Non sono previste nuove opere d'arte significative.

Anche qui il modello geologico di riferimento delle due rampe di connessione alla S.S. 131 rimane pressoché invariato, con la presenza di andesiti e basalti appartenenti alla Subunità di Dualchi, affioranti e sub-affioranti, da mediamente a molto fratturati soprattutto in corrispondenza della superficie, ricoperti da coltre eluvio-colluviale di modesto spessore di alterazione dei basalti.

Vista l'assenza di opere d'arte significative, non sussistono particolari criticità geologico-geomorfologiche ed idrogeologiche tali da condizionare le scelte progettuali.

#### *Ponte sulla viabilità secondaria in loc. Ospedale Macomer al km 145+900*

Lungo il lato Oristano della S.S.131 è prevista la realizzazione di un tratto di viabilità secondaria in nuova sede per una lunghezza di 1400 m circa, con realizzazione di un ponte di luce complessiva 27 m al km 145+900 per il superamento dell'incisione del Rio Chercucchi.

La morfologia dell'area è caratterizzata dalla dorsale collinare della Catena del Marghine e del Monte di Sant'Antonio, allungata in direzione NE-SW immediatamente a nord di Macomer con quote variabili da 800 m a 1000 m s.l.m, che separa l'Altopiano di Abbasanta a sud dall'Altopiano di Campeda a nord. Tale dorsale collinare è strutturata nei depositi piroclastici e ignimbritici appartenenti alle Unità di Macomer e di Monte Santu Padre (Distretto Vulcanico di Bonorva). Tali depositi, affioranti lungo i tagli stradali della S.S.131, si presentano da coerenti a totalmente incoerenti e friabili, di colore dal nocciola al grigio biancastro.

In corrispondenza della viabilità secondaria in progetto, i depositi piroclastici sono mascherati in superficie da una fascia pedemontana di coltre eluvio-colluviale delle piroclastiti sottostanti, scarsamente addensata, con spessore massimo di 5-6 m.

La tipologia di fondazioni prevista per le spalle del ponte comprende l'impiego di micropali  $\varnothing=300$ , L=15,0 m; non sussistono particolari criticità geologiche relative all'interazione opera-terreno.

#### *Nuovo svincolo di Mulargia-Macomer al Km 148+500*

Il progetto prevede l'eliminazione delle due intersezioni a raso di Macomer nord con innesto sulla S.S. 129 bis, e di Mulargia con innesto sulla S.P. 62, con la realizzazione di un unico svincolo con quattro rampe di ingresso/uscita, la sistemazione delle viabilità locali interferite e la realizzazione dell'attraversamento della S.S.131 (attuale S.P.62) mediante un cavalcavia di luce complessiva 37,2 m.

L'intervento si colloca in un'area pressoché pianeggiante rappresentata dall'Altopiano di Campeda, strutturato nei depositi basaltici della Campeda - Planargia (Subunità di Campeda). Questi si appoggiano sulle piroclastiti da ricaduta e da flusso appartenenti

all'Unità di Macomer (Distretto vulcanico di Bonorva). In corrispondenza del cavalcavia in progetto i basalti hanno uno spessore irrisorio e il plinto di fondazione delle spalle poggia direttamente sui depositi piroclastici. Le piroclastiti presentano frequenti fenomeni di argillificazione, più o meno spinta, fino ad una profondità di almeno 20 m. In superficie, fino ad una profondità di circa 5 m, si riscontra uno stato di alterazione/fratturazione maggiore.

La tipologia di fondazioni adottate per le spalle del ponte prevede l'impiego di pali  $\varnothing=1000$ ,  $L= 30,0$  m; non sussistono criticità geologiche nell'interazione opera-terreno.

#### *Ponte sulla viabilità secondaria al Km 154+500*

Tra lo svincolo di Campeda, al km 152+000, e lo svincolo di Badde Selighes, al km 155+000, è prevista la realizzazione di una complanare di circa 4000 m in nuova sede, in stretto affiancamento al sedime della S.S. 131. Per il superamento del Rio Temo è previsto un ponte di luce 27 m al km 154+495 le cui spalle saranno su fondazioni dirette.

L'intervento si colloca nell'area pianeggiante dell'Altopiano di Campeda, strutturato sui terreni basaltici e andesitici litoidi appartenenti alla Subunità di Campeda (Basalti della Campeda-Planargia). Al tetto i depositi si presentano fortemente fratturati e alterati per uno spessore di circa 6-7 m.

In superficie i basalti sono ricoperti da una coltre eluvio-colluviale di alterazione e da depositi di copertura quaternari, con uno spessore massimo di circa 5 m.

Da un punto di vista generale, non sono presenti particolarità geologico-geomorfologiche ed idrogeologiche tali da condizionare in maniera significativa le scelte progettuali.

### *Svincolo di Bonorva sud al Km 158+000*

L'intervento, a servizio della parte più settentrionale dell'Altopiano di Campeda, prevede l'adeguamento delle due rampe esistenti lato Oristano, l'integrazione di due nuove rampe lato Sassari e la sistemazione della viabilità locale. Inoltre è prevista la realizzazione di un nuovo attraversamento della S.S.131 mediante un cavalcavia di luce complessiva 37.2 m, impostato su fondazioni dirette.

L'intervento si colloca in un'area di altopiano, caratterizzata dalla presenza di basalti e andesiti basaltici appartenenti alla Subunità di Campeda (Basalti della Campeda-Planargia). Al tetto i depositi mostrano una fratturazione spinta fino ad una profondità di circa 6-7 m.

Dalla Progressiva 158+600 è presente una fascia a pericolosità molto elevata (Hg4) segnalata dal P.A.I. della Regione Sardegna, estesa per tutta l'ampiezza della S.S.131 e situata immediatamente a nord del cavalcavia in progetto.

Essendo le opere impostate sul substrato basaltico, non sussistono particolari criticità geologico-geomorfologiche ed idrogeologiche tali da condizionare le scelte progettuali adottate. Dovrà essere tenuta in considerazione anche l'interazione della viabilità locale e della S.P.125 a nord del cavalcavia in progetto con la suddetta area Hg4.

### *Nuovo svincolo di Bonorva nord al Km 162+000 e adeguamento S.P. 125*

Nell'area d'intervento è compreso, oltre alla realizzazione delle rampe di svincolo, anche l'adeguamento della S.P. 125 per circa 3.300 m, in corrispondenza del tratto di S.S.131 che va dallo svincolo di Bonorva sud allo svincolo di Bonorva nord. Qui, oltre all'adeguamento di un tratto di circa 1.340 m della S.S.131, è prevista la realizzazione di uno svincolo con l'inserimento di un attraversamento in sottopasso per il collegamento delle aree

poste a est e a ovest della SS.131 e la realizzazione di due rotatorie nei tratti terminali per la connessione delle viabilità locali.

La S.P.125 attraversa, nel tratto iniziale nei pressi dello Svincolo di Bonorva sud, un altopiano, posto a quota 650 m circa, costituito dalla parte più settentrionale dell'Altopiano di Campeda e caratterizzata dai depositi basaltici appartenenti alla Subunità di Campeda (Basalti della Campeda-Planargia). Più a nord la S.P. 125, in mezzacosta, attraversa longitudinalmente un versante esposto a sud con pendenze piuttosto elevate, strutturato nei depositi siltitici, marnosi e arenacei, di colore grigio e giallastro, da teneri a compatti e lapidei, alternati a livelli calcareo-marnosi, litoidi. (Successione sedimentaria oligo-miocenica del Lugudoro-Sassarese - Formazione di Mores in facies siltitica).

Lo svincolo di Bonorva nord è situato su un'ampia sella morfologica, allungata in direzione SE-NW ad una quota media di circa 510 m e strutturata nei depositi calcarenitici litoidi, di colore bianco e grigio, da compatti a mediamente fratturati (Successione sedimentaria oligo-miocenica del Lugudoro-Sassarese - Formazione di Mores).

In corrispondenza del sottopasso di attraversamento della SS.131, il modello geologico di riferimento è rappresentato dalla presenza di siltiti e marne compatte appartenenti alla Formazione di Mores in facies siltitica, che, ad una quota di circa 505 m slm, in continuità stratigrafica, passano inferiormente ad arenarie e calcareniti della medesima Formazione ma in facies calcarenitica.

Dal punto di vista dell'interazione con il P.A.I., la S.P.125 attraversa, dalla progressiva 160+500 della S.S. 131 fino a quasi lo Svincolo di Bonorva nord, una vasta area segnalata a pericolosità da frana molto elevata (Hg4). Inoltre, un buon tratto di S.S. 131 in prossimità dello svincolo di Bonorva nord oggetto di adeguamento, così come la viabilità locale e le



rampe di nuova realizzazione a ovest dello svincolo, interagiscono con aree di pericolosità da frana P.A.I. da media a molto elevata.

Da un punto di vista generale, vista l'assenza di opere d'arte significative, non sussistono particolari criticità geologico-geomorfologiche ed idrogeologiche tali da condizionare le scelte progettuali. In ogni caso per la progettazione delle opere di sostegno trasversali, dovrà essere tenuta in considerazione l'interazione con le diverse aree di pericolosità P.A.I.

#### *Viadotto Rio Mulinu e ponte sulla S.P. 124*

Lungo la S.P. 124, tra lo Svincolo di Bonorva nord e lo Svincolo di Cossoine, sono previste due opere d'arte. Il viadotto Rio Mulinu, al Km. 164+550 della S.S.131, in corrispondenza dell'attraversamento dell'omonimo fosso, con due campate e luce complessiva pari a 100 m, e un ponticello di luce 23 m, quest'ultimo al Km. 165+000 della S.S.131.

Il modello geologico di riferimento, per entrambe le opere d'arte, è rappresentato dalla presenza di depositi calcarenitici litoidi, di colore bianco e grigio, da compatti a mediamente fratturati (Successione sedimentaria oligo-miocenica del Lugudoro-Sassarese - Formazione di Mores), ricoperti in superficie da coltri eluvio-colluviali e alluvionali, con spessore variabile da 2 a 4 m.

Per quanto riguarda la tipologia di fondazioni delle opere d'arte principali, per le spalle e la pila del Viadotto Rio Mulinu si prevede l'impiego di pali  $\varnothing=1000$ ,  $L=25,0$  m, mentre per le spalle del ponte al Km. 165+000 della S.S.131, l'impiego di micropali  $\varnothing=300$ ,  $L=12,0$  m.

### Nuovo svincolo di Cossoine al Km 166+000

Il progetto prevede la trasformazione dell'intersezione a raso con uno svincolo a livelli sfalsati, realizzando nuove rampe di ingresso/uscita su entrambi le carreggiate. Inoltre sono previste due rotonde di connessione della viabilità locale e un attraversamento della S.S.131 mediante cavalcavia a quattro campate di lunghezza complessiva di 145 m.

L'intervento si colloca in un'area pianeggiante rappresentata dalla terminazione meridionale del Bacino del Lugudoro. Qui affiorano i depositi calcarenitici litoidi, di colore bianco e grigio, da compatti a mediamente fratturati, alternati a marne, marne argillose e marne calcaree (Successione sedimentaria oligo-miocenica del Logudoro-Sassarese - Formazione di Mores). Al tetto i depositi si presentano fortemente fratturati e alterati per uno spessore di circa 4-5 m. In superficie i depositi calcareo-marnosi sono ricoperti da una coltre eluvio-colluviale quaternaria con spessore massimo di circa 5 m.

La tipologia di fondazioni prevista per le spalle e le pile del cavalcavia comprende l'impiego di micropali  $\varnothing=300$ , L=20,0 m.

### Cavalcavia S.P.80 al Km 185+000

L'intervento prevede la demolizione del cavalcavia al km 185+000 della S.P. 80, e la ricostruzione di un nuovo cavalcavia a due campate, di lunghezza complessiva pari a 60 m, in affiancamento sul lato nord.

Il modello geologico dell'opera vede la presenza di un substrato roccioso profondo rappresentato da marne, calcareniti e arenarie compatte appartenenti alle Formazioni di Borutta e di Florinas (Successione sedimentaria oligo-miocenica del Lugudoro-Sassarese), ricoperto in superficie da una coltre eluvio-colluviale quaternaria con spessore di circa 6-7 m

e da depositi limoso-argillosi grigi di origine palustre, con spessore più elevato in corrispondenza della spalla NE (circa 8 m).

La tipologia di fondazioni adottata per le spalle e la pila del ponte prevede l'impiego di pali  $\varnothing=1000$ , con lunghezza variabile ( $L=25,0$  m per le spalle e  $L=20,0$  m per la pila).

#### *Nuovo svincolo al Km 190+350*

L'intervento prevede un nuovo svincolo al km 190+350, con realizzazione di quattro nuove rampe di ingresso/uscita e la costruzione di un cavalcavia di attraversamento della S.S. 131, a campata singola e lunghezza complessiva di 37 m.

L'opera si colloca in una vasta area pianeggiante rappresentata dal Bacino del Logudoro. Nella porzione orientale della S.S.131 la morfologia depressa, con condizioni di scarso drenaggio, unita alla bassa infiltrazione efficace dei terreni del substrato, determina la frequente presenza, nella stagione invernale, di un'ampia area soggetta a ristagno d'acqua, dove la falda risulta essere sub-affiorante o posizionata a basse profondità.

Il modello geologico è, infatti, costituito da un substrato rappresentato da argille, argille marnose e marne, di colore grigio, molto consistenti, appartenenti alla Formazione di Borutta (Successione sedimentaria oligo-miocenica del Logudoro-Sassarese), ricoperte in superficie da depositi palustri limoso-argillosi con spessore massimo di 3 m.

La tipologia di fondazioni adottate per le spalle del cavalcavia prevede l'impiego di pali  $\varnothing=1000$ ,  $L= 30,0$  m.

#### *Svincolo di Florinas al Km 194+500*

Questo intervento consiste nell'adeguamento dello svincolo esistente con la realizzazione di una nuova rampa, senza la costruzione di opere d'arte significative.

Come il precedente, anche questo intervento si colloca nell'ampia area pianeggiante rappresentata dal Bacino del Logudoro, dove la falda risulta essere sub-affiorante o posizionata a basse profondità.

Il modello geologico è costituito da un substrato rappresentato da argille, argille marnose e marne, di colore grigio, molto consistenti, con intercalazione di calcareniti, appartenenti alle Formazioni di Borutta (parte più siltitica) e di Florinas (parte più calcarenitica). Al tetto i depositi si presentano fortemente fratturati e alterati per uno spessore di circa 3-4 m. In superficie i depositi calcareo-marnosi sono ricoperti da una coltre eluvio-colluviale quaternaria con spessore massimo di circa 4 m.

Vista l'assenza di opere d'arte significative, non sussistono particolari criticità geologico-geomorfologiche ed idrogeologiche tali da condizionare le scelte progettuali.

#### *Svincolo di Sassari - Viale Italia al Km 208+500*

L'intervento, posizionato nella terminazione settentrionale del tratto di S.S.131 oggetto di intervento, prevede l'adeguamento della corsie di ingresso/uscita e la realizzazione di un cavalcavia di collegamento tra le strade di Via Budroni e Via Monserrato, con adeguamento delle sezioni delle strade collegate. Il cavalcavia in progetto avrà una luce di 36 m e poggerà su fondazioni dirette.

La morfologia generale dell'area immediatamente a sud di Sassari è piuttosto accidentata, modellata dall'azione dei corsi d'acqua nei depositi calcareo-marnosi oligo-miocenici, con valli molto profonde e versanti ad elevata acclività. L'intervento in progetto si colloca al bordo settentrionale del pianoro morfologico sul quale si trova la città di Sassari. Tale ripiano è caratterizzato dalla presenza di una coltre di suolo regolitico di colore rossastro

con spessore massimo di circa 2 m, derivato dall'alterazione spinta e da fenomeni di ossidazione dei depositi calcarei sottostanti.

Il modello geologico di riferimento dell'opera d'arte è rappresentato da calcari bioclastici litoidi, da compatti a intensamente fratturati e cariati, di colore bianco e beige, appartenenti alla Formazione di Monte Santo (Successione sedimentaria oligo-miocenica del Logudoro-Sassarese). In superficie la formazione si presenta intensamente fratturata e alterata, fino a formare una sabbia farinacea incoerente di colore biancastro. In profondità, invece, si alternano ad arenarie e marne calcaree compatte.

Ad una quota di circa 182 m slm si trova il passaggio stratigrafico con le marne, marne calcaree e arenarie siltitiche compatte appartenenti alla Formazione di Borutta (Successione sedimentaria oligo-miocenica del Logudoro-Sassarese).

Da un punto di vista generale, data l'elevata competenza dei terreni di fondazione, non sussistono particolari criticità geologico-geomorfologiche ed idrogeologiche tali da condizionare in maniera significativa le scelte progettuali.

## ***12. Bibliografia***

Barca S., 1998. Structural and stratigraphical outlines of the Sardinia Massif. In: E. Serpagli (Ed.): "Sardinia Guide-book, ECOS VII". Giorn. Geologia, Special issue, 60:1-23, Bologna.

Barca S., Cherchi A., 2004. Sardinian Paleozoic Basement and its Meso-Cainozoic covers (Italy). 32th International Geological Congress, Vol. n. 5. Florence – Italy.

Carmignani L., Conti P., Pertusati P.C., Barca S., Cerbai N., Eltrudis A., Funedda A., Oggiano G., Patta E.D., Ulzega A., Orrù P., 2001. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, "Foglio 549 Muravera". Servizio Geologico d'Italia, Roma, 140 pp.

Carmignani L., Oggiano G., Funedda A., Conti P., Pasci S. & Barca S., 2012. Carta Geologica della Sardegna. Scala 1:250.000, LAC, Firenze.

Carmignani L., Oggiano G., Barca S., Conti P., Eltrudis A., Funedda A., Pasci S., Salvadori I., 1996. Geologia della Sardegna – Note Illustrative della Carta Geologica della Sardegna a scala 1:200.000. Memorie Descrittive della Carta geologica d'Italia, a cura del Servizio Geologico Nazionale. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.

Marinos P., Hoek E., 2000. GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation. Proc. International Conference on Geotechnical & Geological Engineering, GeoEng2000, Technomic publ., 1422-1442, Melbourne.