

**Nuova S.S.195 "Sulcitana" Tratto Cagliari - Pula  
Collegamento con la S.S.130 e aeroporto di Cagliari Elmas  
Opera Connessa Nord**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**PROGETTAZIONE: RTI GPI-IRD-SAIM-HYPRO**

<p><b>IL GEOLOGO</b></p>  <p><i>Dott. Geol. Marco Leonardini</i> Ordine dei geologi P. n. 1541 della Regione Lazio n. 1541</p>	<p><b>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</b></p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p> <p><i>Ing. Paolo Orsini</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 13817</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p> <p><i>Ing. Vincenzo Secreti</i> Ordine Ingegneri Provincia di Crotone n. 412</p>	<p><b>GRUPPO DI PROGETTAZIONE</b> (Mandataria)</p> <p><b>GPI INGEGNERIA</b> <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p> <p><b>IRD</b> IRD ENGINEERING</p> <p>(Mandante)</p> <p><b>SAIM</b> <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p> <p>(Mandante)</p> <p><b>HYpro</b> srl</p>
<p><b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b></p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p><b>VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO</b></p> <p><i>Ing. Michele Coghe</i></p>	<p><b>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</b></p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p> 

**STUDI E INDAGINI  
Geologia  
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA**

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA
PROGETTO: <b>DPCA0150</b> LIV.: <b>D</b> ANNO: <b>23</b>	<b>T00GE00GEORE01_A</b>	<b>A</b>	<b>-</b>
	CODICE ELAB.: <b>T00GE00GEORE01</b>		
<b>D</b>			
<b>C</b>			
<b>B</b>			
<b>A</b>	Emissione	Gen. '23	Leonardi
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO
		VERIFICATO	APPROVATO

## INDICE

<b>1. <u>PREMESSA</u></b> .....	<b>2</b>
<b>2. <u>INDAGINI GEOGNOSTICHE</u></b> .....	<b>3</b>
<b>3. <u>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO</u></b> .....	<b>5</b>
<b>4. <u>ASSETTO GEOMORFOLOGICO</u></b> .....	<b>5</b>
4.1. STAGNO DI CAGLIARI, SALINE DI MACCHIAREDDU E LAGUNA DI SANTA GILLA.....	6
4.2. LA PIANA DEL CAMPIDANO.....	7
4.3. AREA COLLINARE/MONTUOSA DI CAPOTERRA.....	8
<b>5. <u>PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO</u></b> .....	<b>8</b>
<b>6. <u>ASSETTO GEOLOGICO</u></b> .....	<b>11</b>
6.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE DI AREA VASTA .....	11
6.2. TETTONICA AREA DI INTERESSE PROGETTUALE .....	14
6.3. GEOLOGIA DELL'AREA DI INTERESSE PROGETTUALE .....	14
6.3.1. <i>Depositi alluvionali antichi non terrazzati (Pvm<sub>2</sub>)</i> .....	15
6.3.2. <i>Depositi alluvionali e palustri attuali e recenti (e)</i> .....	15
6.3.3. <i>Depositi alluvionali terrazzati (Aa)</i> .....	16
6.3.4. <i>Depositi alluvionali recenti (a)</i> .....	16
<b>7. <u>IDROGEOLOGIA</u></b> .....	<b>16</b>
<b>8. <u>SISMICA</u></b> .....	<b>18</b>
8.1. SISMICITÀ STORICA .....	22
<b>9. <u>ANALISI DEL TRACCIATO</u></b> .....	<b>24</b>
<b>10. <u>BIBLIOGRAFIA</u></b> .....	<b>25</b>

### INDICE DELLE FIGURE

Figura 3-1 Inquadramento geografico.....	5
Figure 4-1 Ambienti morfologici su ortofoto .....	6
Figure 5-1 Divisione territoriale in sub-bacini .....	9
Figure 5-2 Reticolo idrografico del bacino del Flumini Mannu .....	9
Figure 5-3 Stralcio aree PAI a pericolosità geomorfologica.....	10
Figure 5-4 VAR P.A.I. CAPOTERRA – Carta della pericolosità per frana .....	11
Figure 6-1 Schema geologico-strutturale della Sardegna (Modificata da Carosi et al.2005).....	12
Figure 6-2 Principali distretti vulcani tardo eocenici-medio miocenici (Modificata da Lustrino et al.2007).....	13
Figure 6-3 ricostruzione area palustre con quote DTM.....	15
Figure 8-1 Stralcio classificazione sismica .....	19

## 1. PREMESSA

La presente relazione è parte integrante della documentazione per il progetto definitivo della SS 195 "Sulcitana", in particolare dell'Opera connessa Nord, costituita dal tronco "Nuovo svincolo Casic – Dorsale Consortile" (km 10+200) – punto intermedio del tronco 106-107 (km 5+216) località Santu Inesu.

Lo studio è consistito nelle seguenti attività:

- Esame della bibliografia esistente riguardante le aree in oggetto;
- Rilevamento geologico e geomorfologico in scala 1:2.000 di una fascia di ampiezza adeguata ai lati del tracciato stradale;
- Censimento delle aree in dissesto potenzialmente interferenti con il tracciato;
- Analisi ed elaborazione dei risultati della campagna di indagini geognostiche eseguite per la redazione del PD SS 195 "Sulcitana" Tratto Cagliari – Pula
- Affinamento degli elaborati geologici del progetto definitivo con emissione di una carta Geologico-Strutturale, di una Carta Geomorfologica, di una Carta Idrogeologica, di una Carta della Classificazione Sismica, di un Profilo Geologico longitudinale e di una serie di Sezioni perpendicolari al tracciato;
- Stesura della stesura della Relazione Geologica, Idrogeologica e Geologico-strutturale e della Relazione Sismica.

Le attività principali per l'esecuzione dello studio sono state svolte tra i mesi di giugno e ottobre 2018, seguendo una successione coordinata di diverse fasi propedeutiche. Ad una iniziale fase di studio bibliografico e di consultazione di dati pregressi è seguita una fase di studio di dettaglio, consistita nel rilevamento geologico-geomorfologico di campo.

Codice	Titolo	Scala
T00GE01GETRE01_A	DOCUMENTAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE	-
T00GE01GETRE02_A	RELAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE ANAS 2018-2019	-
T00GE01GETRE03_A	RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE ANAS 2018-2019	-
T00GE01GETRE04_A	CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO ANAS 2018-2019	-
T00GE01GETRE05_A	INDAGINI INTEGRATIVE ANNO 2020-2021	-
T00GE01GETRE06_A	INDAGINI PROGETTO ESECUTIVO – OPERA CONNESSA SUD	-
T00GE01GETPU01_B	PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE Tav. 1 di 3	1:2000
T00GE01GETPU02_B	PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE Tav. 2 di 3	1:2000
T00GE01GETPU03_B	PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE Tav. 3 di 3	1:2000
T00GE00GEORE01_B	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	-
T00GE00GEOCG01_B	CARTA GEOLOGICA	1:5000
T00GE00GEOCG02_B	CARTA GEOMORFOLOGICA	1:5000
T00GE00GEOCI01_B	CARTA IDROGEOLOGICA	1:5000
T00GE00GEOFG01_B	PROFILO GEOLOGICO	1:2000/200
T00GE00GEOFG02_B	PROFILO GEOLOGICO	1:2000/200
T00GE00GEOFG03_B	PROFILO GEOLOGICO	1:2000/200

PROGETTAZIONE ATI:

T00GE00GEOSG01_A	SEZIONI GEOLOGICHE	1:200
T00GE01GEORE01_B	RELAZIONE SISMICA	-
T00GE01GEOCS01_B	PLANIMETRIA CON CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO	1:5000

## 2. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel corso dell'iter progettuale e approvativo del progetto sono state eseguite le seguenti campagne di indagine:

- una prima fase di indagine (2003) ha riguardato la tratta dal km 5+850 al km 10+200 dell'opera connessa Nord, risulta essere uno stralcio di quanto eseguito nell'ambito del progetto della Nuova SS 195 "Sulcitana" tratto Cagliari – Pula - Categoria B – Extraurbane principali. Queste indagini sono state eseguite da Tec.Am. srl, commissionate da A.I.C. Progetti S.p.A., le prove di laboratorio sono state eseguite da Geosystem del Dott. Geol. G.B. Demontis (CA);
- in una seconda fase (2007) sono state eseguite ulteriori indagini integrative, che si sono rese necessarie per integrare, dopo lo stralcio del tronco iniziale dallo svincolo "Variante Porto Canale" (km 0+000) all'innesto sulla dorsale Casic (km 6+800), le indagini di prima fase. Queste indagini sono state eseguite da Tec.Am. srl, commissionate da A.I.C. Progetti S.p.A., le prove di laboratorio sono state eseguite da Geosystem del Dott. Geol. G.B. Demontis (CA);
- indagini di dettaglio (2018) eseguite nell'ambito dell'Accordo Quadro DGACQ 15-14 Lotto 4 del 07.08.2016 relative al progetto "SS195 Sulcitana, Tratto Cagliari – Pula, Opera Connessa Nord". Queste indagini sono state eseguite dal Dr. Antonello Angius, commissionate da Anas, le prove di laboratorio sono state eseguite da Studio Sperimentale Stradale S.r.l. (MI);
- indagini integrative di dettaglio (2020) eseguite nell'ambito dell'Accordo Quadro DGACQ 15-14 Lotto 4 del 07.08.2016 relative al progetto "SS195 Sulcitana, Tratto Cagliari – Pula, Opera Connessa Nord". Queste indagini sono state eseguite dal Dr. Antonello Angius, commissionate da Anas, le prove di laboratorio sono state eseguite da Geosystem del dott. Geol G.B. De Montis (CA).

Sono state inoltre utilizzate le indagini eseguite per il progetto "S.S. 15 "Sulcitana" tratto Cagliari – Pula Categoria B – Extraurbane principali Lotti 1° - 3° e Opera Connessa SUD" che entrano nell'area di interesse del progetto corrente. Sono state utilizzate in particolare:

- indagini dalla campagna geognostica del progetto costruttivo delle opere d'arte minori: consolidamenti rilevati in approccio al viadotto Santa Lucia spalla A, eseguite dalla S.G.S. Società Geotecnica Sarda S.r.l.
- indagini della campagna relativa al piano di caratterizzazione ambientale del progetto esecutivo, eseguite da ISOGEA S.r.l.

Durante la campagna del 2003 sono stati eseguiti n.5 sondaggi a carotaggio continuo di lunghezza compresa tra 18,0 e 25,0 m e n.5 pozzetti esplorativi di profondità di circa 2,0 m (ad eccezione del P9, spinto fino alla profondità di 4,0 m). Nei campioni prelevati nei pozzetti sono state eseguite prove di laboratorio per la classificazione UNI-CNR 10006. Durante le indagini integrative (2007) sono stati eseguiti n.2 pozzetti esplorativi, con l'esecuzione di prove di carico su piastra, e n. 5

PROGETTAZIONE ATI:

carotaggi della pavimentazione esistente per la determinazione degli spessori dei conglomerati bituminosi.

Anno	Sondaggio o Pozzetto	Progressiva	Lunghezza (m)	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Prove in sito		Strumentazione
						numero	tipo	
2007	PP2	5+440	1,20	-	-	-	-	
2007	PP3	6+260	1,30	-	1	-	-	
2003	S12	6+380	18,0	-	-	4	SPT	Lettura livello di falda
2003	P5	6+785	2,0	-	1	-	-	
2003	P6	7+180	2,1	-	1	-	-	
2003	S13	7+560	25,0	-	-	3	SPT	Lettura livello di falda
2003	P7	8+110	2,0	-	-	-	-	
2003	P8	8+820	2,3	-	1	-	-	
2003	P9	9+380	3,95	-	2	-	-	
2003	S14	9+670	20,0	-	-	-	-	Lettura livello di falda
2003	S15	9+770	25,0	-	-	4	SPT	Lettura livello di falda

La campagna di indagini del 2018 è stata articolata nella esecuzione di n. 7 sondaggi geognostici spinti a profondità compresa tra 5 e 35 m dal p.c. Uno dei fori è stato strumentato con piezometro a tubo aperto (S5) e altri 3 per prove geofisiche down hole (S2, S3, S6). Durante i lavori sono stati prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio.

Anno	Sondaggio o Pozzetto	Progressiva	Lunghezza (m)	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Prove in sito		Strumentazione
						numero	tipo	
2018	S1	6+475	5,0	-	3	2	SPT	-
2018	S2	6+520	25,0	-	7	9	SPT	Down Hole
2018	S3	7+550	35,0	-	7	11	SPT	Down Hole
2018	S4	7+650	25,0	1	4	8	SPT	-
2018	S5	9+480	35,0	-	5	11	SPT	Piezometro T.A.
2018	S6	9+780	35,0	2	5	10	SPT	Down Hole
2018	S7	10+075	25,0	3	4	8	SPT	-

Sui campioni prelevati nel corso delle indagini sono state eseguite prove di laboratorio.

La campagna integrativa del 2020 è stata articolata nella esecuzione di n. 4 sondaggi geognostici spinti a profondità comprese tra i 30 e i 35 m. Due fori sono stati strumentati con piezometro a tubo aperto (S9, S11), altri due per prove geofisiche down hole (S8, S10). Durante i lavori sono stati prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati da sottoporre a prove geotecniche di laboratorio.

Anno	Sondaggio o Pozzetto	Progressiva	Lunghezza (m)	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Prove in sito		Strumentazione
						numero	tipo	
2020	S8DH	9+225	35,0	1	9	11	SPT	Down Hole
2020	S9PZ	8+560	30,0	2	6	9	SPT	Piezometro T.A.
2020	S10DH	8+350	35,0	1	8	11	SPT	Down Hole
2020	S11PZ	7+240	30,0	2	8	9	SPT	Piezometro T.A.

Sui campioni prelevati nel corso delle indagini sono state eseguite prove di laboratorio.

A cavallo tra novembre 2020 e gennaio 2021 è stata condotta una campagna al fine di caratterizzare da un punto di vista ambientale i materiali di scavo ai sensi del D.P.R. 120/2017. I campionamenti si sono espletati attraverso l'esecuzione di n. 17 pozzetti e n.4 sondaggi. Il fine delle analisi risiede nella caratterizzazione ambientale dei terreni, nonché nella determinazione del grado di aggressività del calcestruzzo. Le stratigrafie sono state utilizzate per il modello geologico tecnico.

Per la ricostruzione del modello geologico sono state utilizzate delle indagini relative al progetto della Opera Connessa Sud, ubicata a Sud del corrente progetto.

Anno	Sondaggio o Pozzetto	Progressiva	Lunghezza (m)	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Prove in sito		Strumentazione
						numero	tipo	
2010	P15	10+268	5	1	3			lettura livello di falda
2013	CPT1	10+247	5,60					Prova penetrometrica statica

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto dell'intervento è ubicata nel settore meridionale della provincia di Cagliari, in prossimità dell'omonimo golfo. L'intervento attraversa i comuni di Capoterra, per poco più di un chilometro, e di Assemmini, per circa 4 chilometri.



Figura 3-1 Inquadramento geografico

### 4. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'area in studio è situata all'interno della porzione sud-occidentale della pianura del Campidano meridionale compresa tra gli abitati di Assemmini, Uta e Capoterra. Tale settore di pianura è delimitato dal margine dei rilievi del massiccio del Sulcis (Monti di Capoterra) a sud-ovest, il Golfo di Cagliari a sud e il bacino dello stagno di Santa Gilla ad est. L'andamento morfologico del settore di pianura del Campidano meridionale in esame è subpianeggiante o moderatamente ondulato e degrada verso est con uno sviluppo altimetrico da circa 60 m s.l.m. verso il livello del mare, con una pendenza media dell'1-2%. Il settore in esame è solcato, a nord, dal Rio Cixerri e dal Flumini Mannu e, a sud, dal Rio Santa Lucia.

PROGETTAZIONE ATI:

La piana, di formazione alluvionale-deltizia, è il risultato del colmamento della porzione meridionale del Graben del Campidano, ampia fossa tettonica formatasi nel Pliocene medio-superiore (Cherchi et al., 1978), delimitata a ovest dalla faglia di importanza regionale del Graben, con direzione NWSE; a causa di tale faglia, la transizione morfologica tra i rilievi e le facies alluvionali che colmano il, Graben campidanese è evidenziata da una brusca rottura di pendio dalle pendici dei massicci cristallini alla pianura, con conseguente passaggio da una morfologia aspra ed accidentata ad una morfologia di tipo pianeggiante.

La geomorfologia dell'area di progetto dell'opera connessa Nord è influenzata da tre differenti ambienti morfologici:

1. Stagno di Cagliari, Saline di Macchiareddu e Laguna di Santa Gilla
2. La piana del Campidano
3. Area collinare/montuosa di Capoterra.



Figure 4-1 Ambienti morfologici su ortofoto

#### 4.1. STAGNO DI CAGLIARI, SALINE DI MACCHIAREDDU E LAGUNA DI SANTA GILLA

L'area lagunare posta nella zona ad Ovest del progetto, presenta quote mai superiori a 2 m.s.l.m. e pendenze pressoché nulle.

L'area in questione è ubicata in un antico fondovalle, scavato dal Rio Mannu e dal Cixerri, colmato da depositi fluviali, palustri e marini. La genesi del sistema stagnale è da ricollegarsi alle recenti oscillazioni del livello del mare che hanno determinato in successive fasi evolutive, la chiusura di un ampio golfo ad opera di barre sabbiose, l'ultima delle quali rappresenta il cordone di La Playa, esteso circa 9 km, la cui deposizione è da riferire alla trasgressione versiliana (6.500 anni fa).

Il bacino imbrifero che alimenta il deflusso di acque dolci verso la laguna è molto ampio, abbraccia una vasta regione che comprende il bacino del Flumini Mannu e quello del Rio Cixerri, per una superficie totale di 2.242 kmq. Il flumini Mannu, che rappresenta il tributario più importante della laguna, drena estese regioni dell'Iglesiente, del Sarcidano, della Marmilla e della Trexenta per poi

PROGETTAZIONE ATI:

sfociare nel settore nord-orientale della stessa, quello più propriamente detto Stagno di Cagliari. Il Rio Cixerri si origina invece dai rilievi dell'Iglesiente e prosegue verso oriente fino alla confluenza con la laguna. Questi due corsi d'acqua apportano alla laguna grandi quantità di materiali fini che si distribuiscono e depositano.

Lo scambio principale delle acque dolci con quelle marine avviene attraverso l'apertura de La Scafa che consente un discreto ricambio delle acque del bacino.

Il processo morfogenetico oggi maggiormente attivo è sicuro quello antropico che si è manifestato attraverso massicci interventi di ingegneria idraulica, viaria e attività industriale. Tali interventi, nell'area di progetto, consistono nella canalizzazione delle foci del fiume Cixerri e Fluminu Mannu, nella costruzione del polo industriale Macchiareddu, nell'attivazione delle saline e nella fitta rete viaria che serve l'area industriale.

#### 4.2. LA PIANA DEL CAMPIDANO

Nella zona ad Ovest della laguna, propriamente nell'area di progetto, si sviluppa la seconda unità geomorfologica, caratterizzata da depositi quaternari costituita da forme dolci e scarsamente acclivi. Nella piana trovano sviluppo sedimenti e materiali talora sciolti per accumulo detritico di falda (specie nella zona pedemontana di transizione alle litologie granitiche), materiali granulari più o meno addensati dei terrazzi fluviali antichi a tessitura prevalentemente sabbiosa e ghiaiosa, materiale a tessitura eterogenea dei depositi di conoide di deiezione torrentizia modellati a glacis.

Il raccordo dei depositi delle conoidi con i rilievi è netto, eccezion fatta per quei casi in cui una fascia di detrito interposta tra le due unità morfologiche rende più graduale la variazione di acclività. A valle i depositi di glacis sfumano talvolta nelle piane alluvionali generate dalle esondazioni antiche e recenti dei corsi d'acqua principali, altre volte giungono a mare in modo più o meno graduale.

Lo sviluppo morfologico della piana è comunque stato fortemente condizionato dalle attività antropiche che hanno talora interrotto la continuità dei terrazzi alluvionali. Questi ultimi hanno la classica morfologia piatta, debolmente inclinata verso i corsi d'acqua principali (Rio S. Lucia, Rio S. Girolamo) e la costa. Gli orli dei medesimi hanno altezze in genere comprese tra 0 e 5 metri ma nei casi più evidenti posti a ridosso degli alvei principali attivi, l'orlo raggiunge altezze anche di 10 metri e le scarpate sono in genere manifestamente interessate da fenomeni di ruscellamento a solchi attivi. Sia le alluvioni terrazzate antiche sia quelle recenti sono incise dagli alvei attuali e coperti dai sedimenti successivi. Il forte dislivello tra i punti più elevati del bacino e i tributari principali e quindi l'elevata energia del rilievo, determinano attualmente un forte modellamento fluviale della piana in cui scorrono il Rio Masoni Ollastu, il Rio Santa Lucia e il Rio San Girolamo. Mentre infatti le zone a monte sono principalmente modellate per effetto del ruscellamento diffuso ed incanalato e quindi sono sede di importanti fenomeni erosivi e di forme di tipo gravitativo e di ruscellamento, il tratto a valle risente più spiccatamente di un modellamento di tipo fluviale data la presenza di un alveo principale sufficientemente largo nel quale si manifestano forme tipiche ed erosioni dovute alla presenza dell'acqua.

I depositi fluviali sono suddivisibili in due tipi, da una parte abbiamo le *alluvioni antiche terrazzate*, caratterizzate da ciottoli arrotondati eterometrici di scisto, granito a matrice sabbioso-argillosa, di colore bruno-rossastro a granulometria variabile dai 10 ai 60 cm, sono solitamente ben addensate e a luoghi cementate, lo spessore massimo è di 15 m. Si segnalano anche delle *alluvioni antiche non terrazzate*, costituite da ciottoli ben arrotondati, litologicamente simili ai precedenti, la componente sabbiosa non presenta arrossamenti ed è solo localmente leggermente addensata. Si rinvencono lungo gli alvei dei fiumi

L'elevato gradiente di pendio, dovuto alla vicinanza dei rilievi al mare, determina un'elevata capacità erosiva dei corsi d'acqua, per cui le valli sono per lo più strette e profonde nella zona montuosa, dove l'alveo è spesso scavato in roccia, per risultare notevolmente più aperte in prossimità dello sbocco nella zona pedemontana.

#### 4.3. AREA COLLINARE/MONTUOSA DI CAPOTERRA

L'area al margine occidentale della Piana di Capoterra è una zona caratterizzata da forti dislivelli e ripide pareti rocciose, con condizioni totalmente differenti dalle due aree precedentemente trattate. Quest'area seppur marginale dal punto di vista del progetto in esame, rientra nello studio geomorfologico per la genesi della piana descritta nel punto precedente. Il limite geomorfologico tra la piana e l'area montuosa è netto e di origine tettonica, essendo rappresentato dalla faglia occidentale a grande rigetto del graben campidanese.

L'area in questione è caratterizzata dall'affioramento di litotipi scistosi e granitici paleozoici. All'interno delle sequenze paleozoiche si può talora differenziare, almeno in via generale, l'aspetto a tratti maggiormente ondulato di alcuni settori nei quali l'omogeneità litologica permette un modellamento progressivo non differenziato da quello in cui sia per effetto della variabilità litologica all'interno delle formazioni metamorfiche o al passaggio tra queste e quelle granitiche, o per la presenza di manifestazioni filoniane o spesso in presenza di estese discontinuità di tipo tettonico o fratturazioni diffuse, sono presenti testate emergenti fratturate, forme aspre e acclivi con forti dislivelli e pendenze. Tali settori maggiormente aspri sono abbastanza visibili nel settore posto in sinistra idrografica del Rio San Girolamo, nei tratti apicali di tale bacino, nel settore compreso tra Arcu S. Antoni e sino al limite del bacino idrografico del Rio Baccu Tinghinu, oppure nella vallata del Canale Baccu Liconosu, o ancora nel settore montano posto in destra idrografica del Rio Lacunedda. Per effetto dei forti dislivelli e dell'erosibilità delle rocce i settori di versante sottostanti tali litologie sono in genere ricoperti da spesse coltri di detrito, attive. La tipologia dei sedimenti prodotti dall'erosione è funzione della roccia madre; l'erosione infatti produce materiali e blocchi rocciosi talora arrotondati di natura granitica e brecce invece più squadrate quando i materiali sono di origine metamorfica. Gli spessori delle coltri sono talora metrici specie nelle zone dove sono presenti canali in detrito (specie negli affluenti del 1° e 2° ordine posti sulla sinistra idrografica del Rio San Girolamo – foto n° 3). La loro granulometria è grossolana e assumono l'aspetto di una breccia con blocchi litoidi a tratti metrici immersi in una matrice sabbioso ghiaiosa.

Nelle litologie granitiche la fratturazione ortogonale preponderante e l'azione combinata degli agenti di modellamento esogeno hanno determinato le forme di degradazione meteorica tipiche dei litotipi granitici quali tafoni, sfiorimenti ed esfoliazioni di sottili e progressivi spessori di roccia che causano l'isolamento dei blocchi sferoidali. Le frequenti alternanze di umidificazione e disseccamento tipiche dell'ambiente mediterraneo, favoriscono inoltre i processi di dissoluzione chimica (idrolisi dei feldspati e delle miche) determinando l'alterazione superficiale della roccia (arenizzazione) e la conseguente locale formazione di un "sabbione" granitico prevalentemente quarzoso-feldspatico. In tutti i settori montani si ha una forte organizzazione della rete fluviale e un approfondimento vallivo talora lungo linee principali di frattura, con tratti ad elevatissima acclività e valli strette e tortuose con incisioni prevalentemente a "V". Tutte le valli montane, localizzate in seno alle medesime formazioni litologiche, sono in genere simmetriche.

#### 5. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Con deliberazione in data 30.10.1990 n. 45/57, la Giunta Regionale, della Sardegna ha suddiviso intero territorio in sette sub-bacini (Figure 5-1 Divisione territoriale in sub-bacini), ognuno dei quali risulta caratterizzato in grande da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche ma anche da forti differenze di estensione territoriale.

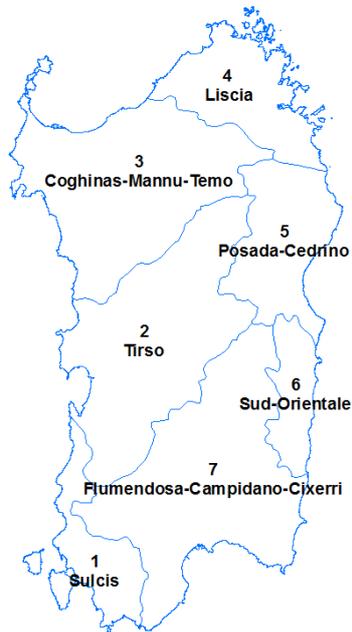


Figure 5-1 Divisione territoriale in sub-bacini

Il settore in studio ricade nel Sub-Bacino 7 Flumendosa-Campidano-Cixerri., ed in particolare fa parte dell'ambito idrografico denominato Flumini Mannu.

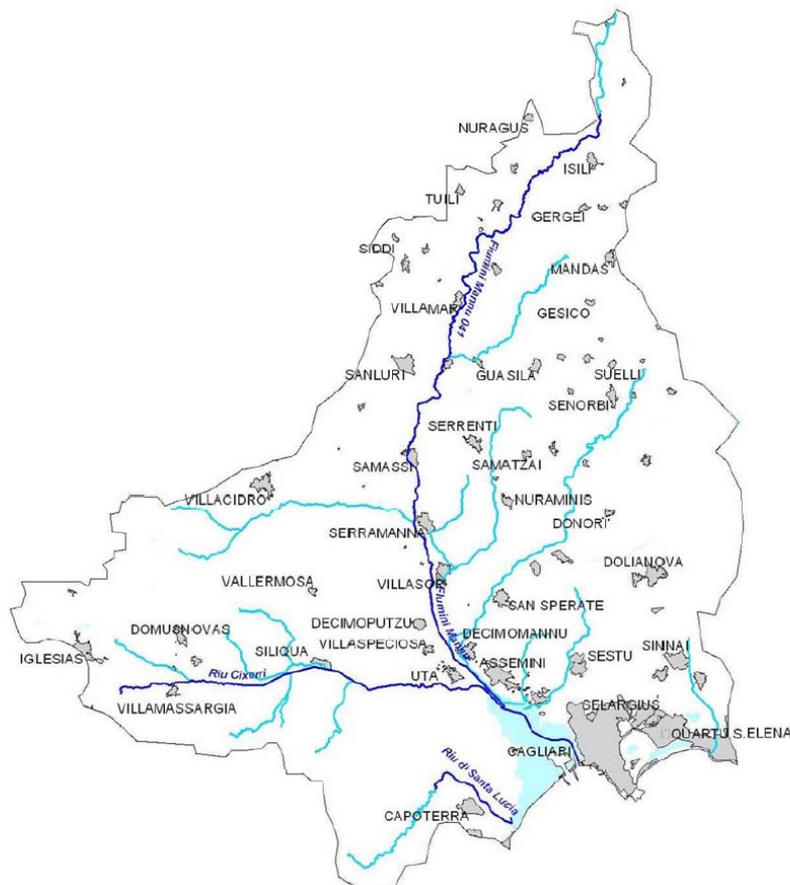


Figure 5-2 Reticolo idrografico del bacino del Flumini Mannu

PROGETTAZIONE ATI:

Dall'esame della cartografia del PAI, attualmente vigente, in relazione alla Pericolosità da Frana e, le aree interessate alla realizzazione dell'opera in progetto ricadono in un'area classificata Hg1 (area a pericolosità moderata da frana).

L'area a pericolosità moderata di frana **Hg1**, che interessa in tracciato dalla pr 9+350 a 10+200 (Fine OCN) deriva da un recepimento del comune di Capoterra (*Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica relativo al procedimento di adozione del nuovo Piano Urbanistico Comunale di Capoterra - Delibera di Comitato Istituzionale n.7 del 17.02.2012*).



Figure 5-3 Stralcio aree PAI a pericolosità geomorfologica

Dall'analisi degli strumenti di pianificazione comunali relativi all'assetto idrogeologico, di seguito elencati,

- “Comune di Capoterra – Variante ai sensi dell'art.37 c.3 lett. B delle Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I. delle aree a pericolosità idraulica e da frana dell'intero territorio comunale – Adozione preliminare” – Del. C.I. Autorità Bacino Regione Sardegna del 15/03/2016 (di seguito VAR P.A.I. CAPOTERRA)

emerge un quadro parzialmente differente per quanto concerne il territorio comunale di Capoterra.

PROGETTAZIONE ATI:

- **Tratto nel territorio del Comune di Capoterra (km 9+350 circa – 10+220)**

### Frane - VAR P.A.I. CAPOTERRA

Uno studio antecedente al VAR P.A.I. CAPOTERRA ("Comune di Capoterra – Studio di Compatibilità idraulica, geologica e geotecnica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, relativo al procedimento di adozione del nuovo Piano Urbanistico Comunale di Capoterra – Approvazione" Del. C.I. Autorità di Bacino n.7 del 17/02/2012) individua tutto il territorio comunale almeno "a pericolosità di frana moderata". Negli studi più recenti (VAR P.A.I. CAPOTERRA – "Relazione tecnica sulla pericolosità e rischio frana"), adottati preliminarmente dall'Autorità di Bacino, si sottolinea che "sulla base di studi di dettaglio si può asserire che l'area pianeggiante non è soggetta a potenziale pericolosità di frana". Pertanto, non sussistono interferenze del tracciato in progetto con aree a rischio frana.

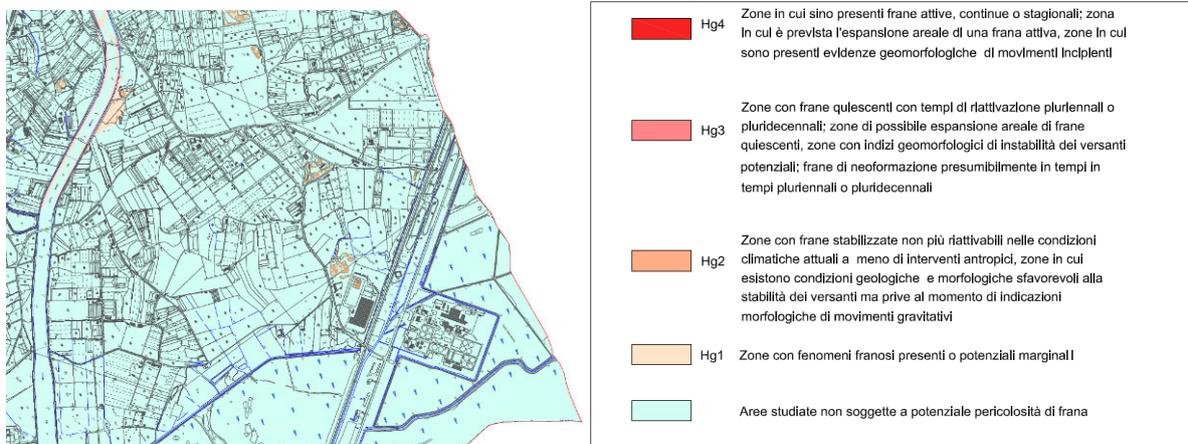


Figure 5-4 VAR P.A.I. CAPOTERRA – Carta della pericolosità per frana

## **6. ASSETTO GEOLOGICO**

### **6.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE DI AREA VASTA**

L'isola della Sardegna da un punto di vista geologico è costituita da varie litologie, sia sedimentarie, sia metamorfiche che magmatiche, che sono state messe in posto in concomitanza delle principali fasi tettoniche che hanno interessato l'isola dal Paleozoico al recente. Nel Paleozoico la Sardegna è stata interessata da una fase di tettonica compressiva (ciclo orogenico Ercinico), che ha contribuito alla formazione dei litotipi metamorfici che costituiscono il basamento Paleozoico sardo (Carmignani et al, 1982; Carosi et al, 1998; Frassi, 2006). Tale basamento è costituito da rocce appartenenti al periodo Carbonifero (Tournaisiano-Westfaliano superiore), che affiorano principalmente nella parte meridionale e sud-occidentale dell'Isola, e da rocce di età Cambro-Carbonifera, affioranti nelle zone centrali e settentrionali (Fig. 5.1). I prodotti del basamento sardo possono essere distinti in tre complessi tettono-metamorfici principali (Carmignani et al. 1978, 1982, 1994; Cortesogno et al., 1998; Carosi et al., 2005; Frassi, 2006):

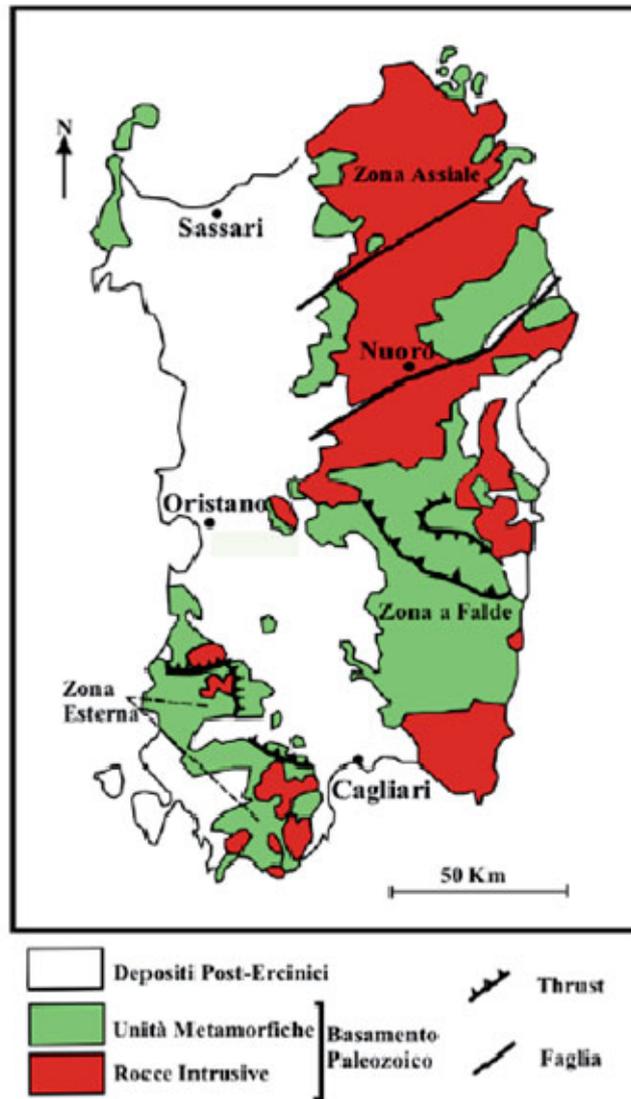


Figure 6-1 Schema geologico-strutturale della Sardegna (Modificata da Carosi et al.2005)

Durante le fasi dell'orogenesi Ercinica, la Sardegna ha subito un marcato processo di granitizzazione. Il cosiddetto "batolite Sardo" (Ghezzo e Orsini, 1982) presenta una struttura composta derivante dalla messa in posto di diversi plutoni, per i quali diversi autori hanno proposto una suddivisione, su base petrografica, in diverse facies (Ghezzo et al. 1972; Di Simplicio et al., 1974; Orsini, 1976; Bralia et al., 1982), tenendo conto della cronologia di messa in posto e delle correlazioni con l'evoluzione tettonico-strutturale del complesso metamorfico.

Il Mesozoico è caratterizzato da una successione sedimentaria ben conservata principalmente nelle zone settentrionali della Sardegna. Questa successione viene divisa in tre unità litostatigrafiche principali, ben correlabili alle medesime sequenze delle zone centrali e meridionali dell'Isola (Cassinis et al., 2003; Barca e Costamagna, 2006). A partire dalla parte bassa della successione, la prima unità litostatigrafica poggia in discordanza sul substrato metamorfico Ercinico ed è rappresentata dalla "Formazione di Punta Lu Caparoni". Questa formazione è contraddistinta da un conglomerato basale, costituito da litici del basamento, e da una parte superiore, costituita da depositi di ambiente alluvio-lacustre. All'interno di questa sequenza affiorano anche rocce vulcaniche di presunta affinità calcalalina. La seconda unità litostatigrafica è a sua volta suddivisa in due parti. La parte bassa è caratterizzata da depositi alluvionali (conglomerati quarzosi alternati

PROGETTAZIONE ATI:

ad arenarie), costituenti la “Formazione di Pedru Siligu”, che giace in discontinuità sulla “Formazione di Punta Lu Caparoni”. La parte alta della seconda unità litostratigrafica è costituita dalla “Formazione di Casa Satta”, rappresentata da vulcaniti di presunta affinità calcalcalina e dalle formazioni di “Porto Ferro” e di “Cala del Vino”, costituite da sedimenti fluviali che chiudono la seconda unità litostratigrafica. La terza unità litostratigrafica inizia con l'unità del Porticciolo, costituita da conglomerati quarzosi poggianti in discordanza sulle formazioni della seconda sequenza e seguiti da oltre 50 m di arenarie appartenenti alla “Formazione delle Arenarie di Cala Viola”.

Nel Terziario, a seguito dell'orogenesi Alpina, la Sardegna è stata interessata da quattro cicli sedimentari marini e due cicli vulcanici (ciclo tardo-eocenico-medio miocenico e ciclo tardo miocenico-quadernario).

Questa fase tettonica ha interessato il basamento Paleozoico e la copertura carbonatica Mesozoica (Carmignani et al., 1994) ed ha portato alla formazione di bacini tipo pull-apart. All'interno dei quali è avvenuta la messa in posto dei depositi sedimentari e vulcani del ciclo tardo eocenico-medio miocenico.

Settori della Sardegna in cui affiorano rocce tardo eoceniche-medio mioceniche sono rappresentati in Figure 6-2.

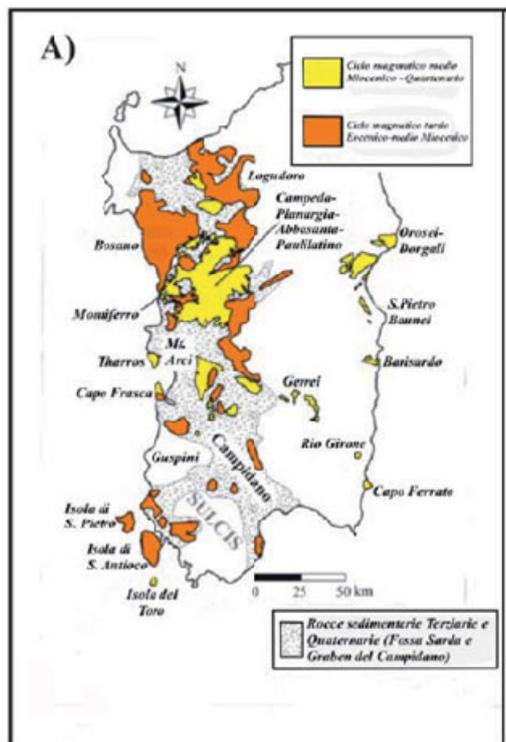


Figure 6-2 Principali distretti vulcanici tardo eocenici-medio miocenici (Modificata da Lustrino et al.2007)

I prodotti vulcanici del ciclo tardo-eocenico-medio miocenico sono rappresentati prevalentemente da daciti e rioliti in facies ignimbratica e raramente in facies lavica, con subordinate andesiti, basalti andesitici e basalti in facies lavica. Nella Sardegna sud-occidentale (Sulcis) affiorano prodotti ad affinità debolmente peralcalina (comenditi) riconducibili alle ultime fasi del ciclo.

La porzione centro meridionale dell'isola è stata successivamente interessata da un'ultima fase tettonica Neogenica (Tardo Miocenica-Quadernaria), che ha portato allo sviluppo del Graben Campidano al quale è associato un vulcanismo di tipo “anorogenico”, caratterizzante il ciclo vulcanico tardo miocenico-quadernario, e legato all'apertura del bacino del Tirreno (Assorgia et al., 1997; Brotzu et al., 1975; Lustrino et al., 2002, 2004, 2007).

## 6.2. TETTONICA AREA DI INTERESSE PROGETTUALE

La struttura tettonica generale dell'area di studio del progetto è caratterizzata da un semigraben di età pliocenica corrispondente alla piana del Campidano. Tale struttura generata, orientata NW-SE è considerata la principale struttura plio-quadernaria affiorante in Sardegna. Questa depressione limita a NE il blocco dell'Iglesiente-Sulcis e si estende per 100 km dal Golfo di Cagliari a quello di Oristano. Il suo bordo occidentale è limitato da una serie di faglie parallele sintetiche, generalmente denominate "Faglia del Campidano" immergenti verso i settori NORDORIENTALI, probabilmente già attive come faglie trascorrenti nel periodo Oligocene-Aquitano. Il rigetto di questa faglia durante la sua attività pliocenica è stimabile in almeno 500 m, in base allo spessore dei sedimenti sintettonici della formazione Samassi attraversata dai pozzi profondi eseguiti nel Campidano meridionale presso Villasor (Pecorini & Pomesano Cherchi, 1969) e settentrionale presso Oristano (Pomesano Cherchi, 1971)

## 6.3. GEOLOGIA DELL'AREA DI INTERESSE PROGETTUALE

Il settore in cui si sviluppa il tracciato in oggetto si sviluppa in un contesto prevalentemente pianeggiante, ed è costituita totalmente da depositi quadernari di origine alluvionale, e in minor misura, di natura fluvio-lacustre e marino –lagunare.

Il Quadernario in Sardegna è rappresentato in gran parte da depositi continentali, in particolare, il Pleistocene è caratterizzato dalle cosiddette "Alluvioni Antiche", diffuse in tutta l'Isola, ma in particolare nella piana del Campidano, nel cui margine meridionale ricade l'area di progetto. Si tratta di sedimenti fluviali di conoide e di piana alluvionale, depositi durante le fasi climatiche freddo-aride e reinciati in condizioni caldo-umide. Nell'area in questione l'Olocene è rappresentato da depositi ghiaioso-sabbiosi di fondovalle e delle piane alluvionali e da depositi limoso-argillosi della laguna.

Le coperture alluvionali sono state deposte in seguito agli apporti detritici dei principali corsi d'acqua, rappresentati, procedendo da ovest verso est, dal Rio Santa Lucia, nella porzione occidentale dell'area di progetto, al Rio Flumini Mannu e Rio Cixerri a nord est.

Tali coperture possono essere distinte in tre ordini di terrazzi, corrispondenti a differenti episodi di deposizione in un periodo compreso tra il Pleistocene Inf. e l'Olocene. L'individuazione dei limiti tra i terrazzi appare di difficile determinazione a causa sia della morfologia (forme piatte con profilo pressoché uniforme), sia del diffuso degrado dato dalla concomitante azione erosiva naturale e dall'intensa attività antropica.

Il progetto interessa esclusivamente i *depositi antichi non terrazzati* ( $P_{vm2}$ ) e *depositi palustri e alluvionali attuali e recenti* (e), considerata la morfologia dell'area, non è stato possibile riconoscere un limite netto durante i rilievi di campo.

Il limite tra le due formazioni è stato individuato attraverso una ricostruzione plano altimetrica eseguita con il DTM fornito da "SardegnaGeoportale".

Le aree interessate dai depositi palustri si trovano di fatto a quote inferiori ai 2 mslm. Tale dato viene confermato in profondità dalla stratigrafia del sondaggio S7, nella quale si riconosce un limite netto, a circa 4 m di profondità, dello stato di ossidazione dei depositi carotati, corrispondente ad un livello costituito da limo organico grigio individuato anche nel sondaggio P15 che potrebbe, dalle ricostruzioni, rappresentare un recente fondo della palude di Santa Gilla. La presenza di materiale grossolano al top della successione, al di sopra del "paleofondo" della palude di Santa Gilla, rappresentato dal livello organico grigio scuro limoso-argilloso, potrebbe indicare un ambiente deposizionale di transizione costituito da un'area palustre dove si sarebbero depositati depositi alluvionali.

Per definire al meglio la questione sarebbero necessari studi paleontologici e sedimentologici, che esulano dallo scopo del presente lavoro.

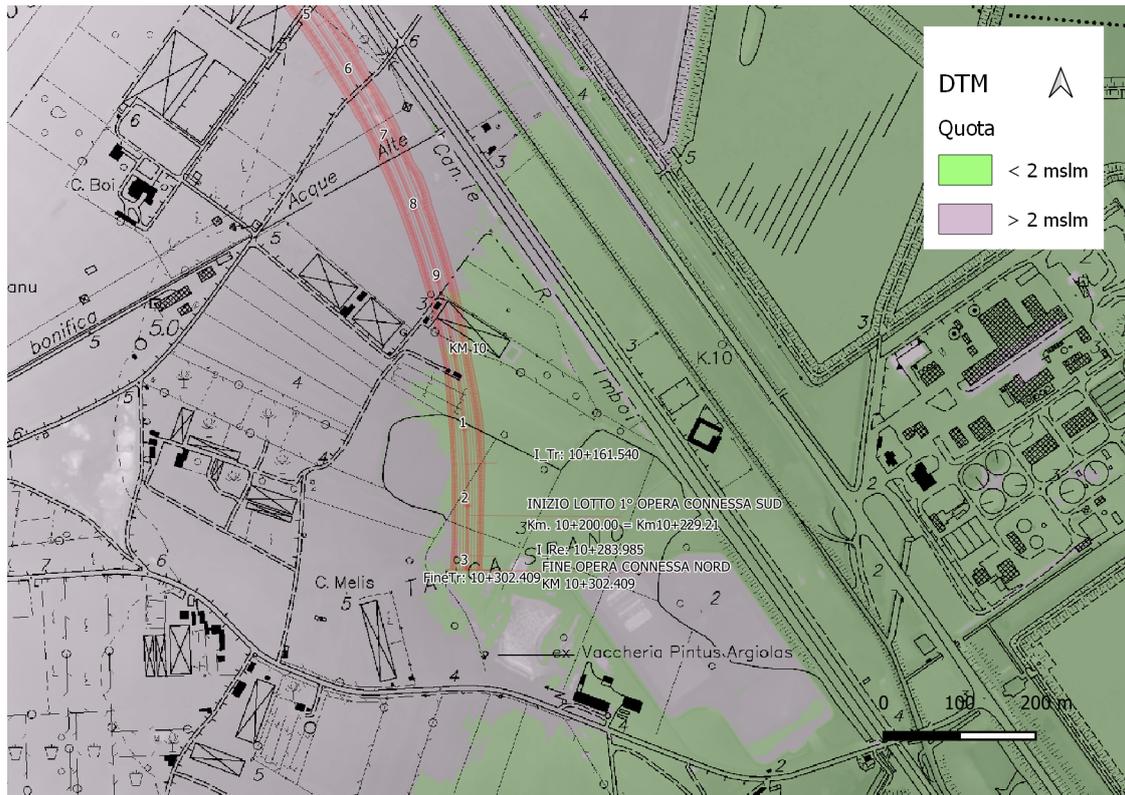


Figure 6-3 ricostruzione area palustre con quote DTM

### 6.3.1. DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI NON TERRAZZATI (Pvm<sub>2</sub>)

Sono le alluvioni comprese tra la Laguna di Santa Gilla ed il Rio Santa Lucia, si tratta di depositi alluvionali riferibili al Quaternario antico (Pleistocene – interglaciale Riss –Wurn) ed estesi fino all'Olocene. Da un punto di vista stratigrafico appartengono al *subsistema di Portoscuso (Pvm<sub>2</sub>)*. Sono caratterizzati da un'alterazione molto spinta dei ciottoli e della matrice e si mostrano ben costipate e cementate. Queste rappresentano il piano superiore del cono alluvionale su cui si sono impostati i processi di incisione del Rio Santa Lucia al variare delle condizioni climatiche succedutesi nel corso del Quaternario. La disposizione caotica del deposito mostra elementi di pochi centimetri accanto a blocchi di notevoli dimensioni e i ciottoli risultano talora fortemente costipati in una matrice sabbioso-limosa molto arrossata a causa dei processi di ferrettizzazione cui sono stati sottoposti, costituiti prevalentemente da ghiaie grossolane, sino alla taglia dei blocchi, a spigoli subangolosi e subarrotondati. Essi presentano strutture incrociate concave in genere di limitata ampiezza e profondità. Sono inoltre frequenti lenti e livelli piano paralleli o massivi. I sedimenti più fini, rappresentati da sabbie grossolane sono sempre molto subordinati e si presentano in lenti e livelli intercalati ai livelli ghiaiosi. Lo spessore in superficie può superare i 30 m, ma è possibile che questo fosse maggiore al momento della deposizione, prima che i processi erosivi asportassero parte della copertura alluvionale. Questi depositi tendono a diminuire di spessore avvicinandosi alla laguna, area in cui affiorano i depositi palustri e costieri (e) con i quali nell'area meridionale del progetto si trovano in eteropia di facies.

### 6.3.2. DEPOSITI ALLUVIONALI E PALUSTRI ATTUALI E RECENTI (e)

Questi depositi comprendono argille e limi argillosi, fanghi torbosi generalmente grigio scuro nerastri, intercalati a livelli sabbiosi discontinui.

PROGETTAZIONE ATI:

Questi formano il substrato impermeabile dello stagno di Santa Gilla, nonché delle aree emerse al margine degli stagni. Questi depositi poggiano sulle alluvioni antiche con le quali si trova anche localmente in eteropia di facies. Tale configurazione è evidente nell'area a Sud del progetto, intorno alla pk. 10+000, dove l'ambiente deposizionale risulta essere di transizione, poiché viene riscontrato a 4 m (P15) circa da piano campagna, un livello limoso-argilloso con abbondante sostanza organica tipicamente di ambiente palustre-costiero, e al di sopra di questo si riscontrano depositi sabbioso-ghiaiosi attribuibili ad un ambiente deposizionale alluvionale. Tali evidenze potrebbero indicare un'alternanza di ambiente deposizionale legate a variazione di livello eustatico, o a eventi alluvionali all'interno di un'area palustre. Pertanto all'interno di tali depositi vengono inseriti anche i livelli sabbioso-ghiaiosi cronologicamente più recenti individuati nel dominio palustre.

### 6.3.3. DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI (Aa)

I depositi olocenici dell'area sono rappresentati sia da quelli attuali che da quelli derivati dalle modificazioni dell'ambiente fisico oloceniche e dunque sono caratterizzati da gradi variabili di inattività e seppellimento, tra questi sono compresi anche i depositi alluvionali terrazzati (**Aa**) posti a quote inferiori rispetto ai terrazzi pleistocenici. I depositi alluvionali terrazzati (**Aa**), ricoprono i sedimenti del sistema di Portovesme e sono ricoperti dai depositi alluvionali attuali. Si tratta di ghiaie a stratificazione incrociata concava deposte all'interno di canali bassi e poco continui, alternate a ghiaie a stratificazione piano parallela. Sono depositi posti ai lati dei letti attuali o dei tratti di alveo regimati ed in genere non interessati dalle dinamiche in atto. Nell'area di progetto, tali depositi affiorano al margine occidentale della laguna, e sono separati, localmente, dove l'attività antropica l'ha preservata, da una scarpata, dai depositi di conoide ad ovest. In occasione di eventi idrometeorici estremi questi depositi potrebbero essere interessati da dinamiche alluvionali. La mancanza di differenze planoaltimetriche marcate ha impedito di stabilire quali fossero i tratti interessati da dinamiche precedenti alla situazione idrografica attuale.

### 6.3.4. DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI (a)

Al margine occidentale dell'area di progetto affiorano i sedimenti alluvionali attuali (**a**) deposti dal Rio Santa Lucia, sono rappresentati da depositi grossolani e solo localmente sono presenti intercalazioni di lenti e sottili livelli sabbia. Le strutture sedimentarie non si differenziano da quelle già descritte per i depositi alluvionali terrazzati olocenici, a testimoniare la presenza di un passato più o meno prossimo di corsi a canali intrecciati. I depositi in questione, essendo molto vicini al tratto montano del Rio Santa Lucia, possono essere anche molto grossolani con ciottoli e blocchi. Allo sbocco della valle il Rio Santa Lucia incide i depositi di conoide pleistocenici, dando luogo ad una scarpata di diversi metri di altezza. I depositi alluvionali recenti difficilmente superano i 5 metri di potenza

## 7. IDROGEOLOGIA

Le differenti fasi di sedimentazione della Piana di Capoterra hanno fatto sì che i depositi interessanti l'area di progetto, costituiti principalmente da materiali alluvionali, siano altamente eterogenei. All'interno di tali depositi, caratterizzati da un'alternanza caotica di livelli di varia natura, da ghiaiosi ad argillosi, di età plio-pleistocenica, risiede un unico acquifero caratterizzato da permeabilità variabile in funzione delle differenti caratteristiche idrogeologiche dei depositi.

È possibile distinguere nell'area di studio almeno 3 complessi idrogeologici:

- **Complesso sabbioso ghiaioso:** impostato nei depositi fluviali olocenici distribuiti lungo gli alvei dei corsi d'acqua, è caratterizzato da granulometria grossolana e alta permeabilità.

Non è considerato un acquifero rilevante poiché di estensione areale modesta, limitata agli alvei dei corsi d'acqua. È in connessione idraulica diretta con il sottostante complesso limoso-sabbioso-ghiaioso. Nella cartografia idrogeologica (T00GE00GEOCI01\_A) tale complesso affiora solo nel margine sudoccidentale, in corrispondenza del corso d'acqua Rio Santa Lucia.

- **Complesso limoso-sabbioso-ghiaioso:** è impostato prevalentemente entro i depositi fluviali pleistocenici e fluvio lacustri pleistocenici-olocenici e subordinatamente entro i depositi litorali. È caratterizzato da permeabilità media e medio bassa, in funzione della presenza di livelli a maggiore contenuto limoso. Questi livelli possono determinare variazioni verticali e locali della permeabilità.
- **Complesso idrogeologico dei depositi palustri e costieri:** caratterizzante l'area sud orientale corrispondente alla laguna di San Gilla, costituita da sedimenti fini argilloso-limosi con rari di livelli di sabbie e ghiaie fini e ricchi in sostanza organica. Tale complesso è caratterizzato da permeabilità bassa

L'asse viario di progetto attraversa esclusivamente i depositi appartenenti al complesso limoso-sabbioso-ghiaioso, che studi bibliografici (Ciabatti & Pilia, 2004; Casula et al., 2001) distinguono in due sub-complessi:

- *Sub-complesso idrogeologico alluvionale superiore;*
- *Sub-complesso idrogeologico alluvionale inferiore*

Il sub-complesso alluvionale superiore, di maggiore interesse dell'area progettuale, è costituito da depositi di tipo ghiaioso sabbiosi. Esso è caratterizzato da permeabilità da medio bassa a medio alta a seconda delle presenze di livelli limoso-argillosi. Il sub-complesso alluvionale superiore è sede di un acquifero multistrato, al cui interno sono ospitate la falda superficiale di tipo libero e una falda profonda (localmente articolata in un sistema multifalda) confinata. Il grado di separazione tra la falda superficiale e la falda profonda è molto variabile ed è funzione della presenza e della continuità degli orizzonti argilloso-limosi. Il sub-complesso alluvionale superiore può essere schematizzato come un acquifero multifalda, caratterizzato da un'ampia variabilità degli orizzonti che lo costituiscono, in cui si possono distinguere una falda superficiale freatica e una falda confinata multistrato. Il grado di confinamento di questa seconda falda è molto variabile, in funzione della continuità locale degli orizzonti argilloso-limosi e delle modalità costruttive dei pozzi presenti nell'area, spesso realizzati con filtri che non garantiscono l'isolamento tra i due corpi idrici. Di conseguenza, a scala regionale, spesso i carichi idraulici associati alle due falde sopra descritte tendono a coincidere.

Studi pregressi (Cas. Mez, 1986) hanno individuato lo spessore e l'andamento del complesso alluvionale superiore, attraverso prospezione geoelettriche appoggiate a misure di taratura in corrispondenza di perforazioni. In particolare, lo studio mette in evidenza una vasta zona di conoidi che si estende al piede degli affioramenti paleozoici lungo il margine Orientale Campidano. Al di sotto di tali depositi il complesso diventa progressivamente più argilloso, e il più delle volte, sterile.

Nel dettaglio, dalle indagini dirette eseguite, risulta che le formazioni prevalentemente sabbiose-ghiaiose, presenti per almeno 15-25 metri di profondità dal piano campagna, anche se localmente vi si intercalano strati limosi argillosi di ridotta estensione laterale, costituiscono un acquifero freatico poggiante su uno strato argilloso limoso (aquiclude o aquitard).

L'area delle saline, che si sovrappone parzialmente al complesso sabbioso-ghiaioso e quello dei depositi palustri, potrebbe generare anche se posta a livello del mare, delle anomalie nella circolazione idrica sotterranea, per l'ampia superficie coinvolta dalle vasche.

Il flusso dell'acqua sotterranea naturale è diretto da NO verso SE, in direzione dello Stagno di Cagliari.

Di seguito si riportano i punti di monitoraggio con i quali è stato ricostruito l'assetto locale dell'idrogeologia, si è fatto riferimento oltre che ai piezometri installati, anche ai sondaggi in cui è stata individuata in fase di esecuzione la falda.

Sondaggio	Anno esecuzione	Strumentazione / Misura	Anno misura	Quota boccapozzo (mslm)	Soggiacenza (m)
P9	2003	Lettura livello	2003	5,4	<b>3,7</b>
S12	2003	Lettura livello	2003	11,3	<b>8,5</b>
S13	2003	Lettura livello	2003	10,6	<b>8,5</b>
S14	2003	Lettura livello	2003	3,9	<b>1,8</b>
S15	2003	Lettura livello	2003	3,3	<b>1,7</b>
P15*	2010	Lettura livello	2010	2,9**	<b>1,4</b>
S5	2018	Piezometro T.A.	2018	5,6**	<b>8,6</b>
S9	2020	Piezometro T.A.	2020	9,9	<b>7,8</b>
S11	2020	Piezometro T.A.	2020	10,65	<b>7,6</b>

\*Indagini OCS \*\*quote estrapolate da modello digitale del suolo

Dalla ricostruzione piezometrica risulta un'anomalia tra la progressiva 8+550 e fine tracciato, con un minimo idrogeologico relativo, con gradienti troppo elevati per un acquifero ad alta permeabilità e libero. Escludendo cause naturali, è possibile che tale configurazione piezometrica sia connessa all'interferenza dovuta alle barriere idrauliche del progetto di bonifica dell'area Is Campus; infatti considerate le granulometrie dell'acquifero e la posizione delle barriere idrauliche riportate nell'elaborato T00GE00GEOCI, la dimensione dell'area depressa è compatibile con il cono di influenza dei pozzi costituenti la barriera. Pertanto nel profilo geologico di progetto (T00GE00GETFG) sono state rappresentate due distinte configurazioni:

- una con il livello statico della falda, precedente alla messa in funzione della barriera idraulica, che tiene conto anche delle misure piezometriche del 2003.
- una con livello dinamico della falda dovuto al funzionamento della barriera idraulica che tiene conto esclusivamente delle misure piezometriche successive alla messa in funzione dell'opera di bonifica.

Nella carta idrogeologica (T00GE00GEOCI), per facilità di lettura dell'elaborato, sono state rappresentate le isopieze esclusivamente per la configurazione attuale, cioè quella con il livello dinamico della falda.

## 8. SISMICA

Il territorio italiano, in base all'intensità e alla frequenza dei terremoti del passato, è classificato in quattro zone sismiche. Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità, nel 2003 sono stati emanati i criteri della nuova classificazione sismica, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia un'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una certa intensità o magnitudo. A tal fine è stata pubblicata l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.

Tale provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le regioni, a cui lo stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio, hanno compilato l'elenco dei comuni con relativa attribuzione ad una delle quattro zone (e relative sottozone), a pericolosità decrescente, nelle quali è stato classificato l'intero territorio nazionale.

<b>Zona 1</b>	È la zona più pericolosa. La probabilità che capiti un forte terremoto è alta
<b>Zona 2</b>	In questa zona forti terremoti sono possibili
<b>Zona 3</b>	In questa zona i forti terremoti sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2
<b>Zona 4</b>	È la zona meno pericolosa: la probabilità che capiti un terremoto è molto bassa

Table 8-1 Descrizione zone sismiche, fonte Protezione Civile

PROGETTAZIONE ATI:

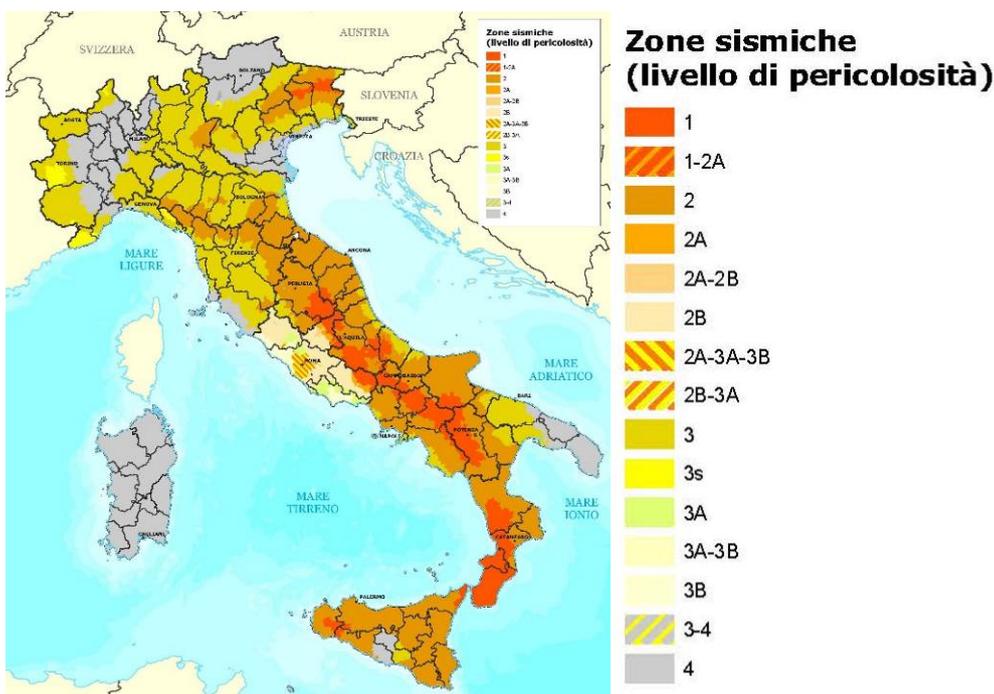


Figure 8-1 Stralcio classificazione sismica

L’attuazione dell’ordinanza n.3274 del 2003 ha permesso di ridurre notevolmente la distanza fra conoscenza scientifica consolidata e la sua traduzione in strumenti normativi e ha portato a progettare e realizzare costruzioni nuove, più sicure ed aperte all’uso di tecnologie innovative. Le novità introdotte con l’ordinanza sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (INGV, Reluis, Eucentre). Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall’OPCM3274/03, è stato adottato con l’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 28 aprile 2006. Il nuovo studio di pericolosità allegato all’ordinanza ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio introducendo intervalli di accelerazione ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni da attribuire alle 4 zone sismiche.

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	$a_g \leq 0.05$

Table 8-2 Suddivisione delle zone sismiche in relazione all’accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM3519/06)

Con la Delibera n. 15/31 del 30.03.2004 la Giunta Regionale ha recepito la riclassificazione sismica dei comuni della Regione Sardegna contenuta nell’Allegato 1 all’Ordinanza PCM 3274/03 assegnando a tutti i comuni della Sardegna la zona sismica 4 che, nella classificazione sismica dei territori, rappresenta quella a rischio sismico molto basso.

Le NTC 2018, approvate con Decreto Ministeriale il 17 gennaio, definiscono le azioni sismiche di progetto in funzione della “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizione di campo libero sul sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita nelle categorie di sottosuolo), nonché di ordinate dello spettro di risposta

PROGETTAZIONE ATI:

elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , in alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

Ai fini della normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c$  valore di riferimento per la determinazione del periodo inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Come indicato nel paragrafo 3.2 del D.M. 17/01/2018, per tali parametri si fa riferimento agli allegati A e B del Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

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

Table 8-3 Valori  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c$  per le isole, con l'esclusione della Sicilia, Ischia, Procida e Capri

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi da eseguire con le modalità descritte nel capitolo 7 delle NTC 2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie sotto specificate, si può far riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ . La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$ , definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = H / (\sum_{i=1}^N (h_i / V_{s,i}))$$

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

$N$  numero di strati

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia e terreno con  $V_s$  non inferiore a 800 m/s

La profondità  $H$  del substrato è calcolata a partire dal piano di imposta per le fondazioni superficiali, dalla testa dei pali per le fondazioni profonde e a partire dalla testa dell'opera per le opere di sostegno.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono riportate in tabella:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

**Table 8-4** Categorie di sottosuolo per approccio semplificato da NTC 2018

Per qualunque condizione di sottosuolo, differente dalle cinque esposte in tabella, è necessario predisporre analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismica. Per le condizioni che ricadono nelle 5 categorie le azioni sismiche sono definite nel paragrafo 3.2.3 delle NTC 2018.

La classificazione sismica del sito e dei suoli delle aree interessate dal progetto è stata eseguita elaborando i risultati di alcune prospezioni Down Hole eseguite nell'ambito della campagna di indagini geognostiche e qui di seguito elencate:

Sondaggio	Anno	Profondità (m)	Numero misure	Vseq (m/s)	Categoria di sottosuolo
S2	2018	25	26	521,14*	<b>B</b>
S3	2018	30	31	558,51	<b>B</b>
S6	2018	30	31	587,82	<b>B</b>
S8	2020	35	36	458	<b>B</b>
S10	2020	35	36	438	<b>B</b>

\*Nel Down Hole S2 del 2018 la  $V_{seq}$  è stata definita per 25 m

**Tabella 8-1** classificazione sismica del sottosuolo

La categoria di sottosuolo dalle prove geofisiche eseguite è "B": "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"

Per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico S riportati nella tabella seguente in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base, dove ST assume valore unitario.

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

Tabella 8-2 – Categorie topografiche

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera	ST
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

**Tabella 8-3 - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST (la variazione spaziale di ST è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo dalla sommità fino alla base dove ST=1,0).**

Lungo il tracciato stradale in progetto è stata considerata la categoria topografica **T1** corrispondente al comparto di fondovalle.

### 8.1. SISMICITÀ STORICA

A conferma del basso rischio sismico dell'area di progetto è stato eseguito un approfondimento sui cataloghi sismici dell'INGV che considerano un arco temporale molto ampio, che va dal mondo antico all'epoca attuale. In particolare sono stati consultati i due database forniti dall'INGV.

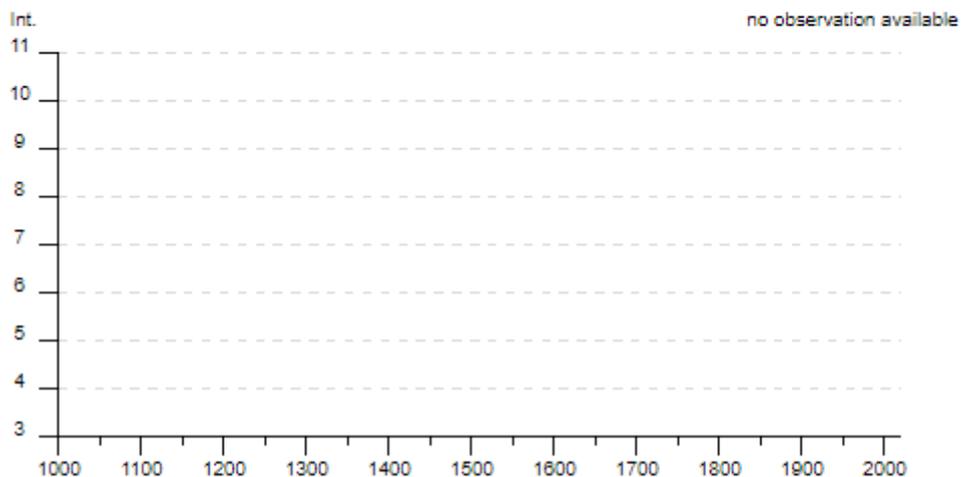
- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15), redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  o magnitudo  $\geq 4.0$  d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2019.
- DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15), realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2019.

La finestra cronologica coperta dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15 va dall'anno 1000 circa a tutto il 2019, ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

Per la compilazione del CPTI15 sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato.

Nella tabella seguente viene riportato, a conferma del bassissimo rischio sismico dell'area progettuale, l'unico evento risentito all'interno del Comune di Assemini. È stato considerato il comune di Assemini perché è quello maggiormente interessato dal progetto, la ricerca per il comune di Capoterra, altro comune interessato dal progetto, dà gli stessi risultati.

PlaceID IT\_68619  
 Coordinate (lat, lon) 39.287, 9.004  
 Comune (ISTAT 2015) Assemini  
 Provincia Cagliari  
 Regione Sardegna  
 Numero di eventi riportati 1



► Personalizza il diagramma

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	2000	04	26	13	37	4	Tirreno centrale	265		4.77

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Uta	1	4
Decimomannu	1	4
San Sperate	1	8
Decimoputzu	1	9

Figura 8.1 storia sismica comune di Assemini da DBMI15

Le informazioni disponibili per i terremoti storici, quelle di tipo paleosismologico e quelle geologico-strutturali di un'area permettono di individuare le cosiddette "Faglie Capaci", definite come "faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie". L'elenco delle faglie attive e capaci del catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults) evidenzia la presenza principalmente di due lineamenti di grandi dimensioni posti in prossimità del tracciato

Questi ultimi corrono circa parallelamente al tracciato a distanza di 3,6 e 3,9 km in direzione OSO da esso; si tratta rispettivamente delle faglie Sarroch 1 (id: 94189) e Sarroch 2 (id: 94189), entrambe a cinematica normale, direzione NNO-SSE e immersione ENE.

Le faglie costituiscono parte del margine sud-occidentale del Graben del Campidano, un bacino tettonico originatosi dallo sprofondamento della porzione meridionale della Fossa Sarda (Cherchi &

PROGETTAZIONE ATI:

Montadert, 1982; Assorgia et al., 1997; Funedda et al., 2000 ; Carmignani et al., 2001; Casula et al., 2001; Oggiano et al., 2009), conclusa nel Plio-Quaternario con una fase estensionale legata all'evoluzione del bacino tirrenico meridionale (Casula et al., 2001; Cocco, 2013).

Non sono disponibili dati relativi all'entità dei rigetti nel tempo.

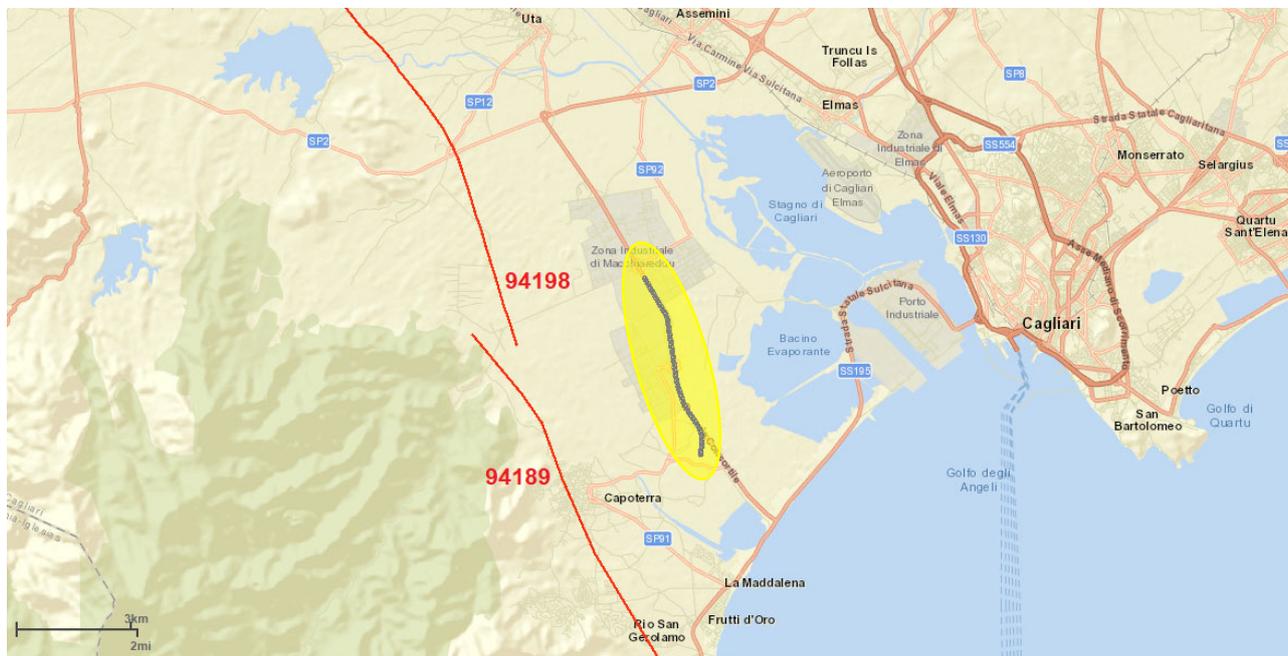


Figura 8.2 Schermata dal portale *Webgis* dell'ISPRA (ITHACA – CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI - <http://sgj2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>), modificata con l'indicazione dei codici identificativi del catalogo e dell'area del progetto (evidenziata in giallo).

## 9. ANALISI DEL TRACCIATO

Il tracciato dell'opera connessa Nord parte dal km 5+216 si sviluppa al di sopra della dorsale consortile esistente fino al km 8+000 circa, ed interessa per le parti in allargamento, al di sotto di una sottile coltre di terreno vegetale, che dove presente raramente supera i 30cm di spessore, terreni del Pleistocene superiore, di origine alluvionale di natura prevalentemente ghiaiosa, da addensati a molto addensati. Il tracciato dalla km 5+216 alla km 5+800 circa si sviluppa prevalentemente a raso. Dalla km 5+800 alla km 7+380 il tracciato si sviluppa su di un rilevato la cui altezza massima da p.c. è di 6,5 m in corrispondenza della progressiva 6+525 dove vi è l'attraversamento del fascio tubiero attraverso un ponte. Tra km 6+600 fino a km 7+100 circa, sul lato sinistro il tracciato è lambito da sottili lembi di depositi alluvionali terrazzati olocenici prevalentemente ghiaiosi con subordinati livelli di sabbia e limo.

Il progetto prevede la demolizione e l'asporto della vecchia sovrastruttura e la ricompattazione del materiale sottostante che costituirà la base di appoggio del nuovo rilevato di altezza massima di poco inferiore ai 7 m. Le limitate altezze del rilevato esistente non comportano accorgimenti particolari per garantire la stabilità fra il vecchio ed il nuovo rilevato se non l'opportuna esecuzione di gradonature sulle scarpate del rilevato da allargare.

Dalla km 7+380 alla km 7+675 il tracciato è di nuovo a raso, per poi rialzarsi di quota in rilevato. Alla progressiva 7+840 c'è il ponte per lo scavalco della deviazione del canale Imboi. In questo primo tratto in cui il tracciato coincide con la dorsale consortile, la profondità della falda è ad almeno 7 m da p.c.

PROGETTAZIONE ATI:

Dalla km 8+000 il tracciato per risolvere le interferenze con i progetti di bonifica in corso nell'area si sposta verso Ovest dalla strada esistente, continuando in rilevato di altezza massima di poco superiore ai 7m. fino alla fine del progetto al km 10+302.

Tra la km 8+330 e la km 8+540 circa, si sviluppa l' "opera a farfalla", galleria necessaria per l'attraversamento sotto il piano stradale del fascio tubiero.

In questa seconda parte di progetto, quella in variante, la superficie di falda ha una profondità compresa tra i 7 m da p.c. e 1,4 m in corrispondenza della parte finale del tracciato

Il progetto si imposta per gran parte del suo sviluppo sui terreni alluvionali più antichi (**Pvm<sub>2</sub>**) appartenenti al *subsistema di Portoscuso* costituiti prevalentemente da ghiaie grossolane, sino alla taglia dei blocchi, a spigoli subangolosi e subarrotondati. I sedimenti più fini, rappresentati da sabbie grossolane sono sempre molto subordinati e si presentano in lenti e livelli intercalati ai livelli ghiaiosi. Lo spessore può superare i 30 m.

Dalla progressiva 10+120 il tracciato attraversa i depositi costieri/palustri (e), il cui top, per i primi 3,5 / 4 m è caratterizzato da sedimenti granulari sabbiosi e ghiaiosi, probabilmente legati ad una facies transizionale, alla base della formazione palustre è presente uno strato potente 40 cm di un deposito limoso – argilloso di colore grigio scuro molto plastico con abbondante sostanza organica, individuato grazie al sondaggio P15. Lo spessore del terreno vegetale è generalmente inferiore ai 0.5m.

Il tracciato progetto si sviluppa completamente su terreni pianeggianti le quote altimetriche sono comprese tra 0.0 e 15 m s.l.m.

## 10. BIBLIOGRAFIA

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2021). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.3>

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A. (2021). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.3>