

**NUOVA S.S.291
COLLEGAMENTO SASSARI - ALGHERO - AEROPORTO**

Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas - Alghero
e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA29

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTI:

Dott. Ing. ACHILLE DEVITOFRANCESCHI
Ordine Ing. di Roma n. 19116

Dott. Ing. ALESSANDRO MICHELI
Ordine Ing. di Roma n. 19654

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Serena MAJETTA
Ordine Geol. Lazio n. 928

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Dott. Arch. GIOVANNI MAGARO'
Ordine Arch. di Roma n. 16183

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. FABIO QUONDAM

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. SALVATORE FRASCA

PROTOCOLLO

DATA

GEOLOGIA E GESTIONE MATERIE

Studio di compatibilità geologica e geotecnica – Relazione

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	SCALA	
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	TOOGE00GEORE10_A.DOC				
LOPLSC	D	1601	CODICE ELAB.	T00GE00GEORE10	A	--	
D							
C							
B							
A	Nuova emissione a seguito indirizzo MIT del 11-05-2016		SET 2017	Dott. Geol. R. Laureti	Dott. Geol. S. Serangeli	Dott. Geol. S. Majetta	
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

INDICE

1. Premesse	2
2. Schema Geologico e Geomorfologico generale	4
3. Compatibilità geomorfologica dell'opera in progetto e verifica delle indicazioni del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna	7
4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO	18
4.1. Inquadramento geotecnico di insieme	18
4.2. Classificazione geotecnica	18
4.3. Riepilogo delle caratteristiche geotecniche	20
4.4. Individuazione delle stratigrafie di riferimento – Lotto I	20
4.5. Zona Rio Calvia I	20
4.6. Individuazione delle stratigrafie di riferimento – Lotto 4	21
4.7. Zona Rio Sassu	21
4.8. Zona rilevato alla progr. 2+680-2+740	21
4.9. ANALISI DI STABILITÀ DEL RILEVATO - PROGR. 2+680-2+740	23
4.10. Rilevato pk 2+720 - Sezione A1-158 – Lotto 4 – Altezza rilevato H=13.80 m	23
5. Conclusioni	26

1. Premesse

Il presente Studio di Compatibilità Geologica e Geotecnica è stato redatto relativamente al Progetto Definitivo dei "Lavori di costruzione del 1° lotto da Alghero ad Olmedo - da località bivio cantoniera di Rudas e del 4° lotto - collegamento con l'aeroporto di Fertilia", in Provincia di Sassari.

La redazione del presente Studio di Compatibilità è prescritta in presenza di interventi che interferiscano con aree perimetrare nell'ambito del P.A.I., in quanto interessate da pericolosità molto elevata (Hg4), elevata (Hg3) e media (Hg2) da frana (art. 25 comma 1).

Il presente studio è stato, pertanto, redatto tenendo conto dell' "Allegato F: Criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità geologica e geotecnica di cui all'articolo 25 delle norme di attuazione del PAI".

Nella presente nota vengono, dunque, descritti i contesti geologico-stratigrafico geomorfologico ed idrogeologico di riferimento e successivamente analizzate le interazioni, con le condizioni di pericolosità geomorfologica, degli interventi in progetto.

Gli elementi necessari a tale scopo sono stati ricavati a seguito dell'esame della documentazione bibliografica disponibile per l'area in oggetto, dall'analisi diretta delle condizioni geologiche e geomorfologiche delle aree all'interno delle quali ricade l'intervento, nonché dalle risultanze delle indagini geognostiche realizzate ai fini progettuali.

La presente nota fa specifico riferimento ai seguenti elaborati di progetto:

- Relazione geologica e idrogeologica;
- Documentazione indagini geognostiche preesistenti;
- Certificati prove di laboratorio preesistenti;
- Documentazione indagini geofisiche preesistenti;
- Documentazione indagini geognostiche;
- Certificati prove di laboratorio - Tomo 1;

- Certificati prove di laboratorio - Tomo 2;
- Documentazione indagini geofisiche;
- Planimetria ubicazione indagini geognostiche, in scala 1:2.000 – 9 tavole;
- Carta geologica generale, in scala 1:5.000 – 3 tavole;
- Carta geologica di dettaglio, in scala 1:2.000 - 9 tavole;
- Carta geomorfologica, in scala 1:5.000 – 3 tavole;
- Carta idrogeologica, in scala 1:5.000 – 3 tavole;
- Profilo geologico Lotto 4, in scala 1:1.000 – 3 tavole;
- Profilo geologico Lotto 1 Asse B, in scala 1:1.000 – 4 tavole;
- Profilo geologico Lotto 1 Rampa Alghero, in scala 1:1.000;
- Profilo geologico Lotto 1 Rampa bidirezionale e rampa sud, in scala 1:1.000;
- Profilo geologico Lotto 1 Asse D, in scala 1:1.000 – 3 tavole;
- Planoprofilo geologico Viadotto Sassu, in scala 1:500;
- Planoprofilo geologico Viadotto Ferrovia, in scala 1:500;
- Planoprofilo geologico Viadotto Serra, in scala 1:500;
- Planoprofilo geologico Viadotto Calvia I, in scala 1:500;
- Planoprofilo geologico Viadotto Calvia II, in scala 1:500;
- Sezioni geologiche trasversali, in scala 1:500 – 4 tavole;

2. Schema Geologico e Geomorfologico generale

L'area in cui ricade il progetto in esame è caratterizzata, principalmente, da tre diversi domini geologico-strutturali:

1. le sequenze calcareo-dolomitiche mesozoiche, delle quali nell'area compaiono in affioramento solo i termini appartenenti al Giurese ed al Cretacico, mentre i termini appartenenti al Trias superiore, che rappresentano il substrato su cui sorge la città di Alghero, affiorano limitatamente al settore meridionale della città ed, in parte, sono ricoperti dalla successione stratigrafica del Giurese (settore nord-orientale - Monte Agnese) e dalla coltre quaternaria di origine eolica;
2. le successioni vulcano-sedimentarie riferibili al ciclo calcalino sardo ed alla trasgressione oligo-miocenica. Esse sono rappresentate, essenzialmente, da potenti coltri ignimbriche, derivanti dalla parziale fusione della crosta continentale granitoide, disposte in bancate sub-orizzontali anche molto estese;
3. le aree di pianura, caratterizzate dall'accumulo di prodotti di erosione (complesso fluvio-lacustre) e depositi sabbiosi di origine eolica (complesso eolico). Il complesso fluvio-lacustre è rappresentato da depositi alluvionali formati da elementi calcarei, nel settore settentrionale nelle immediate vicinanze del Monte Agnese, e da elementi vulcanici oligo-miocenici nel settore meridionale, e da depositi lacustri, costituiti da travertini, marne ed argille. Talvolta si rinvencono, anche, depositi colluviali, terrigeni ed eluviali. Il complesso eolico è rappresentato da sabbie addensate, localmente da arenarie tenere giallastre, affiorante a volte in banchi compatti, a volte in blocchi inglobati nel terreno.

La morfologia dell'area studiata rappresenta una diretta conseguenza dell'evoluzione geologica e geostrutturale dell'intera isola, caratterizzata dal susseguirsi di mutamenti legati ai movimenti tettonici che hanno ripetutamente interessato l'isola stessa e che sono ora rappresentati

da evidenze della presenza di faglie, frammentazioni e dislocazioni degli ammassi e, nel terziario, dalla messa in posto di terreni di genesi vulcanica. Tali mutamenti tettonici hanno causato l'alternanza di fasi di continentalità e fasi di ingressione marina.

E' inoltre chiaramente percepibile, dall'esame fotointerpretativo e della cartografia, il forte condizionamento che la particolare evoluzione tettonica del territorio interessato dal progetto ha determinato nei confronti della sua evoluzione geomorfologica, con particolare riferimento all'evoluzione del reticolo idrografico. In tutta l'area vasta, riferibile alla piana di Alghero, compresa fra i rilievi carbonatici prospicienti la costa occidentale e le colline vulcanico-ignimbriche presenti ad est di Olmedo ed Alghero, sono infatti facilmente individuabili, all'esame fotointerpretativo, una serie di elementi geomorfologici (meandri o tratti di alvei fossili o abbandonati, aree con *pattern* angolato del reticolo, catture fluviali) che testimoniano come l'evoluzione tettonica recente dell'area, accompagnata dalle oscillazioni del livello di base, abbia fortemente condizionato l'evoluzione geomorfologica recente di questo territorio.

Durante le sopra citate fasi di continentalità si sono verificati una serie di processi morfogenetici causati dalle variazioni climatiche.

Dal punto di vista geomorfologico, il tracciato in progetto si estende all'interno della piana di Alghero. Al suo interno, a causa del susseguirsi di differenti fasi tettoniche avvenute durante il mesozoico, si sono originati rilievi collinari impostati su rocce calcareo-dolomitiche, considerati come forme residuali d'erosione ("*inselbergs*") quale, ad esempio, il Monte Agnese, ad est di Alghero (91 m), il cui versante settentrionale è attraversato dal tracciato del presente progetto. I versanti di tali rilievi si raccordano gradualmente con la superficie pianeggiante circostante, a causa dell'interposizione di coltri detritiche o eluvio-colluviali, seppur risulti evidente, sia dall'analisi fotointerpretativa che dal rilievo geomorfologico di campo, nell'allineamento delle aree collinari e nella conformazione del *pattern* della rete idrografica, l'esistenza, appunto, di un forte controllo

tettonico, esercitato da più sistemi di faglie, responsabili della disarticolazione del substrato mesozoico e del suo ribassamento al di sotto delle aree pianeggianti.

Nella medesima zona, con prevalente diffusione nel settore orientale sono presenti, inoltre, rilievi collinari, altopiani e superfici strutturali sviluppatasi in corrispondenza degli areali di affioramento delle rocce vulcaniche di età oligo-miocenica. E' il caso del Monte Carru (92 m), Monte San Giuliano (117 m), Monte Calvia (106 m) e Nur.ghe Pedrosu (85 m), i quali rappresentano rilievi e pianori vulcanici, di genesi prevalentemente ignimbratica, isolati, di minore estensione ed altitudine rispetto a quelli calcarei. Verso est, la prevalenza di forme sviluppatasi sulle unità vulcaniche acquisisce, pertanto, un ruolo predominante della conformazione del paesaggio geologico.

Notevole diffusione, nell'area di Alghero, presentano le coperture sedimentarie, rappresentate da depositi alluvionali e palustri, costituiti da travertini, che assumono una morfologia tabulare, leggermente inclinata verso l'alveo attuale dei corsi d'acqua principali.

La stessa importanza rivestono i depositi eolici, i quali si spingono nell'entroterra per notevoli estensioni. Tali depositi (eolianiti) sono rappresentati in gran parte da dune fossili, originatesi a seguito di diversi cicli di deposizione, che ricoprono i substrati calcarei e vulcanici e le alluvioni terrazzate.

La particolare conformazione tettonica dell'area, caratterizzata dalla presenza di elementi fragili sepolti, responsabili della disarticolazione del substrato, ha determinato, inoltre, lo sviluppo di un reticolo paleocarsico, in corrispondenza del quale si sono originati i depositi ed i giacimenti bauxitici, ben noti nell'area (Olmedo).

3. Compatibilità geomorfologica dell'opera in progetto e verifica delle indicazioni del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna

Il presente studio ha analizzato i contenuti del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Sardegna, limitatamente alle aree interessate da Pericolosità per Frana.

Tale documento, redatto ai sensi della Legge n. 183/1989 e del D.L. n. 180/1998, è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006. Lo studio relativo alla parte geomorfologica è stato adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n° 2 del 25.02.2010.

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).

In generale, l'impostazione del progetto stradale, redatto dalla Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori dell'ANAS, partendo dagli studi geologici, geomorfologici e geotecnici effettuati, è stata sviluppata in pieno accordo con i criteri generali esposti all'art. 21 "*Indirizzi per la progettazione, realizzazione e manutenzione delle infrastrutture*" delle Norme di attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico della Regione Sardegna, attinenti gli aspetti relativi alla stabilità geomorfologica.

In particolare, con riferimento alle condizioni di stabilità geomorfologica e geotecnica, gli approfondimenti condotti e la scala operativa adottata hanno consentito di inquadrare e valutare in modo approfondito e puntuale le condizioni di stabilità. Inoltre, le azioni progettuali previste

tendono a ridurre al minimo sia il rischio d'instabilità gravitativa che le modificazioni della morfologia attuale dei pendii con cui il progetto interferisce prevedendo, ove necessario, l'adozione di adeguate misure progettuali volte a garantire la stabilità e la sicurezza dell'infrastruttura, nonché di mitigazione del rischio, in relazione all'ambito territoriale interessato..

All'interno del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna vengono identificate aree di pericolosità da frana suddivise secondo i gradi di pericolosità i cui caratteri sono di seguito riassunti:

– *Aree di pericolosità molto elevata da frana (Hg4)*: in cui sono consentiti interventi strutturali e non per il controllo dei dissesti (opere di bonifica, manutenzione e consolidamento dei versanti, opere di riqualificazione ambientale...); interventi di demolizione senza ricostruzione nello stesso sito, riparazione e manutenzione di edifici esistenti o di infrastrutture a rete o puntuali, in generale, interventi che non comportino significative modifiche morfologico-strutturali e "tensionali" del territorio.

– *Aree di pericolosità elevata da frana (Hg3)*: in cui sono consentite demolizioni e ricostruzioni nello stesso sito, ampliamenti finalizzati ad adeguamenti richiesti da normativa, realizzazione di manufatti non qualificabili come volumi edilizi, in aggiunta a quanto stabilito per l'area a pericolosità molto elevata.

– *Aree di pericolosità media da frana (Hg2)*: in cui sono consentiti, tra gli altri, ampliamenti e nuove costruzioni in particolari aree vincolate da codesta norma.

– *Aree di pericolosità moderata da frana (Hg1)*: i cui interventi in ambito edilizio e gli usi del territorio e delle risorse naturali sono disciplinati dagli strumenti urbanistici, dai regolamenti edilizi e dai piani di settore vigenti, fatta eccezione per l'utilizzo di tecniche e tipologie costruttive che riducano pericolosità e rischi.

L'analisi combinata delle interazioni fra il tracciato in progetto e le aree classificate a pericolosità geomorfologica, emerse a seguito dei recenti aggiornamenti dei contenuti del P.A.I., è stata sviluppata in modo analitico. Sono stati, pertanto, distinti, all'interno di ciascuna classe di pericolosità, degli "Ambiti di Interferenza", intesi come tratti discreti di progetto in cui l'asse principale o le opere connesse (rampe, complanari, ecc) intersecano il relativo areale di pericolosità.

Dall'esame della cartografia del P.A.I. della Sardegna, limitatamente alle aree interessate da Pericolosità per Frana, è stato verificato che, per i due lotti in progetto, sussistono, con diverse modalità, le condizioni di interferenza del tracciato con alcune aree classificate con grado di pericolosità. In particolare, per quanto riguarda il Lotto 1, viene interferita una sola area a pericolosità Hg2 (pericolosità media), la quale intercetta, per un brevissimo tratto, l'asse principale della S.S.291, in corrispondenza del viadotto Rio Calvia 1. Tale area si estende, poi, diffusamente lungo il pendio del Monte Agnese, rilievo collinare adiacente al tracciato stradale in progetto.

In corrispondenza del Lotto 4 gli ambiti di interferenza del tracciato con aree classificate a pericolosità media Hg2 sono tre. Le prime due aree si trovano lungo i versanti della valle a fondo piatto del Riu Sassu, tra le ppkk. 2+140÷2+320, in corrispondenza del viadotto omonimo in progetto, e le viabilità locali VL5 e VL6. Una terza area ricade tra le ppkk. 2+720÷2+760, lungo il versante ovest della piccola vallecchia morfologica in corrispondenza della quale il progetto prevede la realizzazione di un sottopasso stradale della viabilità locale VL1 e il tombino idraulico TS1-2.

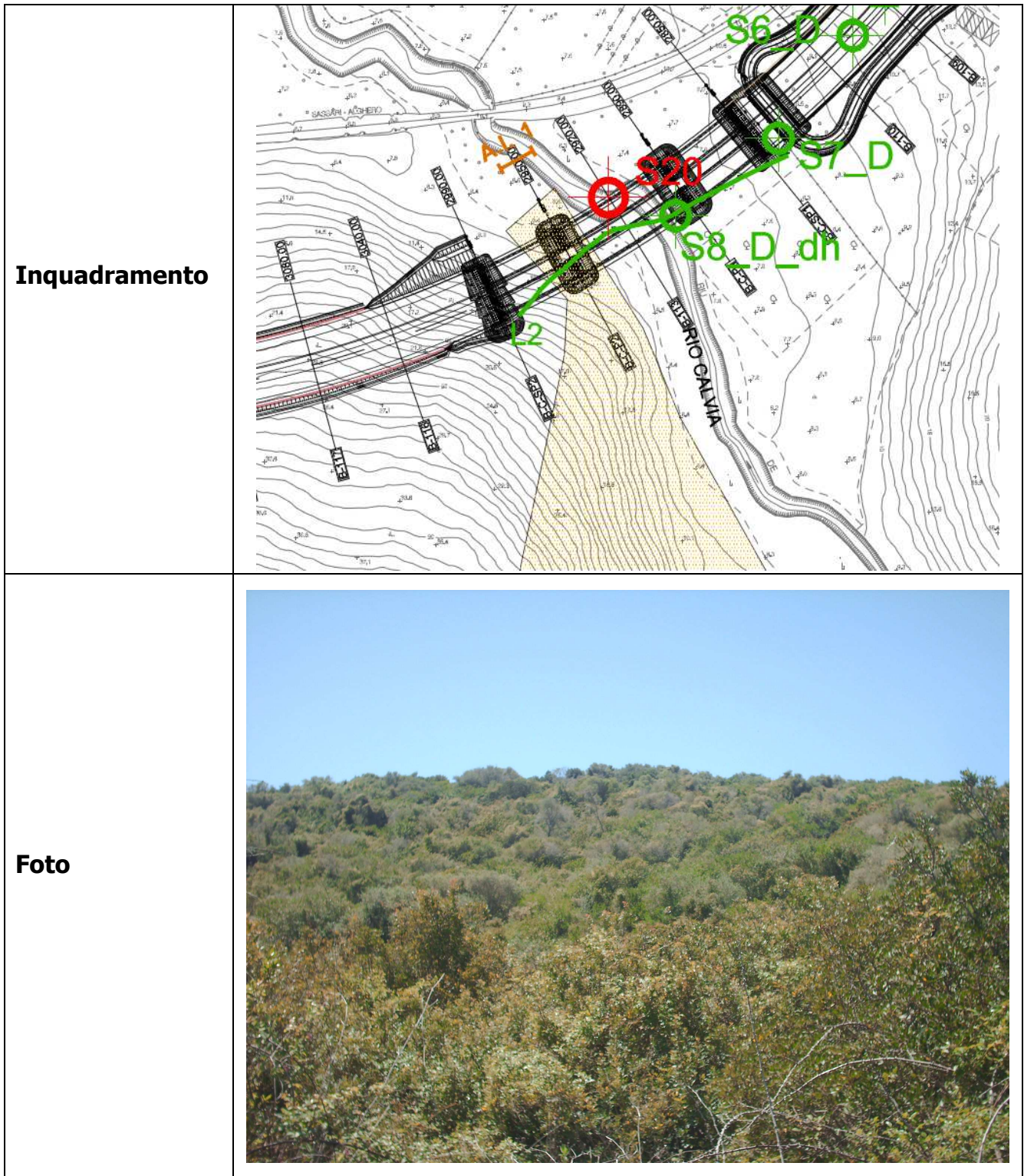
Per il Lotto 1 è, pertanto, presente un unico Ambito d'Interferenza Hg2, denominato **A.I.1**, mentre nel Lotto 4 gli ambiti di interferenza intercettati sono in numero di tre, anch'essi Hg2, denominati rispettivamente **A.I.2**, **A.I.3**, **A.I.4**.

Secondo la definizione assunta nel Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico della Regione Sardegna, in Hg2 sono comprese quelle aree caratterizzate dalla presenza di frane stabilizzate non

più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici e le zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti, ma prive attualmente di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi.

Di seguito si riportano le schede descrittive degli A.I. intercettati, contenenti gli elementi caratteristici.

A.I. 1 S.S.291 Lotto 1 Asse B – Km. 2+940–2+970 (Viadotto Calvia 1)

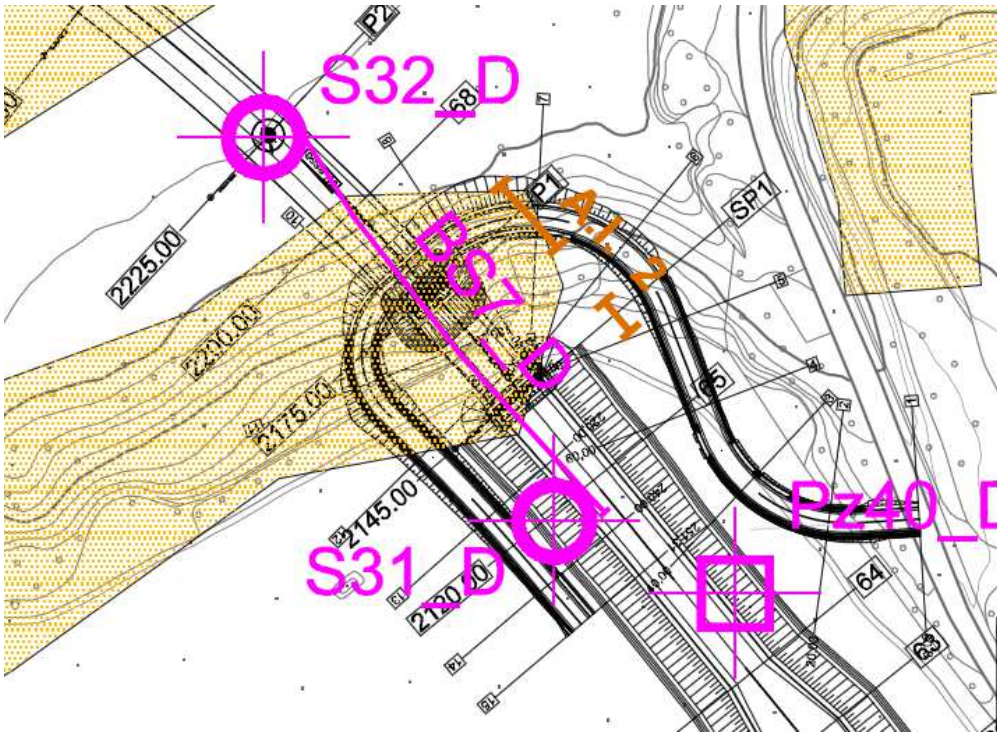



Progetto Definitivo

Pericolosità interferita	Estremità settentrionale dell'area a pericolosità media Hg2, per una porzione limitata, in corrispondenza della pila 2 del Viadotto Calvia 1.
Litologia affiorante	Formazioni mesozoiche del substrato (Formazione di Punta Cristallo (IST) e di Grascioleddu (GXL)), rappresentate da calcari, calcari dolomitici e calcari marnosi, fortemente fratturati e argillificati, fino a formare orizzonti bauxitici. In superficie sono ricoperte da una modesta coltre di depositi alluvionali e eluvio-colluviali sabbioso-ghiaiosi.
Indagini di riferimento	Indagine sismica a rifrazione L2 (Progeo s.r.l. – anno 2015). Rilievo geologico e geomorfologico di superficie. Sondaggi S8_D_Dh; S20.
Osservazioni	La morfologia dell'area, nel tratto interferito, presenta modeste acclività. La perimetrazione dell'area in questo tratto non corrisponde a morfologie realmente riscontrabili. In generale, il rilevamento geomorfologico, le indagini eseguite nell'area e le caratteristiche litologiche delle formazioni interessate non evidenziano condizioni di potenziale dissesto tali da costituire un rischio per l'infrastruttura il progetto.
Interventi previsti	Il piano d'imposta della fondazione della pila è posto a 4 m circa. La struttura è sottofornata con micropali metallici tubolari Ø 300 di lunghezza 19 m, che trasferiscono in profondità, ai sottostanti terreni litoidi, il sovraccarico trasmesso.

A.I. 2 S.S.291 Lotto 4 – Km. 2+140÷2+210 (Spalla 1 e Pila 1 del Viadotto Sassu e

Viabilità locale VL6)

<p>Inquadramento</p>	
<p>Foto</p>	
<p>Pericolosità interferita</p>	<p>Pericolosità media Hg2 lungo una limitata area che comprende parte della Spalla 1 e la Pila 1 del Viadotto Sassu, e una parte della viabilità locale VL6.</p>

Litologia affiorante	Formazione di Brunestica (BST), rappresentata da marne e calcareniti marnose, fortemente fratturate in superficie, fino a formare, nel tetto, una coltre sabbiosa proveniente dall'alterazione spinta del substrato. In corrispondenza della spalla 1 il substrato si trova a circa 1 m di profondità ed è ricoperto in superficie da un sottile coltre di depositi sabbiosi appartenenti al Sintema di Portovesme. In corrispondenza della Pila 1 il substrato è ricoperto in superficie da depositi eluvio-colluviali per uno spessore di 4 m circa.
Indagini di riferimento	Sondaggi geognostici S31 ed S32 (Dr. Angius – anni 2016/17) e stesa sismica a rifrazione BS7 (Geoinvest s.r.l. - anni 2016/17).
Osservazioni	L'area si colloca lungo il versante orografico sinistro della Valle del Riu Sassu. Dalla cartografia P.A.I. essa risulta perimetrata piuttosto approssimativamente, non rispondente alla reale morfologia dei luoghi (vedi curve di livello) e non trova riscontro con evidenze geomorfologiche di superficie. Dal rilevamento eseguito e dalle indagini situate nell'area, non si riscontrano condizioni di incipiente dissesto o evidenze di instabilità tali da costituire un rischio per l'infrastruttura il progetto.
Interventi previsti	Il piano d'imposta della fondazione della spalla è posto a -1.0 m; quello della pila a 3 m circa. Le strutture sono sottofondate con micropali metallici tubolari Ø 300 di lunghezza 14-16 m, che trasferiscono in profondità, ai sottostanti terreni litoidi, il sovraccarico trasmesso.

A.I. 3 S.S.291 Lotto 4 – Km. 2+260÷2+320 (Pila 3 del Viadotto Sassu)

<p>Inquadramento</p>	
<p>Foto</p>	
<p>Pericolosità interferita</p>	<p>Pericolosità media Hg2 lungo una limitata area che comprende la Pila 3 del Viadotto Sassu.</p>
<p>Litologia affiorante</p>	<p>Formazione di Brunestica (BST) rappresentata da marne e calcareniti marnose, mediamente fratturate, ricoperte in superficie da una coltre alluvionale con spessore massimo di 4 m.</p>

Indagini di riferimento	Sondaggi geognostici S34 ed S35 (Dr. Angius – anni 2016/17) e stesa sismica a rifrazione BS8 (Geoinvest s.r.l. - anni 2016/17).
Osservazioni	L'area si colloca lungo il versante destro della Valle del Riu Sassu. Dalla cartografia P.A.I. essa risulta perimetrata piuttosto approssimativamente poiché appare fortemente discordante con la reale morfologia del versante, come evidenziato dalle curve di livello, e non trova riscontro in evidenze geomorfologiche (gran parte dell'area comprende morfologia interamente pianeggiante). Dal rilevamento eseguito e dalle indagini situate nell'area, non si riscontrano condizioni di incipiente dissesto o evidenze di instabilità tali da costituire un rischio per l'infrastruttura il progetto.
Interventi previsti	Il piano d'imposta della fondazione della pila, su pozzo Ø 7000, realizzato con coronella di micropali metallici tubolari Ø 240 di lunghezza 8.0 m, è posto a 7.0 m circa, all'interno del bedrock.

A.I. 4 S.S.291 Lotto 4 – Km. 2+720–2+760 (Viabilità locale VL1)

<p>Inquadramento</p>	
<p>Pericolosità interferita</p>	<p>Pericolosità media Hg2 lungo un'area limitata in corrispondenza di un tratto della Viabilità locale VL1.</p>
<p>Litologia affiorante</p>	<p>Substrato mesozoico rappresentato dalle formazioni di Brunestica (BNT) e di Capo Caccia (POC), in contatto tettonico tra loro, costituite da calcari, calcareniti e marne calcaree, da poco a mediamente fratturati. In superficie, il substrato è ricoperto da una coltre alluvionale ed eluvio-colluviale con spessore massimo di 4 m.</p>
<p>Indagini di riferimento</p>	<p>Pozzetti geognostici Pz42 e Pz52 (Dr. Angius – anni 2016/17); sondaggio geognostico S39 e Prova penetrometrica CPTU7 (Dr. Angius – anno 2017).</p>
<p>Osservazioni</p>	<p>La morfologia dell'area presenta una modesta acclività. L'area delimitata dal P.A.I. risulta perimetrata piuttosto approssimativamente poiché discorda con le curve di livello e mostra una forma geometrica non corrispondente ad elementi geomorfologici naturali. Inoltre non trova riscontro con le evidenze geomorfologiche riscontrate in campagna. Dal rilevamento eseguito e dalle indagini situate nell'area, non vengono evidenziate condizioni di propensione al dissesto o evidenze di instabilità tali da costituire un rischio per l'infrastruttura il progetto.</p>
<p>Interventi previsti</p>	<p>Tombino scatolare idraulico 2*3 e rilevato adiacente. Il reinterro, effettuato lateralmente al tombino, comporta la totale obliterazione dei versanti esistenti, compreso quello classificato in Hg2.</p>

4. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

4.1. Inquadramento geotecnico di insieme

Per il lotto 1 le opere previste in progetto ricadono in un'area caratterizzata dalla presenza di un substrato roccioso calcareo (Formazione di Capo Caccia, Formazione di Grascioleddu e la Formazione di Punta Cristallo) poco profondo, talora subaffiorante ad eccezione di alcuni tratti in cui il substrato appare ribassato a seguito di movimenti tettonici che hanno creato una struttura a gradini. Tale ammasso litoide risulta ricoperto da depositi olocenici e pleistocenici dell'area continentale. Il loro spessore varia a seconda della profondità del tetto del substrato. Per il lotto 4 invece le opere d'arte principali previste in progetto, ricadono in parte su un'area caratterizzata dalla presenza di un substrato Marnoso, appartenete alla formazione di Brunestica, e in parte su depositi torbosi pleistocenici, costituiti principalmente da argilla limosa con livelli torbosi. L'ammasso marnoso risulta inoltre ricoperto da depositi olocenici e pleistocenici dell'area continentale. Il loro spessore varia a seconda della profondità del tetto del substrato.

4.2. Classificazione geotecnica

Ai fini progettuali, ed in base all'esame delle risultanze delle indagini eseguite, sono stati distinti 8 terreni tipo in relazione alle caratteristiche geotecniche.

- ✓ **Unità Ug1:** Depositi di coltre eluvio-colluviale pleistocenici ed olocenici, epivolcaniti continentali, alterazioni dei substrati litoidi; da argille debolmente sabbiose a sabbie fini argillose;
- ✓ **Unità Ug2 e Ug3:** Materiali da semilitoidi a litoidi (bauxiti), da moderatamente fratturati a fratturati;
- ✓ **Unità Ug4:** Materiali da semilitoidi a litoidi delle unità Ug2 e Ug3 in facies da fortemente fratturata ad estremamente fratturata;
- ✓ **Unità Ug5:** Materiali Piroclastici da sciolti a poco addensati;

- ✓ **Unità Ug6:** Torbe, argille bentonitiche ed argille organiche ad alta plasticità;
- ✓ **Unità Ug7:** Materiali di origine alluvionale recente; argille e sabbie ghiaiose;
- ✓ **Unità Ug8:** Argille sabbiose consistenti.

Nella tabella seguente è rappresentata la corrispondenza tra classificazione geotecnica dei terreni e unità geologiche.

Unità geotecnica	Unità geologiche
Ug1	Depositi Olocenici Depositi Pleistocenici
Ug2	Formazione di Capo Caccia Formazione di Punta Cristallo
Ug3	Formazione di Grascioleddu
Ug4	Formazione di Capo Caccia fratturata Formazione di Punta Cristallo fratturata Formazione di Grascioleddu fratturata
Ug5	Piroclastiti di Monte Miale Ispina Piroclastiti di Monte San Pietro
Ug6	Depositi Torbosi Pleistocenici
Ug7	Depositi Alluvionali
Ug8	Depositi Pleistocenici - Argilla

4.3. Riepilogo delle caratteristiche geotecniche

Litotipo	g [kN/m ³]	f [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]	GSI	s_c [kPa]
Ug1	18-19	32	0		-	-
Ug2-Ug3	25	46-50	55-110		30-45	32-60
Ug4	25	33	40		20-25	20-25
Ug5	16-19	30-44	0-10			
Ug6	18			40 da -12 a -32 0.25 · γ_v - -32		
Ug7	17-20	30-36	0			
Ug8	18-19			0.25 · γ_v - -32		

4.4. Individuazione delle stratigrafie di riferimento – Lotto I

In base all'esame del complesso delle indagini effettuate e delle informazioni dei dati raccolti, si descrivono le successioni stratigrafiche per le zone di progetto in esame, dal terreno più superficiale al più profondo.

4.5. Zona Rio Calvia I

La zona in cui ricade la pila 2 del viadotto Rio Calvia I interessa terreni appartenenti al substrato roccioso calcareo della formazione di Grascioleddu e della formazione di Punta Cristallo, ricoperti dai depositi alluvionali. In particolare è stata individuata la seguente stratigrafia.

Stratigrafia da p.c.	Litotipo
Da 0 a - 7.0 m	Ug1
da -7.0 m a -40 m	Ug4

4.6. Individuazione delle stratigrafie di riferimento – Lotto 4

In base all'esame del complesso delle indagini effettuate e delle informazioni dei dati raccolti, si descrivono le successioni stratigrafiche per le aree di progetto in esame, dal terreno più superficiale al più profondo.

4.7. Zona Rio Sassu

L'area in cui ricadono la pila 1 e la pila 3 del viadotto Rio Sassu interessa terreni appartenenti al substrato roccioso marnoso della formazione di Brunestica, ricoperti dai depositi olocenici e pleistocenici alluvionali. In particolare sono state individuate le seguenti stratigrafie.

<i>PILA P1</i>	
Stratigrafia da p.c.	Litotipo
Da 0 a - 3.7 m	Ug1
da -3.7 m	Ug2

<i>PILA P3</i>	
Stratigrafia da p.c.	Litotipo
Da 0 a - 1.20 m	Ug1
da -1.20 a -4.20 m	Ug7
da -4.20 m	Ug2

4.8. Zona rilevato alla progr. 2+680-2+740

L'area in cui ricade il rilevato tra le progressive 2+680-2+740 interessa terreni appartenenti al substrato roccioso marnoso della formazione di Brunestica, ricoperti dai depositi olocenici e pleistocenici e alluvionali. In particolare è stata individuata la seguente stratigrafia di riferimento.

Stratigrafia da p.c.	Litotipo
Da 0 a - 1.0 m	Ug1
Da -1.0 a - 3.0 m	Ug7
da -3.0 m	Ug2-Ug3

4.9. ANALISI DI STABILITÀ DEL RILEVATO - PROGR. 2+680-2+740

Per la valutazione della stabilità del rilevato del lotto 4 si è fatto riferimento alla sezione di analisi più gravosa, tenendo conto delle condizioni morfologiche, dei litotipi interessati e dall'altezza dei rilevati.

La Tabella 1 riporta una sintesi dei coefficienti di sicurezza ottenuti, in condizioni statiche e sismiche, per la sezione di calcolo considerata.

Nella trattazione che segue si riporta lo schema di calcolo per la sezione indagata, specificando il relativo modello di sottosuolo.

Sezione	Progressiva e tratto (km)	z (m)	LITOTIPO	H trincea/rilevato (m)	F _s statico	F _s sismico
158	2+720	0-1	Ug1	13.80	1.227	1.184
		1-3	Ug7			
		>3	Ug2-Ug3			

Tabella 1 – Riepilogo analisi di stabilità dei rilevati – Lotto IV

4.10. Rilevato pk 2+720 - Sezione A1-158 – Lotto 4 – Altezza rilevato H=13.80 m

Di seguito si riporta la geometria della sezione di calcolo considerata e le verifiche, sia in condizioni statiche che sismiche.

Nuova S.S. 291
Lavori di costruzione del 1° lotto da Alghero ad Olmedo, in località bivio cantoniera di Rudas e del 4° lotto
Collegamento con l'aeroporto di Fertilia
Progetto Definitivo

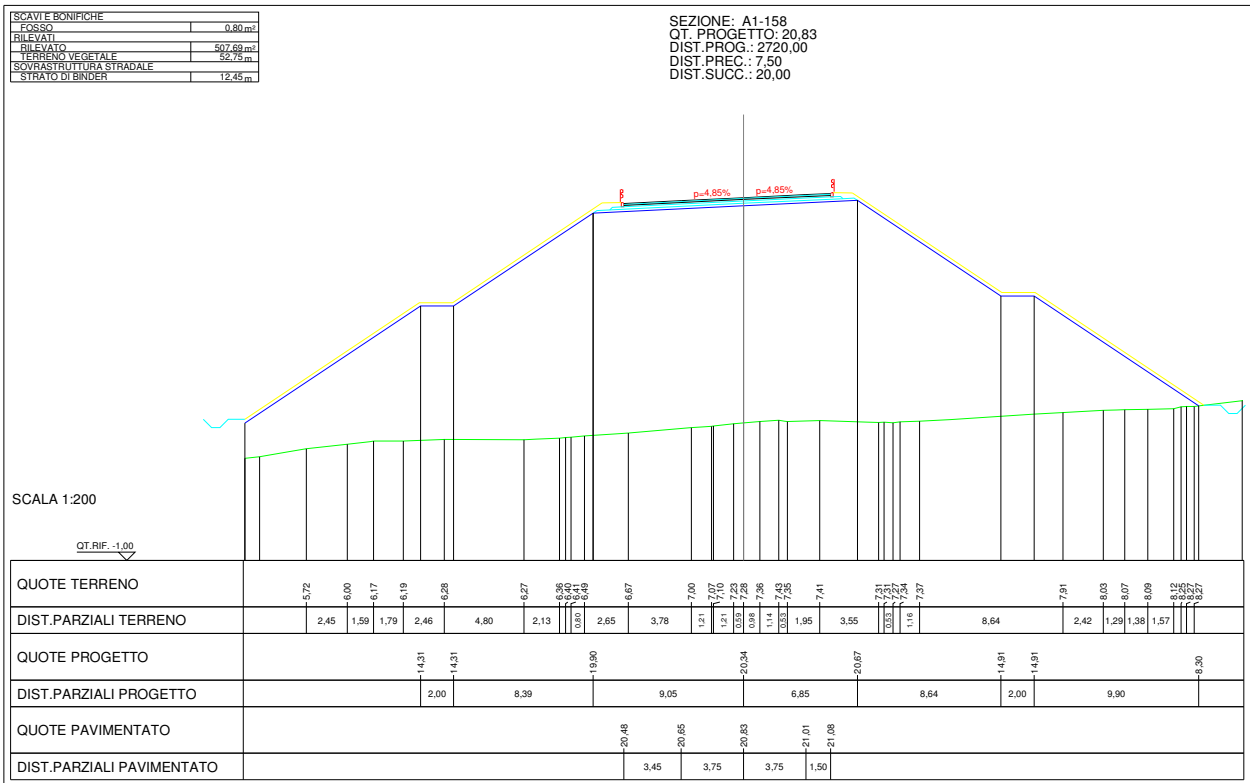


Figura 1 – Sezione A1-158 – pk 2+720

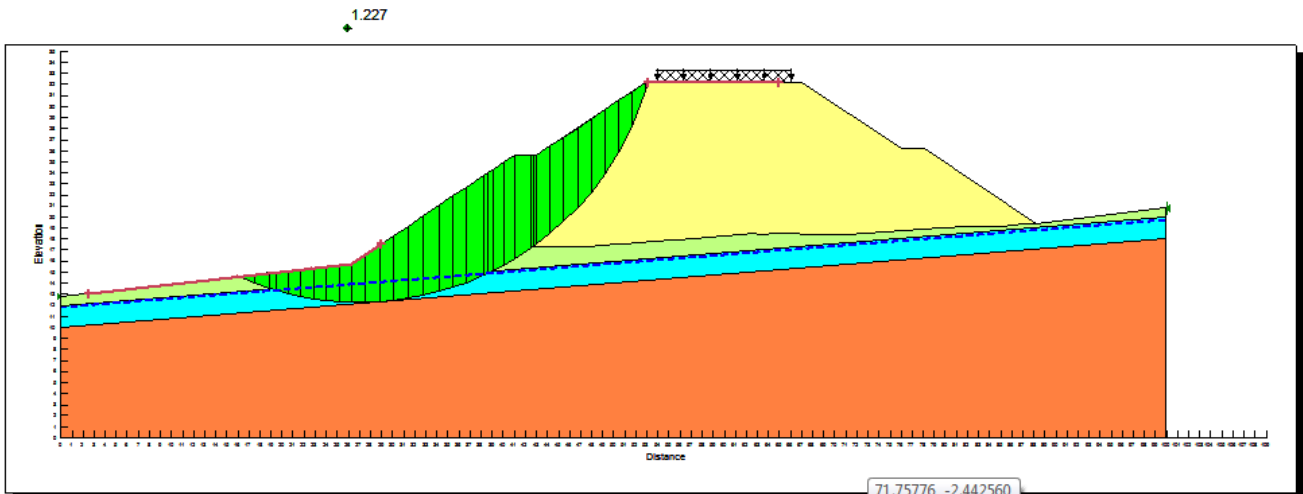


Figura 2 – Sezione A1-158 – pk 2+720 – Analisi di stabilità in condizioni statiche

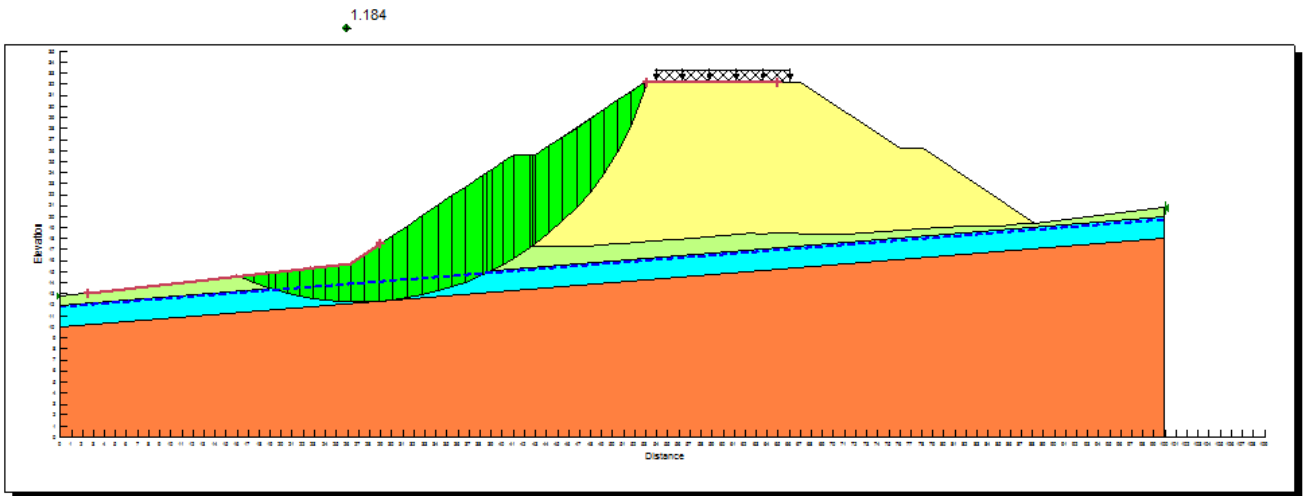


Figura 3 – Sezione A1-158 – pk 2+720 – Analisi di stabilità in condizioni sismiche

5. Conclusioni

Gli interventi in progetto sono stati sviluppati tenendo nella massima attenzione le problematiche di carattere geomorfologico; le soluzioni progettuali sono state adottate con l'obiettivo di rendere trascurabile la perturbazione dell'equilibrio ambientale esistente nelle aree interessate.

In particolare, con riferimento alle condizioni di stabilità geomorfologica, sono state analizzate in maniera puntuale, alla luce dei dati direttamente acquisiti (di ordine geognostico e di rilievo diretto sul terreno) tutti gli ambiti di interferenza con il tracciato in progetto, così come definiti a seguito della variante al PAI recentemente adottata.

Da tale analisi è emersa l'inesistenza di prevedibili condizioni di dissesto conseguenti alla costruzione delle opere.

**NUOVA S.S.291
COLLEGAMENTO SASSARI - ALGHERO - AEROPORTO**

Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas - Alghero
e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia

PROGETTO DEFINITIVO

Studio di compatibilità geologica e geotecnica - Cartografia PAI

A.L. 2 Ambito d'Interferenza geomorfologica

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

S₁ Sondaggio geognostico (SOLES s.r.l. - anno 2004)

Indagini Anno 2015 (Sondelle s.r.l.)

S_{30_D} Sondaggio geognostico

Pz_{35_D} Pozzetto geognostico

BS1 Stendimento sismico a rifrazione

Indagini Anni 2016/17 (Dr. Angius)

S_{30_D} Sondaggio geognostico

Pz_{35_D} Pozzetto geognostico

BS1 Stendimento sismico a rifrazione

Indagini Anno 2017 (Dr. Angius)

S_{25_D} Sondaggio geognostico

CPTU_{1_D} Prova penetrometrica CPTU

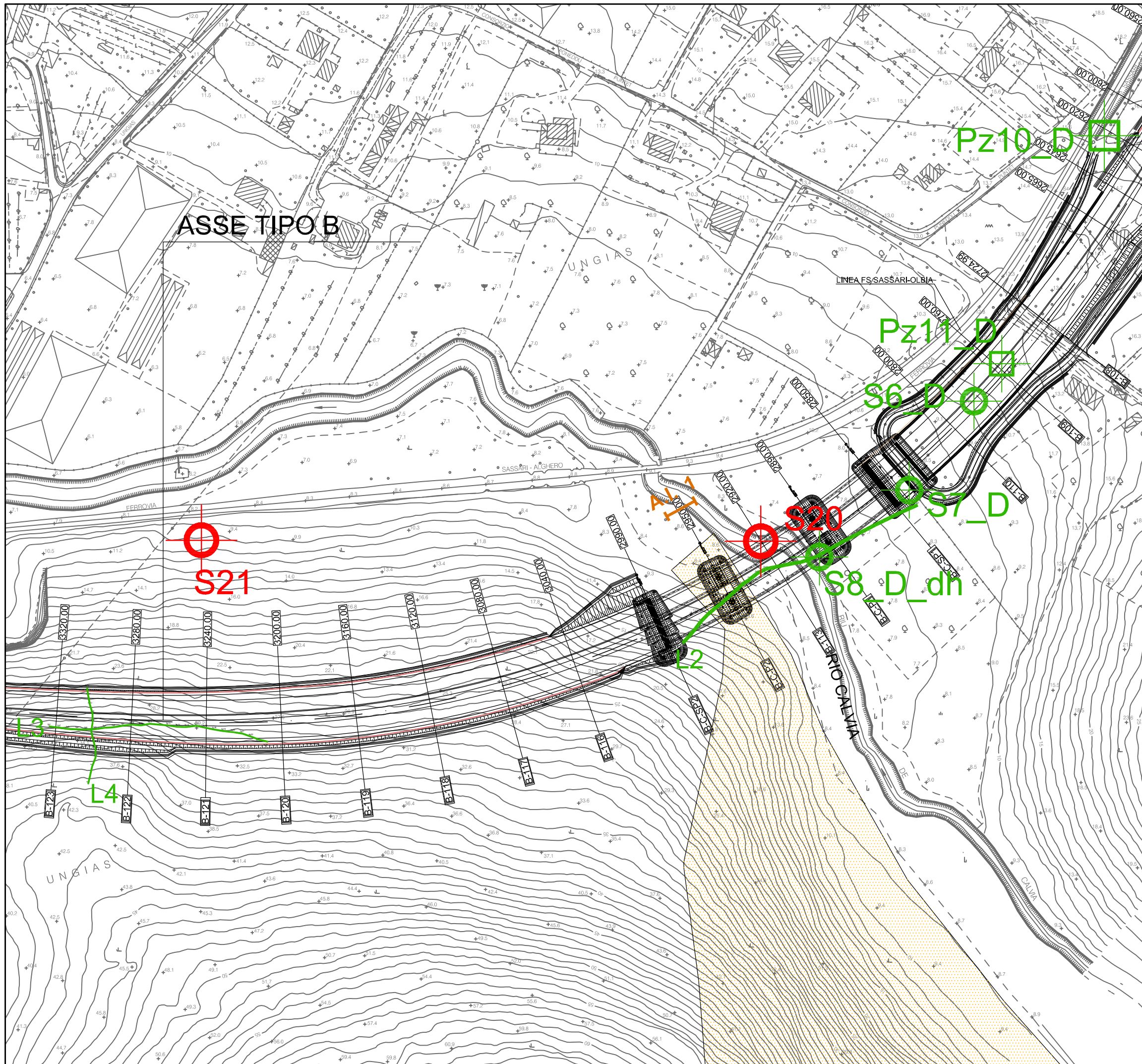
PAI REGIONE SARDEGNA

"Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel Sub Bacino n.3 Coghinas-Mannu-Temo, Progetto di variante e di revisione del P.A.I. Sardegna. (di cui all'Art. 37, comma 1, delle vigenti Norme di Attuazione)"

Carta delle aree a pericolosità da frana

HG2 - Media

Zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetti di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento) zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi



**NUOVA S.S.291
COLLEGAMENTO SASSARI - ALGHERO - AEROPORTO**

Lavori di costruzione del 1° lotto Mamuntanas - Alghero
e del 4° lotto di collegamento con l'aeroporto di Fertilia

PROGETTO DEFINITIVO

Studio di compatibilità geologica e geotecnica - Cartografia PAI

A.I. 2 Ambito d'Interferenza geomorfologica

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

⊕ S1 Sondaggio geognostico (SOLES s.r.l. - anno 2004)

Indagini Anno 2015 (Sondetile s.r.l.)

S30_D Sondaggio geognostico

Pz35_D Pozzetto geognostico

BS1 Stendimento sismico a rifrazione

Indagini Anno 2016/17 (Dr. Angius)

S30_D Sondaggio geognostico

Pz35_D Pozzetto geognostico

BS1 Stendimento sismico a rifrazione

Indagini Anno 2017 (Dr. Angius)

S25_D Sondaggio geognostico

CPTU7_D Prova penetrometrica CPTU

PAI REGIONE SARDEGNA

"Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nel Sub Bacino n.3 Coghinas-Mannu-Temo, Progetto di variante e di revisione del P.A.I. Sardegna, (di cui all'Art. 37, comma 1, delle vigenti Norme di Attuazione)"

Carta delle aree a pericolosità da frana

HG2 - Media

Zone in cui sono presenti solo frane stabilizzate non più riattivabili nelle condizioni climatiche attuali a meno di interventi antropici (assetti di equilibrio raggiunti naturalmente o mediante interventi di consolidamento) zone in cui esistono condizioni geologiche e morfologiche sfavorevoli alla stabilità dei versanti ma prive al momento di indicazioni morfologiche di movimenti gravitativi

