

**S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ**  
**LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA**  
DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. CA22

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

**PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**

Ing. M. RASIMELLI  
Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

**GRUPPO DI PROGETTAZIONE**

Ing. D. BONADIES	Ing. M. PROCACCI
Ing. P. LOSPENNATO	Ing. R. CERQUIGLINI
Ing. S. PELLEGRINI	Ing. M. CARAFFINI
Ing. A. POLLI	Geom. M. BINAGLIA
Ing. M. MARELLI	
Ing. A. LUCIA	

**IL RESPONSABILE DEL S.I.A.**

Arch. E. RASIMELLI

**IL GEOLOGO**

Dott. S. PIAZZOLI

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

Ing. L. IOVINE

**VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO**

Ing. F. RUGGIERI

**PROTOCOLLO**

**DATA:**

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**



MANDATARIA



**PINI SWISS ENGINEERS SA**  
SWISS  
Via Besso 7 - 6900 Lugano - Svizzera

MANDANTE



**PINI SWISS ENGINEERS Srl**  
ITALIA  
Via Cavour 2 - 22074 Lomazzo (CO) - Italia

MANDANTE

## RELAZIONE GEOSTRUTTURALE-GEOMECCANICA

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	PAG.															
PROGETTO: <table border="1"><tr><td>D</td><td>P</td><td>C</td><td>A</td><td>2</td><td>2</td></tr></table> LIV. PROG.: <table border="1"><tr><td>D</td></tr></table> N. PROG.: <table border="1"><tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td><td>2</td></tr></table>		D	P	C	A	2	2	D	2	0	0	2	T00_GE01_GEO_RE03_A								
D	P	C	A	2	2																
D																					
2	0	0	2																		
CODICE ELAB.: <table border="1"><tr><td>T</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>		T	0	0	<table border="1"><tr><td>G</td><td>E</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	G	E	0	1	<table border="1"><tr><td>G</td><td>E</td><td>O</td></tr></table>	G	E	O	<table border="1"><tr><td>R</td><td>E</td><td>0</td><td>3</td></tr></table>	R	E	0	3	<table border="1"><tr><td>A</td></tr></table>	A	1 di 63
T	0	0																			
G	E	0	1																		
G	E	O																			
R	E	0	3																		
A																					
D																					
C																					
B																					
A	PRIMA EMISSIONE	AGOSTO 2020	GHIRLANDA	PIAZZOLI-	RASIMELLI																
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO																

<p>ANAS S.p.A.  S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI  LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA  DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389  <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File:  T00_GE01_GEO_RE03_A  Data: Agosto 2020  Pag. 2 di 63</p>
--	--

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Caratteristiche strutturali</b>	<b>5</b>
2.1.1. Tettonica paleozoica	5
2.1.2. Tettonica meso-cenozoica	6
<b>3. CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA</b>	<b>8</b>
<b>3.1 Unità geotecniche</b>	<b>8</b>
<b>3.2 Unità geomeccaniche</b>	<b>9</b>
3.2.1. Valutazione del parametro $RMR_{89}$	11
3.2.2. Criterio di rottura	13
3.2.3. Caratteristiche di deformabilità	14
<b>4. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEGLI AMMASSI</b>	<b>16</b>
<b>4.1 Ammasso roccioso metamorfico</b>	<b>17</b>
<b>4.2 Ammasso roccioso cristallino</b>	<b>18</b>
<b>5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA</b>	<b>20</b>
<b>5.1 Caratterizzazione geotecnica</b>	<b>20</b>
<b>5.2 Caratterizzazione geomeccanica</b>	<b>27</b>
<b>5.3 Sintesi dei parametri geotecnici/geomeccanici</b>	<b>39</b>
<b>6. Schede dei rilievi</b>	<b>42</b>

<p style="text-align: center;">ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File: T00_GE01_GEO_RE03_A Data: Agosto 2020 Pag. 3 di 63</p>
--	---

## **1. PREMESSA**

Nell'ambito dell'esecuzione dello studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico per la progettazione definitiva della "S.S.389 tronco Villanova – Lanusei – Tortoli – lotto bivio Villagrande-svincolo di Arzana", sono stati effettuati i rilievi e gli approfondimenti propedeutici alla redazione degli elaborati di sintesi previsti dal progetto stesso. La presente relazione inquadra il contesto di riferimento, dal punto di vista geologico strutturale, e riassume ed espone le attività di rilevamento geomeccanico eseguite in campo e le successive analisi condotte sui dati raccolti.

## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

La Sardegna rappresenta un blocco essenzialmente stabile della crosta continentale europea (Ricci & Sabatini 1978; Barca et al. 2016). Il basamento dell'isola è pertanto considerato come un segmento della Catena Ercinica Sud-Europea, formatosi a partire dal Paleozoico (Cocco 2013; Pertusati et al. 2002). Infatti, prima della rotazione del Blocco Sardo-Corso nel Miocene inferiore, tale basamento risultava in continuità strutturale con i relativi basamenti del Massiccio Centrale Francese, dei Mauri e della Montagna Nera (Arthaud & Matte 1966; Ricci & Sabatini 1978; Cherchi & Montadert 1982; Cherchi & Trémolières 1984).

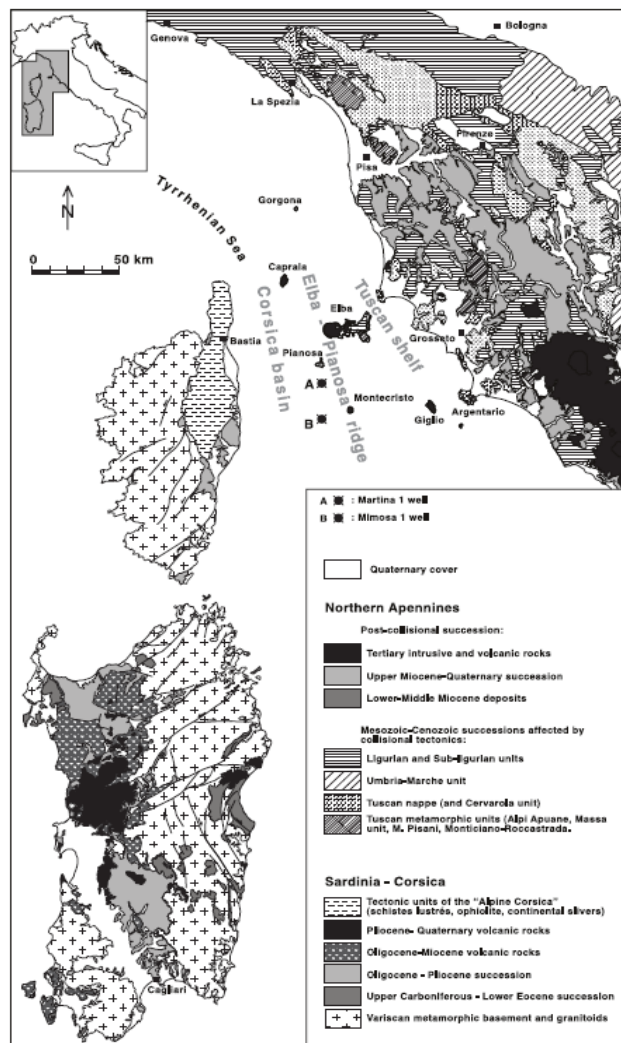


Figura 1 – Schema stratigrafico-strutturale dell'Appennino settentrionale, del Blocco Sardo-Corso e del Bacino Tirrenico settentrionale (da Carmignani et al. 2004).

<p>ANAS S.p.A.  S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI  LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA  DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389  <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File:  T00_GE01_GEO_RE03_A  Data: Agosto 2020  Pag. 5 di 63</p>
--	--

## 2.1 Caratteristiche strutturali

L'assetto strutturale della Sardegna è fortemente influenzato sia dagli eventi deformativi connessi all'orogenesi ercinica che dall'evoluzione tettonica mesozoica e cenozoica (Carmignani et al. 2001; Funedda et al. 2012). I primi hanno determinato l'ossatura del basamento metamorfico paleozoico durante il Carbonifero superiore - Permiano, mentre i secondi hanno portato all'attuale strutturazione tettonica dell'intero Blocco Sardo-Corso (Cherchi & Montadert 1982; Carmignani et al. 2001; Funedda et al. 2012; Barca et al. 2016). Per quanto riguarda la tettonica eo-caledoniana, antecedente a quella ercinica, sono presenti solo sporadiche evidenze che possano testimoniare la presenza di una fase deformativa relativa all'Ordoviciano inferiore-medio (Funedda et al. 2012).

### 2.1.1. Tettonica paleozoica

L'orogenesi ercinica che ha interessato il basamento della Sardegna è caratterizzata da una complessa tettonica polifasica associata a un metamorfismo in facies degli scisti verdi (Carmignani et al. 1987, 1994; Pertusati et al. 2002). L'evoluzione tettonica si articola, quindi, in una fase di raccorciamento connessa alla collisione continentale ed in una distensiva fase post-collisionale (Carosi & Pertusati 1990; Conti et al. 1999; Pertusati et al. 2002; Funedda et al. 2012).

La fase di raccorciamento è quella che ha indotto nella successione cambro-carbonifera la deformazione più importante, con metamorfismo sin-cinematico e formazione di pieghe isoclinali e sovrascorrimenti che hanno sovrapposto le diverse unità tettoniche (Carmignani et al. 1982; Funedda et al. 2012). Gli ultimi stadi del raccorciamento sembrano responsabili della formazione delle grandi strutture antiformali che ripiegano gli elementi suddetti (Funedda et al. 2012).

Durante la fase post-collisionale, la risposta al disequilibrio isostatico nell'edificio a falde precedentemente formatosi è caratterizzata da pieghe asimmetriche e zone di taglio con cinematica diretta (Funedda et al. 2012). Tali elementi favoriscono il sollevamento dei nuclei più profondi delle unità tettoniche, esasperando la geometria antiformali dell'edificio a falde acquisita durante la fase tardiva del raccorciamento (Carosi & Pertusati 1990; Conti et al. 1999; Funedda et al. 2012).

Tra il Carbonifero superiore e il Permiano, al termine dell'orogenesi ercinica, la Sardegna è stata interessata da un'ulteriore deformazione tettonica che ha portato alla formazione di numerosi bacini sedimentari (Carmignani et al. 1992a; Pertusati et al. 2002; Funedda et al. 2012). La formazione di tali elementi è prevalentemente connessa a paleodepressioni attivate da tettonica trascorrente o, al più, da faglie dirette a basso angolo (Barca et al. 1995; Funedda et al. 2012). Le successioni che colmano i bacini sono interessate da numerose faglie dirette orientate circa N-S,

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI          LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File: T00_GE01_GEO_RE03_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 6 di 63</p>
--	---

spesso sature dai depositi mesozoici ed eocenici direttamente sovrapposti (Funedda et al. 2012).

### **2.1.2. Tettonica meso-cenozoica**

Dopo il Paleozoico, l'isola è stata interessata da diverse e importanti fasi tettoniche, che hanno portato alla formazione delle attuali strutture geologiche (Cherchi & Montadert 1982; Carmignani et al. 2001, 2004). Tali fasi hanno prodotto numerosi elementi tettonici, per lo più di tipo fragile, che hanno interessato tutte le coperture post-paleozoiche a più riprese influenzandone la sedimentazione (Funedda et al. 2012). Il sovrapporsi di numerosi cicli tettono-sedimentari è testimoniato dalle numerose discordanze angolari che separano i vari termini litostratigrafici meso-cenozoici (Carmignani et al. 2001; Pertusati et al. 2002; Funedda et al. 2012).

Le strutture precedenti alla formazione dei bacini oligo-miocenici evidenziano una riattivazione nel tempo dei lineamenti orientati N-S, che rigettano anche le formazioni mioceniche, e di faglie NW-SE, responsabili anche della strutturazione dei bacini tardo-cenozoici e della fossa pliocenica del Campidano (Cherchi & Trémolières 1984; Oggiano et al. 1987; Funedda et al. 2012). La maggiore evidenza dell'attività tettonica pre-eocenica è rappresentata dalla discordanza angolare con cui le formazioni eoceniche poggiano sui depositi paleozoici, triassici e giurassici (Funedda et al. 2012).

L'impronta deformativa terziaria più importante è data proprio dalla tettonica che ha strutturato i diversi bacini oligo-miocenici (Carmignani et al. 2001; Barca et al. 2016). All'interno di tali bacini, vengono comunemente riconosciuti tre cicli sedimentari, rappresentati da depositi silicoclastici e carbonatici con associati prodotti vulcanici effusivi e piroclastici (Lecca et al. 1997; Carmignani et al. 2001, 2004; Funedda et al. 2012; Barca et al. 2016). I bacini riferiti al I ciclo sedimentario sono connessi alla tettonica trascorrente generata dalla spinta nord-appenninica (Carmignani et al. 2001; Barca et al. 2016), mentre i bacini del II e III ciclo sono associati a due differenti fasi tettoniche distensive (Carmignani et al. 1992b).

La tettonica trascorrente dell'Oligocene superiore - Burdigaliano inferiore ha prodotto diversi sistemi di faglie ad alto angolo che interessano sia il basamento ercinico che le relative coperture. Tra questi è possibile riconoscere due sistemi di faglie trascorrenti sinistre, con direzione NE-SW e ENE-WSW, e un sistema di faglie trascorrenti destre, con direzione circa E-W (Pasci 1997; Pasci et al. 1998; Carmignani et al. 2001). In particolare, alle faglie trascorrenti sinistre sono associate sia zone di transpressione con raddoppi tettonici che strutture trassensive (Oggiano et al. 1995; Barca et al. 2016). Solo nella Sardegna centro-meridionale le strutture trascorrenti sono orientate NW-SE, con movimenti destri, ma presentano rilevanti componenti dirette che determinano la formazione di bacini con sedimentazione prevalentemente marina (Barca et al. 2016).

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File: T00_GE01_GEO_RE03_A Data: Agosto 2020 Pag. 7 di 63</p>
--	---

Solo durante il Burdigaliano, con l'apertura del Bacino Balararico, si assiste al passaggio dalla tettonica trascorrente a quelle distensiva, che si riflette con l'apertura di bacini marini ad andamento circa NNW-SSE (Funedda et al. 2000; Barca et al. 2016). Contemporaneamente, le faglie trastensive dei bacini oligo-aquitani della Sardegna centro-meridionale sono state riattivate con rigetti prevalentemente diretti (Barca et al. 2016). Le faglie NNW-SSE che bordano i bacini sono inoltre tagliate da una serie di faglie di trasferimento orientate circa E-W, che separano vari semi-graben con direzione di tilting opposta.

La tettonica pliocenica, infine, ha portato allo sviluppo di numerose strutture distensive a cui sono connessi bacini sedimentari di particolare rilevanza, come il Graben del Campidano (Pecorini & Pomesano Cherchi 1969; Pala et al. 1982). Durante questa fase si assiste alla riattivazione delle direttrici strutturali più antiche e allo sviluppo di una nuova famiglia di faglie a direzione N-S (Pala et al. 1982; Barca et al. 2016), responsabile tra l'altro della strutturazione ad andamento meridiano dei contorni dell'isola. Ad essa si aggiungono due ulteriori sistemi di faglie orientati circa NNW-SSE e E-W, talvolta con una debole componente trascorrente (Cherchi & Montadert 1982; Pala et al. 1982).

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File: T00_GE01_GEO_RE03_A Data: Agosto 2020 Pag. 8 di 63</p>
--	---

### **3. CRITERI DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA**

Nel seguito vengono descritti, in dettaglio, i criteri tecnico-scientifici utilizzati per la caratterizzazione geotecnica e geomeccanica dei termini litologici intercettati nell'area di intervento.

#### **3.1 Unità geotecniche**

Con riferimento agli studi geologici e alle indagini geotecniche effettuate, gli ammassi rocciosi interessati dal tracciato dell'infrastruttura presentano uno spessore superficiale di roccia il cui grado di alterazione risulta tale da presentarsi come dei veri e propri terreni. Questi materiali sono descritti nelle stratigrafie come graniti arenizzati (Figura 2) o come coltri superficiali degli scisti (Figura 3), da totalmente alterati a molto alterati e da molto addensati a semi-lapidei.

In tali spessori superficiali sono state effettuate delle prove SPT che sono andate quasi tutte a rifiuto, ad esclusione di 5 prove per le quali si sono ottenuti i seguenti valori di NSPT: 19, 16, 63, 55 e 46, rispettivamente, a 3.2, 1.5, 1.5, 3 e 4.5 m di profondità. Le prove che non sono andate a rifiuto sono state interpretate per ricavare le caratteristiche di resistenza al taglio e di deformabilità adottando, rispettivamente, la correlazione di Bolton e Stroud.

Su campioni disturbati/rimaneggiati, prelevati durante le prove SPT, sono state effettuate delle prove di laboratorio comprendenti analisi granulometriche, determinazione dei limiti di Atterberg, del peso specifico dei grani e prove di taglio diretto.

Infine, sono state effettuate delle prospezioni geofisiche di sismica a rifrazione in modalità tomografica e delle prove geofisiche down-hole. Tali prove, sulla base della misura della velocità delle onde di taglio, hanno reso possibile ricavare i valori del modulo di taglio e di Young a piccolissime deformazioni e, conseguentemente, il valore del modulo di deformabilità operativo dei terreni attraversati.

Inoltre, sulla base dei rilievi e studi geologici e come indicato nei profili geologici longitudinali, in corrispondenza delle incisioni e dei corsi d'acqua a regime stagionale sono presenti delle coltri eluvio-colluviali (depositi b2), dei depositi alluvionali recenti e attuali (depositi ba1) e dei depositi alluvionali terrazzati (depositi bna1).





Figura 2 - Granito arenizzato.



Figura 3 - Coltre superficiale dello scisto molto alterato.

### 3.2 Unità geomeccaniche

In considerazione del possibile grado di fratturazione degli ammassi e delle dimensioni delle opere di sostegno e di fondazione da realizzare, la caratterizzazione geotecnica di tutte le formazioni rocciose incontrate lungo il tracciato è stata condotta facendo tendenzialmente riferimento alla classificazione dell'ammasso roccioso proposta da Bieniawski (1989), allo schema concettuale di mezzo continuo (omogeneo o

stratificato) e ai criteri di rottura proposti e aggiornati da Hoek & Brown a partire dal 1980.

In particolare, il parametro RMR (Rock Mass Rating) è stato stimato sulla base di quanto di seguito descritto. Il parametro GSI (Geological Strength Index) è stato valutato con la seguente espressione, per quanto concerne i rilievi geomeccanici che sono stati effettuati sugli affioramenti rocciosi:

$$GSI = RMR_{89} - 5$$

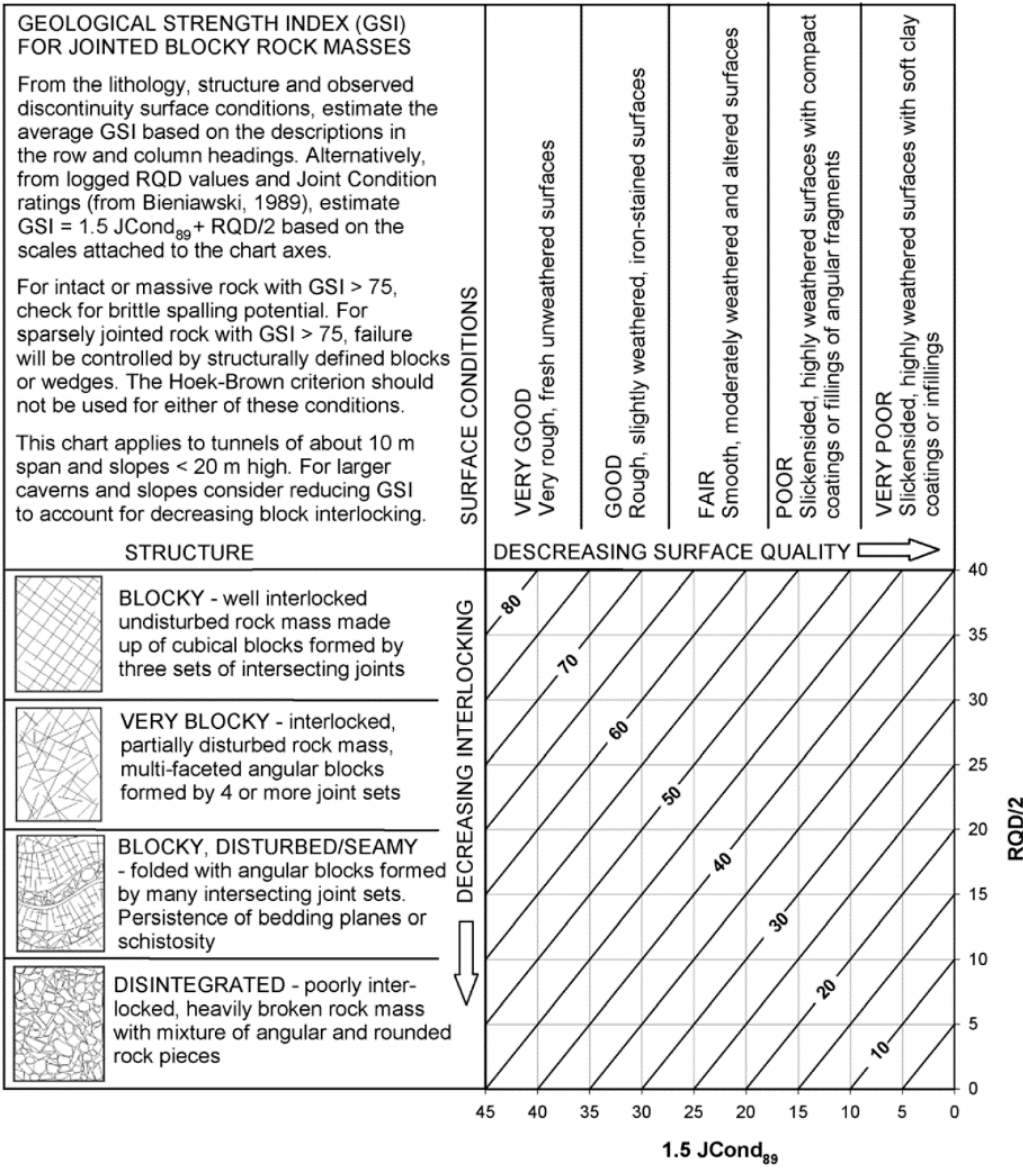


Figura 4 – Quantificazione di GSI sulla base della condizione dei giunti (JCond89) e di RQD; per JCond89 si veda la Tabella 1.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI          LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File: T00_GE01_GEO_RE03_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 11 di 63</p>
--	--

Per quanto concerne invece i sondaggi, si è fatto riferimento all’approccio messo a punto recentemente da Hoek et al. (2013) basato su una carta quantitativa di GSI (Figura 4). Tale approccio utilizza due parametri ben noti, come il parametro  $JCond_{89}$ , relativo alle condizioni dei giunti secondo il sistema di classificazione di Bieniawski (Tabella 1), e il recupero percentuale modificato RQD ottenuto dai carotaggi.

Più precisamente, Hoek et al. (2013) hanno definito la seguente espressione per la determinazione del GSI dai dati di sondaggio:

$$GSI = 1.5 \cdot JCond_{89} + RQD/2$$

Condition of discontinuities	Very rough surfaces Not continuous No separation Unweathered wall rock	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Slightly weathered walls	Slightly rough surfaces Separation < 1 mm Highly weathered walls	Slickensided surfaces or Gouge < 5 mm thick or Separation 1 – 5 mm Continuous	Soft gouge > 5 mm thick or Separation > 5 mm Continuous
Rating	30	25	20	10	0

Guidelines for classification of discontinuity conditions

Discontinuity length (persistence)	< 1 m	1 to 3 m	3 to 10 m	10 to 20 m	More than 20 m
Rating	6	4	2	1	0
Separation (aperture)	None	< 0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	More than 5 mm
Rating	6	5	4	1	0
Roughness	Very rough	Rough	Slightly rough	Smooth	Slickensided
Rating	6	5	3	1	0
Infilling (gouge)	None	Hard infilling < 5 mm	Hard filling > 5 mm	Soft infilling < 5 mm	Soft infilling > 5 mm
Rating	6	4	2	2	0
Weathering	Unweathered	Slightly weathered	Moderate weathering	Highly weathered	Decomposed
Rating	6	5	3	1	0

Tabella 1 – Definizione di  $JCond_{89}$ , fonte: Bieniawski (1989).

L’inviluppo delle resistenze dell’ammasso roccioso in condizioni “undisturbed” o “disturbed” è stato valutato sulla base di quanto riportato in Brown & Hoek (1988), Hoek & Brown (1988), Hoek et al. (1995) e Hoek et al (2002).

### 3.2.1. Valutazione del parametro $RMR_{89}$

Per ogni litotipo il parametro  $RMR_{89}$  viene stimato in accordo a quanto proposto in Bieniawski (1989), ovvero come somma dei seguenti 8 indici (I1→I8):

Resistenza alla compressione semplice $\sigma_c$ (MPa)	I1
> 250	15
100÷250	12
50÷100	7
25÷50	4
5÷25	2
1÷5	1
< 1	0

Tabella 2 - Resistenza alla compressione semplice della roccia intatta (I1).

RQD (%)	I2
90÷100	20
75÷90	17
50÷75	13
25÷50	8
< 25	3

*Tabella 3 - Qualità della roccia RQD (I2).*

S	I3
> 2 m	20
0.6 m÷2 m	15
200 mm÷600 mm	10
60 mm÷200 mm	8
< 60 mm	4

*Tabella 4 - Spaziatura delle discontinuità (I3).*

L	I4
< 1 m	6
1 m÷3 m	4
3 m÷10 m	2
10 m÷20 m	1
> 20 m	0

*Tabella 5 - Lunghezza delle discontinuità (I4).*

H	I5
0 mm	6
> 0.1 mm	5
0.1 mm÷1 mm	4
1 mm÷5 mm	1
> 5 mm	0

*Tabella 6 - Apertura delle discontinuità (I5).*

Descrizione	I6
Molto rugose	6
Rugose	5
Poco rugose	3
Ondulate	1
Lisce	0

*Tabella 7 - Condizioni delle superfici di discontinuità in termini di scabrezza (I6).*

<p>ANAS S.p.A.  S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI  LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA  DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389  <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File:  T00_GE01_GEO_RE03_A  Data: Agosto 2020  Pag. 13 di 63</p>
--	---

Descrizione – spessore	I7
Assente	6
Compatto – < 5 mm	4
Compatto – > 5 mm	2
Tenero – < 5 mm	2
Tenero – > 5 mm	0

Tabella 8 - Caratteristiche del riempimento delle discontinuità (I7).

Descrizione	I8
Non alterate	6
Poco alterate	4
Alterate	2
Molto alterate	2
Decomposte	0

Tabella 9 - Condizioni delle superfici di discontinuità in termini di alterazione (I8).

Tendenzialmente nella valutazione di  $RMR'_{89}$ :

- non si tiene conto dell'indice che descrive qualitativamente l'orientamento più o meno favorevole delle discontinuità (incluse quelle dovute alla stratificazione) rispetto alle opere da realizzare;
- l'indice legato alla presenza dell'acqua viene assunto pari a quello associabili a condizioni secche (dry). Gli effetti della presenza dell'acqua vengono messi in conto nella definizione del modello geotecnico da utilizzare nelle analisi di progetto.

### 3.2.2. Criterio di rottura

In accordo a quanto riportato in Brown & Hoek (1988), Hoek & Brown (1988) e Hoek et al. (1995), Hoek et al. (2002) l'ammasso roccioso viene descritto per ogni litotipo dal seguente criterio di rottura:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_c \cdot \left( m_b \cdot \frac{\sigma_3}{\sigma_c} + s \right)^a$$

dove:

$$m_b = m_i \cdot e^{\frac{GSI-100}{28-14D}}$$

$$s = e^{\frac{GSI-100}{9-3D}}$$

D = 0 per “undisturbed rock masses”

D = 1 per “disturbed rock masses”

<p>ANAS S.p.A.  S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI  LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA  DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389  <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File:  T00_GE01_GEO_RE03_A  Data: Agosto 2020  Pag. 14 di 63</p>
--	---

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \cdot \left( e^{\frac{-GSI}{15}} - e^{\frac{-20}{3}} \right)$$

$m_i$  = coefficiente relativo alla roccia intatta

$\sigma_1'$  = tensione principale efficace maggiore

$\sigma_3'$  = tensione principale efficace minore

$\sigma_c$  = resistenza alla compressione semplice della roccia intatta.

Nell'applicazione del criterio di rottura sopra riportato valgono le seguenti precisazioni. In generale, per ogni litotipo il coefficiente  $m_i$  viene valutato sulla base dei risultati di prove triassiali su provini di roccia intatta e di un criterio di rottura analogo a quello dell'ammasso roccioso, con  $GSI = 100$ . In mancanza di dati sperimentali, con nel nostro caso essendo state effettuate solamente prove di compressione monoassiale, si farà riferimento a quanto riportato nella Tabella 10.

Rocce	$m_i$ (-)
Granito	29 - 35
Arenaria	15 - 19
Metarenarie	16 - 22
Scisti	10 - 15

Tabella 10: Esempi di range di variazione del coefficiente  $m_i$  relativo alla roccia intatta (Hoek & Brown 1988; Hoek et al. 1995).

### 3.2.3. Caratteristiche di deformabilità

#### Moduli iniziali

I moduli iniziali di taglio ( $G_0$ ) e di Young ( $E_0$ ) possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio  $V_s$  utilizzando le seguenti equazioni:

$$G_0 = \frac{\gamma_t}{9,81} \cdot (V_s)^2 \quad (kPa)$$

$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu')$$

in cui:

$\gamma_t$  = peso di volume naturale del terreno in  $kN/m^3$

$\nu'$  = rapporto di Poisson del terreno = 0,15 ÷ 0,20

$V_s$  = velocità di propagazione delle onde di taglio in m/sec.

#### Moduli operativi

I moduli di Young "operativi"  $E_{op}$  dell'ammasso roccioso, saranno valutati sulla base della seguente espressione, proposta da Hoek et al. (2002):

<p style="text-align: center;">ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File: T00_GE01_GEO_RE03_A Data: Agosto 2020 Pag. 15 di 63</p>
--	--

$$E_m(\text{GPa}) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100} \cdot 10^{((GSI-10)/40)}}$$

D = coefficiente di disturbo, variabile tra 0 e 1.

<p>ANAS S.p.A.  S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI  LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA  DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389  <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File:  T00_GE01_GEO_RE03_A  Data: Agosto 2020  Pag. 16 di 63</p>
--	---

#### 4. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEGLI AMMASSI

Per poter definire le caratteristiche geomeccaniche e il relativo stato di fratturazione dei termini litologici presenti lungo il tracciato stradale in progetto, nell'ambito del presente studio sono stati realizzati n. 20 stop geostrutturali. I suddetti rilievi sono stati eseguiti secondo gli standard della International Society for Rock Mechanics (ISRM 1978, 1993).

Per gli ammassi rocciosi investigati sono state determinate le principali caratteristiche dei giunti (spaziatura, apertura, persistenza, rugosità, riempimento), della roccia intatta (grado di alterazione) e dell'ammasso (struttura, forma dei blocchi, condizioni idrauliche). Considerata la non-sistematicità dei giunti che interessano l'ammasso, in fase di rilevamento non sono state determinate le famiglie di discontinuità e le relative condizioni giacitureali. Gli ammassi infatti risultano caratterizzati da numerose fratture con assetti geometrici altamente variabili e non raggruppabili in un numero finito di famiglie.

Per quanto concerne la resistenza a compressione, l'elevato grado di fratturazione degli ammassi metamorfici e di alterazione di quelli cristallini non ha permesso di eseguire specifiche prove sclerometriche in sito. Per tali motivi, la resistenza della matrice rocciosa dovrà essere determinata necessariamente attraverso prove di laboratorio e fonti bibliografiche.

I numerosi dati raccolti durante i rilievi di campo hanno quindi permesso di caratterizzare gli ammassi in oggetto e di definire, per ogni singolo punto di rilievo, il range di variazione del Rock Mass Rating di base (RMRb - Bieniawski 1989). Inoltre, attraverso la determinazione del valore di Rock Mass Rating in condizioni asciutte (RMR89 - Bieniawski 1989) è stato possibile determinare anche il range di variazione del Geological Strength Index (GSI – Marinos et al. 2005; Hoek et al. 2013) secondo la relazione:

$$GSI = RMR_{89} - 5$$

Considerando l'elevata variabilità nelle caratteristiche dei giunti e dello stato di fratturazione dell'ammasso, il range di variazione del RMRb (e quindi anche quello del RMR89 e del GSI) sono stati determinati considerando i valori minimi e medi forniti dalle tabelle di parametrizzazione per il calcolo del Rock Mass Rating. I valori massimi sono stati invece scartati in quanto poco cautelativi e non rappresentativi delle condizioni medie degli ammassi investigati.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi delle principali caratteristiche degli ammassi.



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI          LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File: T00_GE01_GEO_RE03_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 17 di 63</p>
--	--

Stazione Geologica	Unità geologica	Struttura	RMRb	GSI
G2	VGD1e	Fratturato/molto fratturata	45 ÷ 60	45 ÷ 58
G5	SVI	Fratturato/molto fratturata	38 ÷ 55	38 ÷ 52
G7	SVI	Fratturato/molto fratturata	37 ÷ 52	37 ÷ 49
G8	SVI	Laminata/molto fratturata	36 ÷ 50	36 ÷ 48
G10	SVI	Laminata/disintegrata	31 ÷ 46	31 ÷ 44
G11	SVI	Laminata/molto fratturata	32 ÷ 49	32 ÷ 47
G13	SVI	Laminata/disintegrata	32 ÷ 46	32 ÷ 43
G15	SVI	Laminata/disintegrata	32 ÷ 47	32 ÷ 44
G16	SVI	Laminata/molto fratturata	42 ÷ 54	37 ÷ 49
G17	SVI	Laminata/molto fratturata	41 ÷ 52	36 ÷ 47
G19	SVI	Laminata/molto fratturata	30 ÷ 47	30 ÷ 45
G20	SVI	Laminata/molto fratturata	31 ÷ 47	31 ÷ 44
G21	SVI	Fratturato/molto fratturata	39 ÷ 55	39 ÷ 53
G22	SVI	Laminata/molto fratturata	30 ÷ 49	30 ÷ 46
G23	SVI	Fratturato/molto fratturata	48 ÷ 61	43 ÷ 56
G24	SVI	Fratturato/molto fratturata	44 ÷ 58	39 ÷ 53
G26	LNU1d	Fratturato/molto fratturata	51 ÷ 61	46 ÷ 56
G27	LNU1d	Fratturato/molto fratturata	49 ÷ 61	44 ÷ 56
G28	LNU1d	Fratturato/molto fratturata	50 ÷ 63	45 ÷ 58
G29	LNU1d	Fratturato/molto fratturata	49 ÷ 63	44 ÷ 58

Tabella 11 – Sintesi delle stazioni geomeccaniche effettuate nella presente fase progettuale.

Nella zona di studio il substrato è costituito da rocce cristalline e metamorfiche di età variabile dall'Ordoviciano al Permiano, con differenti caratteristiche litologiche, mineralogiche e geomeccaniche. Dal punto di vista applicativo e geologico strutturale, tali rocce sono macroscopicamente suddivisibili in due grandi tipologie di ammassi: (i) metamorfico; (ii) rocce cristallino. Nel seguito vengono sintetizzati i principali aspetti geomeccanici di ognuno dei due gruppi.

#### 4.1 Ammasso roccioso metamorfico

Dal punto di vista litologico, è costituito prevalentemente da un'alternanza di metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti, ben stratificate e di colore variabile da grigio-verdastro al nero, con locali passaggi di metaconglomerati. Talora sono presenti passaggi di metapeliti carboniose, diaspri e metacalcari di colore grigio scuro e nerastro.

L'ammasso roccioso si presenta fortemente fratturato e a luoghi completamente frantumato e/o tettonizzato. Il materiale risulta da mediamente alterato o molto alterato, con condizioni tendenzialmente migliori con l'aumentare della profondità. I blocchi

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File: T00_GE01_GEO_RE03_A Data: Agosto 2020 Pag. 18 di 63</p>
--	--

presentano forma variabile da prismatica a lastriforme, localmente irregolare nel caso di assenza di un piano di laminazione e/o scistosità.

Generalmente è presente un evidente elemento di anisotropia costituito dai piani di laminazione e/o scistosità delle rocce, che presentano una direzione media di 120/140° e una inclinazione di 28/46°. In talune circostanze, soprattutto nella porzione meridionale dell'area, la scistosità è quasi del tutto assente e gli ammassi risultano isotropi a grande scala. Questo sistema è più frequente nelle porzioni fini, di natura metapelitica e metasiltitica, mentre risulta raro o del tutto assente nei livelli metarenitici e metaconglomeratici. Tale aspetto riveste particolare rilevanza nelle verifiche adottate per il dimensionamento delle opere che prevedano scavi e sbancamenti rilevanti.

Le fratture sono piuttosto numerose e con spaziatura variabile tra qualche centimetro e pochi decimetri, molto raramente superiore al metro. La rugosità (JRC) è mediamente compresa tra 4 e 10, anche se localmente variabile fino a 12-14 in funzione delle condizioni dei giunti e delle caratteristiche litologiche dell'ammasso. L'apertura media è compresa tra 0.1 e 2 mm, raramente superiore, mentre il riempimento è generalmente assente o costituito da terriccio e materiale di alterazione.

I giunti sono per lo più poco persistenti e terminano quasi sempre contro altre discontinuità. I piani di laminazione e/o scistosità, al contrario, presentano una elevata persistenza e si estendono con continuità all'interno dell'ammasso. In generale non è possibile definire dei sistemi di discontinuità prevalenti all'interno dell'ammasso (a meno della laminazione e/o scistosità), in quanto le fratture presentano orientazioni, inclinazioni e caratteristiche altamente variabili.

#### **4.2 Ammasso roccioso cristallino**

Sotto il profilo litologico, si tratta essenzialmente di granodioriti, monzograniti e leucograniti di colore grigio, grigio chiaro e biancastro, a grana da fine a grossa e tessitura isotropa e orientata. A luoghi sono presenti passaggi di porfidi granitici e tonaliti di colore grigio, rosato e rossastro.

Questo ammasso si presenta in genere molto fratturato, anche se con condizioni variabili da zona a zona. La roccia è sempre fortemente alterata e, talora, completamente decomposta dove lo stato di fratturazione è più intenso. In quest'ultimo caso, l'alterazione provoca processi di arenizzazione molto spinti, che riducono l'ammasso ad una sabbia ghiaiosa da poco a moderatamente cementata.

I blocchi presentano forma variabile da irregolare a prismatica, mentre l'ammasso non presenta evidenti piani di anisotropia. Le fratture sono numerose e con spaziatura variabile da qualche centimetro ad oltre 1 m. La rugosità (JRC) è mediamente compresa tra 6 e 14, mentre l'apertura media è variabile da 0.1 mm fino a qualche millimetro, raramente pochi centimetri. I giunti sono vuoti o riempiti da terriccio, anche

<p>ANAS S.p.A. S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389 <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File: T00_GE01_GEO_RE03_A Data: Agosto 2020 Pag. 19 di 63</p>
--	--

se non mancano le discontinuità completamente alterate e riempite dalla roccia arenitizzata.

I giunti sono piuttosto persistenti e si estendono con discreta continuità all'interno dell'ammasso. Localmente sono comunque presenti discontinuità che terminano contro altri giunti. Come per gli ammassi metamorfici, anche in questo caso non sono presenti sistemi o famiglie di discontinuità prevalenti a scala dell'ammasso, in quanto i giunti presentano orientazioni simili solo a piccola scala.

## 5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA

Nel seguito si riportano le caratteristiche geotecniche e geomeccaniche degli ammassi rocciosi interessati dalla realizzazione delle opere in progetto. Per maggior completezza descrittiva, in aggiunta si riportano anche le caratteristiche geotecniche dei terreni di copertura presenti nell'area di studio.

### 5.1 Caratterizzazione geotecnica

In corrispondenza dei sondaggi S1, S2, S3 ed S5 sono stati riscontrati, a partire dal piano campagna fino a profondità rispettivamente di 17.8 m per il sondaggio S1, di 19.50 m per il sondaggio S2, di 2.9 m per il sondaggio S3 e di 4.5 m per il sondaggio S5 dei graniti completamente arenitizzati (sabbie e ghiaie) e nel caso del sondaggio S5 delle coltri di alterazione di scisti prevalentemente a grana fine.

In ogni caso in tutti i sondaggi effettuati sono stati attraversati, a partire dal p.c., strati di roccia completamente alterata o estremamente fratturata. Nella Figura 5 sono riepilogati gli spessori di roccia completamente alterata e/o fratturata che è stata attraversata prima di raggiungere il substrato roccioso.

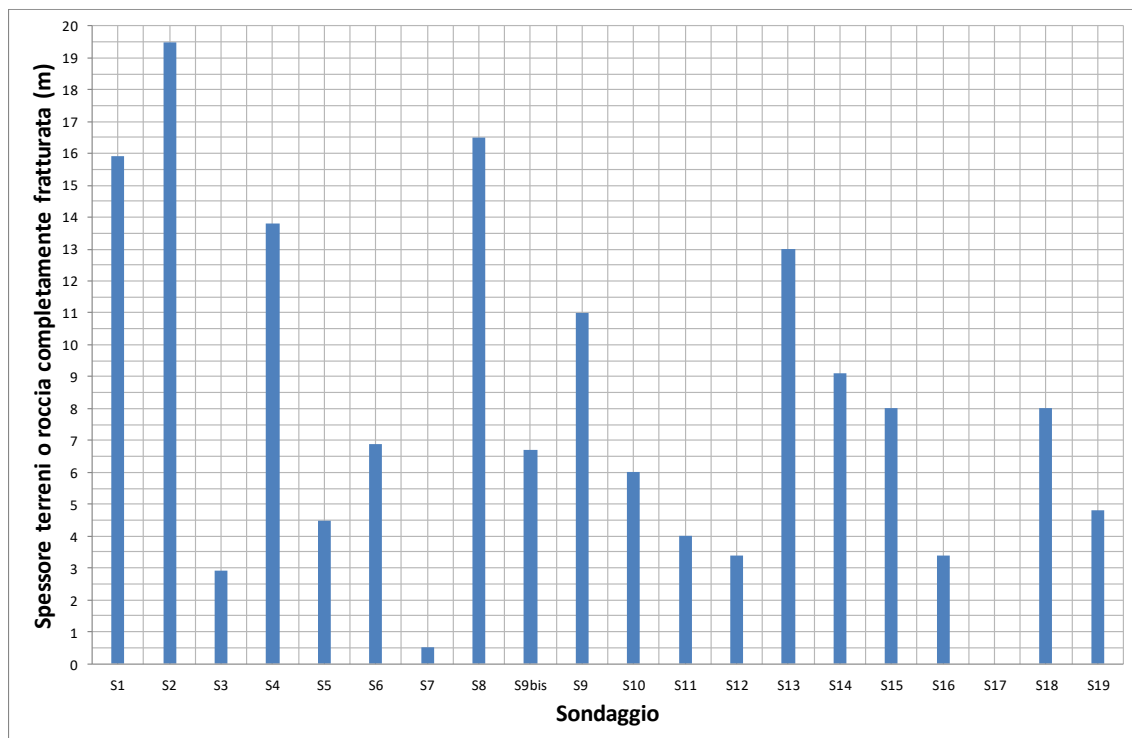


Figura 5 – Sondaggi a carotaggio continuo effettuati lungo il tracciato, spessore della roccia completamente alterata e/o estremamente fratturata.

Gli spessori delle coperture di roccia completamente alterata e/o estremamente fratturata, individuati dai sondaggi, sono in accordo con i risultati degli stendimenti di sismica a rifrazione; ad esempio lo stendimento LSR1 situato fra i sondaggi S1 ed S2

(Figura 6) ha confermato, lungo l'intera lunghezza dello stendimento pari a 110 m, la presenza di uno strato di copertura dello spessore di circa 12-13 m di terreni costituiti da graniti completamente alterati.

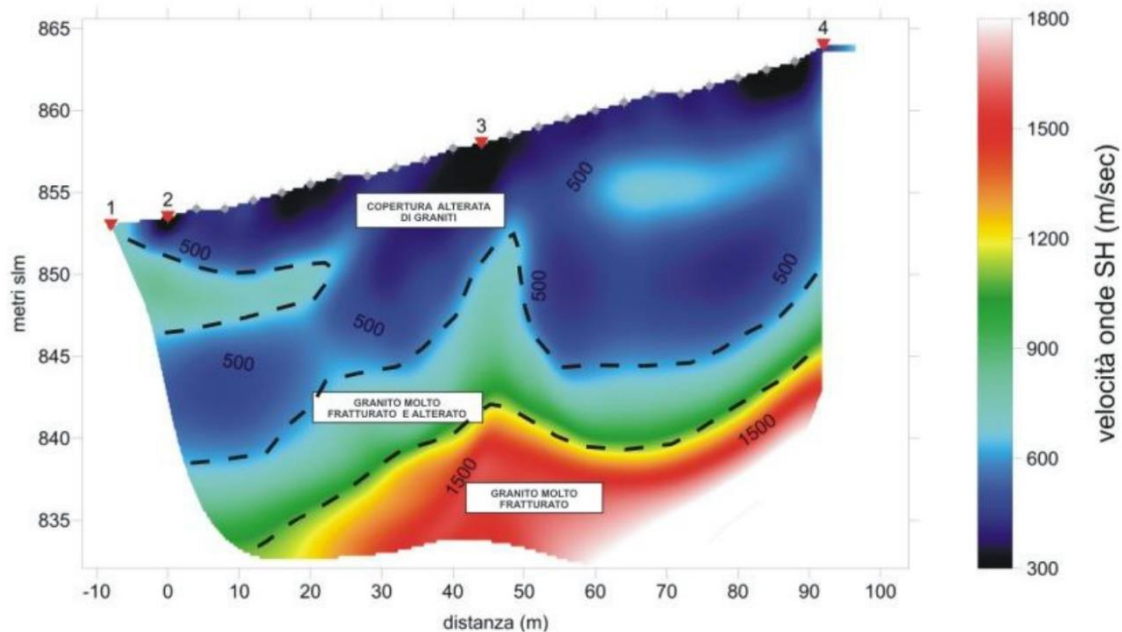


Figura 6 – Prospezione tomografica sismica LSR1 con restituzione della velocità delle onde di taglio.

In tali livelli superficiali sono state effettuate delle prove penetrometriche dinamiche SPT che sono andate a rifiuto, ad esclusione di 5 prove per le quali si sono ottenuti i seguenti valori di NSPT: 19, 16, 63, 55 e 46, rispettivamente, a 3.2, 1.5, 1.5, 3 e 4.5 m di profondità.

Inoltre, sono stati prelevati dei campioni rimaneggiati sui quali sono state effettuate delle analisi granulometriche, delle determinazioni del peso specifico dei grani e dei limiti di Atterberg sulla frazione fine e delle prove di taglio diretto.

Nella Figura 7 sono riepilogati i risultati delle analisi granulometriche per quanto riguarda le percentuali di argilla, limo, sabbia e ghiaia. Come si può notare, la frazione prevalente è costituita dalla sabbia con un valore medio del 45%, inoltre si ha una percentuale media di ghiaia del 30% circa e un valore medio della percentuale di terreno a grana fine (argilla e limo) del 25%, con un valore medio del 5% per la frazione argillosa e del 20% per la frazione limosa.

Su 10 campioni sono stati determinati i limiti di Atterberg e il valore dell'indice di plasticità, IP. Per quanto concerne il limite liquido, LL, si sono ottenuti valori compresi fra il 29 e il 54% con un valore medio del 40%; per il limite plastico, LP, si sono ottenuti valori compresi fra il 23 e il 36% con un valore medio del 30% circa; infine, per l'indice

di plasticità, IP, si sono ottenuti valori compresi fra il 5 e il 17% circa, valori tipici di una argilla poco plastica.

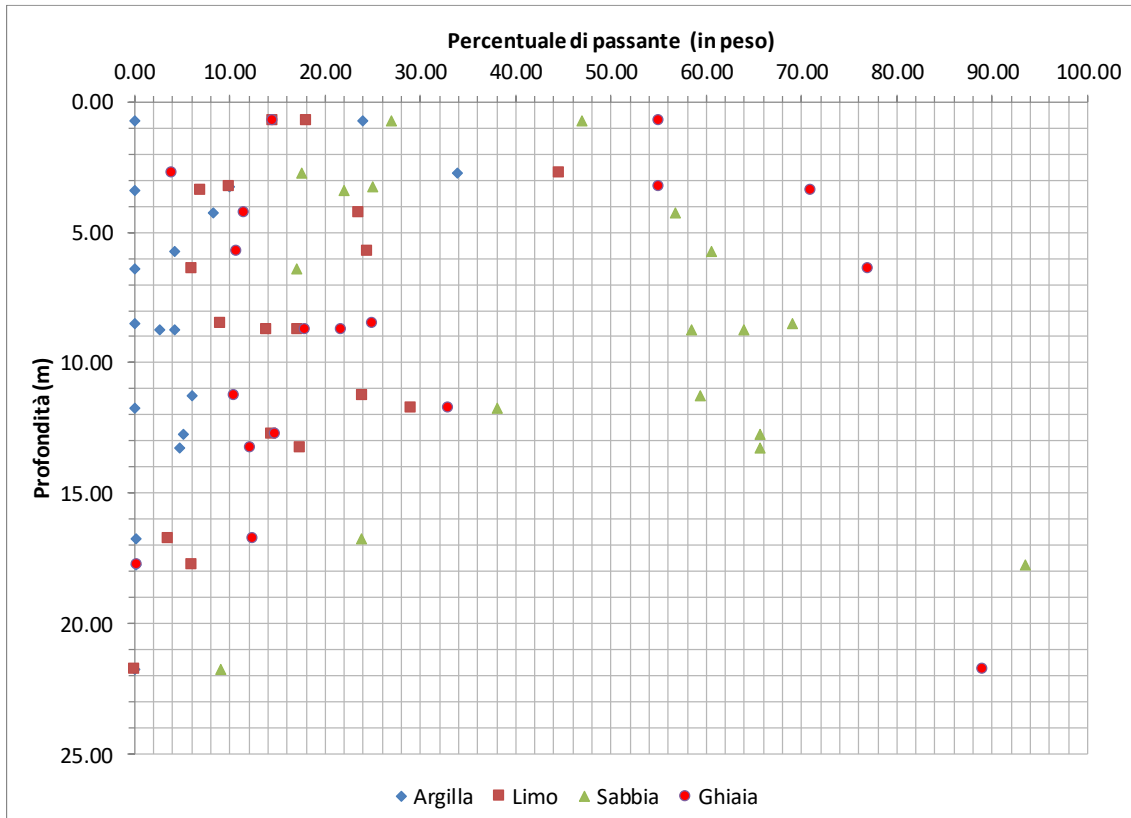


Figura 7 – Risultati delle analisi granulometriche effettuate.

Nella Tabella 12 (per i graniti arenitizzati), nella Tabella 13 (per i campioni prelevati nelle coltri superficiali alterate degli scisti) e nella Tabella 14 (per i detriti di versante) sono riepilogati i risultati delle prove di taglio diretto effettuate su campioni prelevati nei sondaggi, per quanto concerne la resistenza al taglio in termini di coesione e di angolo di resistenza al taglio.

Occorre evidenziare che tali valori di resistenza al taglio sono da considerarsi del tutto orientativi in quanto sono stati effettuati su campioni disturbati/rimaneggiati necessariamente ricostruiti in laboratorio per riuscire ad eseguire le prove di taglio diretto.

Sondaggio	Campione	Profondità (m)	Coesione (kPa)	Angolo di resistenza al taglio (°)
S1	CR1	5.5 – 6.0	14.5	29.4
S1	CR2	8.5 – 9.0	10.9	37.6
S1	CR3	11 – 11.5	9.8	32.5
S1	CR4	13.0 – 13.5	6.6	34.5

<p>ANAS S.p.A.  S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI  LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA  DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389  <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File:  T00_GEO1_GEO_RE03_A  Data: Agosto 2020  Pag. 23 di 63</p>
--	---

Sondaggio	Campione	Profondità (m)	Coesione (kPa)	Angolo di resistenza al taglio (°)
S1	CR5	16.5 – 17.0	5.7	35.3
S2	CR1	4.0 – 4.5	34.4	29.5
S2	CR2	8.5 – 9.0	16.2	27.0
S2	CR3	12.5 – 13.0	10.2	34.2
S2	CR4	17.5 – 18.0	13.6	31.6
S3	CR1	0.5 – 1.0	7.3	32.3
S8	CR2	8.0 – 9.0	7.58	34.5
S18	CR1	3.5 – 4.0	2.74	38.0
S19	CR1	1.0 – 2.0	14.71	39.5

Tabella 12 – Graniti arenizzati, risultati delle prove di taglio diretto.

Sondaggio	Campione	Profondità (m)	Coesione (kPa)	Angolo di resistenza al taglio (°)
S5	CR1	2.3 – 3.0	45.6	21.9
S16	CR1	1.0 – 1.4	7.3	38.3
S17	CR1	0.5 – 1.0	2.27	40.5

Tabella 13 – Coltri superficiali negli scisti, risultati delle prove di taglio diretto.

Sondaggio	Campione	Profondità (m)	Coesione (kPa)	Angolo di resistenza al taglio (°)
S12	CR1	0.5 – 1.0	23.71	38.5
S13	CR1	0.5 – 1.0	0.04	34

Tabella 14 – Detrito di versante, risultati delle prove di taglio diretto.

Nella Figura 8 sono riportati i valori dell'angolo di resistenza al taglio ottenuto dai valori di NSPT per le sole prove che non sono andate a rifiuto, adottando la correlazione proposta da Bolton. Tenendo conto che la maggior parte delle prove SPT sono andate a rifiuto, tali valori dell'angolo di resistenza al taglio sono da intendersi come i valori minimi dei terreni attraversati dai sondaggi effettuati lungo l'intera tratta dell'infrastruttura stradale.

Nella Figura 9 sono riportati i valori del modulo di deformazione, ottenuto dai valori di NSPT per le sole prove che non sono andate a rifiuto, adottando la correlazione proposta da Stroud.

Per la valutazione del modulo di deformabilità si è inoltre fatto riferimento anche ai risultati delle prove geofisiche down-hole, ricavando dalla velocità delle onde di taglio i valori del modulo di taglio e di Young a piccolissime deformazioni e quindi il valore di modulo di deformabilità operativo. Quest'ultimo è stato assunto, cautelativamente, pari ad un decimo di quello a piccolissime deformazioni. Tali valori, relativamente ai soli strati superficiali di terreno/roccia completamente alterata e fratturata, sono riportati nella Figura 10.

Infine, per quanto concerne le prove di carico su piastra effettuate in alcuni dei pozzetti, si sono ottenuti valori compresi fra 21.3 e 37.6 MPa con un valore medio di 31 MPa.

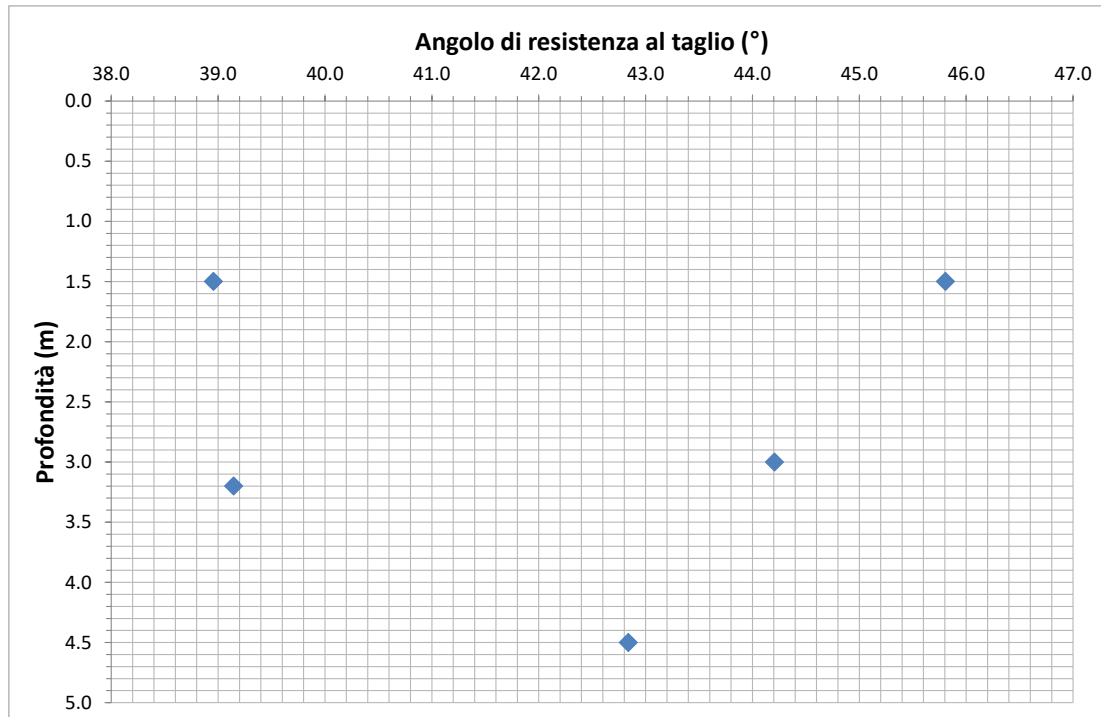


Figura 8 – Valori dell'angolo di resistenza al taglio  $\phi'$  ottenuto dall'interpretazione delle prove SPT non andate a rifiuto.



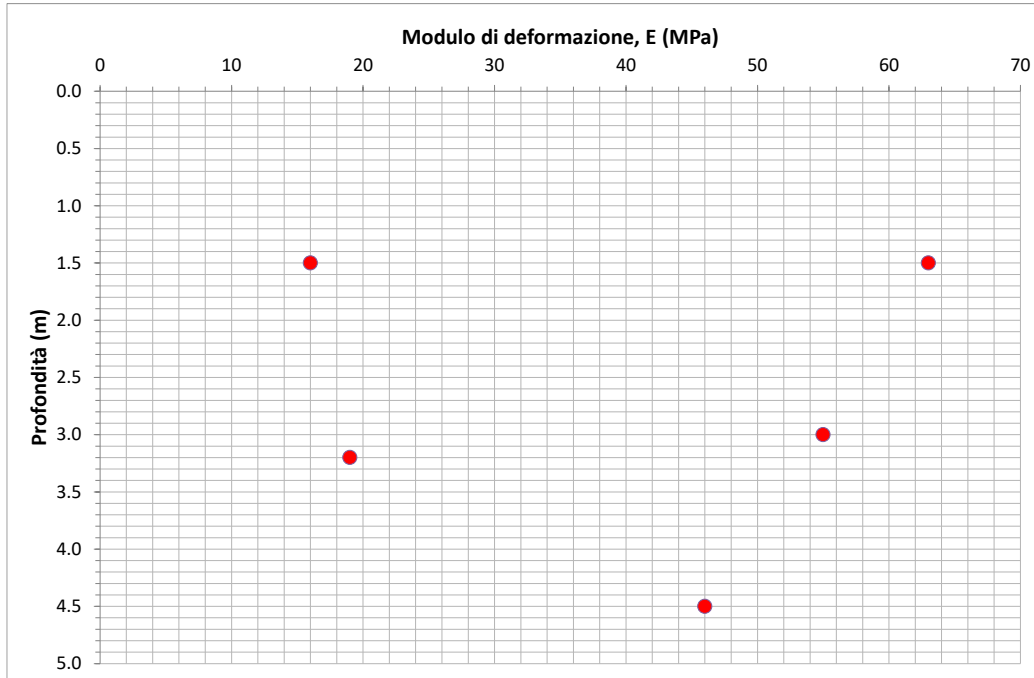


Figura 9 – Valori del modulo di deformazione ottenuto dall'interpretazione delle prove SPT non andate a rifiuto.

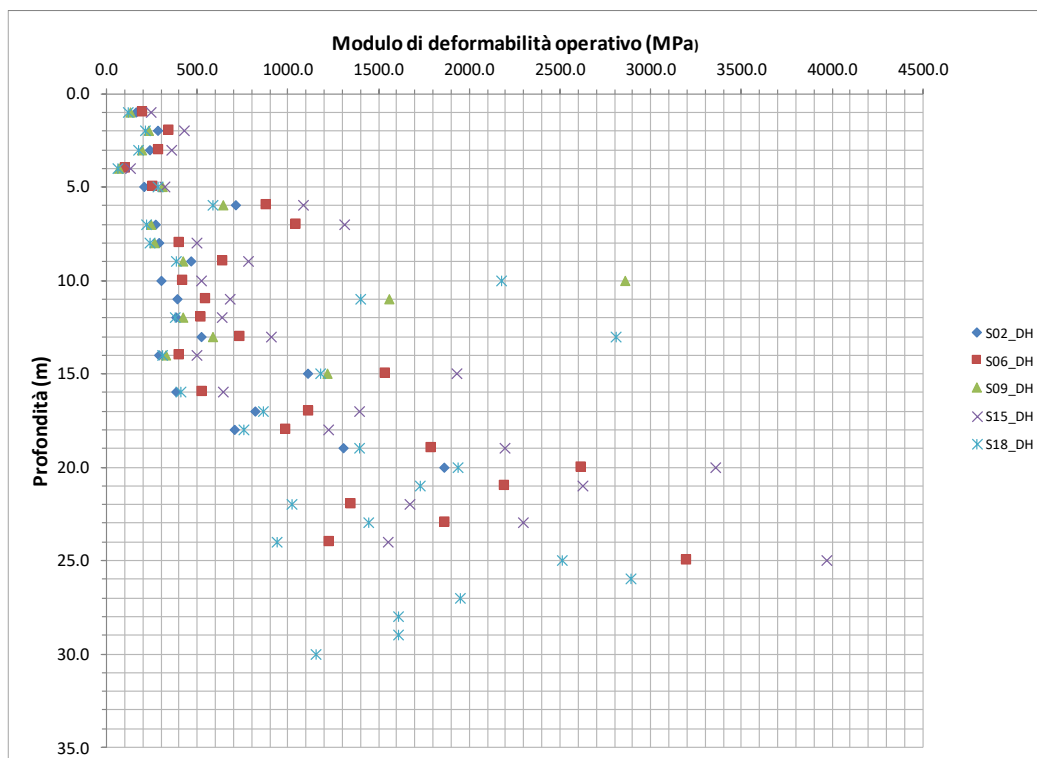


Figura 10 – Risultati delle prove geofisiche down-hole in termini di valori del modulo di deformabilità operativo.

<p>ANAS S.p.A.  S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI  LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA  DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389  <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File:  T00_GE01_GEO_RE03_A  Data: Agosto 2020  Pag. 26 di 63</p>
--	---

Sulla base dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche SPT, delle prove di laboratorio, e delle prove down-hole, i cui risultati sono riepilogati nelle precedenti Figure e Tabelle, si adotteranno i seguenti valori caratteristici per il peso dell'unità di volume, la resistenza al taglio e il modulo di deformazione:

$$\gamma'_k = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$c_k' = 20 \text{ kPa}$$

$$\phi_k' = 38^\circ$$

$$E_k = 20 \text{ MPa}$$

Occorre evidenziare che poiché le uniche indagini, che hanno permesso di valutare le caratteristiche di resistenza al taglio delle coltri superficiali, la cui roccia affiorante si è trasformata in terreno per effetto dell'alterazione, sono costituite da prove SPT, quasi tutte andate a rifiuto, in quanto le prove di taglio diretto su campioni rimaneggiati e ricostituiti in laboratorio non sono in grado di fornire indicazioni attendibili sulla risposta tensio-deformativa dei terreni naturali in posto, sono stati assunti dei parametri geotecnici unici che, sulla base della letteratura geotecnica ed esperienza, possono essere considerati cautelativamente rappresentativi.

In sede di Progetto Esecutivo sulla base di una campagna di indagini geotecniche integrative sarà possibile pervenire ad una caratterizzazione geotecnica più dettagliata.

Infine, poiché sulla base dei rilievi e studi geologici e come indicato nei profili geologici longitudinali, in corrispondenza delle incisioni e dei corsi d'acqua a regime stagionale sono presenti delle coltri eluvio-colluviali (depositi b2), dei depositi alluvionali recenti e attuali (depositi ba1) e dei depositi alluvionali terrazzati (depositi bna1) che non sono stati, in questa fase progettuale, direttamente interessati da indagini geotecniche, sulla base della descrizione granulometrica riportata sulla cartografia geologica, sono stati adottati i seguenti parametri geotecnici caratteristici.

Anche in questo caso, in sede di Progetto Esecutivo, dovranno essere condotte opportune indagini geotecniche per la verifica dei parametri geotecnici assunti per la Progettazione Definitiva.

#### Depositi alluvionali recenti e attuali (ba1) e terrazzati (bna1)

Ghiaie poligeniche grossolane e medie, da sub-angolose a sub-arrotondate, talora angolose in matrice sabbiosa e sabbioso – limosa; a luoghi sono presenti lenti e/o livelli di sabbie di sabbie e sabbie limose a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffuse ghiaie poligeniche da angolose a sub- arrotondate.

$$\gamma'_k = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$c_k' = 5 \text{ kPa}$$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI          LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File: T00_GE01_GEO_RE03_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 27 di 63</p>
--	--

$$\phi_k' = 38^\circ$$

$$E_k = 18 \text{ MPa}$$

### Coltri eluvio – colluviali (b2)

Sabbie limose e limi sabbiosi con abbondanti ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose, in matrice sabbioso – limosa generalmente abbondante.

$$\gamma_k' = 18.5 \text{ kN/m}^3$$

$$c_k' = 10 \text{ kPa}$$

$$\phi_k' = 35^\circ$$

$$E_k = 15 \text{ MPa}$$

## **5.2 Caratterizzazione geomeccanica**

Con riferimento agli studi geologici e ai profili geologici e geotecnici/geomeccanici, lungo il tracciato dell'infrastruttura stradale, si possono identificare due unità geomeccaniche:

1. è costituita dai leucograniti biotitici, biancastri, a grana fine (Formazione geologica VGD1e) e dalle granodioriti biotitico-anfiboliche grigio chiare, a grana grossa (Formazione geologica LNU1d); tale unità geomeccanica è presente nella parte iniziale e finale della infrastruttura in oggetto ed è stata attraversata dai sondaggi S1, S2, S3 ed S18, S19;
2. è presente su tutta la restante tratta (sondaggi S4÷S17), comprende le arenarie di San Vito (Formazione geologica SVI) costituite da alternanze irregolari, da decimetriche a metriche, di metarenarie micacee, quarziti e metasiltiti, e livelli di metaconglomerati minuti quarzosi nella parte alta.

Nella Tabella 15 e nella Tabella 16, rispettivamente per i graniti e le metarenarie/metasiltiti, sono riepilogati i risultati delle prove di compressione monoassiale effettuate sui campioni prelevati dai sondaggi. Come si può notare si ha una grande dispersione dei valori in funzione delle condizioni delle condizioni dei diversi provini utilizzati; più precisamente si ha:

- per i graniti: un valore minimo della resistenza a compressione monoassiale,  $\sigma_c$ , pari a 34.8 MPa, un valore massimo pari a 113.6 MPa e un valore medio di 76.8 MPa;
- per le metaarenarie/metasiltiti: un valore minimo della resistenza a compressione monoassiale,  $\sigma_c$ , pari a 12.1 MPa, un valore massimo pari a 85.0 MPa e un valore medio di 32.7 MPa.

<p>ANAS S.p.A.  S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI  LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA  DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389  <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File:  T00_GE01_GEO_RE03_A  Data: Agosto 2020  Pag. 28 di 63</p>
--	---

<b>Sondaggio</b>	<b>Campione</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Formazione geologica</b>	<b><math>\sigma_c</math> (MPa)</b>
S1	CL1	17.8 - 18.0	Granito	72.3
S1	CL3	20.8 - 21.0	Filone lapideo aplitico	87.0
S1	CL4	22.0 - 22.4	Granito	113.6
S1	CL5	24.5 - 25.0	Granito	60.4
S3	CL1	3.6 - 3.9	Granito	40.5
S3	CL2	5.7 - 5.9	Granito	43.6
S3	CL3	7.5 - 7.7	Granito	34.8
S18	CL2	13.3 - 13.7	Granito	91.8
S18	CL5	19.0 - 19.4	Granito	98.9
S18	CL6	22.3 - 22.6	Granito	89.7
S18	CL7	26.6 - 27.0	Granito	83.1
S19	CL2	7.8 - 8.0	Granito	95.2
S19	CL3	9.5 - 10.0	Granito	94.3
S19	CL5	15.7 - 16.0	Granito	69.6

*Tabella 15 – Risultati prove di compressione monoassiale effettuate sui campioni di graniti prelevati dai sondaggi.*

<p>ANAS S.p.A.  S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI  LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA  DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389  <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File:  T00_GEO1_GEO_RE03_A  Data: Agosto 2020  Pag. 29 di 63</p>
--	---

Sondaggio	Campione	Profondità (m)	Litotipo	$\sigma_c$ (MPa)
S4	CL1	14.4 - 14.6	Metasiltite	28.3
S4	CL4	17.2 - 17.4	Metasiltite	36.0
S5	CL1	6.0 - 6.4	Metaarenarie e metasiltiti	12.5
S5	CL2	9.5 - 9.8	Metaarenarie e metasiltiti	20.3
S6	CL2	14.7 - 14.9	Metaarenarie e metasiltiti	34.0
S7	CL2	7.7 - 7.9	Metaarenarie e metasiltiti	31.1
S7	CL4	19.4 - 19.6	Metaarenarie e metasiltiti	47.7
S8	CL2	23.4 - 23.6	Metasiltite	19.0
S9	CL4	22.0 - 22.2	Metasiltite	31.1
S10	CL2	6.7 - 6.9	Metasiltite	48.6
S10	CL4	11.7 - 12.0	Metasiltite	58.5
S13	CL2	14.5 - 14.7	Metaarenarie e metasiltiti	44.6
S14	CL3	6.1 - 6.3	Metaarenarie e metasiltiti	38.1
S14	CL7	16.7 - 17.0	Metaarenarie e metasiltiti	25.1
S14	CL8	17.0 - 17.4	Metaarenarie e metasiltiti	27.1
S15	CL2	8.0 - 8.5	Metaarenarie e metasiltiti	12.1
S15	CL3	12.2 - 12.5	Metaarenarie e metasiltiti	35.5
S15	CL6	24.0 - 24.5	Metaarenarie e metasiltiti	85.0
S16	CL2	6.5 - 6.9	Metaarenarie e metasiltiti	17.4
S16	CL3	10.3 - 10.7	Metaarenarie e metasiltiti	12.1
S16	CL4	13.0 - 13.5	Metaarenarie e metasiltiti	14.3
S17	CL5	13.0 - 13.3	Metaarenarie e metasiltiti	40.5

Tabella 16 – Risultati prove di compressione monoassiale effettuate sui campioni di metaarenarie/metasiltiti prelevati dai sondaggi.

Inoltre, sono state effettuate numerose prove di misura della resistenza al punzonamento (point load test) su campioni prelevati dai sondaggi S6÷S19. I risultati sono riportati, rispettivamente, nella Figura 11 per l'unità geomeccanica delle arenarie di San Vito e nella Figura 12 per l'unità geomeccanica delle leucograniti e granodioriti, sia come valore dell'indice di resistenza al punzonamento  $Is(50)$  normalizzato ad un provino standard di dimensioni  $D = 50$  mm sia come valore della resistenza a compressione monoassiale; avendo assunto, come suggerito in letteratura, due possibili valori di correlazione ovverosia, rispettivamente, 20 e 25 volte la resistenza al punzonamento  $Is(50)$ . Anche in questo caso si può notare, come per le prove di compressione monoassiale, una grande dispersione dei valori ottenuti, a causa non solo della direzione del carico applicato rispetto alla giacitura delle fratture e fessure ma, soprattutto, del diverso grado di alterazione.

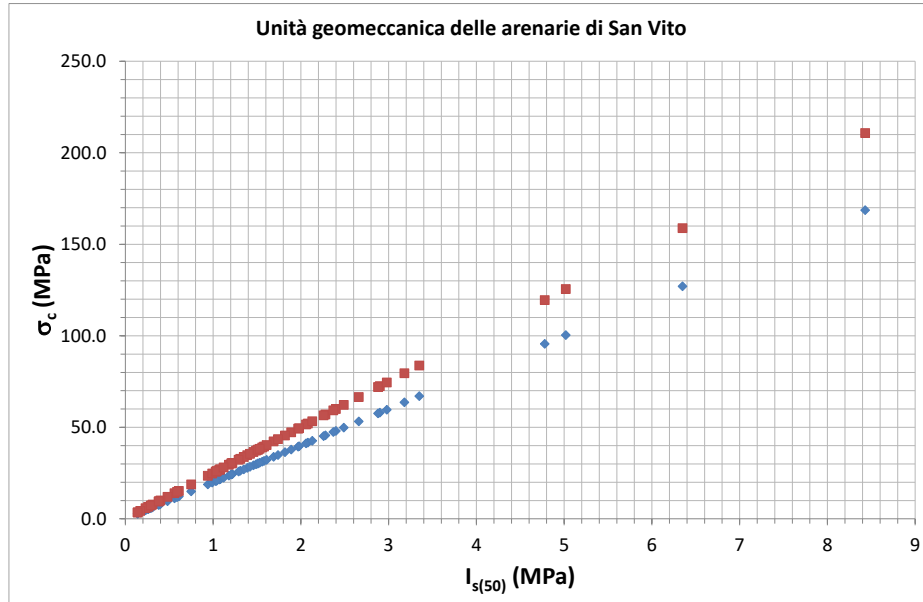


Figura 11 – Unità geomeccanica delle Arenarie di San Vito: valori di resistenza al punzonamento ottenuti dalle prove effettuate e relativi valori di resistenza a compressione semplice.

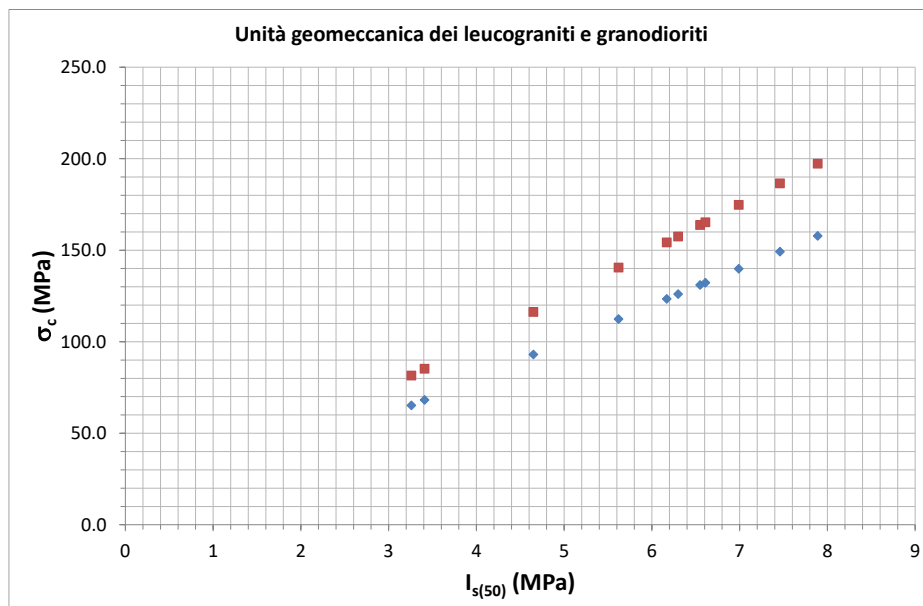


Figura 12 – Unità geomeccanica delle Leucograniti e granodioriti: valori di resistenza al punzonamento ottenuti dalle prove effettuate e relativi valori di resistenza a compressione semplice.

Nelle seguenti figure sono riportati i valori, rispettivamente per le due differenti unità geomeccaniche, di RQD (Figura 13 e Figura 14) e di GSI (Figura 15) ottenuti dai sondaggi, adottando i criteri riportati nel precedente capitolo 5.

Più precisamente i valori di GSI sono stati ricavati mediante la seguente correlazione (Hoek et al. 2013):

$$GSI = 1.5 \cdot JCond_{89} + RQD/2$$

sulla base dei valori di RQD ottenuti dai sondaggi e assumendo per  $JCond_{89}$ , sulla base dei valori stimati dai rilievi geomeccanici effettuati sulle carote dei sondaggi, un valore cautelativo pari a 15 per tutti i sondaggi (Tabella 1).

Come si può notare si ha una grande dispersione dei valori avendosi, a parte i valori nulli relativi a roccia estremamente fratturata e brecciata, valori di RQD prevalentemente compresi fra 20 e 80 e valori di GSI compresi fra 30 e 65.

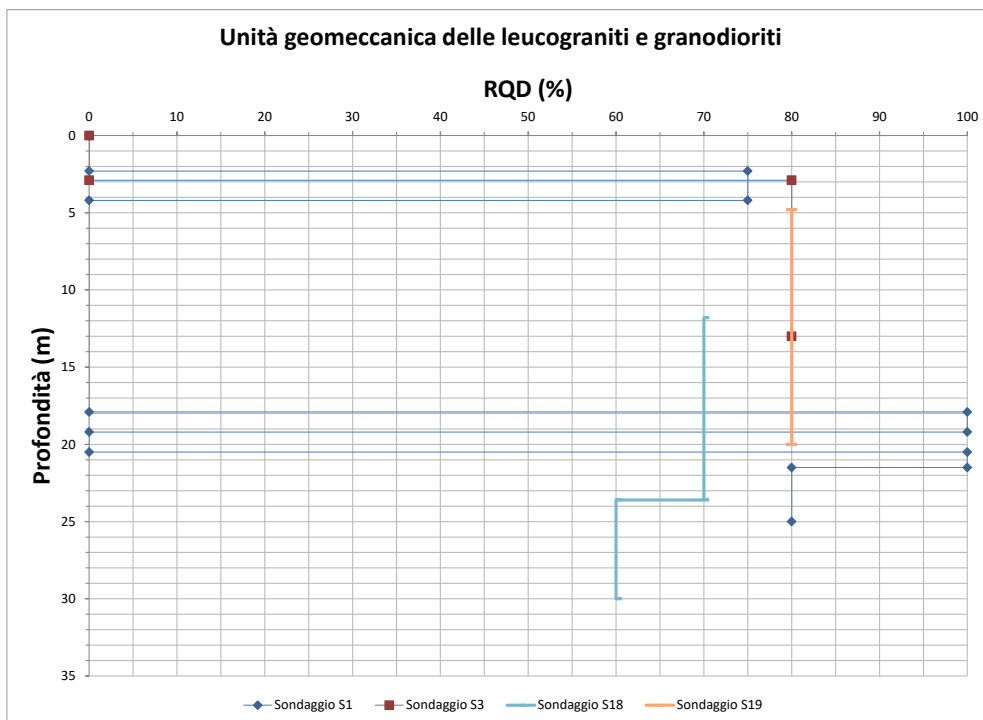


Figura 13 – Unità geomeccanica dei Leucograniti e granodioriti: risultati dei sondaggi effettuati in termini del valore di RQD.

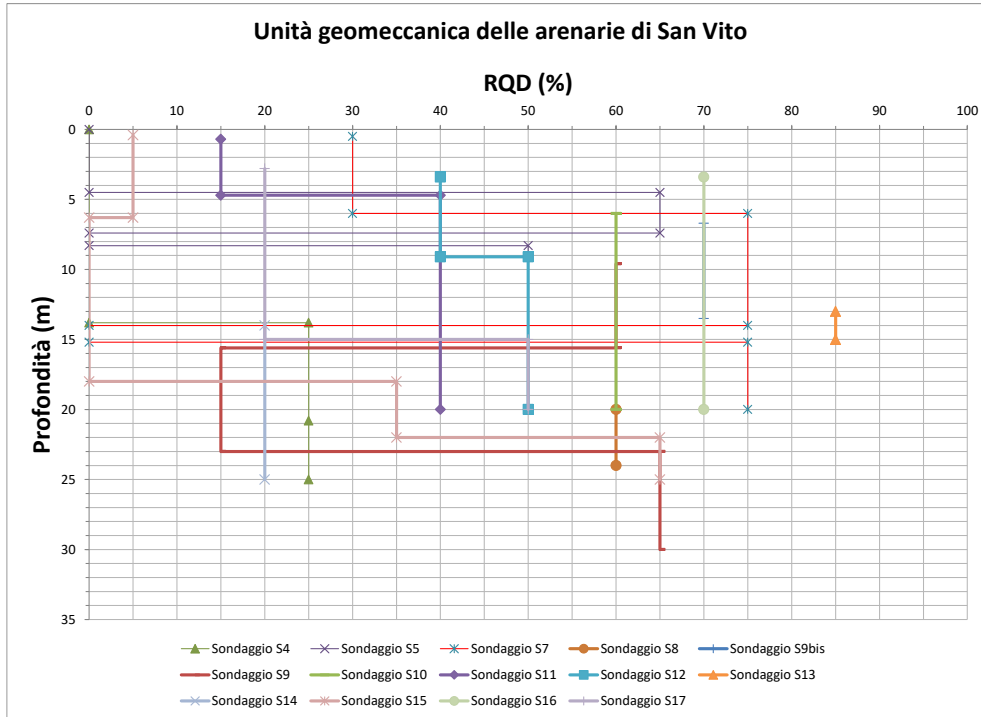


Figura 14 – Unità geomeccanica delle Arenarie di San Vito: risultati dei sondaggi effettuati in termini del valore di RQD.

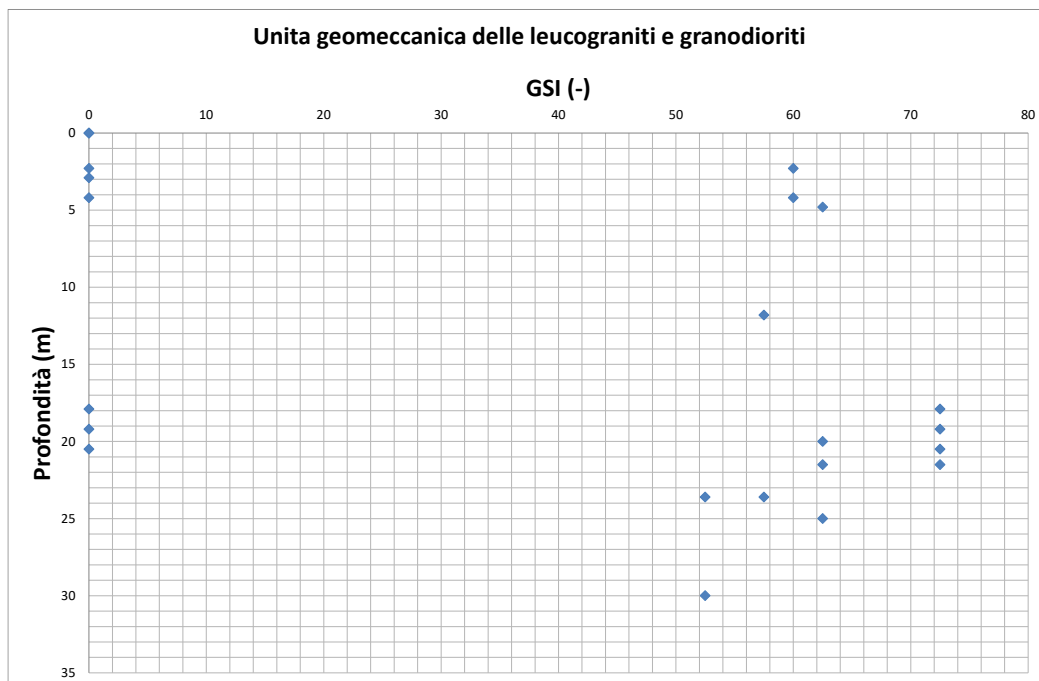


Figura 15 – Unità geomeccanica dei Leucograniti e granodioriti: risultati dei sondaggi effettuati in termini del valore di GSI.



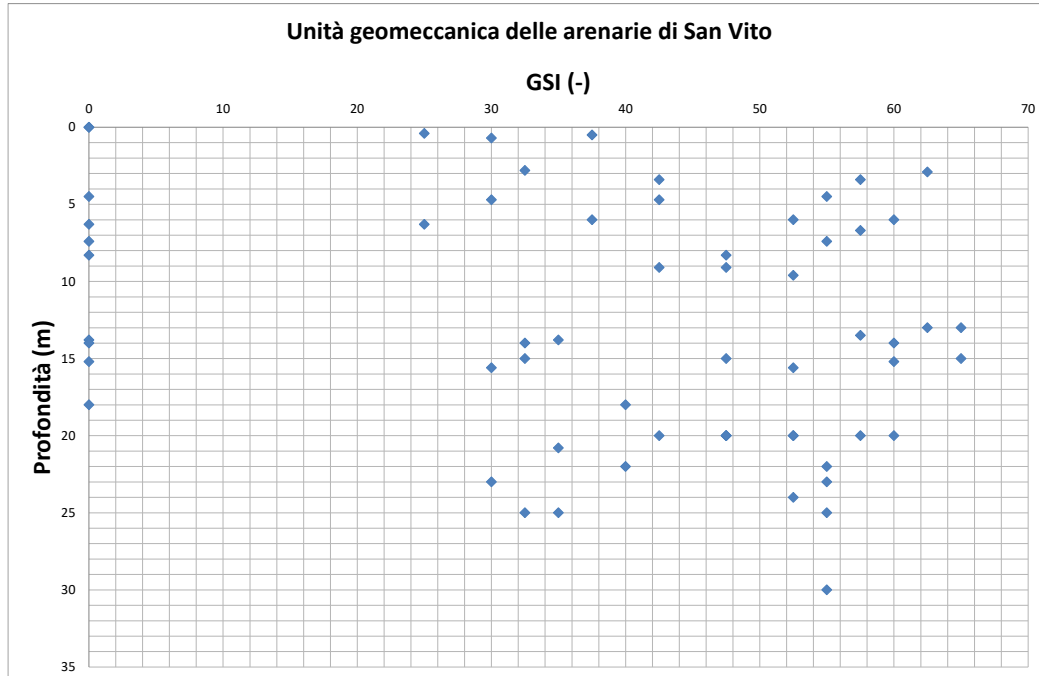


Figura 16 – Unità geomeccanica delle Arenarie di San Vito: risultati dei sondaggi effettuati in termini dei valori di GSI.

Sulla base dei valori di GSI riportati nelle precedenti Figure per i valori di GSI e tenendo conto della notevole dispersione dei valori, nelle seguenti Figure sono riportati i valori di GSI che sono stati adottati per determinare i parametri di resistenza al taglio e di deformabilità delle due unità geomeccaniche, adottando il criterio di rottura di Hoek & Brown (2002). Sono stati inoltre assunti i seguenti valori dei coefficienti  $M_i$  e  $D$  del criterio di rottura di Hoek & Brown (2002):

#### Unità geomeccanica delle leucograniti e granodioriti

$\sigma_c = 30$  MPa (valore estremamente cautelativo volutamente adottato a causa del ridotto numero di provini sottoposti a prove di compressione monoassiale, della estrema variabilità dei valori ottenuti e della mancanza di prove triassiali condotte a diverse tensioni di confinamento)

$m_i = 20$  (Tabella 10)

$D = 1$

#### Unità geomeccanica delle arenarie di San Vito

$\sigma_c = 30$  MPa (valore estremamente cautelativo volutamente adottato a causa del ridotto numero di provini sottoposti a prove di compressione monoassiale, della estrema variabilità dei valori ottenuti e della mancanza di prove triassiali condotte a diverse tensioni di confinamento)

$m_i = 15$  (Tabella 10)

$D = 1$

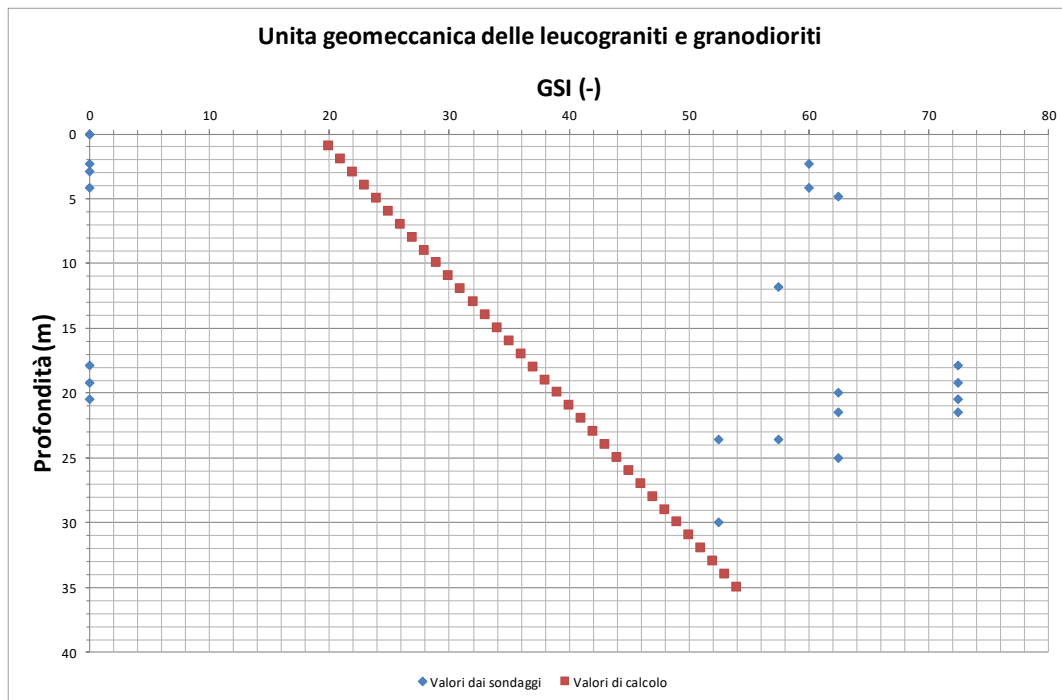


Figura 17 – Unità geomeccanica dei Leucograniti e granodioriti: andamento dei valori di GSI adottati per la caratterizzazione geomeccanica.

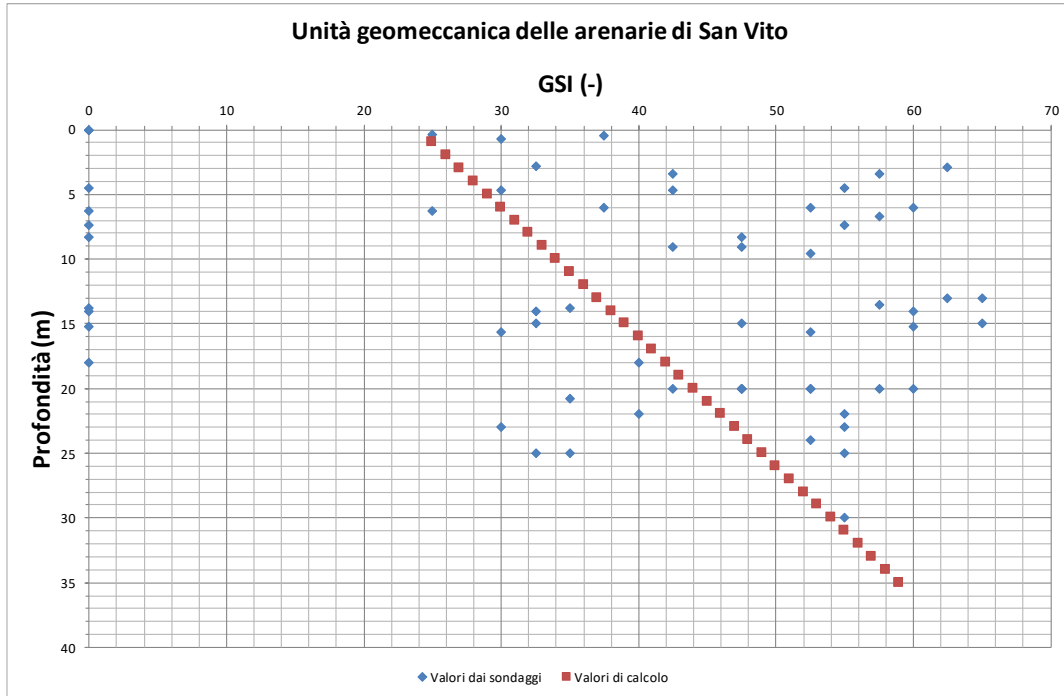


Figura 18 – Unità geomeccanica delle Arenarie di San Vito: andamento dei valori di GSI adottati per la caratterizzazione geomeccanica.

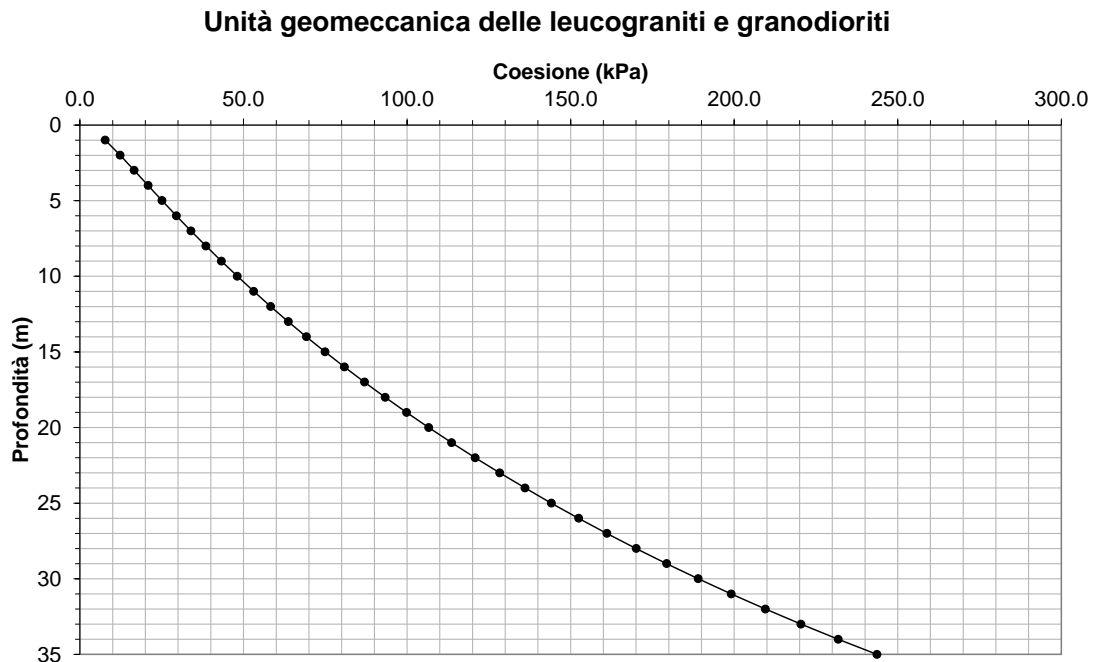


Figura 19 – Unità geomeccanica dei Leucograniti e granodioriti: caratterizzazione geomeccanica, andamento della coesione con la profondità.

### Unità geomeccanica delle leucograniti e granodioriti

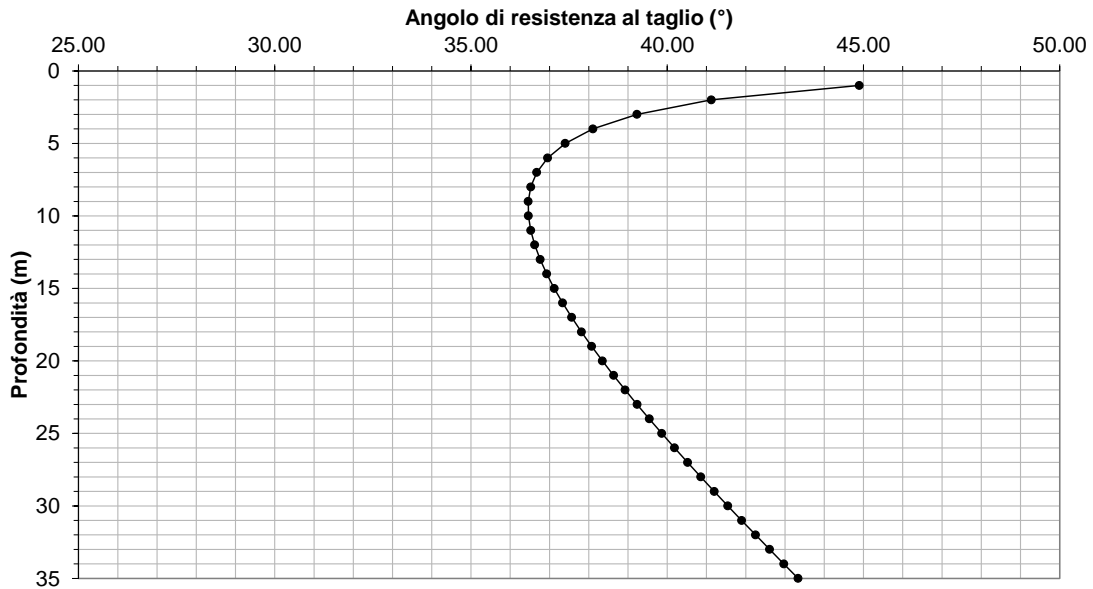


Figura 20 – Unità geomeccanica dei Leucograniti e granodioriti: caratterizzazione geomeccanica, andamento dell'angolo di resistenza al taglio con la profondità.

### Unità geomeccanica delle leucograniti e granodioriti

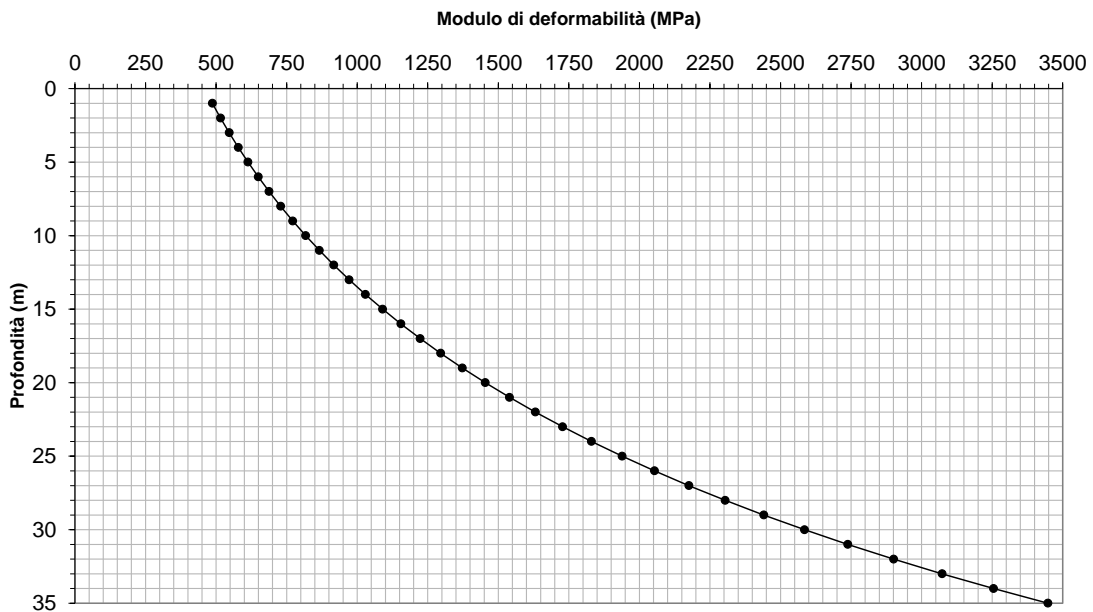


Figura 21 – Unità geomeccanica dei Leucograniti e granodioriti: caratterizzazione geomeccanica, andamento del modulo di deformabilità con la profondità.

### Unità geomeccanica delle arenarie di San Vito

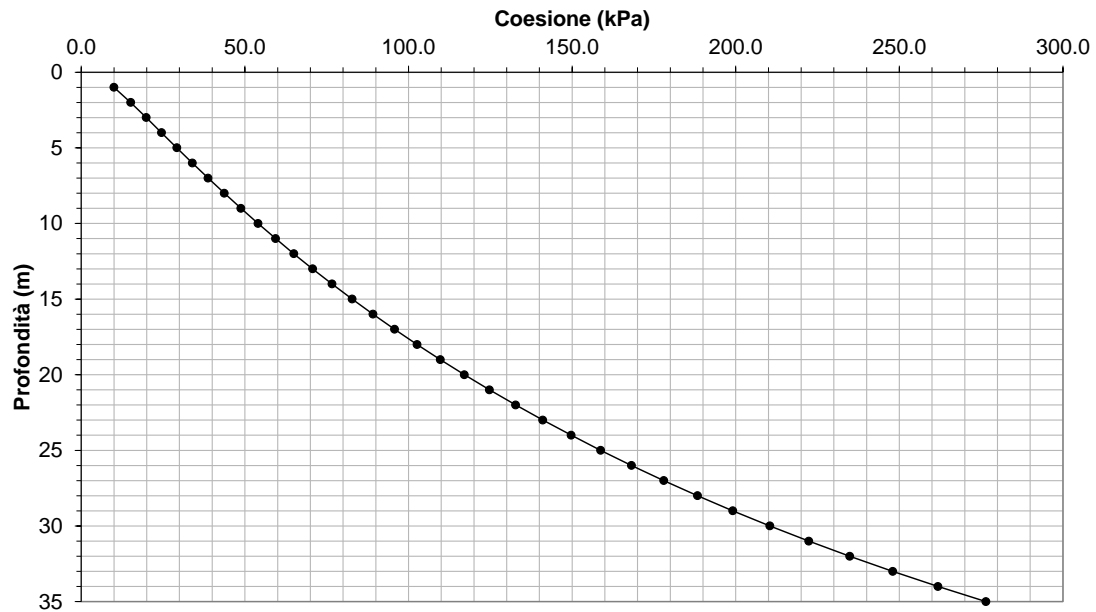


Figura 22 – Unità geomeccanica delle Arenarie di San Vito: caratterizzazione geomeccanica, andamento della coesione con la profondità.

### Unità geomeccanica delle arenarie di San Vito

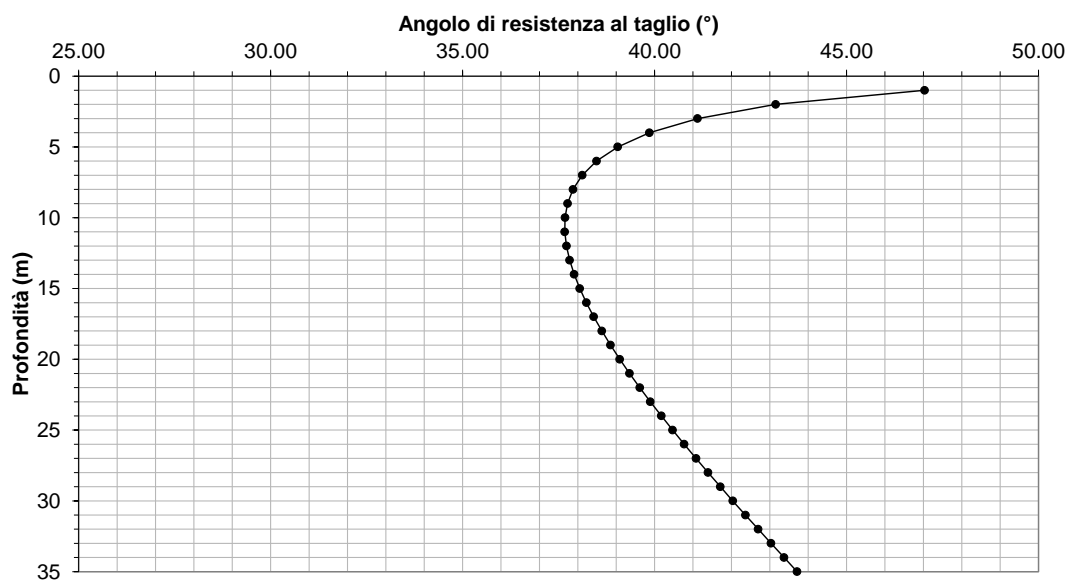


Figura 23 – Unità geomeccanica delle Arenarie di San Vito: caratterizzazione geomeccanica, andamento dell'angolo di resistenza al taglio con la profondità.

### Unità geomeccanica delle arenarie di San Vito

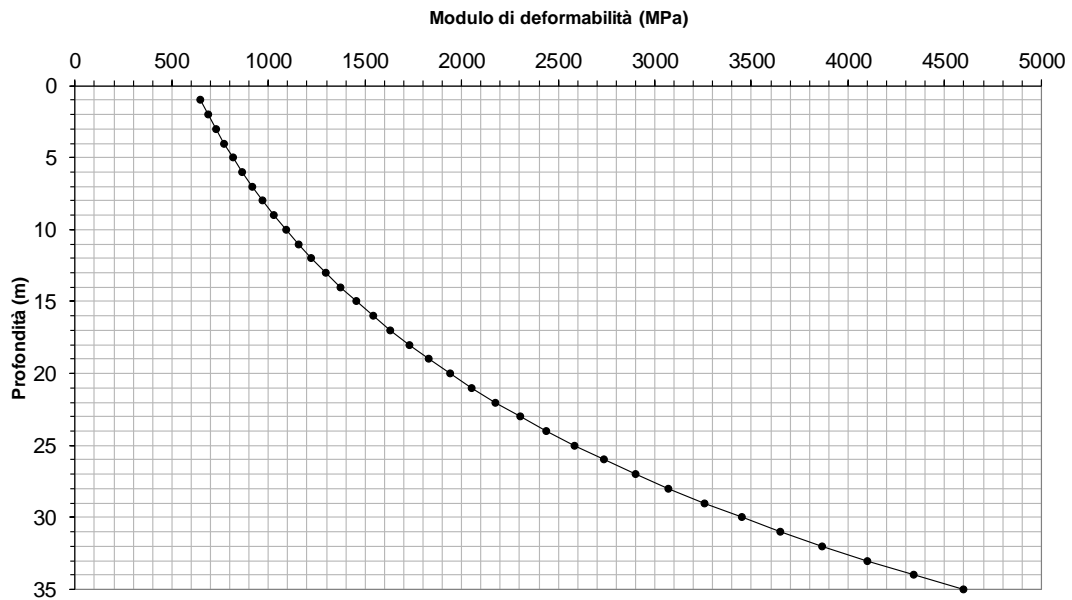


Figura 24 – Unità geomeccanica delle Arenarie di San Vito: caratterizzazione geomeccanica, andamento del modulo di deformabilità con la profondità.

Infine, nella seguente Tabella 17 sono riepilogati i dati principali relativi ai 20 rilievi geomeccanici effettuati in corrispondenza di affioramenti rocciosi significativi individuati in prossimità del tracciato della infrastruttura stradale.

<p>ANAS S.p.A.  S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI  LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA  DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389  <b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File:  T00_GE01_GEO_RE03_A  Data: Agosto 2020  Pag. 39 di 63</p>
--	---

Stazione geomeccanica	Litologia	Unità geologica	RMRb	GSI
G2	Leucograniti biotitici	VGD1e	45 ÷ 60	45 ÷ 58
G5	Metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti	SVI	38 ÷ 55	38 ÷ 52
G7	Metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti	SVI	37 ÷ 52	37 ÷ 49
G8	Metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti	SVI	36 ÷ 50	36 ÷ 48
G10	Metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti	SVI	31 ÷ 46	31 ÷ 44
G11	Metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti	SVI	32 ÷ 49	32 ÷ 47
G13	Metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti	SVI	32 ÷ 46	32 ÷ 43
G15	Metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti	SVI	32 ÷ 47	32 ÷ 44
G16	Metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti	SVI	42 ÷ 54	37 ÷ 49
G17	Metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti	SVI	41 ÷ 52	36 ÷ 47
G19	Metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti	SVI	30 ÷ 47	30 ÷ 45
G20	Metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti	SVI	31 ÷ 47	31 ÷ 44
G21	Metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti	SVI	39 ÷ 55	39 ÷ 53
G22	Metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti	SVI	30 ÷ 49	30 ÷ 46
G23	Metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti	SVI	48 ÷ 61	43 ÷ 56
G24	Metarenarie, quarziti, metasiltiti e metapeliti	SVI	44 ÷ 58	39 ÷ 53
G26	Granodioriti biotitico-anfibolitiche	LNU1d	51 ÷ 61	46 ÷ 56
G27	Granodioriti biotitico-anfibolitiche	LNU1d	49 ÷ 61	44 ÷ 56
G28	Granodioriti biotitico-anfibolitiche	LNU1d	50 ÷ 63	45 ÷ 58
G29	Granodioriti biotitico-anfibolitiche	LNU1d	49 ÷ 63	44 ÷ 58

Tabella 17 – Rilievi geomeccanici condotti su affioramenti rocciosi significativi individuati in prossimità del tracciato della infrastruttura stradale; risultati principali per la caratterizzazione geomeccanica.

### 5.3 Sintesi dei parametri geotecnici/geomeccanici

Nelle seguenti tabelle sulla base di quanto riportato nei precedenti paragrafi sono riepilogati i parametri geotecnici relativi alle diverse unità geotecniche e geomeccaniche identificate sulla base dell'indagine geotecnica condotta.

<b>UNITA' GEOTECNICA CA</b>			
<b>Coperture di roccia fortemente alterata e completamente arenitizzate, soprattutto in corrispondenza delle zone più intensamente fratturate, che riducono l'ammasso a una sabbia ghiaiosa da poco a moderatamente cementata.</b>			
$\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_k'$ (kPa)	$\phi_k'$ (°)	$E_k$ (MPa)
20	20	38	20

Tabella 18 – Parametri geotecnici unità CA.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File: T00_GE01_GEO_RE03_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 40 di 63</p>
--	--

<b>UNITA' GEOTECNICA ba1/bna1</b>			
<p>Depositi alluvionali recenti e attuali (ba1) e terrazzati (bna1), costituiti da ghiaie poligeniche grossolane e medie, da sub-angolose a sub-arrotondate, talora angolose in matrice sabbiosa e sabbioso – limosa; a luoghi sono presenti lenti e/o livelli di sabbie di sabbie e sabbie limose a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffuse ghiaie poligeniche da angolose a sub- arrotondate.</p>			
$\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_k'$ (kPa)	$\phi_k'$ (°)	$E_k$ (MPa)
19	5	38	18

Tabella 19 – Parametri geotecnici unità ba1/bna1.

<b>UNITA' GEOTECNICA b2</b>			
<p>Coltri eluvio – colluviali costituite da sabbie limose e limi sabbiosi con abbondanti ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose, in matrice sabbioso – limosa generalmente abbondante.</p>			
$\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c_k'$ (kPa)	$\phi_k'$ (°)	$E_k$ (MPa)
18.5	10	35	15

Tabella 20 – Parametri geotecnici unità b2.

<b>UNITA' GEOMECCANICA VGD1e – LNU1d</b>			
<p>Unità intrusiva di Villagrande (VGD1e) costituita da leucograniti biotitici a grane fine e tessitura isotropa e Unità intrusiva di Lanusei (LNU1d) costituita da granodioriti biotitico-anfibolitiche a grana grossa e tessitura orientata localmente passanti a tonaliti.</p> <p style="text-align: center;"><math>\gamma_k = 25</math> kN/m<sup>3</sup></p>			
Profondità (m)	$c_k'$ (kPa)	$\phi_k'$ (°)	$E_k$ (MPa)
0 - 5	20	39	550
5 - 10	30	36	650
10 - 15	60	37	850
15 - 20	80	38	1200
20 - 25	120	39	1500
25 - 30	150	40	2150
30 - 35	200	42	2700
> 35	220	43	3000

Tabella 21 – Parametri geotecnici unità geomeccanica VGD1e – LNU1d.

<b>UNITA' GEOMECCANICA SVI</b>			
<p>Unità metamorfica di San Vito (SVI) costituita da una alternanza irregolare di metarenarie micacee, quarziti, metasiltiti e metapeliti in strati da molto sottili a sottili, talora medi o spessi.</p> <p style="text-align: center;"><math>\gamma_k = 25</math> kN/m<sup>3</sup></p>			
Profondità (m)	$c_k'$ (kPa)	$\phi_k'$ (°)	$E_k$ (MPa)
0 - 5	20	41	750
5 - 10	40	37	950



<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLI          LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File: T00_GE01_GEO_RE03_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 41 di 63</p>
--	--

<b>UNITA' GEOMECCANICA SVI</b> Unità metamorfica di San Vito (SVI) costituita da una alternanza irregolare di metarenarie micacee, quarziti, metasiltiti e metapeliti in strati da molto sottili a sottili, talora medi o spessi. $\gamma_k = 25 \text{ kN/m}^3$			
Profondità (m)	$c_k'$ (kPa)	$\phi_k'$ (°)	$E_k$ (MPa)
10 - 15	70	37	1250
15 - 20	100	38	1600
20 - 25	130	39	2250
25 - 30	180	41	2800
30 - 35	230	42	3500
> 35	250	43	3700

*Tabella 22 – Parametri geotecnici unità geomeccanica SVI.*

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 389 TRONCO VILLANOVA – LANUSEI – TORTOLÌ</p> <p>LOTTO BIVIO VILLAGRANDE – SVINCOLO DI ARZANA</p> <p>DAL Km 51+100,00 DELLA S.S. 389 VAR AL Km 177+930,00 DELLA S.S. 389</p> <p><b>Relazione geostrutturale-geomeccanica</b></p>	<p>File: T00_GE01_GEO_RE03_A</p> <p>Data: Agosto 2020</p> <p>Pag. 42 di 63</p>
--	--

## 6. SCHEDE DEI RILIEVI

Nel seguito sono sintetizzate le schede dei n. 20 punti di rilievo geostrutturale appositamente condotti per il presente studio. Oltre alle principali caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso e dei giunti, sono indicate alcune caratteristiche generali del punto di rilievo e uno stralcio della carta geologica appositamente realizzata, di cui si riporta una legenda sintetica per favorirne la lettura.

### LEGENDA

#### DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

##### Coltri eluvio-colluviali

Depositi continentali di versante e di alterazione del substrato, costituiti da una singola litofacies a composizione sabbioso-ghiaiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e risultano parzialmente eteropici ai Depositi alluvionali recenti e attuali. Lo spessore massimo è di circa 5 m.



**(b2)** Sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone, ocre e bruno-rossastro, a struttura indistinta, con abbondanti ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose; a luoghi sono presenti suoli più o meno evoluti, arricchiti in frazione organica, e passaggi di ghiaie poligeniche, da angolose a sub-angolose, in matrice sabbioso-limoso marrone e giallastro, generalmente abbondante.

*Olocene - Attuale*

##### Depositi alluvionali recenti e attuali

Depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da una singola litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e risultano parzialmente eteropici alle Coltri eluvio-colluviali. Lo spessore massimo è di circa 10 m.



**(ba1)** Ghiaie poligeniche grossolane e medie, da sub-angolose a sub-arrotondate, talora angolose, in matrice sabbiosa e sabbioso-limoso di colore marrone-rossastro, grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi sono presenti lenti e/o livelli di sabbie e sabbie limose di colore marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffuse ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate.

*Olocene - Attuale*

##### Depositi alluvionali terrazzati

Depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da una singola litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo è di circa 8 m.



**(bna1)** Ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose a sub-arrotondate, talora angolose, in matrice sabbiosa, sabbioso-limoso e limoso-sabbiosa di colore marrone, giallastro e rossastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi sono presenti lenti e/o livelli di sabbie e sabbie limose di colore marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffuse ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate.

*Olocene*

#### COMPLESSO INTRUSIVO TARDO-PALEOZOICO

##### Porfidi granitici

Rocce magmatiche prevalentemente acide, costituite da una singola litofacies a composizione porfidico-granitica. Risultano intrusi all'interno del basamento metamorfico e cristallino con contatti più o meno verticali. Lo spessore massimo non è determinabile.



**(fp)** Porfidi granitici di colore rosato e rossastro, a tessitura isotropa e struttura da afirica a porfirica; si presentano fortemente fratturate e mostrano giacitura prevalentemente filoniana, talvolta in ammassi.

*Carbonifero superiore - Permiano*

##### Unità intrusiva di Lanusei

Rocce magmatiche prevalentemente acide, costituite da una singola litofacies a composizione granodioritico-tonalitica. Risultano intrusi all'interno del basamento metamorfico con contatti più o meno verticali. Lo spessore massimo non è determinabile.



**(LNU1d)** Granodioriti biotitico-anfibolitiche di colore grigio e grigio-chiaro, a grana grossa e tessitura orientata, generalmente molto fratturate, localmente passanti a tonaliti grigie con relitti di clinopirosseno; spesso si rinvengono porzioni fortemente alterate e completamente arenitizzate, soprattutto in corrispondenza delle zone più intensamente fratturate, che riducono l'ammasso a una sabbia ghiaiosa da poco a moderatamente cementata.

*Carbonifero superiore - Permiano*

##### Unità intrusiva di Villagrande

Rocce magmatiche prevalentemente acide, costituite da due differenti litofacies a composizione granodioritico-monzogranitica e leucogranitica. Risultano intrusi all'interno del basamento metamorfico con contatti più o meno verticali. Lo spessore massimo non è determinabile.



**(VGD1b)** Granodioriti e monzograniti biotitici di colore grigio chiaro e biancastro, a grana medio-grossa e tessitura orientata, generalmente molto fratturate, con locali fenocristalli di K-feldspato; spesso si rinvengono porzioni fortemente alterate e completamente arenitizzate, soprattutto in corrispondenza delle zone più intensamente fratturate, che riducono l'ammasso a una sabbia ghiaiosa da poco a moderatamente cementata.



**(VGD1e)** Leucograniti biotitici di colore grigio chiaro e biancastro, a grana fine e tessitura isotropa, generalmente molto fratturate; spesso si rinvengono porzioni fortemente alterate e completamente arenitizzate, soprattutto in corrispondenza delle zone più intensamente fratturate, che riducono l'ammasso a una sabbia ghiaiosa da poco a moderatamente cementata.

*Carbonifero superiore - Permiano*

### BASAMENTO METAMORFICO ERCINICO

#### Scisti a graptoliti

Rocce metamorfiche derivanti da una successione sedimentaria di bacino profondo, costituita da una singola litofacies a composizione metapelitico-metasiltitica. Poggiano in contatto stratigrafico concordante su unità non affioranti nell'area. Lo spessore massimo è di circa 50 m.



**(SGA)** Metapeliti carboniose e metasiltiti a graptoliti di colore grigio scuro e nerastro, in strati da molto sottili a medi, con locali passaggi di diaspri neri; a luoghi si rinvengono livelli di metacalcari grigio-nerastri in grossi banchi, con abbondanti fossili.

*Siluriano - Devoniano medio*

#### Arenarie di San Vito

Rocce metamorfiche derivanti da una successione sedimentaria di bacino e base scarpata, costituita da una singola litofacies a composizione metarenaceo-metapelitica. Poggiano in contatto tettonico su unità non affioranti nell'area. Lo spessore massimo è di circa 500 m.



**(SVI)** Alternanza irregolare di metarenarie micaee di colore grigio-verdastro, quarziti grigie e metasiltiti e metapeliti grigie e verdastre, raramente nere, in strati da molto sottili a sottili, talora medi o spessi; con locali passaggi di metaconglomerati ad elementi di metasiltiti e metarenarie; a luoghi si rinvengono intercalazioni di metapeliti verdastre, talvolta rosse e violacee, e orizzonti fortemente alterati e/o tettonizzati; gli orizzonti più fini sono caratterizzati da strutture plicative isoclinali e laminazioni piano-parallele, ondulate e convolute.

*Cambriano medio - Ordoviciano inferiore*

### SIMBOLOGIA

 Corso d'acqua

 Limite stratigrafico


 Deposito di frana

 Conoide alluvionale

 Conoide colluviale

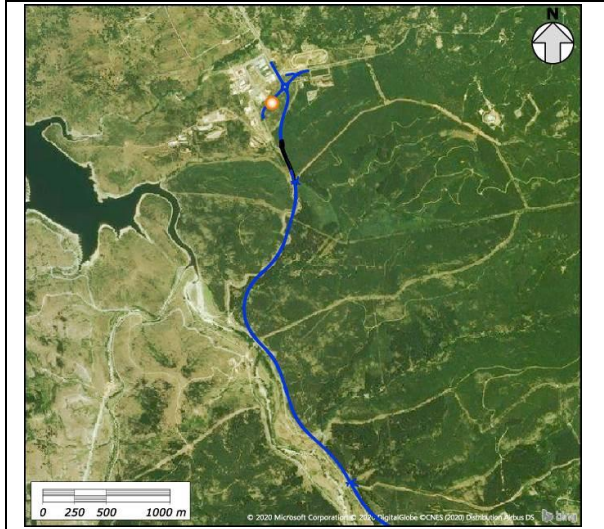
 Riporto antropico

 Stop geologico

 Stop geologico con rilievo geomeccanico

Movimento (m)	Stato di attività (s)		
	Attivo	Quiescente	Stabilizzato
Corpo di frana di colamento lento		cq	
Corpo di frana complessa		xq	xs

localizzazione



codice

**G2**

comune

Villagrande Strisaili

località

Fiera del Bestiame

progressiva

0+166.55

distanza dal tracciato (m)

117 dx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)

1540933 E - 4421017 N

unità geologica

VGD1e

litologia

Leucograniti biotitici

struttura

Fratturato/molto fratturata

area (m<sup>2</sup>)

15

tipologia

Ammasso roccioso

forma dei blocchi

A blocchi/irregolare

RMRb

45 ÷ 60

GSI

45 ÷ 58

spaziatura

Stretta/larga

apertura

Stretta/aperta

alterazione

Molto alterata

persistenza

Bassa/alta

JRC

6-14

numero sistemi di giunti

n.d.

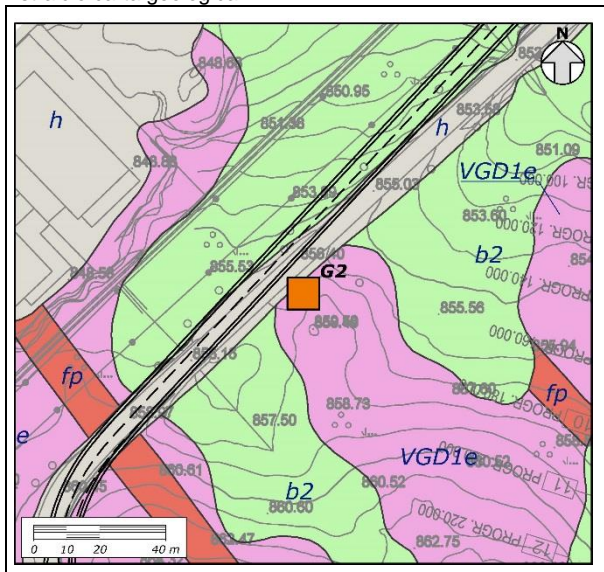
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

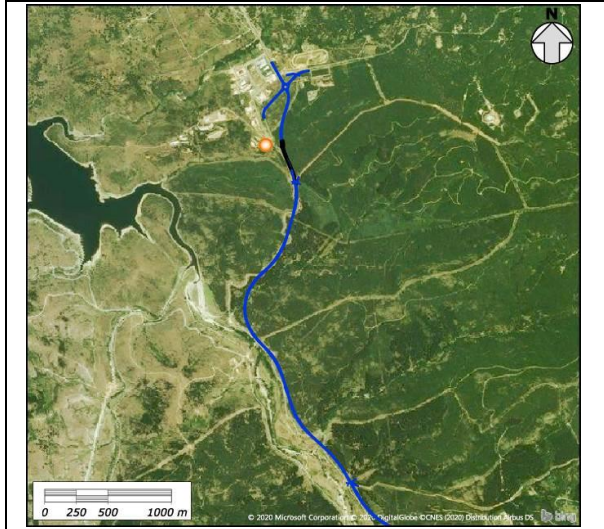
stralcio carta geologica



documentazione fotografica



localizzazione



codice

**G5**

comune

Villagrande Strisaili

località

Fiera del Bestiame

progressiva

0+447.15

distanza dal tracciato (m)

127dx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)

1540877 E - 4420686 N

unità geologica

SVI

litologia

Metarenarie, quarziti, metasiltili e metapeliti

struttura

Fratturato/molto fratturata

spaziatura

Molto stretta/larga

apertura

Molto stretta/aperta

JRC

4-8

numero sistemi di giunti

n.d.

area (m<sup>2</sup>)

140

tipologia

Ammasso roccioso

forma dei blocchi

A blocchi/irregolare

RMRb

38 ÷ 55

GSI

38 ÷ 52

alterazione

Mediamente alterata/molto alterata

persistenza

Bassa/alta

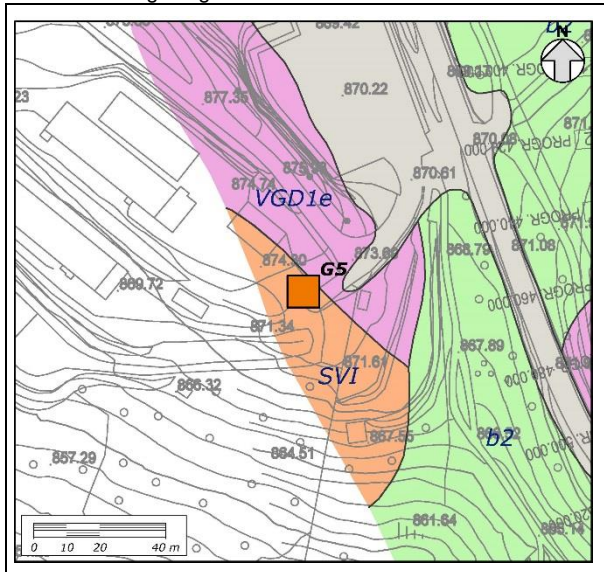
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

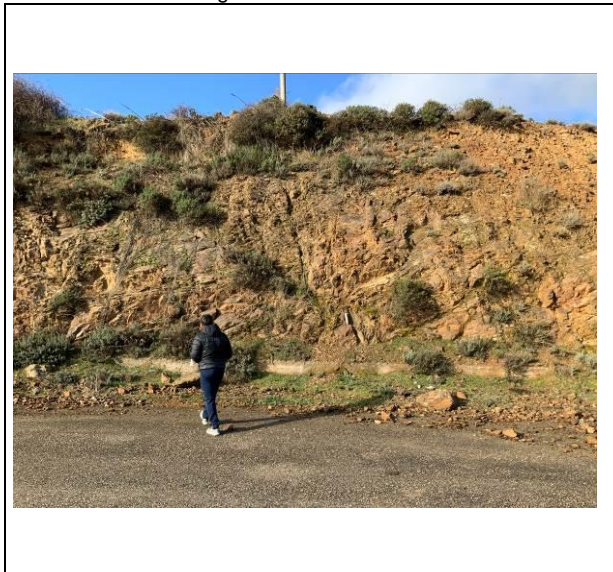
resistenza intatto (MPa)

n.d.

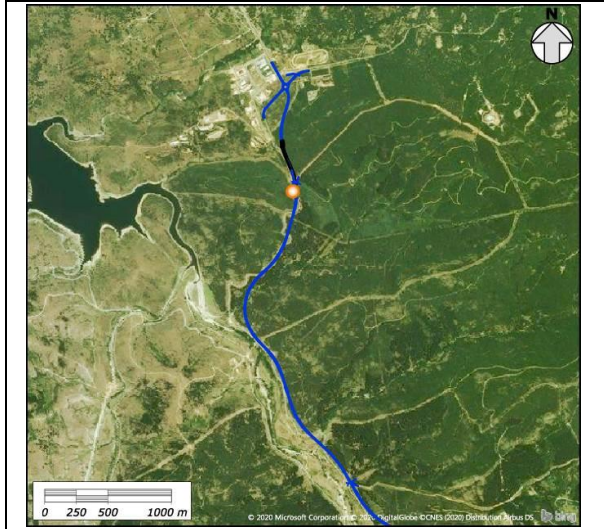
stralcio carta geologica



documentazione fotografica



localizzazione



codice

**G7**

comune  
 Villagrande Strisaili

località  
 M. Cusculai

progressiva  
 0+853.62

distanza dal tracciato (m)  
 28 dx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)  
 1541092 E - 4420322 N

unità geologica

SVI

litologia

Metarenarie, quarziti, metasiltili e metapeliti

struttura

Fratturato/molto fratturata

spaziatura

Molto stretta/moderata

apertura

Stretta/larga

JRC

2-8

numero sistemi di giunti

n.d.

area (m<sup>2</sup>)

25

tipologia

Ammasso roccioso

forma dei blocchi

A blocchi/irregolare

RMRb

37 ÷ 52

GSI

37 ÷ 49

alterazione

Mediamente alterata/molto alterata

persistenza

Bassa/media

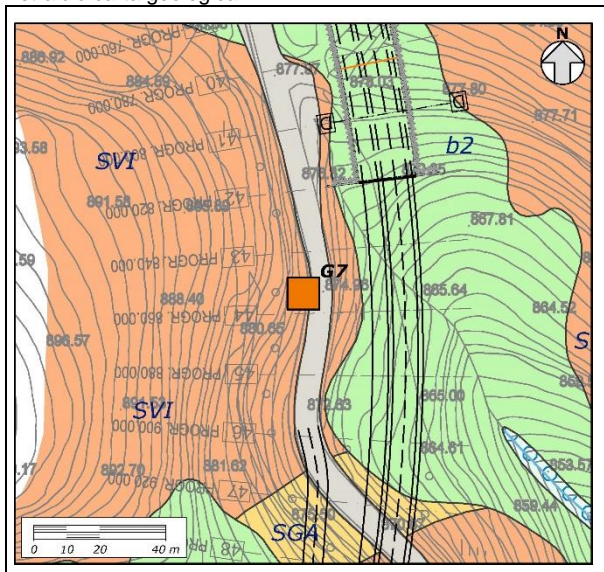
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

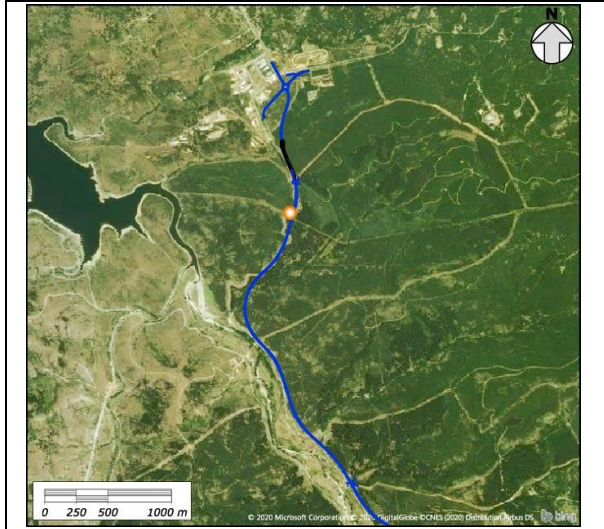
stralcio carta geologica



documentazione fotografica



localizzazione



codice

**G8**

comune

Villagrande Strisaili

località

M. Cuscullai

progressiva

1+034.45

distanza dal tracciato (m)

28 dx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)

1541070 E - 4420153 N

unità geologica

SVI

litologia

Metarenarie, quarziti, metasiliti e metapeliti

struttura

Laminata/molto fratturata

spaziatura

Estremamente stretta/larga

apertura

Molto stretta/aperta

JRC

6-10

numero sistemi di giunti

n.d.

area (m<sup>2</sup>)

115

tipologia

Ammasso roccioso

forma dei blocchi

A blocchi/lastriforme

RMRb

36 ÷ 50

GSI

36 ÷ 48

alterazione

Molto alterata

persistenza

Bassa/molto alta

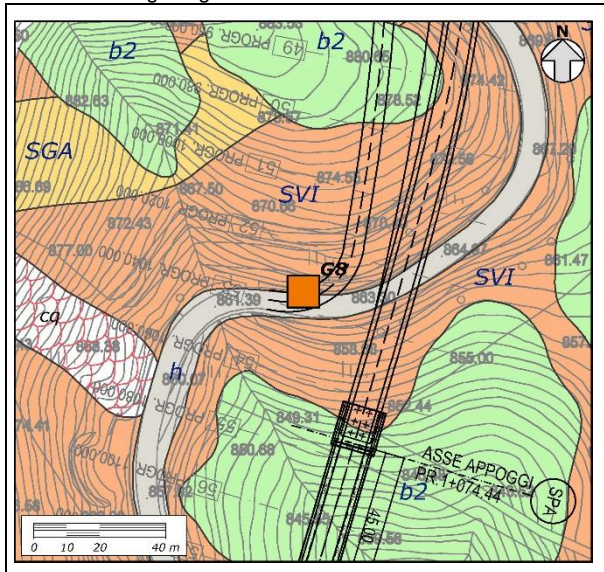
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

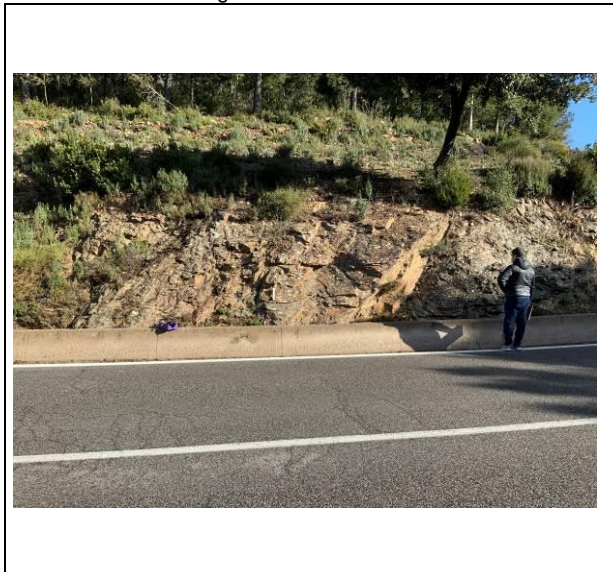
resistenza intatto (MPa)

n.d.

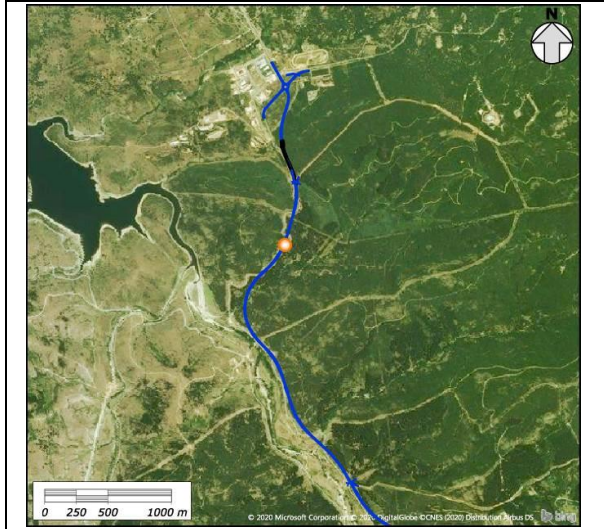
stralcio carta geologica



documentazione fotografica



localizzazione



codice

**G10**

comune

Arzana

località

M. Cuscullai

progressiva

1+287.86

distanza dal tracciato (m)

11 sx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)

1541031 E - 4419901 N

unità geologica

SVI

litologia

Metarenarie, quarziti,  
 metasiltiti e metapeliti

struttura

Laminata/disintegrata

spaziatura

Estremamente stretta/  
 moderata

apertura

Molto stretta/  
 moderatamente larga

JRC

6-10

numero sistemi di giunti

n.d.

area (m<sup>2</sup>)

250

tipologia

Ammasso roccioso

forma dei blocchi

A blocchi/lastriforme

RMRb

31 ÷ 46

GSI

31 ÷ 44

alterazione

Mediamente  
 alterata/molto alterata

persistenza

Bassa/molto alta

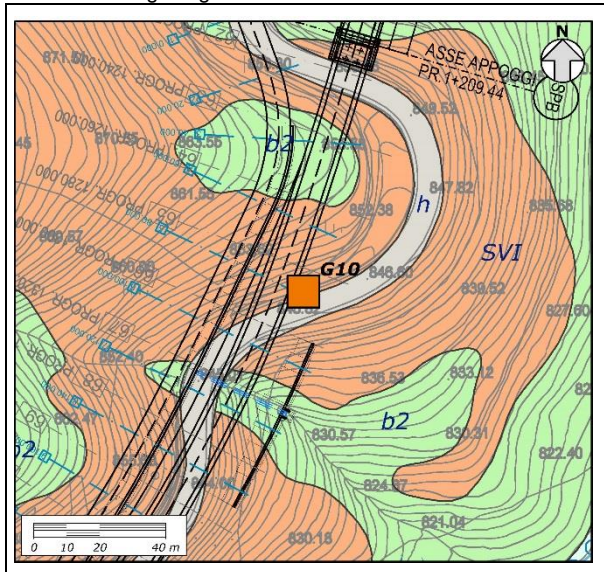
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

stralcio carta geologica

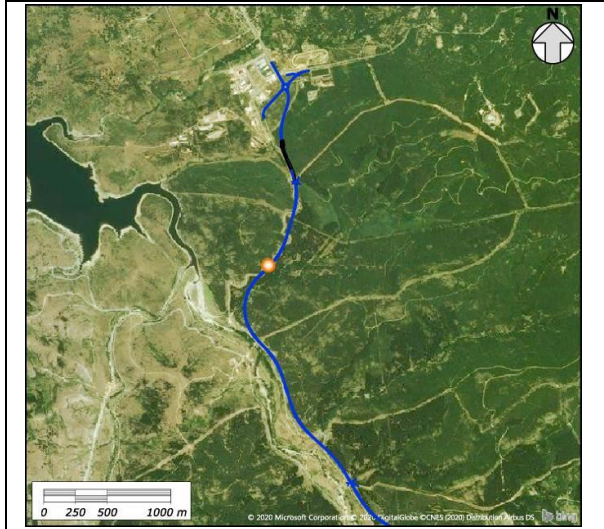


documentazione fotografica





Localizzazione



codice

**G11**

comune

Arzana

località

Lago Flumendosa

progressiva

1+495.70

distanza dal tracciato (m)

12 dx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)

1540899 E - 4419741 N

unità geologica

SVI

litologia

Metarenarie, quarziti,  
 metasiltiti e metapeliti

struttura

Laminata/molto fratturata

area (m<sup>2</sup>)

230

tipologia

Ammasso roccioso

spaziatura

Estremamente  
 stretta/larga

apertura

Molto stretta/aperta

forma dei blocchi

A blocchi/lastriforme

RMRb

32 ÷ 49

GSI

32 ÷ 47

JRC

4-10

numero sistemi di giunti

n.d.

alterazione

Molto alterata

persistenza

Molto bassa/molto alta

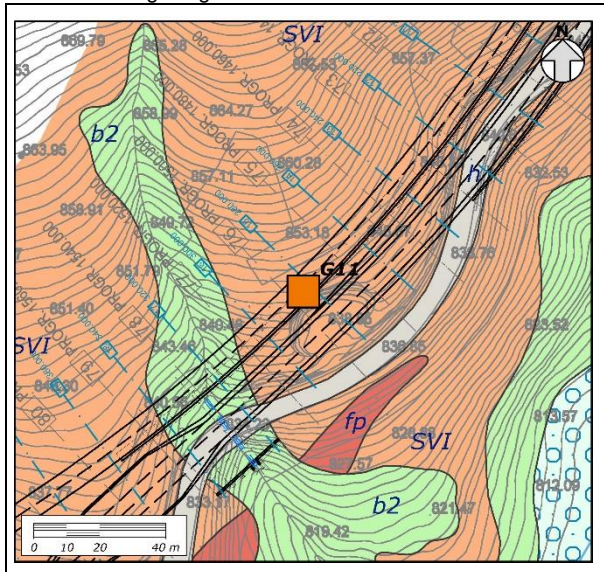
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

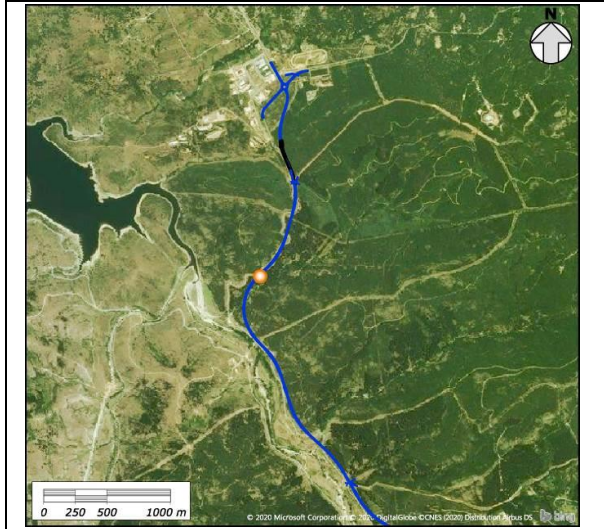
stralcio carta geologica



documentazione fotografica



localizzazione



codice

**G13**

comune

Arzana

località

Lago Flumendosa

progressiva

1+597.16

distanza dal tracciato (m)

11 sx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)

1540841 E - 4419655 N

unità geologica

SVI

litologia

Metarenarie, quarziti,  
 metasiltiti e metapeliti

struttura

Laminata/disintegrata

area (m<sup>2</sup>)

65

tipologia

Ammasso roccioso

spaziatura

Estremamente  
 stretta/moderata

apertura

Molto stretta/aperta

forma dei blocchi

A blocchi/lastriforme

RMRb

32 ÷ 46

GSI

32 ÷ 43

JRC

4-8

numero sistemi di giunti

n.d.

alterazione

Molto alterata

persistenza

Bassa/molto alta

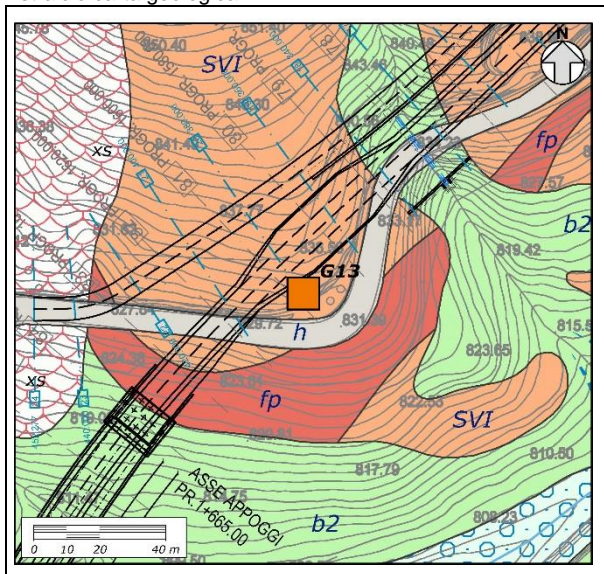
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

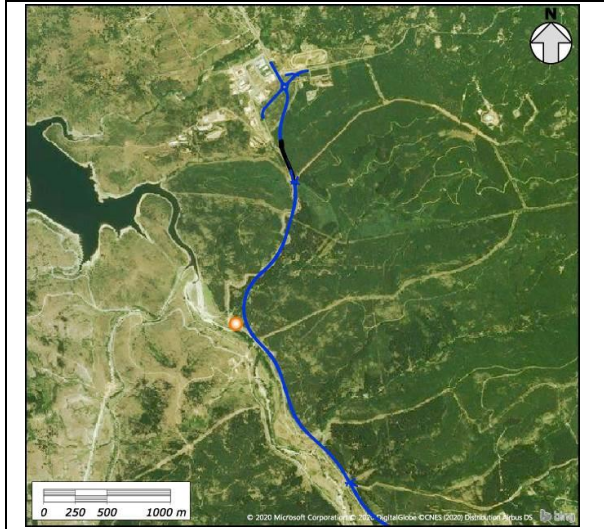
stralcio carta geologica



documentazione fotografica



localizzazione



codice

**G15**

comune

Arzana

località

Lago Flumendosa

progressiva

1+994.69

distanza dal tracciato (m)

77 dx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)

1540650 E - 4419281 N

unità geologica

SVI

litologia

Metarenarie, quarziti,  
 metasiltiti e metapeliti

struttura

Laminata/disintegrata

area (m<sup>2</sup>)

320

tipologia

Ammasso roccioso

spaziatura

Estremamente  
 stretta/moderata

apertura

Molto stretta/aperta

forma dei blocchi

A blocchi/lastriforme

RMRb

32 ÷ 47

GSI

32 ÷ 44

JRC

4-10

numero sistemi di giunti

n.d.

alterazione

Mediamente  
 alterata/molto alterata

persistenza

Bassa/molto alta

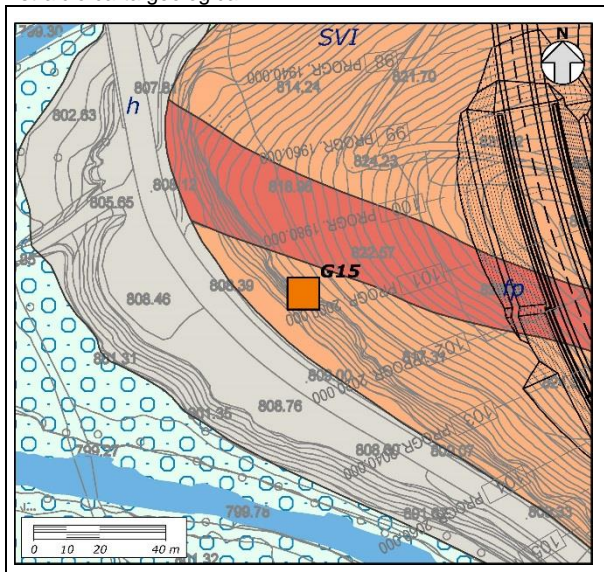
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

stralcio carta geologica



documentazione fotografica





localizzazione



codice

**G17**

comune

Arzana

località

Bacu sa Méla

progressiva

2+406.81

distanza dal tracciato (m)

40 dx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)

1540931 E - 4418955 N

unità geologica

SVI

litologia

Metarenarie, quarziti,  
 metasiltiti e metapeliti

struttura

Laminata/molto fratturata

spaziatura

Estremamente  
 stretta/moderata

apertura

Molto stretta/larga

JRC

2-8

numero sistemi di giunti

n.d.

area (m<sup>2</sup>)

50

tipologia

Ammasso roccioso

forma dei blocchi

A blocchi/lastriforme

RMRb

41 ÷ 52

GSI

36 ÷ 47

alterazione

Mediamente alterata

persistenza

Molto bassa/molto alta

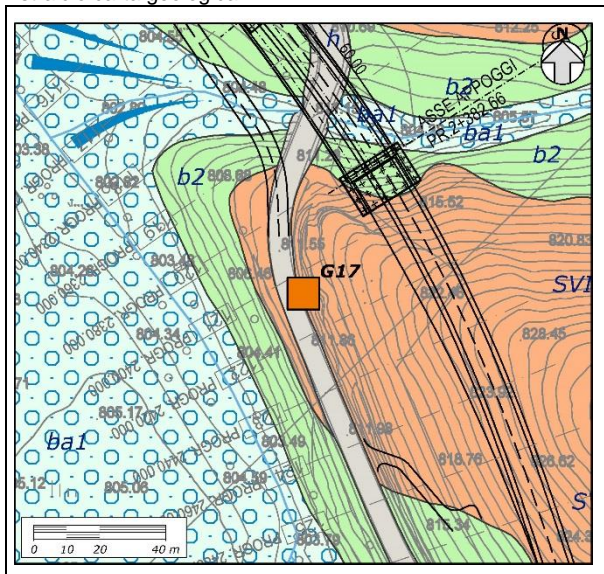
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

stralcio carta geologica



documentazione fotografica



localizzazione



codice

**G19**

comune  
 Arzana

località  
 Bacu Idolo

progressiva  
 3+077.30

distanza dal tracciato (m)  
 61 sx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)  
 1541299 E - 4418428 N

unità geologica

SVI

litologia

Metarenarie, quarziti, metasiliti e metapeliti

struttura

Laminata/molto fratturata

spaziatura

Molto stretta/larga

apertura

Molto stretta/larga

JRC

4-10

numero sistemi di giunti

n.d.

area (m<sup>2</sup>)

25

tipologia

Ammasso roccioso

forma dei blocchi

A blocchi/lastriforme

RMRb

30 ÷ 47

GSI

30 ÷ 45

alterazione

Molto alterata

persistenza

Bassa/molto alta

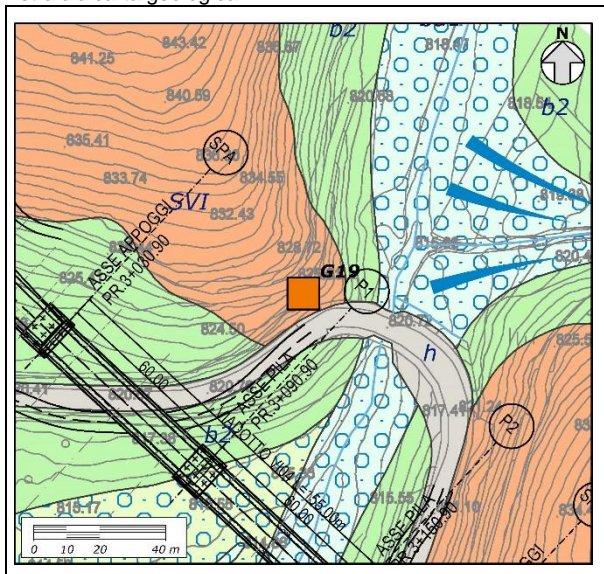
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

stralcio carta geologica



documentazione fotografica



localizzazione



codice

**G20**

comune  
 Arzana

località  
 Bacu Idolo

progressiva  
 3+142.05

distanza dal tracciato (m)  
 71 sx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)  
 1541353 E - 4418391 N

unità geologica

SVI

litologia

Metarenarie, quarziti,  
 metasiltiti e metapeliti

struttura

Laminata/molto fratturata

spaziatura

Molto stretta/moderata

apertura

Molto  
 stretta/moderatamente

JRC

4-12

numero sistemi di giunti

n.d.

area (m<sup>2</sup>)

40

tipologia

Ammasso roccioso

forma dei blocchi

A blocchi/lastriforme

RMRb

31 ÷ 47

GSI

31 ÷ 44

alterazione

Mediamente  
 alterata/molto alterata

persistenza

Bassa/molto alta

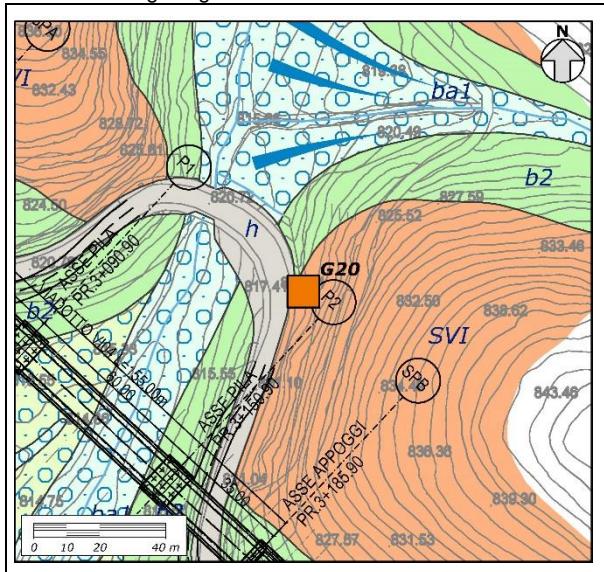
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

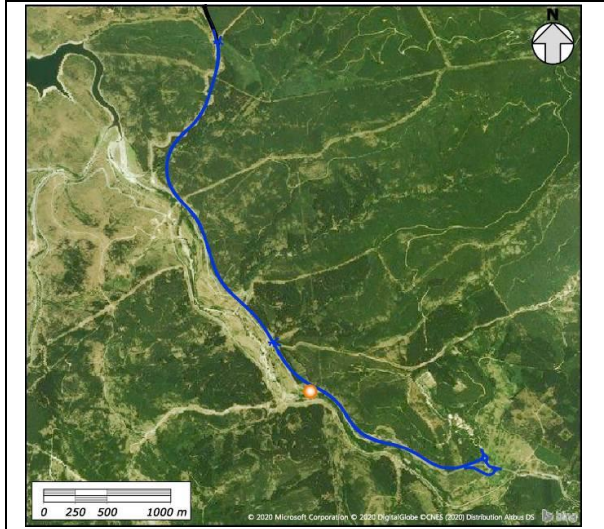
stralcio carta geologica



documentazione fotografica



localizzazione



codice

**G21**

comune  
 Arzana

località  
 Sicarderba

progressiva  
 4+015.50

distanza dal tracciato (m)  
 46 dx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)  
 1541844 E - 4417645 N

unità geologica

SVI

litologia

Metarenarie, quarziti,  
 metasiltiti e metapeliti

struttura

Fratturato/molto fratturata

spaziatura

Molto stretta/moderata

apertura

Molto  
 stretta/moderatamente

JRC

6-12

numero sistemi di giunti

n.d.

area (m<sup>2</sup>)

45

tipologia

Ammasso roccioso

forma dei blocchi

A blocchi/irregolare

RMRb

39 ÷ 55

GSI

39 ÷ 53

alterazione

Mediamente  
 alterata/molto alterata

persistenza

Molto bassa/media

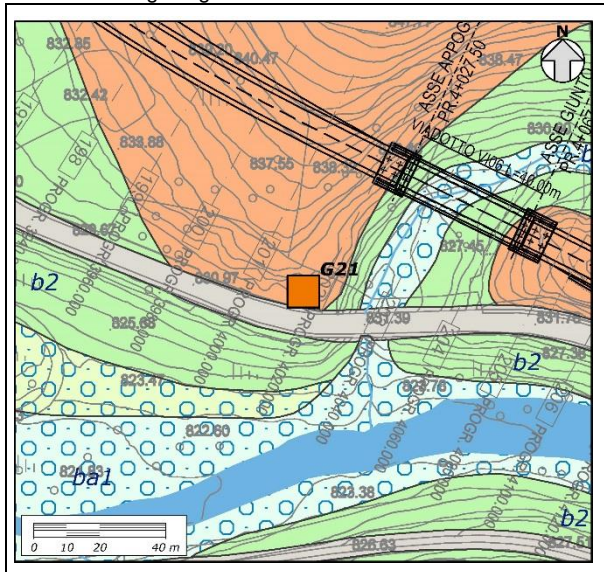
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

stralcio carta geologica

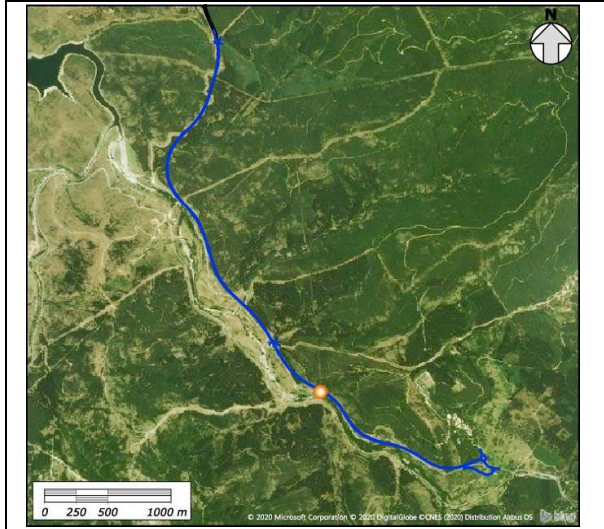


documentazione fotografica





localizzazione



codice

**G22**

comune  
 Arzana

località  
 Sicarderba

progressiva  
 4+093.90

distanza dal tracciato (m)  
 16 dx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)  
 1541928 E - 4417639 N

unità geologica

SVI

litologia

Metarenarie, quarziti,  
 metasiltiti e metapeliti

struttura

Laminata/molto fratturata

spaziatura

Molto stretta/larga

apertura

Stretta/larga

JRC

4-12

numero sistemi di giunti

n.d.

area (m<sup>2</sup>)

125

tipologia

Ammasso roccioso

forma dei blocchi

A blocchi/lastriforme

RMRb

30 ÷ 49

GSI

30 ÷ 46

alterazione

Mediamente  
 alterata/molto alterata

persistenza

Bassa/molto alta

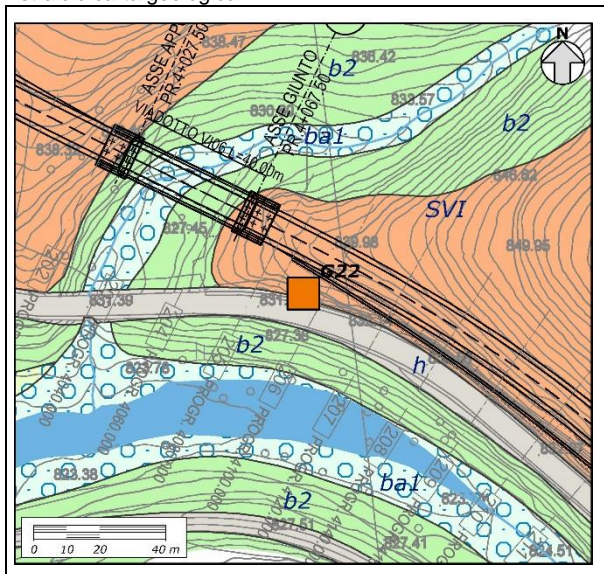
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

stralcio carta geologica



documentazione fotografica



localizzazione



codice

**G23**

comune

Arzana

località

Sicarderba

progressiva

4+319.57

distanza dal tracciato (m)

10 dx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)

1542092 E - 4417497 N

unità geologica

SVI

litologia

Metarenarie, quarziti,  
 metasiltiti e metapeliti

struttura

Fratturato/molto fratturata

area (m<sup>2</sup>)

130

tipologia

Ammasso roccioso

spaziatura

Stretta/larga

apertura

Molto stretta/aperta

forma dei blocchi

A blocchi/irregolare

RMRb

48 ÷ 61

GSI

43 ÷ 56

JRC

8-14

numero sistemi di giunti

n.d.

alterazione

Mediamente  
 alterata/molto alterata

persistenza

Molto bassa/media

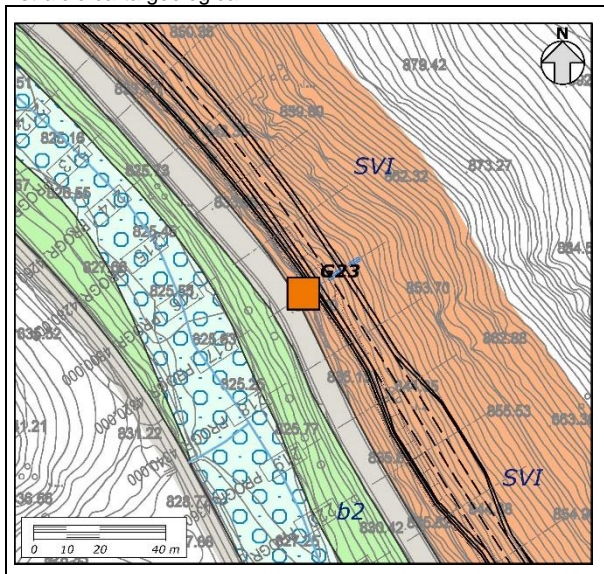
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

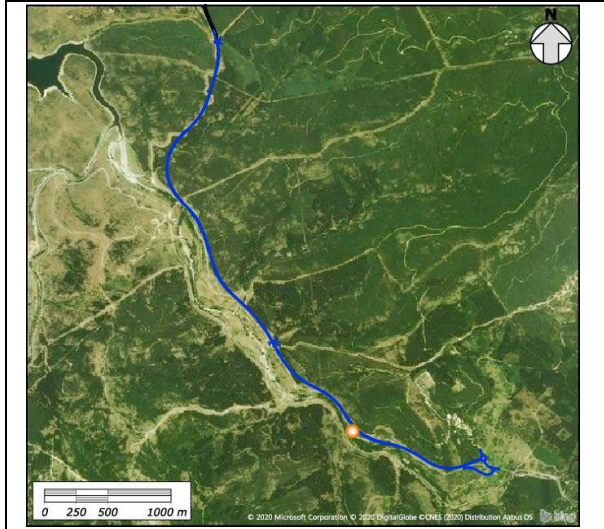
stralcio carta geologica



documentazione fotografica



localizzazione



codice

**G24**

comune

Arzana

località

Sicarderba

progressiva

4+503.54

distanza dal tracciato (m)

31 dx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)

1542182 E - 4417330 N

unità geologica

SVI

litologia

Metarenarie, quarziti,  
 metasiltiti e metapeliti

struttura

Fratturato/molto fratturata

area (m<sup>2</sup>)

345

tipologia

Ammasso roccioso

spaziatura

Stretta/larga

apertura

Stretta/larga

forma dei blocchi

A blocchi/irregolare

RMRb

44 ÷ 58

GSI

39 ÷ 53

JRC

6-12

numero sistemi di giunti

n.d.

alterazione

Mediamente  
 alterata/molto alterata

persistenza

Bassa/molto alta

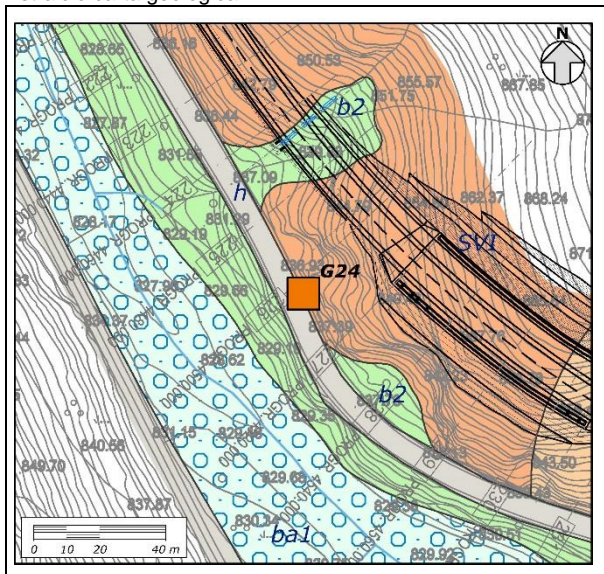
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

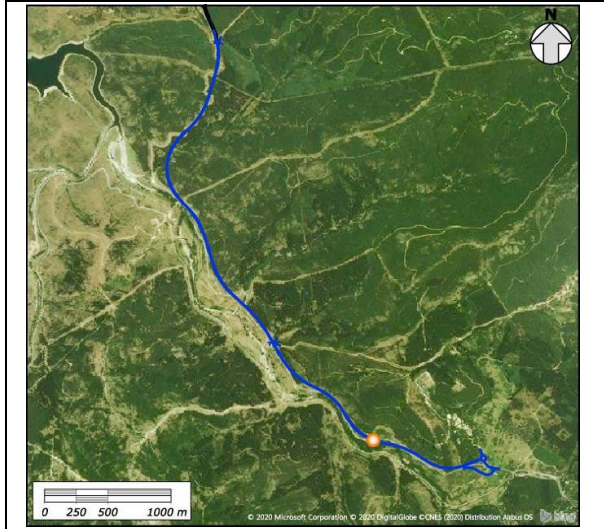
stralcio carta geologica



documentazione fotografica



localizzazione



codice

**G26**

comune  
 Arzana

località  
 Sicarderba

progressiva  
 4+674.03

distanza dal tracciato (m)  
 0 dx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)  
 1542347 E - 4417261 N

unità geologica

LNU1d

litologia

Granodioriti biotitico-anfibolitiche

struttura

Fratturato/molto fratturata

area (m<sup>2</sup>)

20

tipologia

Ammasso roccioso

spaziatura

Stretta/moderata

apertura

Stretta/larga

forma dei blocchi

A blocchi/irregolare

RMRb

51 ÷ 61

GSI

46 ÷ 56

JRC

10-14

numero sistemi di giunti

n.d.

alterazione

Molto alterata/decomposta

persistenza

Bassa/alta

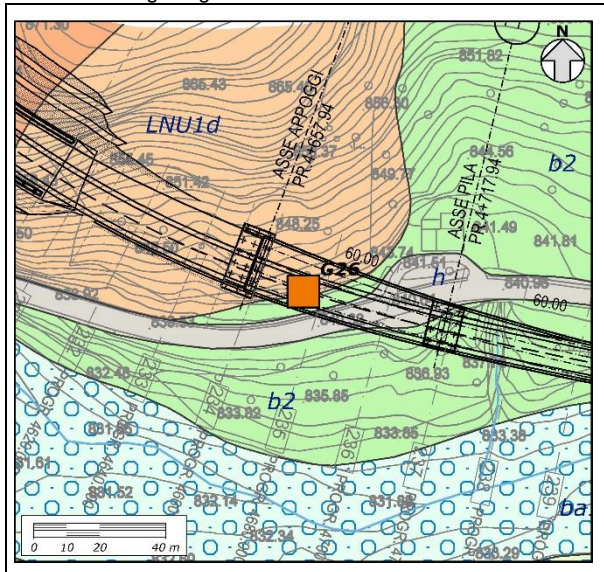
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

stralcio carta geologica



documentazione fotografica



localizzazione



codice

**G27**

comune  
 Arzana

località  
 Sicarderba

progressiva  
 4+919.85

distanza dal tracciato (m)  
 12 dx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)  
 1542581 E - 4417190 N

unità geologica

LNU1d

litologia

Granodioriti biotitico-anfibolitiche

struttura

Fratturato/molto fratturata

spaziatura

Stretta/larga

apertura

Pazialmente  
 aperta/molto larga

JRC

8-14

numero sistemi di giunti

n.d.

area (m<sup>2</sup>)

120

tipologia

Ammasso roccioso

forma dei blocchi

A blocchi/irregolare

RMRb

49 ÷ 61

GSI

44 ÷ 56

alterazione

Molto  
 alterata/decomposta

persistenza

Bassa/alta

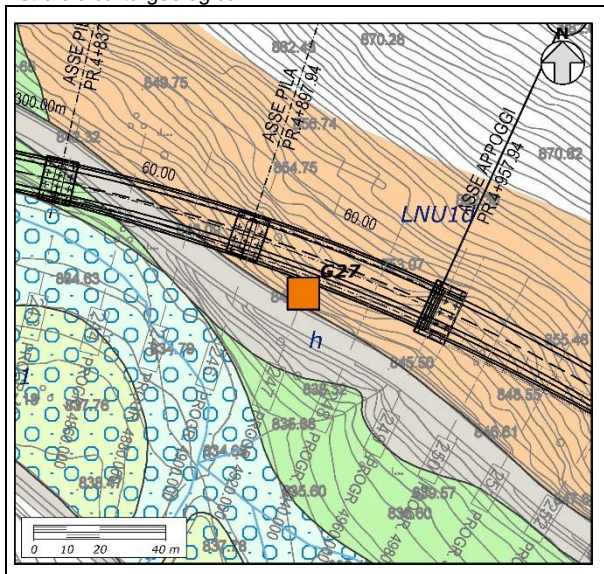
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

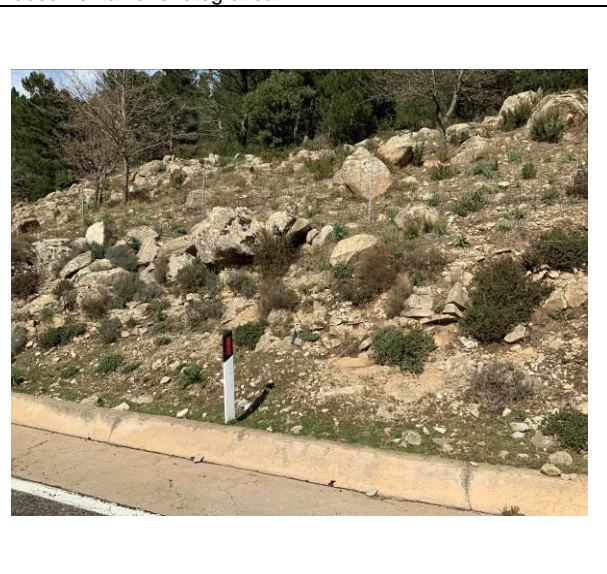
resistenza intatto (MPa)

n.d.

stralcio carta geologica



documentazione fotografica



localizzazione



codice

**G28**

comune

Arzana

località

Sicarderba

progressiva

5+015.92

distanza dal tracciato (m)

31 dx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)

1542656 E - 4417133 N

unità geologica

LNU1d

litologia

Granodioriti biotitico-anfibolitiche

struttura

Fratturato/molto fratturata

area (m<sup>2</sup>)

175

tipologia

Ammasso roccioso

spaziatura

Stretta/larga

apertura

Stretta/molto larga

forma dei blocchi

A blocchi/irregolare

RMRb

50 ÷ 63

GSI

45 ÷ 58

JRC

10-14

numero sistemi di giunti

n.d.

alterazione

Molto alterata/decomposta

persistenza

Bassa/alta

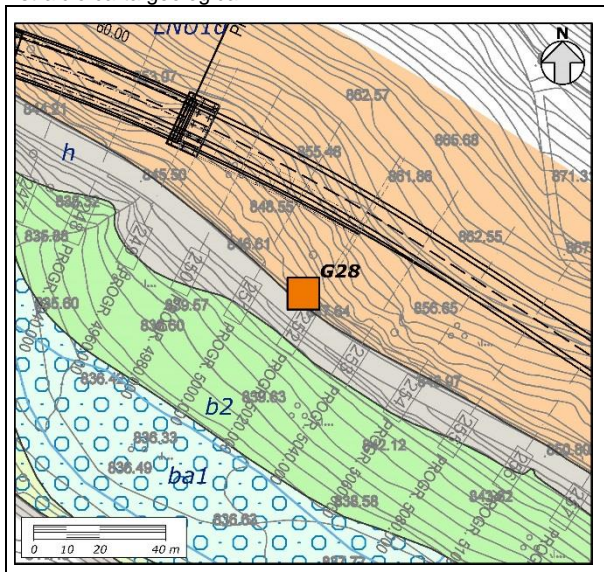
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

stralcio carta geologica



documentazione fotografica



localizzazione



codice

**G29**

comune

Arzana

località

Sicarderba

progressiva

5+240.68

distanza dal tracciato (m)

31 dx

coordinate (Monte Mario – Italy zona 1)

1542859 E - 4417021 N

unità geologica

LNU1d

litologia

Granodioriti biotitico-anfibolitiche

struttura

Fratturato/molto fratturata

area (m<sup>2</sup>)

40

tipologia

Ammasso roccioso

spaziatura

Stretta/larga

apertura

Stretta/molto larga

forma dei blocchi

A blocchi/irregolare

RMRb

49 ÷ 63

GSI

44 ÷ 58

JRC

8-12

numero sistemi di giunti

n.d.

alterazione

Molto alterata/decomposta

persistenza

Bassa/molto alta

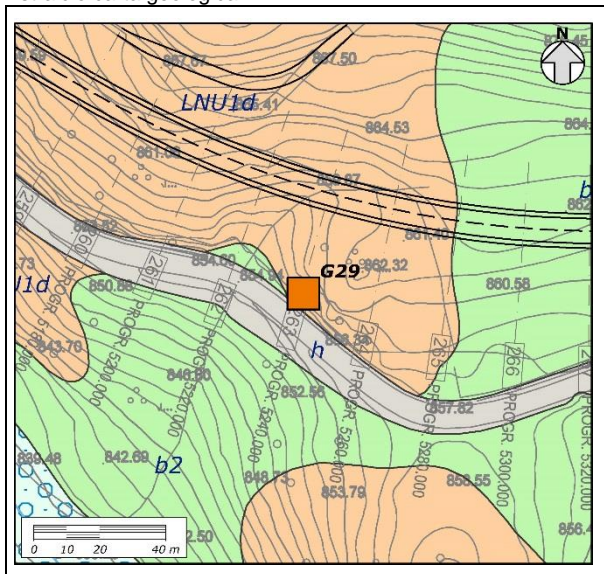
resistenza alterato (Mpa)

n.d.

resistenza intatto (MPa)

n.d.

stralcio carta geologica



documentazione fotografica

