

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

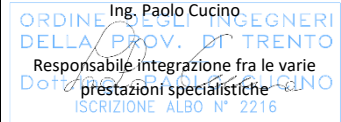


MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino



PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"

RELAZIONE

05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA

A - Relazioni

Imbocchi Finestre Fase A

Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO Ing. Pietro Gianvecchio		-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I B O U	1 A	E	Z Z	R H	G E 0 0 0 0	0 0 1	B

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	A.Damiano	19/10/2021	P.Perello	19/10/2021	D.Buttafoco (Dolomiti)	20/10/2021	IL PROGETTISTA A.Damiano ANTONIO DAMIANO GEOLOGO ANP. SEZ. A N. 456 20/12/2021 ALBO PROFESSIONALE
B	Emissione a seguito indicazioni Committenza	A.Damiano	20/12/2021	P.Perello	21/12/2021	D.Buttafoco (Dolomiti)	22/12/2021	

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 1 di 59	

SOMMARIO

1. PREMESSA.....	3
2. NORMATIVA E STRUMENTI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO	4
3. ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO.....	4
4. ASSETTO GEOLOGICO REGIONALE	5
4.1 INQUADRAMENTO LITOLOGICO	5
4.2 INQUADRAMENTO STRUTTURALE SU BASE BIBLIOGRAFICA	7
4.2.1 L'evento deformativo D1	8
4.2.2 L'evento deformativo D2	8
4.2.3 Deformazione fragile.....	8
5. ASSETTO GEOLOGICO DELLE AREE DI INTERVENTO	9
5.1 IMBOCCO FINESTRA FORCH	9
5.2 IMBOCCO FINESTRA FUNES	11
5.2.1 Litostratigrafia	11
5.2.2 Assetto geologico strutturale locale	12
5.3 IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA.....	13
5.3.1 Litostratigrafia	13
5.3.2 Assetto geologico strutturale locale	15
6. DATI DA INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	16
6.1 IMBOCCO FINESTRA FORCH	16
6.1.1 Sondaggio C15.....	17
6.1.2 Tomografia sismica "Pes15"	17
6.2 IMBOCCO FINESTRA FUNES	17
6.2.1 Sondaggio "EO29"	17
6.2.2 Sondaggio "EO30b"	18
6.2.3 Sondaggio "S21-2"	18
6.3 IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA.....	18
6.3.1 Sondaggio "C11"	19
6.3.2 Cross Hole "D11"	19
6.3.3 Sondaggio "S21-1"	19

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	2 di 59
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità							

6.3.4	Sismica a rifrazione P41.....	20
6.3.5	Tomografia sismica "Pes21"	20
6.3.6	Tomografie elettriche "L27"- "L28"	21
7.	ASSETTO GEOMORFOLOGICO DELLE AREE DI INTERVENTO	21
7.1	IMBOCCO FINESTRA FORCH	21
7.2	IMBOCCO FINESTRA FUNES	23
7.3	IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA.....	25
8.	ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLE AREE DI INTERVENTO	29
8.1	IMBOCCO FINESTRA FORCH	29
8.2	IMBOCCO FINESTRA FUNES	30
8.3	IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA.....	31
9.	CENNI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA.....	32
9.1	DATI DISPONIBILI.....	32
9.2	CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA DI PROGETTO	33
9.3	SISMICITÀ STORICA LOCALE	37
9.4	PARAMETRI LOCALI PER L'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	40
9.5	CATEGORIE SISMICHE DI SOTTOSUOLO DELL'AREA DI PROGETTO.....	43
9.5.1	Imbocco Finestra Forch (GA03.A)	43
9.5.2	Imbocco Finestra Funes (GA06.A)	44
9.5.3	Imbocco Finestra di Chiusa (GA05.A)	44
9.6	CATEGORIA TOPOGRAFICA	45
9.7	CONSIDERAZIONI SULLA LIQUEFAZIONE.....	46
10.	SINTESI DEL MODELLO GEOLOGICO DI DETTAGLIO DELLE AREE DI INTERVENTO	48
10.1	IMBOCCO FINESTRA FORCH	48
10.2	IMBOCCO FINESTRA FUNES	50
10.3	IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA.....	53
10.3.1	Viabilità di accesso all'area d'imbocco (NV071-NV072)	55

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 3 di 59

1. PREMESSA

Il presente rapporto riguarda la opere incluse nella Fase A del Progetto Esecutivo del Lotto 1 del quadruplicamento della linea ferroviaria Fortezza-Verona, tratta "Fortezza – Ponte Gardena". In particolare si tratta di:

- Imbocco della Finestra Forch (WBS: GA03.A) e viabilità di accesso (WBS: NV032);
- Imbocco della Finestra Funes (WBS: GA06.A);
- Imbocco della Finestra di Chiusa (WBS: GA05.A) e viabilità di accesso (WBS: NV071, NV072);

Oltre alle opere di imbocco propriamente dette delle tre finestre, il progetto di fase A include anche le opere relative alla viabilità di accesso agli imbocchi.

Il rapporto descrive l'assetto geologico, geomorfologico e idrogeologico delle aree nelle quali si inseriscono le opere sopraelencate.

- L'imbocco della Finestra Forch si ubica all'interno di una cava di ghiaia attiva esistente, localizzata ad Est della Strada Statale SS12 del Brennero e a Sud della zona artigianale in località Forch, nel territorio comunale di Varna. La cava si trova in una vasta area terrazzata sospesa in destra idrografica della Valle Isarco.
- L'imbocco della Finestra Funes si colloca nel fondovalle sulla sponda sinistra dell'Isarco, alla base del versante montano locale, modificato antropicamente per la presenza dei rilevati di infrastrutture stradali (Autostrada A22 e Strada Provinciale SP27). L'area è compresa nel territorio comunale di Funes.
- L'imbocco della Finestra di Chiusa è previsto nella parte medio bassa del versante sinistro della Valle Isarco, all'altezza di un ripiano terrazzato presente a monte del percorso della Strada Statale SS242dir della Val Gardena e dell'autostrada A22 del Brennero, a Sud dell'abitato di Chiusa. L'area è compresa nel territorio comunale di Laion.

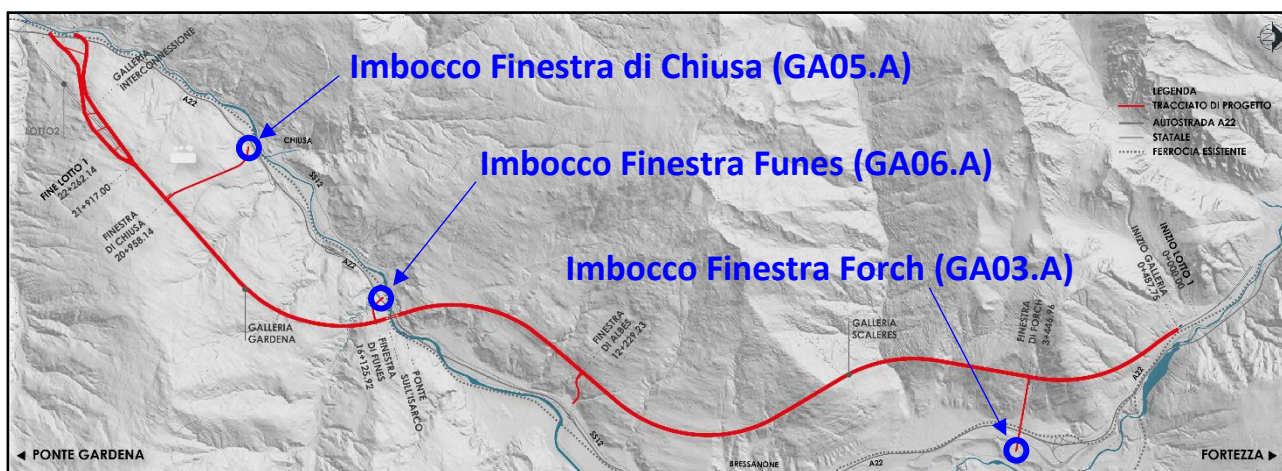


Figura 1: carta schematica raffigurante l'intero percorso del tracciato di progetto, con evidenziate le posizioni delle WBS in oggetto

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 4 di 59	

2. NORMATIVA E STRUMENTI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO

Si riporta di seguito l'elenco delle Normative a cui si è fatto riferimento per la stesura della presente Relazione e dei siti istituzionali dove sono stati consultati i dati relativi ai dissesti per l'inquadramento geomorfologico:

- [1] Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. N.29 Del 04.2.2008, Supplemento Ordinario N.30.
- [2] Circolare 2 Febbraio 2009, N. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui Al D.M. 14 Gennaio 2008.
- [3] RRFI Dtc Inc Cs Sp Ifs 001 A Del 21.12.2011 - "Specifica per la Progettazione Geotecnica delle Opere Civili Ferroviarie".
- [4] RFI Dtc Sics Sp Ifs 001 A Del 30.06.2014 - Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili – Parte LI – Sezione 5 – "Opere in Terra e Scavi" – Rfi.
- [5] Uni En 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione Geotecnica – Parte 1: Regole Generali
- [6] Uni En 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle Strutture per la Resistenza Sismica – Parte 5: Fondazioni, Strutture di Contenimento ed Aspetti Geotecnici.
- [7] IFFI – Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia – Servizio WMS (<https://www.progettoiffi.isprambiente.it/cartografia-on-line/>) e su Geoportale IdroGEO di ISPRA Ambiente (<https://idrogeo.isprambiente.it/app/>)
- [8] Geoportale dell'Alto Adige – Rete Civica dell'Alto Adige – Hazard Browser (<https://maps.civis.bz.it/>)

3. ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO

Lo studio geologico-geomorfologico e idrogeologico dei siti di intervento ha previsto:

- il rilevamento di terreno e l'acquisizione dei dati geologici, geomorfologici ed idrogeologici relativi alle aree di intervento;
- l'analisi ed interpretazione delle immagini aeree disponibili e delle banche dati pubbliche relative agli aspetti geologici e geomorfologici;
- la revisione critica dei dati della campagna geognostica del Progetto Definitivo approvato nel 2019, nonché del modello geologico, geomorfologico e idrogeologico di PD;
- l'interpretazione dei nuovi dati raccolti sul terreno;
- L'analisi ed interpretazione dei dati disponibili a seguito della realizzazione delle nuove indagini geognostiche integrative della presente fase di progettazione esecutiva;
- L'elaborazione del modello geologico di riferimento per la progettazione esecutiva alla luce dell'insieme delle informazioni disponibili sopra elencate.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	5 di 59

4. ASSETTO GEOLOGICO REGIONALE

4.1 INQUADRAMENTO LITOLOGICO

L'area oggetto di studio si colloca nella Alpi Orientali in prossimità della linea Insubrica, un importante sistema di faglie, con orientazione E-W, che separa le Alpi Settentrionali da quelle Meridionali. In particolare l'area del progetto si sviluppa in senso Nord-Sud, a partire da una distanza di circa 10 km a sud di tale lineamento, nel dominio Sudalpino o delle Alpi Meridionali, caratterizzato da un basamento ercinico e da successioni vulcaniche e sedimentarie di età permo-mesozoica (Figura 2).

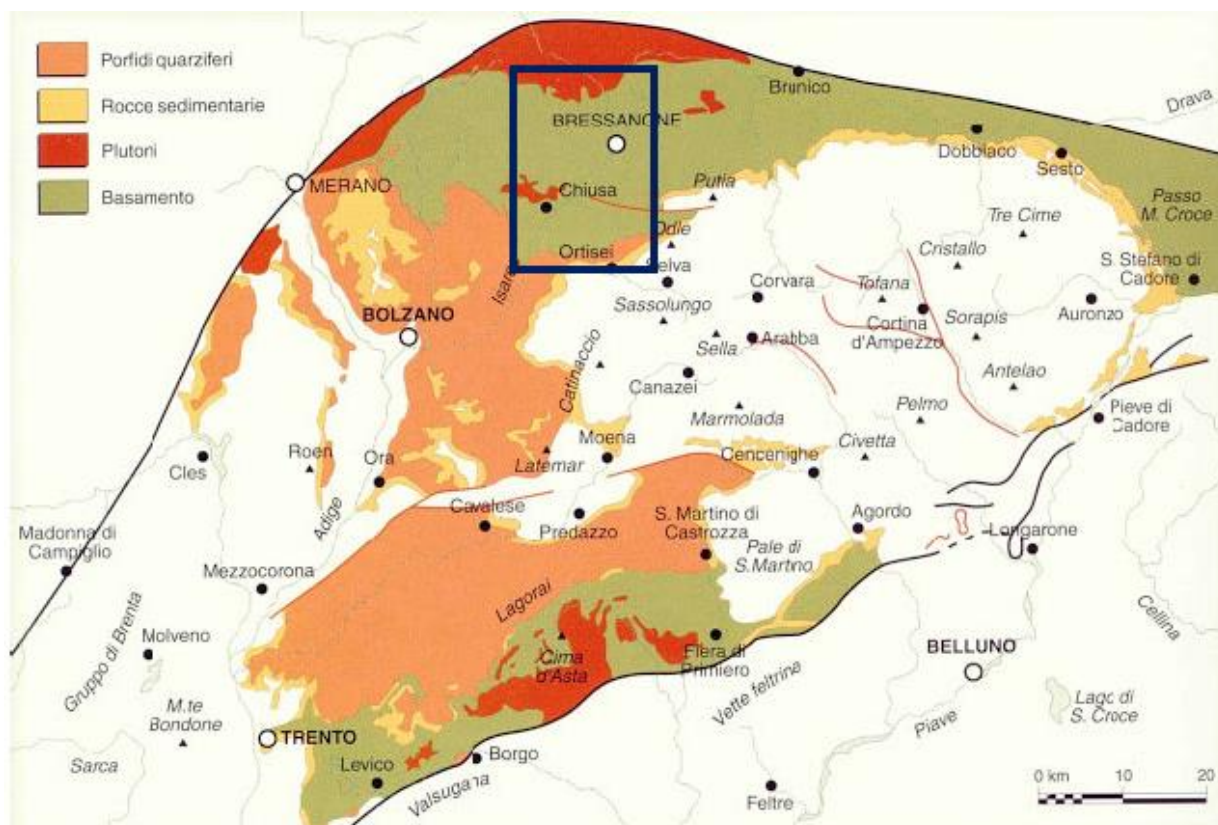


Figura 2: Schema geologico regionale dell'area indagata (da Bosellini, 1989)

L'intero settore interessato dall'opera in progetto è costituito prevalentemente dal basamento metamorfico di età ercinica formato per la maggior parte da rocce filladiche e quarzo/filladiche appartenenti al Gruppo di Bressanone, associato in determinate porzioni a lenti ricche in grafite ed intercalazioni di porfirioidi appartenenti alle unità meta-vulcaniche acide. Queste hanno raggiunto il picco metamorfico durante le fasi compressive dell'orogenesi Ercinica nel Carbonifero mentre, nel tardo Cenozoico, l'orogenesi Alpina non ha portato ad eventi di metamorfismo regionale, ma esclusivamente ad eventi associati a circolazione di fluidi idrotermali.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">COMMESSA</th> <th style="text-align: center;">LOTTO</th> <th style="text-align: center;">CODIFICA</th> <th style="text-align: center;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: center;">REV.</th> <th style="text-align: center;">FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">IBOU</td> <td style="text-align: center;">1AEZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">GE0000</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">6 di 59</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	6 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	6 di 59													
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità																		

Durante il Permiano avviene la messa in posto di estesi corpi intrusivi, rappresentati principalmente dal Granito di Bressanone e dalle Dioriti di Chiusa, che interessano l'area di progetto rispettivamente all'estremità settentrionale e nel settore centrale. La mancanza di evidenze di strutture metamorfiche nel fabric delle rocce intrusive, sottolinea come queste non siano state coinvolte nei processi tettonici legati all'orogenesi Ercinica e come l'evento Alpino non abbia raggiunto le condizioni P-T necessarie allo sviluppo di facies metamorfiche.

La messa in posto dei corpi intrusivi descritti poc'anzi ha determinato fenomeni di metamorfismo termico che hanno interessato le rocce incassanti nelle aree di contatto, trasformando le filladi in cornubianiti a cordierite, biotite e andalusite.

In tutto il settore interessato i depositi Quaternari relativi al Pleistocene medio – Olocene, coprono vaste aree con depositi alluvionali all'interno dei fondivalle delle principali aste vallive come la Valle Isarco e la Val di Funes, depositi colluviali situati alla base e lungo i versanti, depositi glaciali/fluvio-glaciali e depositi lacustri riconducibili alle fasi glaciali-interglaciali susseguites a partire dal Pleistocene medio.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 7 di 59

4.2 INQUADRAMENTO STRUTTURALE SU BASE BIBLIOGRAFICA

Il dominio Sudalpino, all'interno del quale si collocano le aree di progetto descritte nel presente rapporto, è caratterizzato da una evoluzione tettonica complessa, legata alla sovrapposizione di più eventi deformativi che hanno interessato le litologie coinvolte. Attraverso l'analisi e studio di carattere strutturale delle rocce costituenti il basamento metamorfico sono stati individuati, da parte di alcuni autori (Ring e Richter, 1994; Benciolini et al. 2006) diversi elementi strutturali come foliazioni, pieghe, zone di taglio duttili, fragili-duttili e fragili, i quali hanno permesso di distinguere fino a tre eventi deformativi (D1, D2, D3) relativi all'orogenesi Ercinica.

Strutture duttili e fragili-duttili, riscontrate dai rilevamenti sul terreno nell'ambito della progettazione definitiva, sono state associate ai primi due eventi deformativi D1 e D2, mentre non sono state distinte quelle relative al terzo stadio deformativo in quanto questo risulta essere parallelo e con stessa associazione mineralogica di D2 (Benciolini et al., 2016). Secondo Ring e Richter (1994), D3, piuttosto che essere considerato come un evento distinto, corrisponderebbe ad una evoluzione dell'evento deformativo precedente D2. Vengono riscontrate strutture successive di tipo fragile legate alle distensioni permo-mesozoiche e mesozoiche e alle deformazioni attribuibili all'orogenesi Alpina.

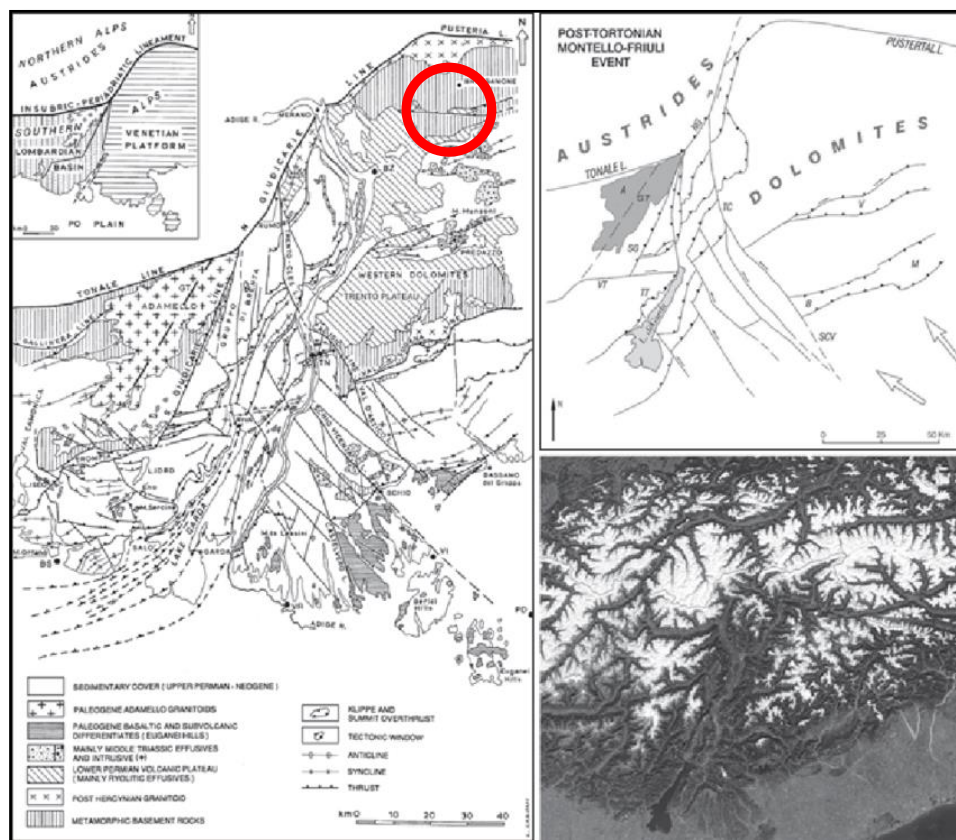


Figura 3: carta strutturale dei settori centro-orientali del dominio Sudalpino (a sinistra) da Castellarin et al., 2006; schema tettonico delle maggiori strutture attive a partire dal Messiniano (in alto a destra) da Castellarin et al., 2006; immagine satellitare Alpi centro-orientali (in basso a destra). Il cerchio rosso indica l'area interessata dal progetto.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 8 di 59	

Verranno descritte nei paragrafi seguenti le evidenze strutturali, riportate nell'ambito del progetto definitivo, che hanno permesso la distinzione dei primi 2 eventi deformativi (D1 e D2) e della più recente deformazione fragile associata all'orogenesi Alpina.

4.2.1 L'evento deformativo D1

Il primo evento deformativo ha prodotto una scistosità "S1" che spesso risulta di difficile differenziazione a causa della sua oblitterazione da parte della scistosità più recente (S2) legata all'evento deformativo D2. D1 è caratterizzato da piani SC con vergenza E-SE, mentre gli assi di piega D1 mostrano una direzione circa N-S (180°-220°), evidenziando come il trasporto tettonico durante tale evento fosse orientato circa E-W.

4.2.2 L'evento deformativo D2

Il secondo evento deformativo ha determinato la formazione di una scistosità "S2" con la presenza di piani SC e una direzione prevalente di immersione di circa 220° che coincide con la superficie assiale di pieghe serrate con orientazione compresa tra 90° e i 140°. Le superfici di tipo C, che indicano una deformazione di taglio associata alla scistosità, sono caratterizzate da fillosilicati, mentre le superfici S vengono evidenziate dalla presenza di minerali allungati secondo un'orientazione preferenziale. L'elongazione coinvolge minerali quali: muscovite, biotite e quarzo

4.2.3 Deformazione fragile

L'area di progetto è caratterizzata da diverse strutture di tipo fragile, generate da singole fasi deformative o impostate su piani di taglio ereditati da eventi tettonici precedenti poi riattivati. All'interno di queste zone di faglia si rinvencono *damage zones* più o meno estese e "*core zones*" lungo i piani di taglio. La maggior parte delle strutture fragili sono riconducibili alla deformazione Alpina dove le rocce del basamento, costituite prevalentemente da filladi e filladi quarzitiche, hanno subito un tilting tettonico e una riattivazione fragile dei piani di scistosità principali (S2) e dei piani di clivaggio, ereditati dall'orogenesi Ercinica (Doglioni e Bosellini, 1987). La vergenza del trasporto tettonico verso N, opposta alla tipica vergenza verso S del dominio Sudalpino, probabilmente è riconducibile alle strutture tettoniche più importanti come ad esempio la linea della Val di Funes, considerata come un backthrust della Linea della Valsugana (Chanell & Doglioni, 1994).

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 9 di 59

5. ASSETTO GEOLOGICO DELLE AREE DI INTERVENTO

Nel presente capitolo verrà descritto l'assetto litostratigrafico di dettaglio di ciascuna delle aree d'intervento, come desunto dagli approfondimenti eseguiti nella fase di PE. La descrizione sarà effettuata partendo dal basamento roccioso pre-quaternario, ove presente a profondità significativa per l'opera in progetto, per procedere poi con i depositi superficiali più recenti.

5.1 IMBOCCO FINESTRA FORCH

Nell'area di imbocco della Finestra Forch, ubicata all'interno di una cava di ghiaia in corso di coltivazione, sono presenti esclusivamente terreni di pertinenza dei depositi superficiali di età quaternaria. Il basamento roccioso non è stato raggiunto da nessuno dei numerosi sondaggi, spinti fino alla profondità di 60 m da piano campagna, realizzati nei dintorni dell'imbocco (cfr. paragrafo 6.1). Esso comunque dovrebbe essere probabilmente costituito dall'unità delle Filladi di Bressanone, che affiorano lungo il versante montuoso presente a Ovest dell'area in oggetto.

I depositi quaternari sono invece costituiti dalle unità descritte di seguito.

Depositi fluvioglaciali (df). In termini generali questi depositi sono da riferire ai fenomeni glaciali che hanno interessato tutto l'arco alpino, in epoca pleistocenica. In accordo con le tipologie dei fenomeni esogeni da cui derivano, sono caratterizzati da una sensibile variabilità granulometrica e litologica. I depositi rilevati nell'intera area di progetto presentano prevalentemente caratteristiche di rimaneggiamento fluviale; solo localmente si riconoscono le caratteristiche sedimentologiche relative ai depositi glaciali veri e propri. La sequenza più continua rilevata è costituita alla base da porzioni di depositi glaciali, a volte estremamente alterati, il cui spessore visibile non supera quasi mai qualche metro. A tetto di questi si rinvengono, in discordanza, depositi fluviali, verosimilmente prodotti dal rimaneggiamento dei sottostanti depositi glaciali. Sono costituiti principalmente da termini a matrice sabbiosa con ghiaia, ciottoli e blocchi anche di dimensioni superiore al metro. La natura petrografica dei blocchi di maggiori dimensioni è solitamente granitica o gneissica. La potenza dei depositi di rimaneggiamento fluviale può raggiungere alcune decine di metri. Nel dettaglio dell'area di imbocco della Finestra Forch i depositi fluvio-glaciali interessano all'incirca i primi 20-30 m di profondità dalla superficie topografica originaria della zona di cava (Figura 4).

Depositi deltizi glaciolacustri (Dlt). Tali depositi sono riferibili ai delta fluviali che hanno in parte riempito la conca di Bressanone nel Pleistocene (Castiglioni 1964). Affiorano a nord dell'abitato di Varna, sia in destra che in sinistra idrografica Isarco. In destra Isarco, in prossimità (ad est) della zona di Hinterrigger sono rappresentati da una successione costituita verso l'alto da facies prevalentemente sabbiose con ghiaia in transizione verso il basso a limi sabbiosi laminati con ciottoli. Si tratta di depositi deltizi (Dlt) attribuibili ad un ambiente glaciolacustre come testimoniato dalla presenza di numerosi dropstone rinvenuti sia nei limi laminati (bottomset) sia nelle facies sabbiose gradate (foreset). Depositi simili sono stati osservati anche nelle cave di Sciaves da Castiglioni (1964b), che li ha attribuiti ad un delta glaciolacustre precedente l'ultimo Massimo Glaciale. In sinistra Isarco, nella porzione nord dell'areale generale di progetto cartografato, ai depositi deltizi sono state ricondotte le successioni, principalmente ghiaiose-sabbiose, che formano le scarpate a N ed a NE del sito di Hinterrigger.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 10 di 59

Il top sabbioso gradato con ciottoli dispersi dei depositi glacialacustri è stato raggiunto al fondo scavo della cava di prestito per inerti in cui è previsto l'imbocco della finestra Forch (Figura 4).

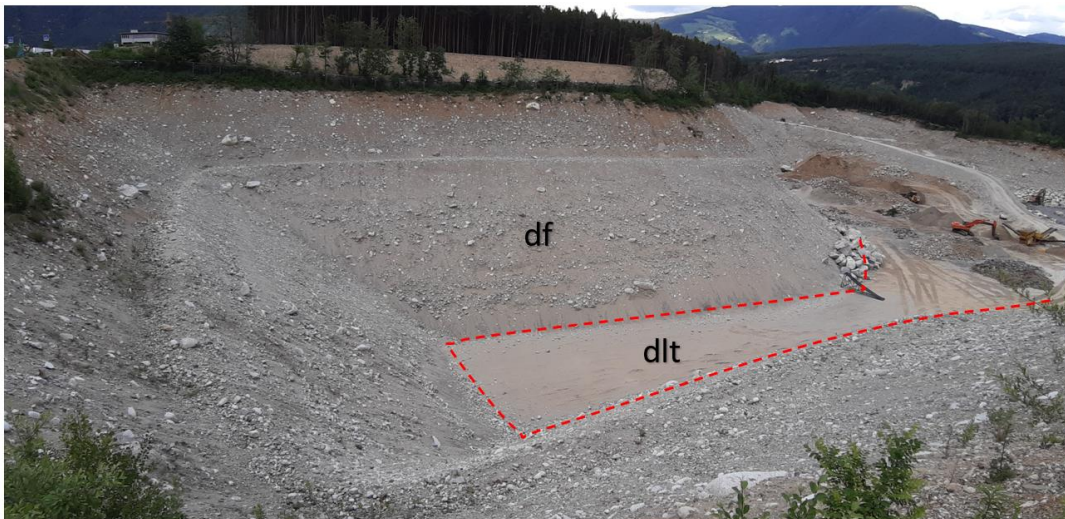


Figura 4: vista della fossa di cava di Forch dove è previsto l'imbocco della finestra omonima, con evidenziati i depositi fluvioglaciali (df) e il top della formazione glacialacustre (dlt) al fondo dello scavo

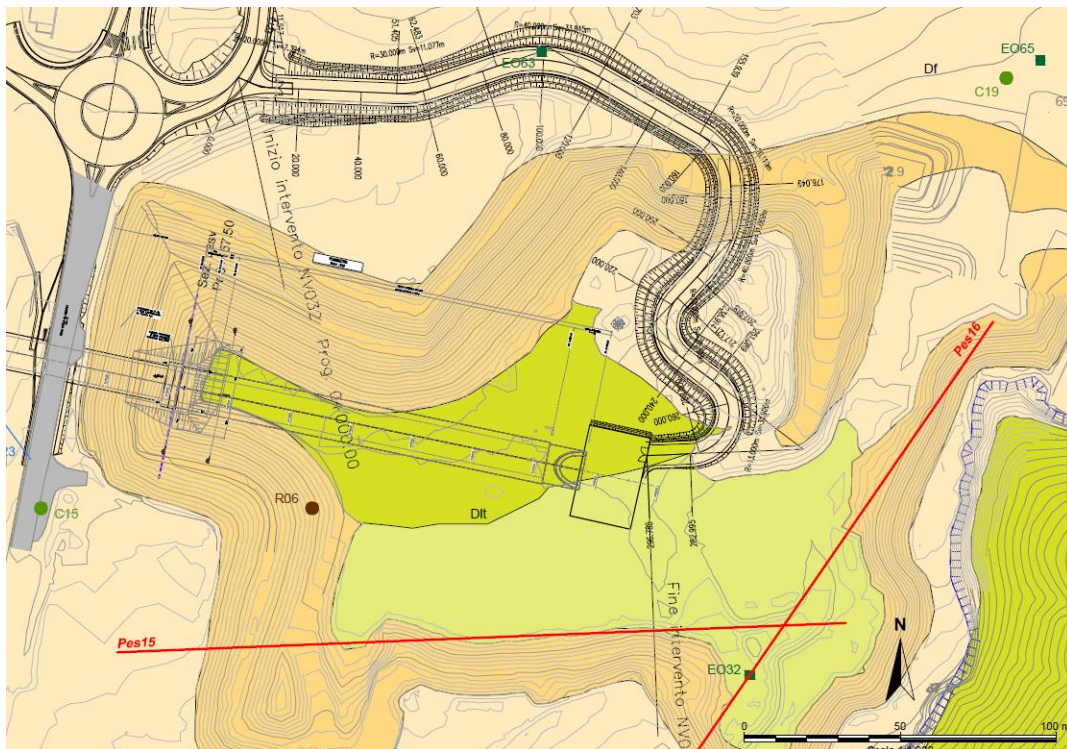


Figura 5: stralcio del plano-profilo allegato con la carta geologica dell'area di imbocco della finestra Forch (GA03.A)

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	PROGETTO ESECUTIVO					
Mandanti:	SWS Engineering S.p.A. PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	11 di 59

5.2 IMBOCCO FINESTRA FUNES

5.2.1 Litostratigrafia

L'imbocco della Finestra Funes interessa direttamente i depositi antropici costituenti il rilevato della Strada Provinciale della Val di Funes SP27 e i sottostanti depositi alluvionali di riempimento del fondovalle Isarco. Nel seguito si descrivono anche, per completezza, i caratteri generali del substrato pre-quadernario locale e degli altri depositi superficiali presenti nell'area raffigurata nell'allegata cartografia geologica.

5.2.1.1. Substrato pre-quadernario

Il substrato roccioso nell'area di intervento affiora in modo frammentario, limitatamente alla porzione basale del versante soprastante l'autostrada A22. Qui è costituito da porfiroidi, affioranti lungo la scarpata di una strada forestale che prima costeggia a monte l'A22, tra questa e il piede del versante, e poi risale il versante stesso. Gli affioramenti appaiono molto fratturati ed in parte disarticolati, essendo ubicati al margine di un deposito di frana inattiva, del quale costituiscono presumibilmente la vecchia nicchia di distacco. Gli elementi in questione hanno dimensioni molto rilevanti. Le giaciture della scistosità, pur essendo piuttosto variabili, presentano andamento simile a quello di altri affioramenti in posto ubicati nelle vicinanze (frequente è in particolare in tutta la zona la direzione NNW-SSE, che si osserva anche negli affioramenti in questione). Pertanto, se si dovesse ipotizzare che questi elementi abbiano subito una traslazione, si tratterebbe comunque di una traslazione modesta che quindi non implica grosse differenze rispetto all'assunzione di substrato in posto. Tale ipotesi non avrebbe peraltro alcuna ripercussione sull'assetto geologico della zona di imbocco della galleria naturale (prevista interamente all'interno dei depositi antropici del rilevato stradale in appoggio su depositi alluvionali).

I porfiroidi (p), consistono di metavulcaniti e metavulcanoclastiti acide, derivanti probabilmente da protoliti riolitici o rioclitici, che costituiscono generalmente lenti e corpi più o meno estesi all'interno delle filladi di Bressanone. Gli affioramenti visibili alla base del versante soprastante l'imbocco della finestra presentano un aspetto gneissico, con struttura localmente scistosa e con un grado di fratturazione e disarticolazione piuttosto spinto. Il colore della roccia varia da grigio più o meno scuro sulla superficie alterata a grigio-verdastro sulla superficie fresca. I porfiroidi sono costituiti da prevalenti fasi mineralogiche quarzo-feldspatiche, frequentemente organizzate in livelli disposti lungo la scistosità e da livelli micacei intercalati ai precedenti. Nelle porzioni più massive si riconoscono frequentemente relitti di fenocristalli feldspatici del protolite vulcanico.

5.2.1.2. Depositi quadernari

Le unità superficiali di età quadernaria che interessano direttamente le opere di imbocco della Finestra Funes sono costituite dai depositi antropici del rilevato stradale (h) e dai sottostanti depositi alluvionali recenti (ar). Nell'area rappresentata nella cartografia vi sono inoltre depositi di frana inattiva (fi), depositi alluvionali attuali (aa) e depositi di conoide alluvionale, tuttavia questi ultimi non sono interessati direttamente dalle opere di imbocco della finestra.

Depositi antropici (h). Nel sito di interesse sono presenti importanti accumuli di materiale eterometrico sciolto, compattato meccanicamente e di natura prevalentemente sabbioso-ghiaiosa, riconducibile ad attività antropiche. Nello specifico tali depositi antropici costituiscono il rilevato della strada provinciale SP27 della Val di Funes e dell'Autostrada A22. Tali depositi sono importanti nel modello geologico di riferimento

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:					PROGETTO ESECUTIVO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	12 di 59

dell'imbocco della finestra Funes in quanto le opere di imbocco e l'attacco della galleria naturale saranno intestate proprio all'interno del rilevato stradale della provinciale.

Depositi alluvionali recenti (ar). I depositi alluvionali costituiscono tutto il tratto di fondovalle al piede del versante di interesse, costituendo la base di appoggio dei rilevati stradali della provinciale e dell'autostrada. Essi sono costituiti da intercalazioni di sabbie fini o medie di colore grigio e ghiaie e ciottoli di natura poligenica con elementi eterometrici, contenenti localmente anche blocchi decimetrici. Il loro spessore è variabile e tende ovviamente ad aumentare significativamente spostandosi dal piede del versante verso il centro della valle.

Depositi di frana inattiva (fi). I depositi di frana inattiva sono presenti ai margini occidentali dell'area di interesse e sono caratterizzati da accumuli di materiale caotico, costituiti da clasti e blocchi spigolosi di dimensione eterometrica da decimetrica a blocchi metrici, all'interno di una matrice sabbiosa di colore marroncino-beige. Gli elementi appartengono alla formazione dei porfiroidi. Spesso si notano anche dei ciottoli arrotondati di dimensione prevalentemente centimetrica e decimetrica di natura poligenica, derivanti dal rimaneggiamento dei depositi fluvioglaciali coinvolti nei processi gravitativi. Non interessano direttamente l'opera in progetto.

Depositi alluvionali attuali (fi). I depositi alluvionali attuali sono presenti all'interno dell'alveo attivo del Fiume Isarco e del Rio di Funes. Essi sono costituiti quasi esclusivamente da ghiaie e ciottoli poligenici, oltre a blocchi di dimensioni variabili ma prevalentemente decimetriche. La matrice è sabbiosa grossolana da scarsa a localmente assente.

Depositi di conoide alluvionale (cf). I depositi di conoide alluvionale sono presenti in un settore marginale dell'area rappresentata in cartografia, corrispondente al lobo destro del conoide terminale del Rio di Funes. La natura e le caratteristiche granulometriche di questi depositi sono molto simili a quelle dei depositi alluvionali attuali descritti in precedenza, ma possono essere distinti su base geomorfologica. La litologia dei clasti di questi depositi riflette quella del basamento roccioso affiorante nel bacino del corso d'acqua che ha originato il conoide. Per il Rio Funes in particolare, oltre alle prevalenti filladi di Bressanone, sono presenti clasti di natura sedimentaria delle coperture terrigene e dolomitiche affioranti più a Est.

5.2.2 Assetto geologico strutturale locale

Nell'area di interesse è stata riportata la traccia di un importante sovrascorrimento con una vergenza verso N-NE, il quale corrisponde ad una diramazione della struttura tettonica di maggiore importanza relativa alla Linea della Val di Funes. Nei pressi dell'imbocco della Finestra Funes tale struttura è ipotizzata sepolta al di sotto dei depositi alluvionali recenti della valle Isarco.

Nello specifico, i rilevamenti di terreno condotti durante l'attuale fase di progettazione esecutiva nell'area di interesse non hanno rivelato la presenza di strutture tettoniche di particolare importanza associate al sovrascorrimento sopracitato. Le forti variazioni nell'orientazione della scistosità, evidenziano comunque l'importante azione tettonica del sovrascorrimento, sviluppatasi in regime duttile con la comparsa di piegamenti a scala metrica/plurimetrica, che ha coinvolto le litologie affioranti.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	13 di 59

Anche le condizioni di disarticolazione e rilascio degli affioramenti superficiali visibili a monte dell'imbocco e costituenti la vecchia nicchia di distacco della frana inattiva individuata alla base del versante, possono essere collegate alla struttura tettonica sopra citata in ragione dell'intensa tettonizzazione da essa indotta.

I porfiroidi affioranti alla base del versante a monte dell'imbocco, presentano dei piani di scistosità con una giacitura molto variabile, in ragione delle condizioni di disarticolazione della parte superficiale dell'ammasso roccioso e della deformazione duttile per pieghe. Si sono osservate giaciture immergenti verso N-NE, O-SO e SE con inclinazione variabile tra 25° e 40° circa.

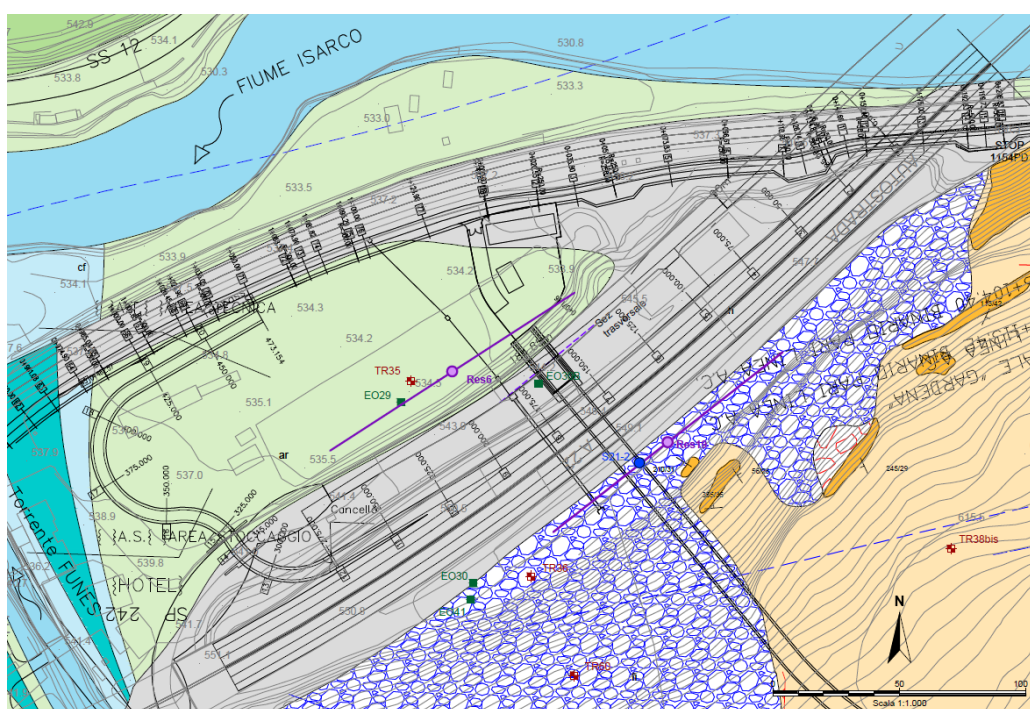


Figura 6: stralcio del piano-profilo allegato con la carta geologica dell'area di imbocco della finestra Funes (GA06.A)

5.3 IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA

5.3.1 Litostratigrafia

5.3.1.1. Substrato pre-quadernario

Il basamento roccioso nell'area di intervento affiora in modo molto frammentario, in particolare lungo la scarpata posta a Sud-Sud Est dell'imbocco, coinvolta in una zona di frana inattiva e, nell'area di pertinenza della viabilità di accesso NV072, lungo parte della scarpata stradale a monte della SS242dir della Val Gardena e sui fianchi di una incisione presente nell'estremità meridionale della zona raffigurata nella cartografia allegata.

Il substrato affiorante in superficie è costituito da filladi (BSSb), mentre nel sondaggio S21/1 realizzato nella presente fase (cfr. paragrafo 6.3.3), al di sotto della copertura detritica superficiale, sono stati campionati anche i porfiroidi (p), che non affiorano nelle vicinanze e pertanto si ipotizza che possano costituire una

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IB0U	1AEZZ	RH	GE0000	B	14 di 59

intercalazione dello spessore di alcuni metri nelle prevalenti filladi, come spesso si osserva nell'areale di pertinenza della formazione della Fillade di Bressanone.

Filladi (BSSb). Si tratta di filladi caratterizzate da percentuali variabili di quarzo, il quale è presente prevalentemente sotto forma di vene nastriformi e letti trasposti lungo la scistosità, con livelli prevalentemente fillosilicatici intercalati a livelli di micascisti. Generalmente all'interno di queste rocce, caratterizzate da una forte foliazione metamorfica, possono impostarsi strutture disgiuntive di taglio fragili/duttili di età successiva allo sviluppo della scistosità.

Porfiroidi (p). come detto in precedenza il sondaggio S21/1 ha campionato un ammasso roccioso appartenente ai litotipi classificati in letteratura con la denominazione di "porfiroidi". Per la descrizione di questi litotipi si rimanda a quanto già indicato per la finestra Funes (cfr. paragrafo 5.2.1.1).

5.3.1.2. Depositi quaternari

I depositi superficiali di età quaternaria nel settore in esame presentano, in base alle risultanze delle indagini dirette e indirette disponibili, degli spessori significativi che raggiungono i 15-20 m proprio in corrispondenza dell'imbocco della finestra. I terreni superficiali presenti che interessano direttamente le opere di imbocco sono rappresentati essenzialmente dai depositi fluvioglaciali (df), presenti nel sottosuolo del ripiano morfologico terrazzato ubicato di fronte all'imbocco della galleria ed attraversato dalla nuova viabilità di accesso (NV072). Risultano inoltre rilevanti ai fini dell'opera i depositi detritici di versante (d) presenti alla base del versante dell'imbocco, verosimilmente sovrapposti ai depositi fluvioglaciali. Altri terreni superficiali, che tuttavia non interessano direttamente le opere di imbocco, sono i depositi di frana inattiva (f), presenti nella parte meridionale dell'area rappresentata nella cartografia geologica allegata e che interessano una parte della viabilità di accesso NV072, i depositi eluvio-colluviali (c) e i depositi antropici (h), presenti prevalentemente nel settore interessato dalla deviazione della SS242dir, ubicata in un'area con cumuli di inerti legati ad una attività di cava.

Depositi fluvioglaciali (df). I depositi fluvio-glaciali come detto in precedenza sono presenti prevalentemente all'altezza del ripiano morfologico terrazzato antistante l'imbocco della finestra. Subaffiorano anche lungo la scarpata di monte della Strada Statale SS242dir nella porzione settentrionale dell'area rappresentata nella carta geologica allegata e all'interno dell'incisione visibile nella parte meridionale. Sono costituiti da clasti poligenici con elevato grado di arrotondamento di dimensione eterometrica da centimetrica e decimetrica, fino a raggiungere anche blocchi di dimensioni superiori al metro, all'interno di una matrice prevalentemente sabbiosa di colore beige. La natura litologica dei blocchi di maggiori dimensioni è di solito granitica o gneissica. Il sondaggio C11 ha campionato, nella parte direttamente a contatto con il substrato roccioso, una facies prevalentemente sabbiosa con subordinata ghiaia e ciottoli.

Detrito di falda (d). Il detrito di falda locale è costituito da blocchi di dimensione variabile, prevalentemente decimetrica e sporadicamente metrica (il sondaggio S21/1 ha campionato un trovante di 2-4 m) di prevalenti filladi, immersi in matrice sabbioso-limoso. I rilievi di terreno eseguiti hanno permesso di verificare che in superficie, nella zona dell'imbocco della finestra, il detrito di versante ha una granulometria prevalentemente fine, con clasti angolosi di filladi di dimensioni al massimo decimetriche. La struttura del deposito è normalmente di tipo clasto-sostenuta, ma sono possibili anche settori con depositi a supporto di matrice,

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	15 di 59

come evidenziato dalla stratigrafia del sondaggio S21/1. Il detrito di falda assume spessori significativi nel settore indagato dal sondaggio stesso, poco a monte dell'imbocco della finestra.

Depositi colluviali (c). I depositi colluviali sono costituiti da materiale a granulometria medio-fine, derivante da alterazione in posto del substrato roccioso. Sono presenti prevalentemente nella zona al di sopra dell'imbocco della finestra, dove ricoprono con uno spessore di pochi metri il substrato roccioso localmente affiorante. Il passaggio ai depositi detritici di versante è stato ipotizzato eteropico, in corrispondenza dell'aumento di spessore dei depositi stessi.

Depositi di frana inattiva (fi). I depositi di frana inattiva sono presenti in una vasta area nel settore meridionale della zona rappresentata nella carta geologica allegata, tale frana inattiva è stata definita nell'ambito degli studi geologici del progetto definitivo, sulla base delle evidenze morfologiche del versante e dei risultati delle indagini eseguite nell'area in questione. Durante la presente fase di studio si è ritenuto di ridimensionare l'accumulo di frana nella sua parte più bassa, a seguito dell'individuazione di substrato affiorante lungo parte della scarpata di monte della strada statale. I depositi di frana inattiva sono caratterizzati da accumuli di materiale caotico, costituiti da clasti e blocchi spigolosi di dimensione da decimetrica metrica, all'interno di una matrice sabbiosa o sabbioso limosa di colore marroncino-beige. I blocchi e clasti sono appartenenti alla formazione delle filladi. Spesso si notano anche dei ciottoli arrotondati di dimensione prevalentemente centimetrica e decimetrica di natura poligenica, derivanti dal rimaneggiamento dei depositi fluvioglaciali coinvolti nei processi gravitativi. In un settore di scarpata posto a Sud dell'imbocco, all'interno dell'area di frana inattiva, sono stati cartografati anche affioramenti del substrato roccioso molto fratturati e disarticolati, che sono presumibilmente l'espressione superficiale della porzione di substrato coinvolto nella frana inattiva. I depositi di frana inattiva non interessano direttamente le opere di imbocco ma parte della viabilità di accesso, in particolare la scarpata di monte del settore iniziale della NV072.

Depositi antropici (h). Oltre ai depositi quaternari, sono presenti nel sito di interesse accumuli di materiale eterometrico sciolto e di varia natura, riconducibile ad attività antropiche. Nello specifico tali depositi antropici costituiscono il ripiano posto ad Ovest della Strada Statale SS242dir, ove è presente un'area di depositi inerti e materiali da cantiere collegata ad una attività di cava pregressa.

5.3.2 Assetto geologico strutturale locale

Nella parte settentrionale dell'area rappresentata nella carta geologica allegata, il modello geologico del Progetto Definitivo ipotizza la presenza di una importante struttura di sovrascorrimento con vergenza settentrionale, immergente verso Sud-Sud Ovest a basso angolo di inclinazione.

I rilievi di terreno eseguiti, stante il basso grado di affioramento del substrato roccioso, non hanno permesso di mettere in evidenza strutture potenzialmente collegabili al sovrascorrimento sopra citato, ma lo stesso grado di fratturazione/disarticolazione degli ammassi rocciosi visibili, la presenza dell'accumulo di frana inattiva e le condizioni di tettonizzazione della roccia rilevabili dalle stratigrafie dei sondaggi eseguiti nell'area di interesse che arrivano più in profondità, possono essere indizi che confermano la vicinanza all'imbocco dell'importante struttura. Essa tuttavia non interessa il substrato roccioso nell'immediata prossimità dell'imbocco sebbene ne sia prevista l'intersezione lungo lo sviluppo della finestra.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	16 di 59

L'ammasso roccioso affiorante più in prossimità dell'imbocco è caratterizzato da una scistosità pervasiva immergente generalmente verso Est-Sud Est con inclinazione variabile tra 15° e 55°. Gli affioramenti si presentano molto fratturati e disarticolati, in particolare quelli presenti nella porzione di scarpata inclusa nella frana inattiva posta a sud dell'imbocco. Rispetto al versante in corrispondenza dell'imbocco della finestra la giacitura della scistosità è disposta a reggipoggio. Nel settore sud-occidentale dell'area considerata, negli affioramenti lungo la scarpata di monte della strada statale SS242dir, la scistosità immerge a Est-NordEst inclinata tra 20° e 30° circa. Il grado di fratturazione degli affioramenti è da moderato ad elevato, con valori dell'indice GSI variabili indicativamente tra 25 e 40.

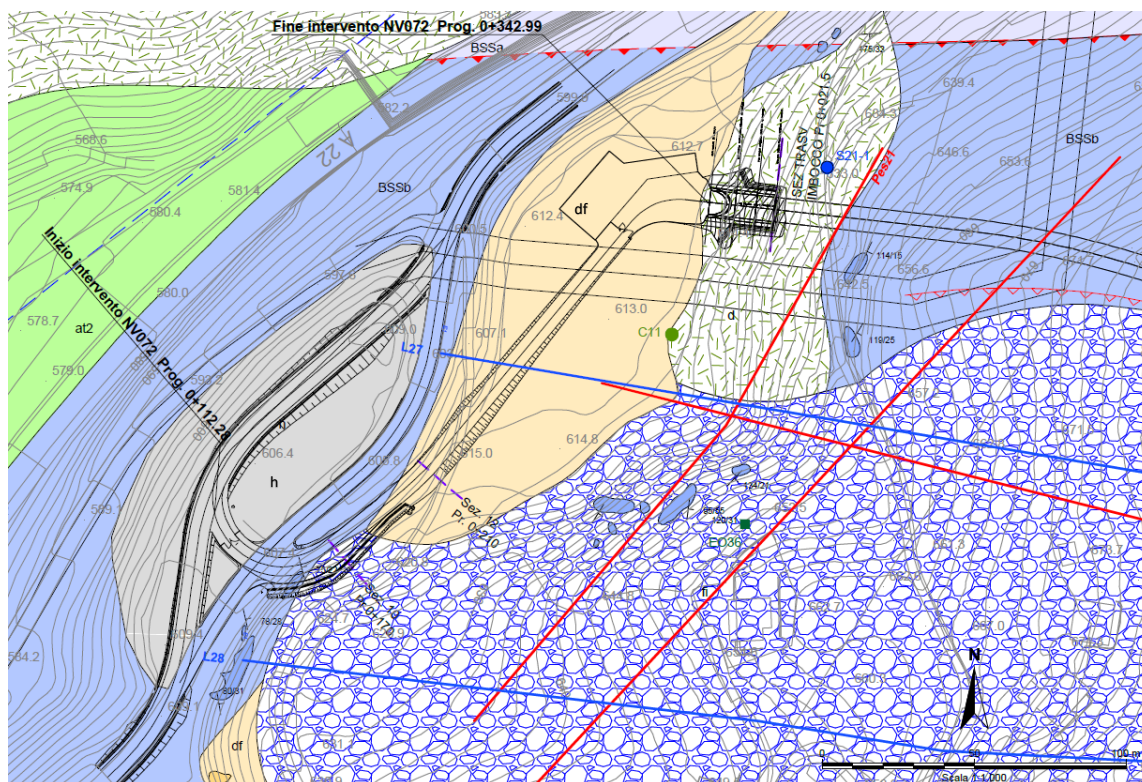


Figura 7: stralcio del piano-profilo allegato con la carta geologica dell'area di imbocco della finestra di Chiusa (GA05.A)

6. DATI DA INDAGINI GEOGNOSTICHE

6.1 IMBOCCO FINESTRA FORCH

Nell'area estesa, rappresentata nella cartografia geologica allegata, relativa all'imbocco della finestra Forch e alla viabilità d'accesso sono disponibili sei sondaggi ordinari a carotaggio continuo, di cui tre realizzati durante la campagna 2012-2013 denominati C15, C16, C19 e tre durante la campagna 2017-2018 denominati "EO32", "EO63", "EO65". Nella medesima campagna indagini, sono state effettuate due tomografie sismiche a rifrazione PES15 e PES16. Di seguito si descrivono sinteticamente i risultati delle indagini più prossime all'imbocco della finestra Forch, vale a dire il sondaggio C15 e la linea sismica Pes15.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	PROGETTO ESECUTIVO					
Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	17 di 59

6.1.1 Sondaggio C15

Il sondaggio a carotaggio continuo è stato eseguito dal 27 giugno all'8 luglio 2012, raggiungendo una profondità di 60 m. Sono stati prelevati 7 campioni rimaneggiati ed eseguite 10 prove SPT, 4 prove di permeabilità di tipo Lefranc e 4 prove pressiometriche. Il foro è stato attrezzato con piezometro DN50 a tubo aperto.

La stratigrafia mostra 0,6 m di materiale antropico al di sopra di depositi alluvionali quaternari:

- da 0,6 a 21,7 m sabbie debolmente limose e ghiaie con ciottoli poligenici e frequenti blocchi granitici;
- da 21,7 a 32,7 m sabbie da fini a ghiaiose con ciottoli;
- da 32,7 a 60 m sabbie fini limose con locali inclusi ghiaiosi.

6.1.2 Tomografia sismica "Pes15"

È stata eseguita nel sito in esame una prova sismica a rifrazione, denominata "Pes15" con stendimento di n. 96 geofoni, posizionati ad intervalli regolari di 2,5 m, finalizzata alla ricostruzione sismostratigrafica elaborata in base alle velocità delle onde sismiche riscontrate. La tomografia sismica attraversa l'area di indagine circa 80-90 m a S dell'imbocco della galleria naturale di Finestra Forch, seguendo una direzione E-W per una lunghezza di 237,5 m.

L'analisi della sezione sismica per le onde P evidenzia un livello superficiale esteso fino a 5-6 m di profondità con velocità comprese tra 500 e 1000 m/s e un successivo graduale aumento in profondità fino a 1500 m/s a circa 50 m di profondità. All'estremità orientale della tomografia, alla stessa profondità, la velocità delle onde P è maggiore, raggiungendo poco meno di 2000 m/s.

L'analisi della sezione sismica per le onde S evidenzia valori variabili tra circa 250-300 m/s in superficie, 500 m/s a circa 5-6 m di profondità arrivando ad un massimo di 600-700 m/s a circa 50 m di profondità. La stratigrafia sismica è ben correlabile con la presenza di depositi ghiaioso sabbiosi (df) e sabbie (dlt) nell'intervallo di profondità indagato, come accertato dalle indagini dirette eseguite nelle vicinanze (sondaggi C15 e C16).

6.2 IMBOCCO FINESTRA FUNES

Le indagini disponibili nell'area estesa, rappresentata nella cartografia geologica allegata, relativa alla viabilità d'accesso e all'imbocco della finestra Funes sono quattro sondaggi ordinari a carotaggio continuo realizzati durante la campagna 2017-2018, denominati "EO29", "EO30", "EO30b", "EO41" e diverse prove geofisiche, di cui due prove sismiche di tipo MASW/Re.Mi. denominate "Res 6" e Res 19" e tre stazioni di misura HVSR denominate "TR35", "TR36", "TR38bis" e "TR60". Inoltre nell'ambito del Progetto Esecutivo è stato realizzato un sondaggio a carotaggio continuo integrativo denominato "S21-2". Di seguito si descrivono sinteticamente i risultati delle indagini più prossime all'imbocco della finestra Funes e rappresentative per il modello geologico, vale a dire i sondaggi EO29, EO30b ed S21/3.

6.2.1 Sondaggio "EO29"

Il sondaggio a carotaggio continuo è stato eseguito dal 20 al 23 marzo 2017, raggiungendo una profondità di 127 m. Sono stati prelevati 5 campioni rimaneggiati ed eseguite 5 prove SPT e 3 prove di permeabilità di tipo

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 18 di 59

Lefranc. Il foro è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto di tipo Norton, con tratto filtrante dai 6 ai 30 m di profondità.

La stratigrafia mostra per l'intera lunghezza del sondaggio depositi alluvionali quaternari:

- da 0 a 0,4 m terreno sabbioso vegetale;
- da 0,4 a 5 m sabbie fini debolmente limose e ghiaiose;
- da 5 a 9 m sabbie fini-medie con ghiaia medio-grossolana e singoli ciottoli;
- da 9 a 35 m sabbie debolmente limose e ghiaiose.

6.2.2 Sondaggio "EO30b"

Il sondaggio a carotaggio continuo è stato eseguito dal 03 al 16 aprile 2017, raggiungendo una profondità di 40 m. Sono stati prelevati 4 campioni rimaneggiati ed eseguite 10 prove SPT e 3 prove di permeabilità di tipo Lefranc. Il foro è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto di tipo Norton, con tratto filtrante dai 3 ai 35 m di profondità.

La stratigrafia mostra per circa 13 m depositi antropici costituenti il rilevato della SP27 e per la rimanente lunghezza del sondaggio depositi alluvionali quaternari:

- da 0 a 2,6 m sabbie fini debolmente ghiaiose in matrice organica;
- da 2,6 a 13 m sabbie medio-fini ghiaiose con singoli ciottoli;
- da 13 a 37 sabbie fini debolmente ghiaiose con singoli ciottoli;
- da 37 a 40 sabbie con ghiaie medio-fini e singoli ciottoli.

6.2.3 Sondaggio "S21-2"

Il sondaggio a carotaggio continuo è stato eseguito dal 17 al 23 settembre 2021, raggiungendo una profondità di 25 m. Sono stati prelevati 4 campioni rimaneggiati ed eseguite 6 prove SPT, 3 prove di permeabilità di tipo Lefranc e 2 prove pressiometriche. Il foro è stato strumentato con tubo in PVC 3" per prova sismica down hole.

La stratigrafia mostra 10,4 m di materiale detritico quaternario al di sopra del basamento metamorfico:

- da 0 a 4 m detrito eterometrico ed eterogeneo con sabbia grossolana e ciottoli;
- da 4 a 7,7 m ghiaietto con elementi a spigoli vivi;
- da 7,7 a 10,4 m detrito eterometrico ed eterogeneo con sabbia grossolana e ciottoli;
- da 10,4 a 25 m detrito di filladi intensamente alterate e fratturate in matrice limoso sabbiosa.

6.3 IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA

Le indagini disponibili, relative all'area vasta e rappresentate nella cartografia geologica allegata, per la viabilità d'accesso e l'imbocco della finestra di Chiusa sono tre sondaggi ordinari a carotaggio continuo, di cui uno realizzato durante la campagna 2012-2013, denominato "C11", uno durante la campagna 2017-2018 denominato "EO36" ed infine un ultimo nell'ambito del Progetto Esecutivo denominato "S21-1". Inoltre sono

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 19 di 59	

state effettuate durante la campagna 2017-2018 diverse prove geofisiche, tra cui una tomografia sismica a rifrazione denominata "P41" e una prova Cross Hole denominata D11, tre tomografie sismiche a rifrazione denominate "Pes19", "Pes20" e "Pes21" e due tomografie elettriche denominate "L27" e "L28". Una prova sismica Down Hole è stata eseguita nella presente fase anche nel foro del sondaggio S21/1. Di seguito si descrivono sinteticamente i risultati delle indagini più prossime all'imbocco della finestra di Chiusa e relativa viabilità d'accesso e rappresentative per il modello geologico, vale a dire i sondaggi C11 e S21/1 (con relativa prova Down-Hole), la prova cross hole D11 la tomografia sismica Pes21 e le tomografie elettriche L27 e L28.

6.3.1 Sondaggio "C11"

Il sondaggio a carotaggio continuo è stato eseguito dal 22 al 25 maggio 2012, raggiungendo una profondità di 50 m. Sono stati prelevati 7 campioni rimaneggiati ed eseguite 5 prove SPT, 2 prove di permeabilità di tipo Lefranc e 2 di tipo Lugeon. Il foro è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto di tipo Norton, microfessurato dai 5 ai 15 m di profondità ed è stata installata una cella di Casagrande a 40 m dal p.c.

La stratigrafia mostra 17,6 m di depositi fluvioglaciali quaternari al di sopra del basamento metamorfico:

- da 0 a 2 m blocchi, clasti e ciottoli poligenici in matrice limoso sabbiosa da fine a grossolana;
- da 2 a 10,5 m sabbie da fini a grossolane con clasti e ghiaie eterometriche in matrice limoso sabbiosa;
- da 10,5 a 17,6 m sabbie limose da fini a grossolane alternate a clasti, ciottoli e blocchi poligenici;
- da 17,6 a 50 m substrato litoide filladico.

6.3.2 Cross Hole "D11"

L'indagine è stata eseguita con metodologia Cross Hole, in fori di sondaggio a distruzione di nucleo appositamente predisposti (D11a-b-c). I sondaggi "D11a" e "D11c" raggiungono una profondità di 51 m dal p.c. mentre, il sondaggio "D11b", 51,5 m. Sono stati attrezzati con tubazione in PVC pesante (diametro 80 mm) e cementati mediante iniezione di miscela ternaria acqua, cemento e bentonite.

L'analisi dei risultati riporta in profondità differenti settori a velocità Vp e Vs dettagliabili come segue:

- Da 0 a 10 m: Vp 500-1000 m/s - Vs 250-500 m/s;
- Da 10 a 18 m: Vp 1500-2250 m/s - Vs 750-1000 m/s;
- Da 18 a 35 m: Vp 2250-3500 m/s; Vs 1000-1500 m/s
- Da 35 a 51 m: Vp 4000-4500 m/s; Vs 1750-2000 m/s

È stato calcolato inoltre un valore per le Vs₃₀ pari a 605 m/s, definendo una categoria di suolo di tipo B.

6.3.3 Sondaggio "S21-1"

Il sondaggio a carotaggio continuo è stato eseguito dal 13 al 16 settembre 2021, raggiungendo una profondità di 30 m. Sono stati prelevati 7 campioni rimaneggiati ed eseguite 4 prove SPT, una prova pressiométrica e 2 prove dilatometriche. Il foro è stato strumentato con foro in PVC per prova sismica down hole.

La stratigrafia mostra 16,55 m di depositi detritici al di sopra del substrato metamorfico:

- da 0 a 0,4 m sabbie limose con elementi lapidei e apparati radicali;
- da 0,4 a 4,6 m detrito eterometrico ed eterogeneo con sabbie grossolane;

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	20 di 59
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità							

- da 4,6 a 8,3 m filladi/filladi quarzitiche (trovante);
- da 8,3 a 10 m detrito eterometrico ed eterogeneo con sabbia grossolana;
- da 10 a 16,55 m alternanze di sabbie ghiaiose e ghiaie grossolane;
- da 16,55 a 20 m filladi compatte a tessitura scistosa, fratturate;
- da 20 a 30 m filladi e porfiroidi con frequenti vene di quarzo.

La prova Down Hole eseguita nel foro di sondaggio S21/1 ha evidenziato i seguenti risultati in termini di Vp e Vs:

- da 0 a 3 m: Vp 600 m/s – Vs 330 m/s;
- da 3 a 5 m: Vp 1180 m/s – Vs 480 m/s;
- da 5 a 7 m: Vp 1440 m/s – Vs 540 m/s;
- da 7 a 14 m: Vp 1590 m/s – Vs 590 m/s;
- da 14 a 20 m: Vp 2140 m/s – Vs 900 m/s;
- da 20 a 30 m: Vp 2330 m/s – Vs 1250 m/s;

6.3.4 Sismica a rifrazione P41

La sezione sismica è stata realizzata a sud dell'imbocco previsto, mediante uno stendimento di 24 geofoni per una lunghezza di circa 100 m secondo una direzione WNW-ESE. I risultati mostrano presso i settori al piede del versante una bassa velocità delle onde P, variabili da 500 a 1800 m/s nei primi 15 m circa di profondità. La stratigrafia sismica può essere interpretata con la presenza di materiale detritico da poco a mediamente addensato fino alla profondità indicata.

6.3.5 Tomografia sismica "Pes21"

È stata eseguita nel sito in esame una prova sismica a rifrazione, denominata "Pes21" con stendimenti di n. 96 geofoni, posizionati ad intervalli regolari di 2,5 m, finalizzate alla ricostruzione sismostratigrafica elaborata in base alle velocità delle onde sismiche riscontrate. La tomografia sismica realizzata attraverso l'intera area di indagine a S dell'imbocco in oggetto, seguendo una direzione circa E-W per una lunghezza di 237,5 m.

L'analisi della sezione sismica per le onde P in relazione all'intersezione tra l'asse del tracciato e il profilo evidenzia:

- un accumulo di materiali a bassa velocità sismica (inferiore a 1000/1500 m/s) nella porzione meridionale;
- lateralmente un nucleo rigido con elevata velocità tendente a 2500/3000 m/s.

L'analisi della sezione sismica per le onde S in relazione all'intersezione tra l'asse del tracciato e il profilo evidenzia:

- un'unità di copertura con velocità variabili tra 250 m/s in superficie fino a circa 800-850 m/s a circa 15-20 m di profondità;
- un'unità sottostante più rigida con valori di Vs superiori a 1000-1100 m/s.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 21 di 59

La stratigrafia sismica può essere interpretata, anche sulla base dei sondaggi eseguiti nelle vicinanze (S21/1) con la presenza di materiale detritico superficiale, da poco addensato in superficie e mediamente addensato verso la profondità, soprastante al basamento roccioso, corrispondente all'unità rigida profonda.

6.3.6 Tomografie elettriche "L27" - "L28"

Sono state eseguite nel sito in esame due linee tomografiche elettriche, denominate "L27" e "L28" con stendimenti di n. 112 elettrodi, posizionati ad intervalli regolari di 5 m, finalizzate alla ricostruzione delle strutture presenti nel sottosuolo e caratterizzazione delle diverse formazioni geolitologiche. Entrambe le linee attraversano l'intera area di indagine a Sud dell'imbocco in oggetto (a distanza di circa 65 m la linea L27 e circa 170 m la linea L28), seguendo una direzione circa E-W per una lunghezza di 520 m. Nella loro porzione iniziale verso Ovest intersecano o interessano da vicino il tracciato della viabilità di accesso NV072.

L'analisi dei risultati mostra quanto segue, in corrispondenza delle intersezioni con la viabilità,

- La linea L27, che interseca la viabilità NV072 all'altezza della progressiva 0+250, evidenzia una zona a bassa resistività (0-700 Ohm*m) estesa almeno fino a 10-15 m di profondità, legata con buona probabilità alla presenza di depositi sciolti non saturi;
- La linea L28, la cui estremità arriva a circa 20 m di distanza verso Sud dalla paratia di sostegno della scarpata della NV72, evidenzia inizialmente un settore con resistività elevata (> 2000 Ohm*m), verosimilmente corrispondente al substrato affiorante, per poi mostrare, tra 20 e 30 m dall'inizio della linea, la presenza di un livello superficiale di materiale a resistività più bassa (<1000 Ohm*m) di spessore fino a circa 7-8 m interpretabile come la copertura di materiali incoerenti costituiti da depositi fluvioglaciali e depositi di frana inattiva.

7. ASSETTO GEOMORFOLOGICO DELLE AREE DI INTERVENTO

7.1 IMBOCCO FINESTRA FORCH

L'imbocco della Finestra Forch previsto in progetto si trova all'interno di una cava di inerti in fase di coltivazione, ubicata in un contesto geomorfologico di superficie alluvionale terrazzata sospesa in destra della valle Isarco, allungata in direzione circa N-S e compresa tra l'incisione principale dell'Isarco a Est e una paleovalle di origine glaciale / fluvioglaciale sospesa ad Ovest, alla base del versante montano destro della Valle Isarco. La superficie terrazzata originale precedente alla coltivazione della cava, visibile nelle porzioni esterne alla cava stessa e non oggetto di scavi di coltivazione, ha una quota di circa 700 m e presenta una debole pendenza verso la valle Isarco attuale, che si sviluppa nella profonda incisione di Hinterrigger, bordata verso Ovest da una scarpata di erosione alta circa 70-80 m.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	22 di 59



Figura 8: Ortofoto 2020 tratta dal Geoportale Alto Adige, dell'area di progetto dell'imbocco della Finestra Forch – GA03.A (evidenziata dal rettangolo azzurro)

La modificazione antropica determinata dalla coltivazione della cava ha portato alla formazione di una fossa di forma assimilabile ad un quadrangolo, con lati di circa 200 m in senso N-S e 250 m in senso E-O, delimitata da scarpate alte fino a circa 20-25 m, con inclinazione di circa 40°. Nel settore Occidentale della cava, dove è previsto l'attacco della galleria naturale, è stata eseguita una fossa di cava allungata approssimativamente come il tracciato della futura galleria, alla testata della quale sarà previsto l'attacco della galleria naturale. La fossa ha dimensioni alla base di circa 60-70m x 15-20m. Il fondo della fossa è subpianeggiante e posta a quota di circa 674-675 m. La coltivazione della cava si è arrestata a questa quota, corrispondente al limite geologico tra la formazione ghiaiosa-ciottolosa con blocchi in matrice sabbiosa grossolana di origine fluvioglaciale (df) e la sottostante unità prevalentemente sabbiosa dei depositi di delta lacustre (dlt). All'interno di questa fossa è prevista la costruzione della galleria artificiale ed il successivo ritombamento dello scavo di coltivazione.

Per la ricerca di eventuali fenomeni di dissesto geomorfologico e idraulico già precedentemente censiti nell'area di progetto è stato consultato il *Geoportale Alto Adige* della *Rete Civica Alto Adige*. In particolare è stato consultato l'*Hazard Browser* visualizzabile al sito: <https://maps.civis.bz.it/>. I livelli informativi relativi al dissesto geomorfologico e idrologico disponibili sono quelli del "Catasto degli eventi", il quale include anche le informazioni IFFI descritte più avanti, e quelle dei "Piani delle Zone di Pericolo (PZP)". Per quanto riguarda il Comune di Varna, in cui si ubica l'imbocco della Finestra Forch (GA03.A), non è ancora disponibile la copertura dei PZP e localmente non vi sono eventi censiti segnalati nelle dirette adiacenze dell'opera (Figura 9).

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 23 di 59

La consultazione dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) sul geoportale "idroGEO di ISPRA Ambiente", ha permesso di verificare che non vengono riportate aree a rischio, per quanto riguarda i dissesti di tipo gravitativo, che interessino l'area di progetto.

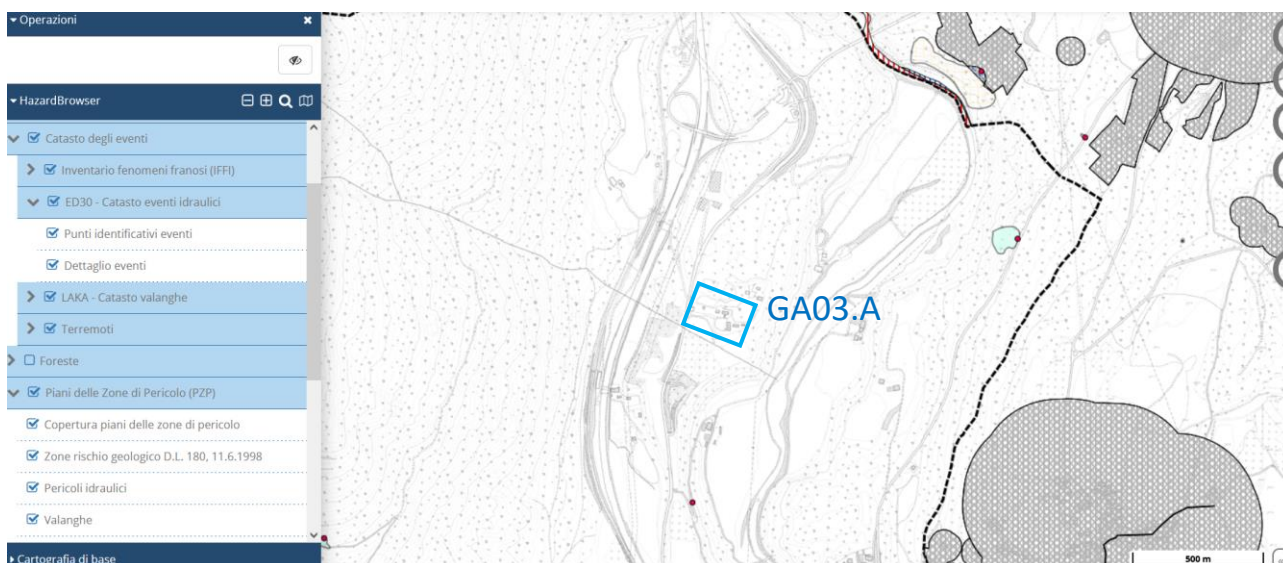


Figura 9: Geoportale Alto Adige, vista dell'area di progetto dell'imbocco della Finestra Forch – GA03.A (evidenziata dal rettangolo azzurro) per i tematismi relativi al catasto degli eventi e ai Piani delle Zone di Pericolo (PZP)

7.2 IMBOCCO FINESTRA FUNES

L'imbocco della finestra Funes si trova al piede del versante sinistro della valle Isarco, al raccordo di quest'ultimo con il settore di piana alluvionale che si sviluppa alla quota di circa 534-535 m slm in sinistra idrografica del corso d'acqua. La direzione locale dell'asse dell'Isarco è variabile da circa Est-Ovest nel tratto a monte dell'area di progetto, a Nord-Nordest Ovest-Sudovest nel tratto a valle. L'andamento dell'alveo dell'Isarco appare in questo tratto collocato a ridosso della parte destra del fondovalle per la presenza, sul lato opposto, del conoide del Rio di Funes, allo sbocco della valle omonima nella valle Isarco.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 24 di 59



Figura 10: Ortofoto 2020 tratta dal Geoportale Alto Adige, dell'area di progetto dell'imbocco della Finestra Funes – GA06.A (evidenziata dal rettangolo azzurro)

L'originale assetto morfologico della base del versante è notevolmente modificato per la presenza delle infrastrutture viarie locali, ossia, procedendo dalla piana alluvionale in direzione del versante montano, la Strada Provinciale SP27 della Val di Funes e l'autostrada A22 del Brennero. Entrambe le strade sono in questo settore in rilevato: quello della SP27 ha un'altezza di circa 11 m rispetto alla quota della piana di fondovalle, mentre la piattaforma viabile dell'A22 si trova ad una quota circa 5 metri più alta della SP27 e dunque a 16 m dalla quota della piana alluvionale. L'ingombro dei due rilevati al di sopra della piana alluvionale ha uno sviluppo di circa 60-65 m in direzione trasversale all'asse vallivo. La scarpata esterna del rilevato della Sp27, rinforzato da terra armata, ha una inclinazione di circa 50° rispetto all'orizzontale

Il settore di piana alluvionale antistante l'imbocco della finestra è poi ulteriormente delimitato, verso Nord, da un altro rilevato antropico su cui si sviluppano la ferrovia del Brennero e una viabilità locale affiancata verso sud. Tale rilevato, che costituisce di fatto una arginatura in sponda sinistra dell'Isarco, si trova a quota di circa 3 metri più alta della piana alluvionale, e circa 4 m più alto della sponda dell'Isarco. La pericolosità geomorfologica legata alla dinamica fluviale dell'Isarco nell'area pianeggiante su cui si affaccia l'imbocco della finestra Funes è mitigata dalla presenza del rilevato della ferrovia. Questo si può evincere dall'analisi degli elaborati dello studio idraulico-idrologico realizzato per il ponte sull'Isarco in ambito di PD, che mostra l'area di esondazione relativa alla portata di progetto con TR 300 anni limitata a Nord del rilevato ferroviario (cfr. elaborati IBL11BD09P6ID0002001A – Planimetria aree di esondazione T = 300 anni ante-operam e IBL11BD09RIID0002001C – Relazione Idrologica e Idraulica).

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 25 di 59

Per la ricerca di eventuali fenomeni di dissesto geomorfologico e idraulico già precedentemente censiti nell'area di progetto è stato consultato il *Geoportale Alto Adige* della *Rete Civica Alto Adige*. In particolare è stato consultato l'*Hazard Browser* visualizzabile al sito: <https://maps.civis.bz.it/>. I livelli informativi relativi al dissesto geomorfologico e idrologico disponibili sono quelli del "Catasto degli eventi", il quale include anche le informazioni IFFI descritte più avanti, e dei "Piani delle Zone di Pericolo (PZP)". Per quanto riguarda il Comune di Funes, in cui si ubica l'imbocco della Finestra Funes (GA06.A), non è ancora disponibile la copertura dei PZP e localmente non vi sono eventi censiti segnalati nelle dirette adiacenze dell'opera (Figura 9).

La consultazione dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) sul geoportale "*idroGEO di ISPRA Ambiente*", ha permesso di verificare che non vengono riportate aree a rischio, per quanto riguarda i dissesti di tipo gravitativo, che interessino l'area di progetto.

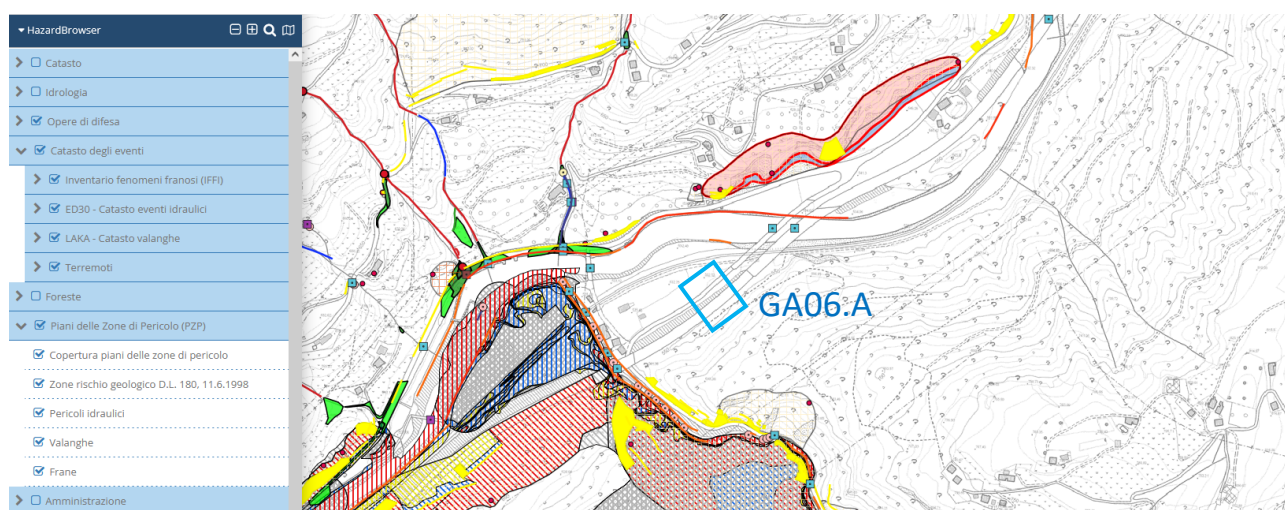


Figura 11: Geoportale Alto Adige, vista dell'area di progetto dell'imbocco della Finestra Funes – GA06.A (evidenziata dal rettangolo azzurro) per i tematismi relativi al catasto degli eventi e ai Piani delle Zone di Pericolo (PZP)

7.3 IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA

Il contesto geomorfologico in cui si inserisce l'imbocco della finestra di Chiusa è quello della parte medio bassa del versante sinistro della valle Isarco. La morfologia di questo settore di versante è stata determinata sia dai processi di modellamento (erosionali e deposizionali) glaciali e post glaciali di età pleistocenica e sia dal modellamento gravitativo di versante sviluppatosi in epoca successiva, attraverso antiche frane e movimenti gravitativi di versante attualmente considerati inattivi che hanno avuto luogo a seguito del ritiro del ghiacciaio.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandataria:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	26 di 59



Figura 12: Ortofoto 2020 tratta dal Geoportale Alto Adige, dell'area di progetto dell'imbocco della Finestra di Chiusa – GA05.A (evidenziata dal rettangolo azzurro)

In dettaglio l'area dell'imbocco si trova al piede di una scarpata detritica alla cui base si sviluppa un'area sub pianeggiante (a quota 615 m slm circa), espressione morfologica del top deposizionale di una unità di depositi fluvioglaciali, presenti nel sottosuolo per una profondità di almeno 16-17 m, come individuato dal sondaggio C11 realizzato al bordo Orientale del pianoro (cfr. paragrafo 6.3.1).

Verso sud, a circa 40-50 m di distanza dalle opere di imbocco previste, la scarpata assume un aspetto convesso ed in generale, proseguendo ancora più a sud nell'area rappresentata nella cartografia geologica allegata, oltre il margine della scarpata stessa, la morfologia della superficie topografica diventa piuttosto articolata con evidenti cambi di pendenza, convessità e concavità, interpretati come l'espressione morfologica superficiale di un accumulo di frana inattiva. Nella parte di scarpata inclusa nell'area di frana inattiva si osservano affioramenti del substrato roccioso filladico che, seppur presentando una certa coerenza di giacitura della scistosità, sono molto fratturati e disarticolati, quindi possono costituire l'emersione di parte del substrato roccioso superficiale che è stato presumibilmente coinvolto nella frana attualmente inattiva.

La nuova viabilità di accesso NV071 e NV072 si sviluppa in un'area in cui la morfologia naturale è stata modificata antropicamente con la realizzazione di un rilevato per creare un piazzale di deposito inerti e impianti al servizio di un'attività estrattiva pregressa a valle della strada statale 242dir (sezione NV071) e dalla costruzione della stessa strada statale (sezione NV072). In particolare quest'ultima parte della viabilità di accesso all'imbocco della finestra interessa inizialmente la scarpata a monte della strada statale, per poi percorrere nel suo tratto terminale il ripiano morfologico già descritto in precedenza antistante l'imbocco.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	27 di 59

Per la ricerca di eventuali fenomeni di dissesto geomorfologico e idraulico già precedentemente censiti nell'area di progetto sono stati consultati l'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) ed il *Geoportale Alto Adige della Rete Civica Alto Adige*. In particolare è stato consultato l'*Hazard Browser* visualizzabile al sito: <https://maps.civis.bz.it/>.

La consultazione dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) sul geoportale "*idroGEO di ISPRA Ambiente*" ha permesso di verificare la presenza di un'area a rischio per quanto riguarda i dissesti di tipo gravitativo, con scivolamento e caduta massi, localizzata circa 50 m a sud della posizione dell'imbocco e a monte dell'area di progetto della viabilità NV072. Tale area si sovrappone in parte alla porzione di scarpata inclusa nell'area di frana inattiva descritta in precedenza. Le verifiche eseguite sul terreno e l'analisi cartografica permettono di affermare che la delimitazione dell'area IFFI però non è coerente con la morfologia del pendio locale, andando ad interessare anche una fascia quasi completamente pianeggiante di pertinenza del ripiano morfologico occupato dai depositi fluvioglaciali. L'area di effettiva pericolosità è limitata al pendio più inclinato facente parte della scarpata inclusa nell'area di frana inattiva; il settore pianeggiante potrebbe essere incluso nell'area di rischio solo come area potenzialmente interessabile da un eventuale accumulo per attivazione di un evento franoso nell'area di scarpata soprastante. Tale area di rischio non interferisce tuttavia, nemmeno considerandola nella sua estensione totale, con le opere di imbocco e con la viabilità di accesso. L'inventario IFFI riporta anche un fenomeno gravitativo puntuale, non cartografabile arealmente, descritto come scivolamento superficiale di detrito avvenuto intorno al 1986. Tale fenomeno segnalato è ubicato circa 70 m a monte dell'area di imbocco in posizione non interferente con la stessa.

Per quanto riguarda l'*Hazard Browser del Geoportale Alto Adige*, i livelli informativi relativi al dissesto geomorfologico e idrologico disponibili sono quelli del "Catasto degli eventi", il quale include anche le informazioni IFFI descritte sopra, e dei "Piani delle Zone di Pericolo (PZP)". Per quanto riguarda il Comune di Laion, in cui si ubica l'imbocco della Finestra di Chiusa (GA05.A), sono disponibili le seguenti informazioni:

- Viene riportata con la stessa sagoma planimetrica della frana IFFI sopra citata, un'area di pericolosità elevata per scivolamento e crollo (retino verde/azzurro nell'immagine di Figura 13). Come detto sopra, per la frana IFFI tale area di pericolosità non interferisce con le opere di imbocco e la viabilità in progetto
- Un'area più vasta, indicata con il retino di colore grigio nell'immagine di Figura 13, che include anche la zona dell'imbocco e delle viabilità di accesso, in cui sono stati esaminati gli aspetti relativi alle frane, all'idraulica e alle valanghe e non sono stati messi in luce elementi di pericolosità.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 28 di 59

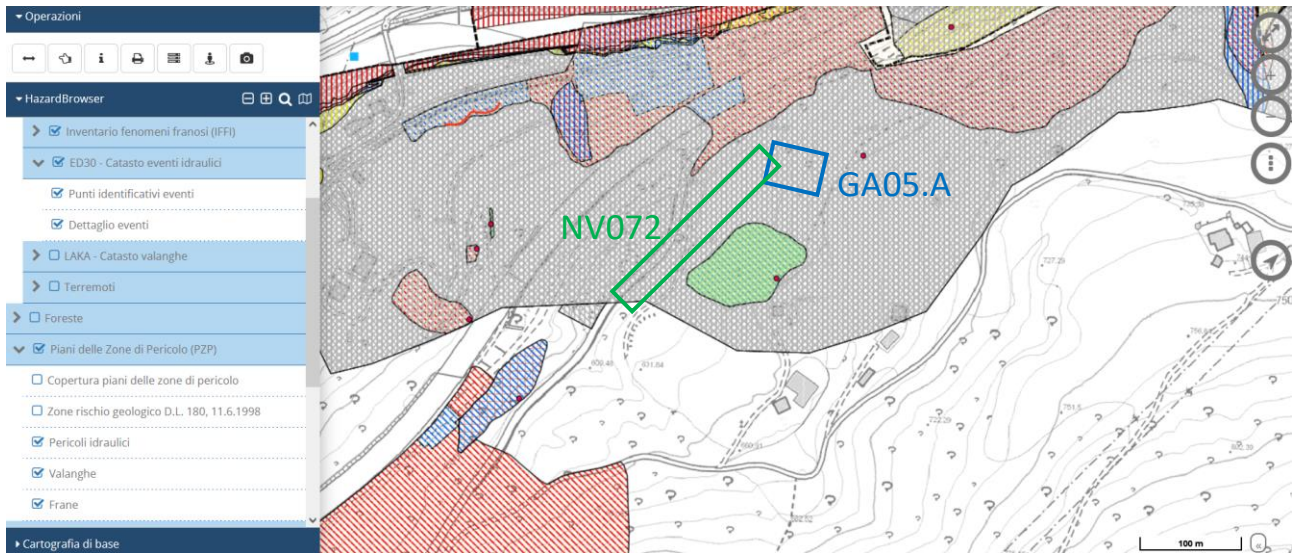


Figura 13: Geoportale Alto Adige, vista dell'area di progetto dell'imbocco della Finestra di Chiusa – GA05.A (evidenziata dal rettangolo azzurro) e della viabilità di accesso NV072 (evidenziata dal rettangolo verde) per i tematismi relativi al catasto degli eventi e ai Piani delle Zone di Pericolo (PZP)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità		IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	29 di 59

8. ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLE AREE DI INTERVENTO

8.1 IMBOCCO FINESTRA FORCH

L'opera in progetto è da impostare all'interno di terreni quaternari superficiali di natura ghiaioso sabbiosa (depositi fluvioglaciali - df), inquadrabili in generale, sulla base dei dati disponibili dal progetto definitivo, in un complesso idrogeologico con permeabilità primaria per porosità. Il grado di permeabilità di questi depositi è molto variabile, con riferimento alle classi AFTES, da Alto-Molto Alto a Basso-Medio.

All'interno del sondaggio "C15" sono state effettuate 4 prove Lefranc a diverse profondità (6-6,9 m, 15-16 m, 33-34 m, 45-46 m dal p.c.), che mostrano dei valori medi di conducibilità idraulica per i depositi fluvioglaciali abbastanza omogenei, con una differenza massima di un ordine di grandezza. Questi variano da $1,88 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ a $8,81 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ mostrando una permeabilità da media a medio-bassa, in base alle variazioni di granulometria che interessano i depositi quaternari in questione. Infatti, la presenza di livelli di materiale più o meno grossolano può portare ad un aumento o a una diminuzione del grado di permeabilità del mezzo.

Le letture dei piezometri installati all'interno dei sondaggi denominati "C15" e "C16", realizzati durante la campagna indagini 2012-2013 nei pressi dell'area di imbocco prevista dal progetto, non hanno rivelato la presenza di acqua di falda all'interno dei depositi fluvioglaciali (df) e glaciolacustri (dlt) che interessano l'opera entro la profondità da p.c. indagata, di 60 m per entrambi i sondaggi.

Le letture eseguite durante la campagna del 2017-2018 in alcuni piezometri installati nei sondaggi denominati "EO32", "EO63" e "EO65", situati in posizioni marginali rispetto l'area di studio, mettono in evidenza la presenza di zone sature correlate probabilmente a falde sospese all'interno dei depositi, legate alla presenza di locali livelli a granulometria fine (limi sabbiosi) che possono fungere da acquicludi.

Le letture eseguite hanno riportato i seguenti valori:

Piezometro EO32 (Q. 688)	29/09/17
(Profondità in m dal p.c.)	29,75
Piezometro EO63 (Q. 702)	11/11/17
(Profondità in m dal p.c.)	39,2
Piezometro EO65 (Q. 698)	11/11/17
(Profondità in m dal p.c.)	35,2

Tabella 1: dati relativi alle letture piezometriche relative ai sondaggi EO32-EO63 e EO65.

Tali dati dimostrano la presenza di una falda profonda, che sulla base delle misure piezometriche eseguite negli altri sondaggi ubicati lungo il tracciato della finestra Forch verso il versante (C17, C18 e C21) può localizzarsi a una quota indicativa di 630-640 m, probabilmente svincolata dalla presenza del fiume Isarco che scorre ad una quota nettamente inferiore (610 m s.l.m.) e che non va ad interferire con gli interventi previsti alla realizzazione dell'imbocco.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	30 di 59

8.2 IMBOCCO FINESTRA FUNES

L'opera in progetto è da impostare all'interno di terreni antropici (rilevato stradale - h) e depositi alluvionali di fondovalle (ar), di natura ghiaioso sabbiosa eterogenea i primi e prevalentemente sabbiosi. Tali terreni possono essere inquadrabili in generale, sulla base dei dati disponibili dal progetto definitivo, in un complesso idrogeologico con permeabilità primaria per porosità. Il grado di permeabilità di questi depositi è variabile, con riferimento alle classi AFTES, da Alto a Medio.

All'interno del sondaggio EO30b che ha intercettato sia i depositi antropici, sia i sottostanti depositi alluvionali, sono state effettuate 3 prove Lefranc a carico variabile a differenti profondità (7-7,60 m da p.c. nei depositi antropici, 15-15,8 m e 23-24,2 m dal p.c. nei depositi alluvionali), dando dei valori di permeabilità relativamente omogenei, con uno scarto massimo di un ordine di grandezza. La conducibilità idraulica media dà dei valori che oscillano tra $1,5 \times 10^{-5}$ m/s e $7,04 \times 10^{-6}$ m/s mostrando una permeabilità media, leggermente variabile in conseguenza a variazioni nella granulometria dei depositi.

Nel sondaggio EO29 sono state effettuate 3 prove Lefranc a carico variabile a diverse profondità, dando dei valori di permeabilità molto simili. Le tre prove eseguite tutte all'interno dei depositi alluvionali (tra 6 e 6,5 m dal p.c., tra 16 e 16,5 m e tra 20 e 20,5 m dal p.c.) hanno restituito valori di $5,87 \times 10^{-5}$ m/s, $3,11 \times 10^{-5}$ m/s e $4,45 \times 10^{-5}$ m/s.

I valori delle permeabilità valutati con le prove Lefranc eseguite nei sue sondaggi sono in linea con il grado di permeabilità generale definito per questi depositi descritto a inizio paragrafo.

Durante la campagna d'indagine geognostica 2017-2018 sono state effettuate delle letture nei tubi piezometrici installati nei sondaggi denominati "EO30b" e "EO29"; le letture eseguite nel periodo aprile 2017 - settembre 2018 hanno riportato i seguenti valori:

EO30b (Q. 545,0) (m da p.c.)	12/04/17	10/05/17	04/07/17	24/07/17	23/08/17	19/12/17	23/05/18	19/9/18	
	13,85	13,82	13,02	13,68	13,20	14,07	13,10	13,80	
EO29 (Q. 535,6) (m da p.c.)	04/04/17	12/04/17	10/05/17	04/07/17	24/07/17	23/08/17	28/12/17	23/05/18	28/09/18
	4,69	3,96	4,01	3,24	3,82	3,40	4,13	3,20	4,05

Tabella 2: dati relativi alle letture piezometriche relative ai sondaggi EO30b e EO29.

I dati sopracitati sono riferiti alla falda ospitata all'interno dei depositi alluvionali; i risultati delle letture indicano che il livello di falda si attesta ad una quota di circa 531-532 m s.l.m. alla quale si trova verosimilmente in equilibrio con il fiume Isarco che scorre a circa 120 m a nord rispetto all'imbocco, riflettendone la quota del pelo libero.

In sintesi si può quindi definire il modello idrogeologico generale, considerando la presenza di una falda all'interno dei depositi alluvionali in equilibrio con la quota di scorrimento superficiale del fiume Isarco, di

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 31 di 59	

circa 530-531 m s.l.m. L'oscillazione del livello di falda, in conseguenza a periodi di intense precipitazioni, potrebbe portare ad una temporanea e locale saturazione della base dei depositi antropici sovrastanti.

8.3 IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA

L'opera in progetto è da impostare all'interno di terreni quaternari superficiali di natura eterogenea grossolana in matrice sabbioso-limosa (depositi detritici) e in sottostanti depositi ghiaioso sabbiosi (depositi fluvioglaciali - df). Tali depositi sono inquadrabili in generale, sulla base dei dati disponibili dal progetto definitivo, in un complesso idrogeologico con permeabilità primaria per porosità. Il grado di permeabilità di questi depositi è molto variabile, con riferimento alle classi AFTES, da Alto-Molto Alto a Basso-Medio. I depositi superficiali poggiano su un substrato roccioso filladico fratturato, che da punto di vista idrogeologico può essere considerato facente parte di un complesso caratterizzato da una permeabilità secondaria, per fratturazione, di grado variabile da Medio a Molto basso.

Le prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile effettuate all'interno del sondaggio C11 a diverse profondità (6-7 m, 13,9-14,9 m dal p.c.), mostrano dei valori di conducibilità idraulica omogenei riferibili ai depositi fluvioglaciali ghiaiosi e sabbiosi, compresi tra $8,39 \times 10^{-5}$ m/s e $1,95 \times 10^{-5}$ m/s. Il grado di permeabilità è definibile come medio e di tipo primario, dato cioè dalla presenza di pori interconnessi tra loro che caratterizzano i depositi in questione. Per quanto riguarda il substrato filladico, questo mostra dei valori di conducibilità idraulica dati dalle prove in foro di tipo Lugeon, da medio-bassi a bassi con oscillazioni che vanno da 3×10^{-6} m/s a $9,1 \times 10^{-7}$ m/s. La permeabilità è di tipo secondario, legata quindi alla presenza più o meno intensa di fratture soprattutto nelle porzioni più superficiali, in cui può essere presente un detensionamento dell'ammasso.

Nel periodo di maggio del 2012 sono state effettuate le letture piezometriche nel sondaggio "C11", di 50 m di profondità, nel quale risultano essere stati installati due distinti piezometri: un piezometro Norton a tubo aperto (di 15 m di profondità) e un piezometro Casagrande, con cella alla profondità di 40 m. Di seguito si riportano le letture di soggiacenza eseguite al termine della fase di perforazione con le relative date.

C11 (Q. 614,5)	Norton (- 15 m)	Casagrande (-40 m)
data	26/05/12	26/05/12
(m da p.c.)	12,98	18,02

Tabella 3: dati relativi alle letture piezometriche a fine perforazione relative al sondaggio C11

Le misurazioni riportate in tabella parrebbero riferite a due falde distinte, una prima più superficiale nei depositi fluvioglaciali, la seconda leggermente più in profondità nella parte alta del substrato roccioso.

Dal successivo monitoraggio del piezometro in questione (punto B_001349) nelle due campagne successive risulta quanto sintetizzato nella tabella che segue. Per ognuna delle campagne sono disponibili 4 misure di cui non è nota la data, nella tabella vengono indicati il valore massimo e il valore minimo di soggiacenza misurata:

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 32 di 59

Campagna di monitoraggio	Soggiacenza minima (m da p.c.)	Soggiacenza massima (m da p.c.)
2013-2014	33,90	36,20
2015-2016	35,95	36,97

Tabella 4: dati relativi al monitoraggio del piezometro B_001349

Date le misure rilevate si evince che si tratta del monitoraggio del piezometro Casagrande (con celle installata a 40 m di profondità), mentre non sono disponibili ulteriore misure della falda nel piezometro Norton a tubo aperto.

Tale piezometro è stato in seguito eliminato dalla campagna di monitoraggio 2016-17 in quanto intasato e non più misurabile.

Nel nuovo sondaggio S21/1 integrativo eseguito nella presente fase progettuale invece non è stata rinvenuta la presenza di falda fino a fondo foro.

Il modello idrogeologico può essere schematizzato cautelativamente (in ragione dell'assenza di ulteriori misure nel piezometro superficiale) considerando due falde in profondità che interessano sia i depositi fluvioglaciali che il sottostante substrato roccioso filladico, quest'ultima, secondo i dati del monitoraggio tra il 2013 e il 2016, a profondità maggiore di 34 m circa da piano campagna.

Temporaneamente, in conseguenza ad eventi meteorici, potrebbe impostarsi una circolazione idrica anche nell'ammasso roccioso che caratterizza il piede del versante interessato dall'opera di progetto, con un flusso diretto da monte verso valle. Tale fenomeno deve comunque essere considerato transitorio e localizzato a porzioni del substrato caratterizzate da una permeabilità secondaria data dallo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso.

9. CENNI SULLA SISMICITÀ DELL'AREA

9.1 DATI DISPONIBILI

Il tracciato di progetto si sviluppa interamente nel territorio della Provincia Autonoma di Bolzano. Per caratterizzare dal punto di vista generale la sismicità regionale, la ricerca bibliografica ha permesso di reperire le seguenti informazioni di base:

- Carta della sismicità in Italia, prodotta dal Centro Nazionale Terremoti dell'INGV (Figura 14);
- Mappa della pericolosità sismica di riferimento, prodotta dall'INGV per l'intero territorio nazionale e relativa alla nuova classificazione sismica dei comuni italiani;
- Nuova mappa della classificazione sismica dei comuni italiani aggiornata al 2010;

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	33 di 59

9.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA DI PROGETTO

Il territorio della Provincia Autonoma di Bolzano è classificato in Zona sismica 4 ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Provinciale n. 4047 del 6.11.2006 della Provincia Autonoma di Bolzano.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n.3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base dei valori di accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni, visualizzati in Figura 15 e Figura 16, così definiti:

- Zona 1: $a(g) > 0.25$ g
- Zona 2: $0.15 \text{ g} < a(g) \leq 0.25$ g
- Zona 3: $0.05 \text{ g} < a(g) \leq 0.15$ g
- Zona 4: $a(g) \leq 0.05$ g

La seguente Tabella 5 riporta la classificazione sismica dei diversi comuni interessati dal progetto di Quadruplicamento della tratta ferroviaria Fortezza – Verona, in base alle normative sopra citate;

Regione	Comune	classificazione sismica
Provincia Autonoma di Bolzano	Fortezza	4
	Varna	4
	Bressanone	4
	Veltuno	4
	Funes	4
	Chiusa	4
	Laion	4
	Ponte Gardena	4

Tabella 5: Elenco dei comuni interessati dal tracciato con indicazione del rischio sismico secondo la normativa nazionale e regionale.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 34 di 59

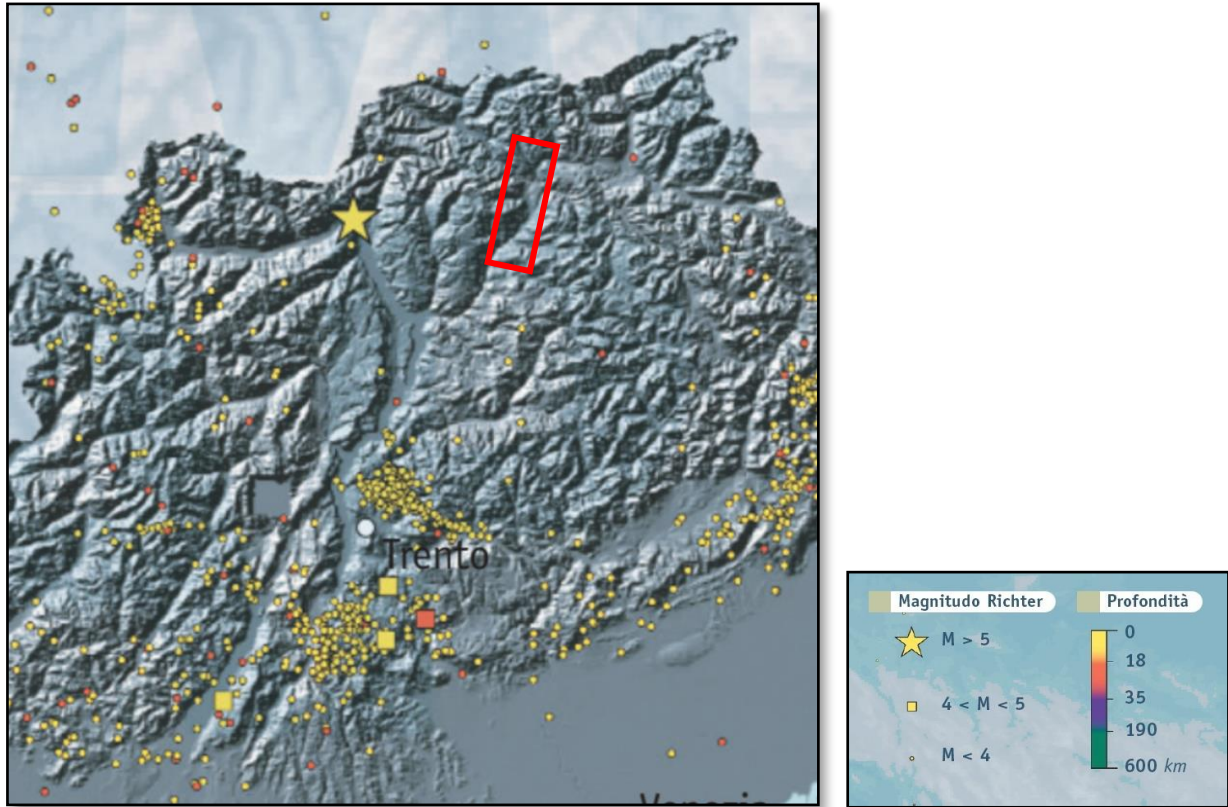


Figura 14: stralcio della Carta della sismicità in Italia tratta dal sito dell'INGV: <http://csi.rm.ingv.it>. Il rettangolo rosso indica l'area di progetto.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 35 di 59

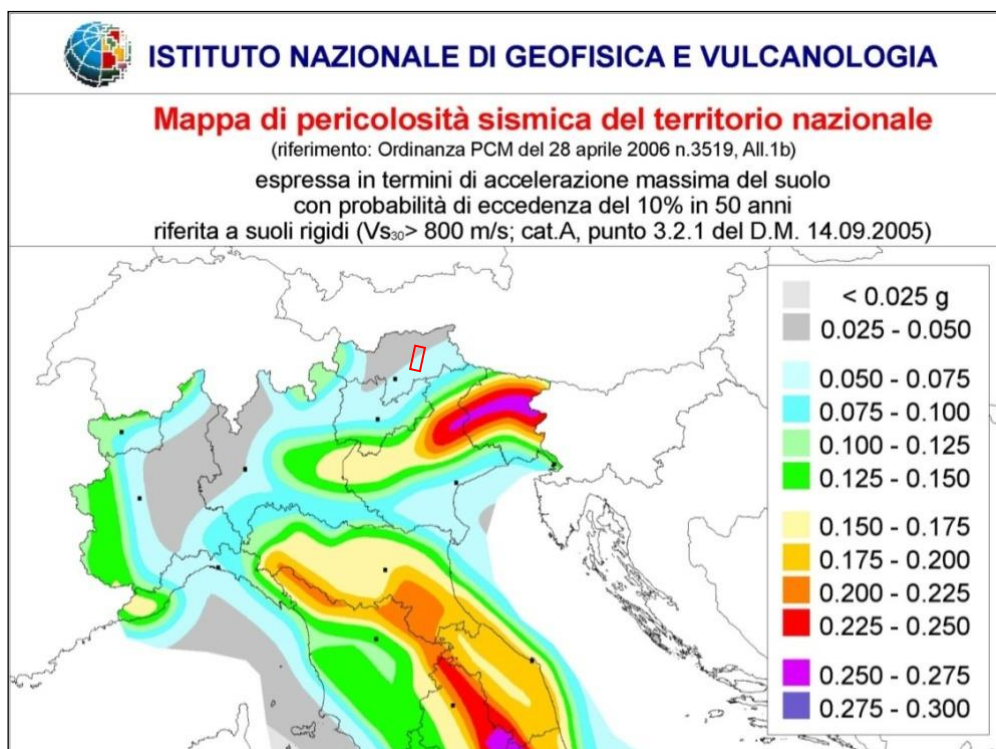
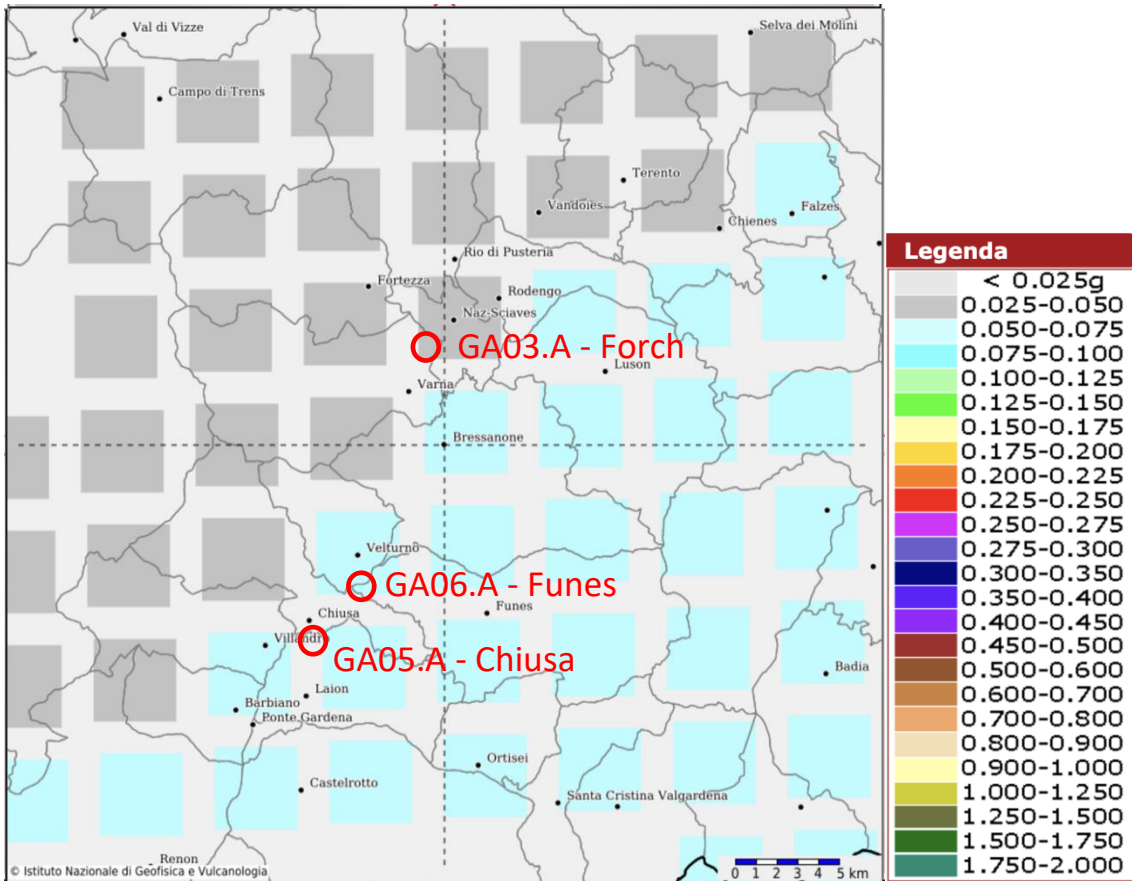


Figura 15: Mapa di pericolosità sismica dell'intero territorio nazionale redatta dall'INGV. La figura è stata tratta dal sito dell'INGV: <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>. Il rettangolo rosso indica l'area di progetto.

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 36 di 59



Selezione Mappa


Visualizza punti della griglia riferiti a:	<input checked="" type="checkbox"/>
Parametro dello scuotimento:	PGA ▾
Probabilità in 50 anni:	10% ▾
Percentile:	50° ▾
Periodo spettrale (sec.):	--- ▾
Ridisegna mappa 	

Figura 16: Mappa di pericolosità sismica dell'area studiata redatta dall'INGV. La figura è stata tratta dal sito dell'INGV: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>. I cerchi rosso con la relativa sigla individuano la posizione delle WBS oggetto del presente rapporto

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	37 di 59

9.3 SISMICITÀ STORICA LOCALE

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato i comuni di Fortezza, Funes e Chiusa, che sono i più prossimi all'ubicazione degli imbocchi in progetto (rispettivamente GA03.A, GA06.A e GA05.A)

Le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15 v1.5 (Locati et al.,2016), il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 v1.5 (Rovida et al., 2016, consultabile on-line al sito <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>).

Nelle figure che seguono la chiave di lettura delle sigle è la seguente: Int. = intensità in sito (MCS); Me = mese Gi = giorno Ho = ora; NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io = intensità massima (MCS); Mw = magnitudo momento.

Fortezza



PlaceID	IT_20470
Coordinate (lat, lon)	46.788, 11.612
Comune (ISTAT 2015)	Fortezza/Franzensfeste
Provincia	Bolzano
Regione	Trentino-Alto Adige
Numero di eventi riportati	5

Effetti	In occasione del terremoto del						Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se				
F	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5-6	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
3-4	1924	05	12	08	46		Carnia	20	6	5.04
5	2001	07	17	15	06	1	Val Venosta	657	5-6	4.78

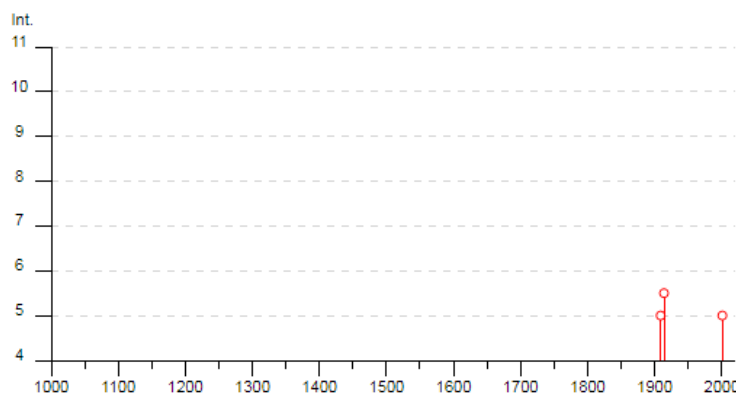


Figura 17: Terremoti storici al di sopra della soglia di danno che hanno interessato il comune di Fortezza (come riferimento per la WBS GA03.A – Imbocco Finestra Forch).

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	38 di 59

Funes (San Pietro)



PlaceID IT_20476
Coordinate (lat, lon) 46.642, 11.679
Comune (ISTAT 2015) Funes/Villnöß
Provincia Bolzano
Regione Trentino-Alto Adige
Numero di eventi riportati 4

Effetti	In occasione del terremoto del						NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale		
4	1895	04	14	20	17	3	Ljubljana	810	8-9 5.98
F	1897	07	15	05	53		Ljubljana	325	6-7 4.99
5	2001	07	17	15	06	1	Val Venosta	657	5-6 4.78
3	2004	07	12	13	04	0	Slovenia nord-occidentale	353	5.12



Figura 18: Terremoti storici al di sopra della soglia di danno che hanno interessato il comune di Funes, in cui si ubica la WBS GA06.A (imbocco Finestra Funes)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 39 di 59

Chiusa



PlaceID	IT_20410
Coordinate (lat, lon)	46.641, 11.569
Comune (ISTAT 2015)	Chiusa/Klausen
Provincia	Bolzano
Regione	Trentino-Alto Adige
Numero di eventi riportati	7

Effetti	In occasione del terremoto del						NMDP	Io	Mw	
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale			
4	1859	01	20	07	55		Prealpi Trevigiane	36	6	4.80
F	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
4	1895	04	14	20	17	3	Ljubljana	810	8-9	5.98
F	1902	06	19	09	23		Alpi Retiche	184	6-7	4.96
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
5	2001	07	17	15	06	1	Val Venosta	657	5-6	4.78

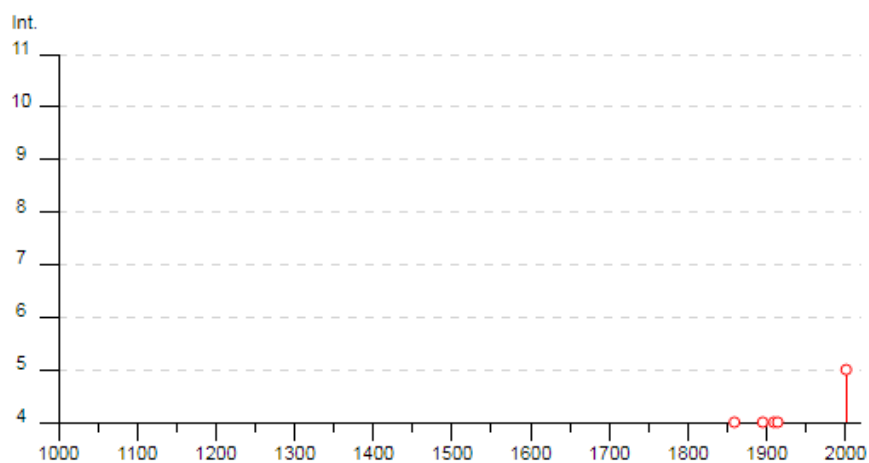


Figura 19: Terremoti storici al di sopra della soglia di danno che hanno interessato il comune di Chiusa (come riferimento per la WBS GA05.A – Imbocco Finestra di Chiusa).

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	40 di 59

9.4 PARAMETRI LOCALI PER L'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

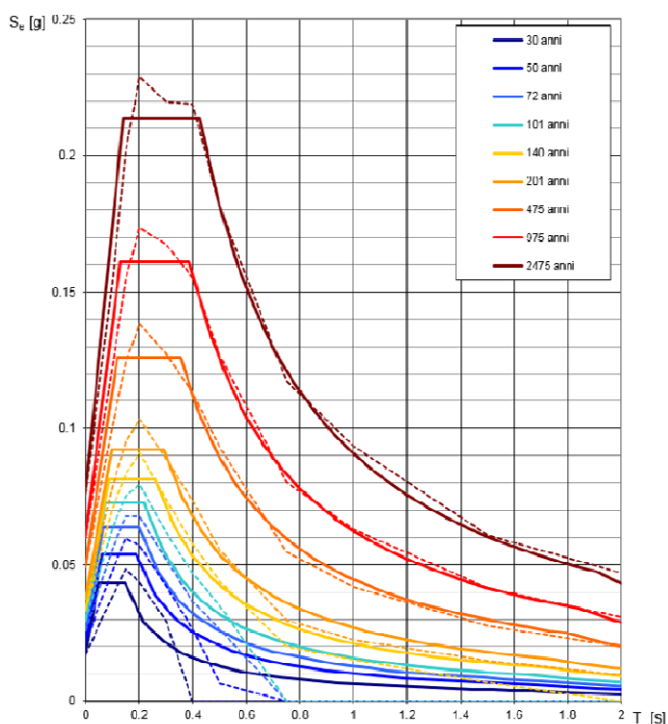
Nelle seguenti tabelle e figure sono forniti, per i comuni in cui si ubicano le opere di imbocco in progetto, per periodi di ritorno TR di 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni, i valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* e gli Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno TR da utilizzare per definire l'azione sismica di riferimento.

Nelle tabelle che seguono, la chiave di lettura delle sigle è la seguente: a_g = accelerazione orizzontale massima al sito su suolo tipo A; F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

TR [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^*
30	0.017	2.546	0.146
50	0.022	2.464	0.188
72	0.026	2.464	0.201
101	0.030	2.449	0.218
140	0.033	2.446	0.260
201	0.037	2.471	0.292
475	0.049	2.555	0.355
975	0.060	2.680	0.387
2475	0.076	2.809	0.424

Tabella 6: Valori dei parametri di a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno TR di riferimento per il comune di Varna (WBS GA03.A – Imbocco finestra Forch)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 41 di 59



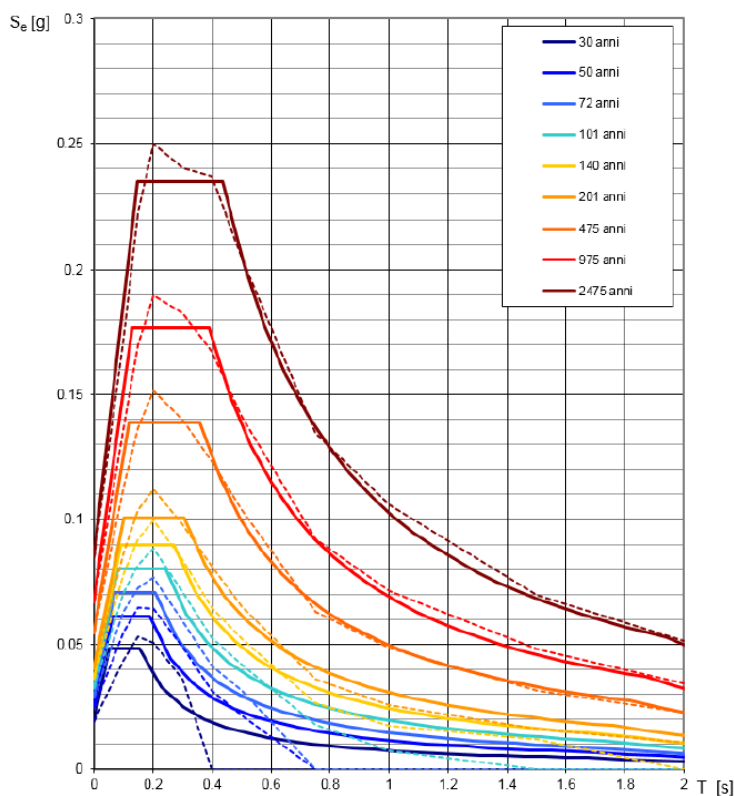
NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Figura 20: Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno TR di riferimento (Comune di Varna - WBS GA03.A – Imbocco finestra Forch)

TR [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^*
30	0.019	2.504	0.155
50	0.025	2.463	0.188
72	0.029	2.450	0.208
101	0.033	2.457	0.242
140	0.036	2.481	0.271
201	0.040	2.486	0.305
475	0.055	2.543	0.357
975	0.067	2.632	0.390
2475	0.085	2.758	0.437

Tabella 7: Valori dei parametri di a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno TR di riferimento per il comune di Funes (WBS GA06.A – Imbocco finestra Funes)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 42 di 59



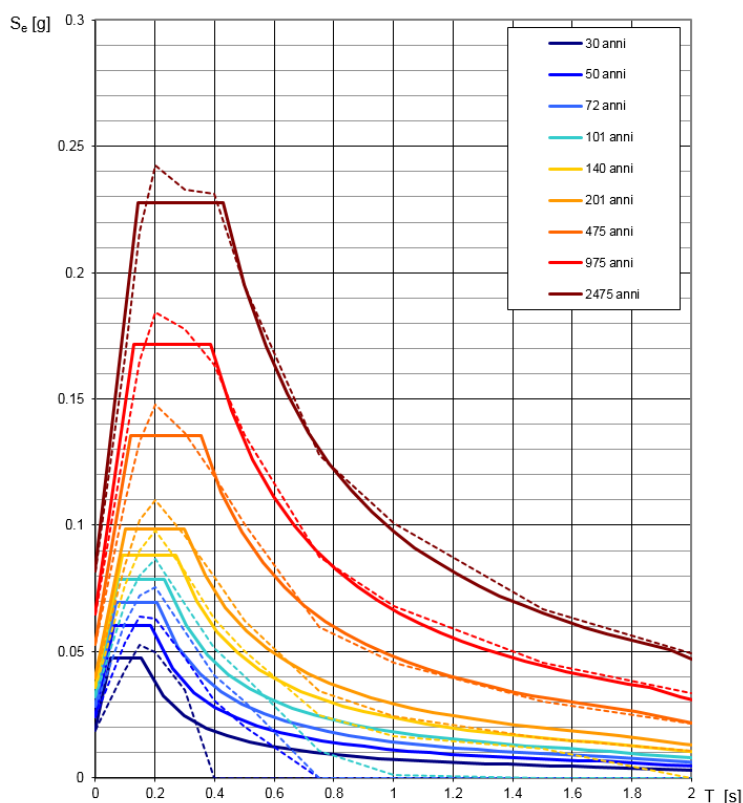
NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Figura 21: Spettri di risposta elastica per i periodi di ritorno TR di riferimento (Comune di Funes - WBS GA06.A – Imbocco finestra Funes)

TR [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^*
30	0.019	2.529	0.154
50	0.024	2.484	0.186
72	0.028	2.460	0.206
101	0.032	2.449	0.233
140	0.036	2.468	0.269
201	0.040	2.486	0.298
475	0.053	2.553	0.354
975	0.065	2.650	0.388
2475	0.082	2.780	0.429

Tabella 8: Valori dei parametri di a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno TR di riferimento per il comune di Laion (WBS GA05.A – Imbocco finestra di Chiusa)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"											
PROGETTAZIONE:													
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO											
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria												
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1AEZZ</td> <td>RH</td> <td>GE0000</td> <td>B</td> <td>43 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	43 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	43 di 59								



NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Figura 22: Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno TR di riferimento (Comune di Laion - WBS GA05.A – Imbocco finestra di Chiusa)

9.5 CATEGORIE SISMICHE DI SOTTOSUOLO DELL'AREA DI PROGETTO

9.5.1 Imbocco Finestra Forch (GA03.A)

Per la definizione della categoria di sottosuolo dell'imbocco di Finestra Forch e della viabilità d'accesso si fa riferimento ai risultati delle indagini sismiche disponibili più vicine al tracciato, che sono rappresentate dalla prova tipo MASW R06 e dal profilo tomografico a rifrazione Pes15 (cfr paragrafo 6.1.2).

La prova MASW R06 fornisce un valore della V_{s30} pari a 530 m/s corrispondente ad una categoria B secondo la Tab. 3.2.II - NTC2008.

L'analisi della sezione sismica Pes15 per le onde S evidenzia valori variabili tra circa 250-300 m/s in superficie, 500 m/s a circa 5-6 m di profondità arrivando ad un massimo di 600-700 m/s a circa 50 m di profondità.

Di seguito si riporta il calcolo, ai sensi della normativa, della velocità equivalente delle onde sismiche valutata sulla verticale della progressiva 20 m del profilo sismico Pes15, valutata come V_{s30} , essendo il substrato sismico rigido ubicato a profondità superiore a 30 m.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	44 di 59

$$V_{S30} = 30 / (1,5/125 + 3,3/275 + 4,6/325 + 3,2/375 + 3,6/425 + 6,0/475 + 7,8/510) = 431 \text{ m/s}$$

Il calcolo sopra riportato permette quindi, per la verticale considerata di attribuire alla zona esaminata una categoria sismica di sottosuolo B, secondo la Tab. 3.2.II - NTC2008.

9.5.2 Imbocco Finestra Funes (GA06.A)

Per la definizione della categoria di sottosuolo dell'imbocco di Finestra Funes si può fare riferimento ai risultati delle indagini geognostiche eseguite nel rilevato stradale ove è previsto l'imbocco, all'indagine sismica MASW "Res 6" eseguita nella zona antistante l'imbocco occupata dai depositi alluvionali dell'Isarco e alle altre prove sismiche eseguite in contesto litostratigrafico simile (depositi alluvionali di spessore superiore a 30 m) nella zona delle pile del Ponte Isarco (Cross Hole D7 e MASW "Res 5"). Sono inoltre disponibili altre indagini sismiche eseguite tra il rilevato autostradale dell'A22 e la base del versante, rappresentate dalla prova Down Hole eseguite nel sondaggio S21/2 della presente fase di progettazione e nel sondaggio EO41, oltre che dalla prova Masw "Res19", che si riportano per completezza d'informazione.

- I valori di N_{spt} delle prove eseguite nel sondaggio EO30b sono prevalentemente maggiori di 50 e in alcuni casi le prove sono andate a rifiuto, configurando quindi una possibile categoria di sottosuolo B per l'insieme del rilevato antropico della Sp27 e dei sottostanti depositi.
- La prova MASW "Res 6" restituisce un valore di V_{S30} pari a 295 m/s, corrispondente a una categoria C, caratterizzante localmente la verticale d'indagine sui depositi alluvionali dell'Isarco.
- La prova Cross Hole D7, eseguita nei depositi alluvionali dell'Isarco nei pressi della posizione prevista per le pile del nuovo ponte ferroviario, in un settore dove il modello geologico prevede uno spessore di depositi alluvionali superiore a 30 m, restituisce un valore di V_{S30} pari a 469 m/s, corrispondente alla categoria di sottosuolo B.
- La prova MASW "Res 5" eseguita anch'esse in prossimità dell'ubicazione delle pile del futuro ponte sull'Isarco, quindi in contesto litostratigrafico comparabile con quelli di cui sopra, restituisce un valore di V_{S30} pari a 392 m/s, corrispondente alla categoria di sottosuolo B.
- La prova Down Hole eseguita nel sondaggio S12/2, interpretata secondo i criteri di valutazione del parametro V_{S30} secondo la normativa di riferimento (NTC2008), restituisce un valore pari ad almeno 585 m/s corrispondente alla categoria di sottosuolo B (il sondaggio è profondo 25 m e di conseguenza la prova Down Hole restituisce valori di V_s solo fino a tale profondità, ma si osserva un progressivo aumento della V_s con la profondità).
- La prova Down Hole HO41, eseguita nel sondaggio EO41, restituisce un valore di V_{S30} pari a 477 m/s, corrispondente alla categoria di sottosuolo B.
- La prova MASW "Res 19" restituisce un valore di V_{S30} pari a 469 m/s, corrispondente a una categoria di sottosuolo B.

9.5.3 Imbocco Finestra di Chiusa (GA05.A)

Per stabilire la categoria sismica di sottosuolo dell'imbocco della Finestra di Chiusa e relativa viabilità di accesso si hanno a disposizione i risultati delle indagini sismiche realizzate nelle immediate vicinanze delle

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 45 di 59

opere in progetto, in particolare la prova cross-hole D11, la prova Down-hole eseguita nel foro del sondaggio S21/1 e il profilo tomografico a rifrazione Pes21 (cfr. paragrafo 6.3). I valori della velocità delle onde S sono già superiori a 360 m/s a partire da 2-3 m sotto la superficie, in aumento progressivo fino a oltre 1000 m/s alla profondità di 25-30 m circa.

La prova Cross Hole D11 è stata eseguita nel pianoro antistante la posizione dell'imbocco, circa 50 m a sud dell'asse della finestra. Essa è altresì rappresentativa della stratigrafia individuata per la nuova viabilità d'accesso NV072 e restituisce un valore di V_{s30} pari a 605 m/s, corrispondente alla categoria di sottosuolo B.

Di seguito si riporta il calcolo, ai sensi della normativa di riferimento, della velocità V_{s30} delle onde sismiche valutata sulla verticale della prova Down Hole eseguita nel sondaggio S21/1

- S21/1: $V_{s30} = 30 / (3/330 + 2/480 + 2/540 + 7/590 + 6/900 + 10/1250) = 690 \text{ m/s}$

L'analisi dei risultati delle prove sismiche sopra citate ed i calcoli della V_{s30} eseguiti permettono dunque di sia attribuire sia al terreno dell'area relativa all'imbocco che a quello della zona della viabilità di accesso, una categoria sismica di sottosuolo B, secondo la Tab. 3.2.II - NTC2008.

9.6 CATEGORIA TOPOGRAFICA

L'azione sismica di progetto è influenzata anche dalla topografia del sito in esame, ovvero dalla possibile amplificazione del moto sismico indotta dall'orografia del sito.

Come per le condizioni stratigrafiche, le norme tecniche vigenti definiscono quattro categorie topografiche in funzione della superficie topografica e della sua inclinazione (Tabella 9).

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

Tabella 9: - Categorie topografiche ai sensi delle NTC₂₀₀₈, Tab. 3.2.III

Vista la configurazione altimetrica delle zone di interesse degli imbocchi in progetto, si possono assumere le seguenti categorie secondo la Tab. 3.2.III - NTC2008:

- Imbocco Finestra Forch: Categoria Topografica T1 (superficie topografica originale con $i < 15^\circ$)
- Imbocco Finestra Funes: Categoria Topografica T1 (superficie topografica con inclinazione $< 15^\circ$)
- Imbocco Finestra di Chiusa: Categoria Topografica T2 (pendio con inclinazione $> 15^\circ$)

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	46 di 59

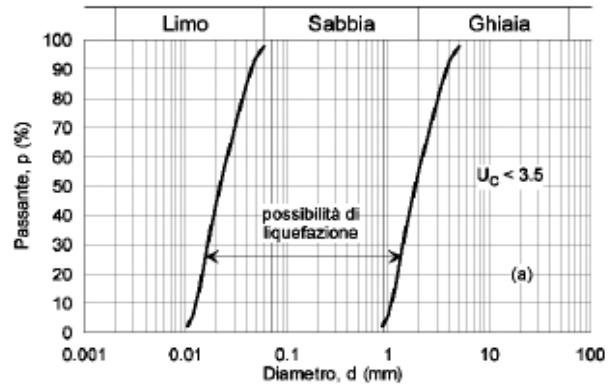
9.7 CONSIDERAZIONI SULLA LIQUEFAZIONE

Il contesto geologico in cui si sviluppano le opere in progetto, che interessano prevalentemente terreni sciolti granulari a grossolani ed eterometrici (depositi fluvioglaciali, copertura detritica superficiale, depositi alluvionali, depositi antropici eterogenei), è tale da poter escludere in linea generale il rischio di liquefazione in caso di sisma.

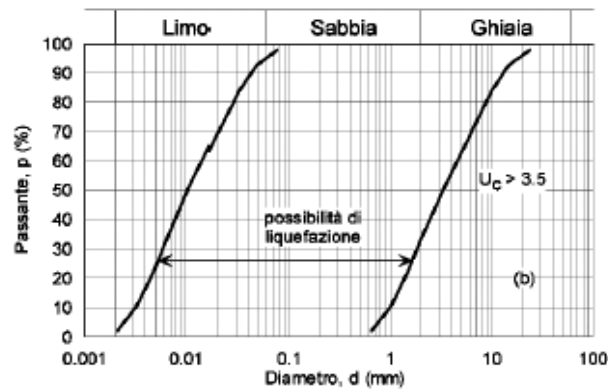
Secondo la normativa la verifica può essere omessa nel caso in cui si manifesti almeno una delle circostanze elencate nella tabella che segue:

1	Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g	Verificata in tutti e tre i casi in esame
2	Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali	Verificata per GA03.A (Forch) e GA05.A (Chiusa) – Non verificata per GA06.A (Funes)
3	Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_c \cdot 1N > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $q_c \cdot 1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa	NON VALUTABILE
4	Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella <i>Figura 23(a)</i> nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in <i>Figura 23 (b)</i> nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$	Verosimilmente verificabile in tutti e tre i casi in esame

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 47 di 59



a)



b)

Figura 23 – Fusi granulometrici suscettibili di liquefazione (Fig. 7.11.1, NCT2008).

Si può ragionevolmente assumere che nessuno dei terreni in cui saranno realizzate le opere in oggetto possa presentare curve granulometriche completamente contenute nei fusi sopra indicati.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 48 di 59

10. SINTESI DEL MODELLO GEOLOGICO DI DETTAGLIO DELLE AREE DI INTERVENTO

10.1 IMBOCCO FINESTRA FORCH

L'imbocco della galleria naturale di finestra Forch è previsto alla base della scarpata sul lato Ovest della cava di ghiaia esistente, all'estremità della fossa di coltivazione (Figura 24). I terreni affioranti lungo le scarpate della fossa sono i depositi fluvioglaciali (df), esposti per tutta l'altezza della scarpata stessa, pari circa 25-27 metri. In dettaglio questi depositi sono costituiti da ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa grossolana con frequenti blocchi di dimensioni pluridecimetriche, fino a più di 1 m di diametro (Figura 25). I clasti e i blocchi sono prevalentemente di natura gneissica, e granitica con minori filladi, micascisti e quarziti. I blocchi di maggiori dimensioni presentano quasi esclusivamente una litologia granitica. Il grado di arrotondamento dei clasti varia da medio a elevato. Alla base della scarpata si osserva una piccola falda detritica di sabbie grossolane derivante dal colluviamento della matrice del deposito soprastante, il che testimonia l'assenza di coesione e/o cementazione. Il colore del deposito è grigio chiaro. Si osservano strutture deposizionali rappresentate da tracce di stratificazione suborizzontale, sottolineata dall'allineamento di clasti a granulometria simile, ed embricatura dei clasti più appiattiti.

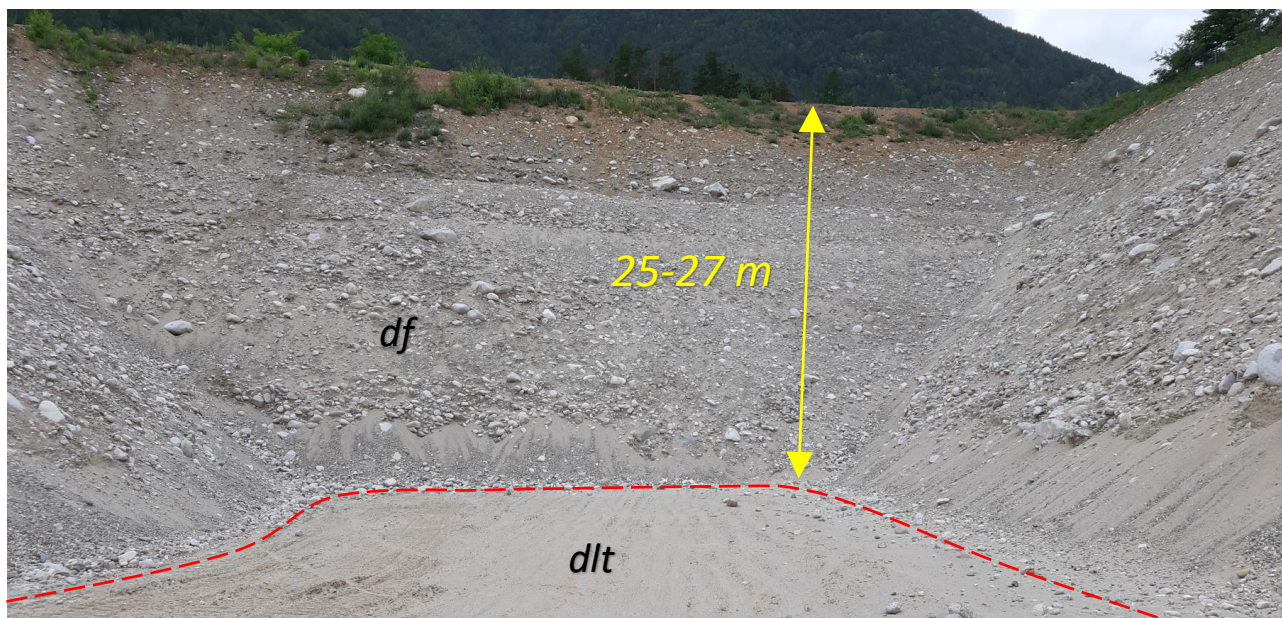


Figura 24: Vista della scarpata di cava, scavata nei depositi fluvioglaciali (fg) dove è previsto l'imbocco della galleria naturale di Finestra Forch. Alla base delle scarpate si osserva la falda di sabbia grossolana e ghiaia colluviata. Sul fondo pianeggiante della fossa di cava affiorano le sabbie dell'unità glaciolacustre (dlt).

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"											
PROGETTAZIONE:													
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO											
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria												
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1AEZZ</td> <td>RH</td> <td>GE0000</td> <td>B</td> <td>49 di 59</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	49 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	49 di 59								



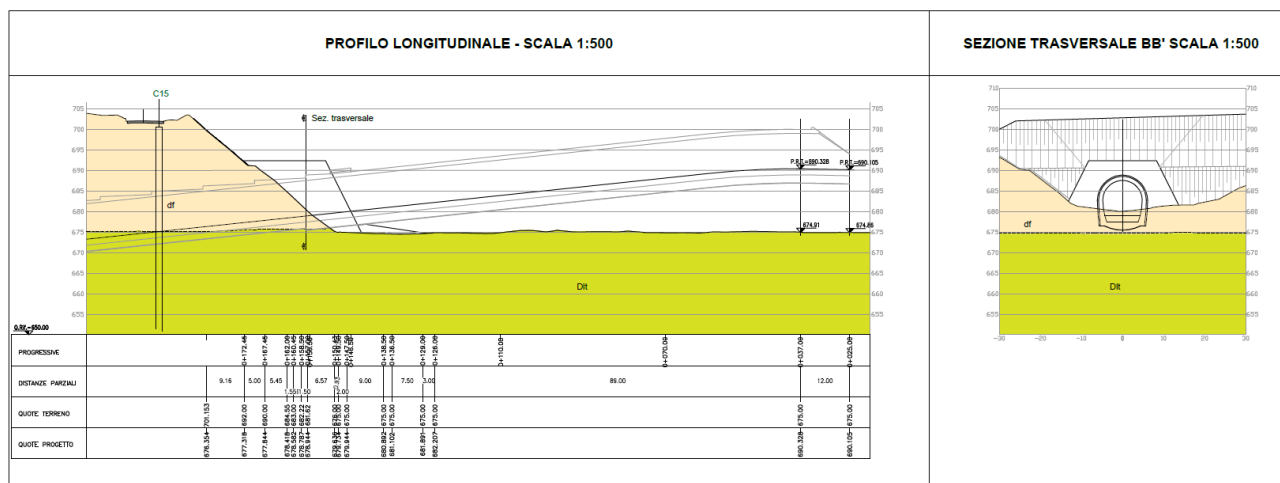
Figura 25: dettaglio dei depositi alla base della scarpata laterale alla posizione dell'imbocco della galleria naturale di Finestra Forch, con in evidenza due blocchi di granito sub arrotondati di dimensioni da pluridecimetriche (A) a metriche (B).

Sul fondo della fossa di cava affiorano sabbie medio-fini, con locale ghiaia, ciottoli e sporadici clay-chips, di colore beige. Questi depositi sono stati attribuiti all'unità di origine glaciolacustre in facies deltizia (dlt) presenti al di sotto dei depositi fluvioglaciali grossolani descritti in precedenza.

Il modello geologico di riferimento per l'imbocco della Finestra Forch, rappresentato nel piano-profilo allegato, prevede le due unità sopra descritte sovrapposte e separate da un limite erosionale con giacitura suborizzontale posto alla base della scarpata di cava. L'andamento lungo il profilo longitudinale di detto limite è controllato dal dato del sondaggio C15, la cui stratigrafia individua il passaggio dalla formazione ghiaiosa df alle sabbie dlt alla profondità di 22 m circa.

Lo scavo della sezione di attacco della galleria naturale avverrà completamente all'interno della formazione ghiaiosa (df) superiore, mentre in arco rovescio verrà lambito il limite delle sottostanti sabbie (dlt) (Figura 26).

APPALTATORE: 	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO												
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO.</td> </tr> <tr> <td>IBOU</td> <td>1AEZZ</td> <td>RH</td> <td>GE0000</td> <td>B</td> <td>50 di 59</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	50 di 59
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	50 di 59								



APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità		IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	51 di 59

elevato angolo di inclinazione mediante terra rinforzata, di cui durante i sopralluoghi si è potuto verificare la presenza della rete elettrosaldata di armatura esterna.



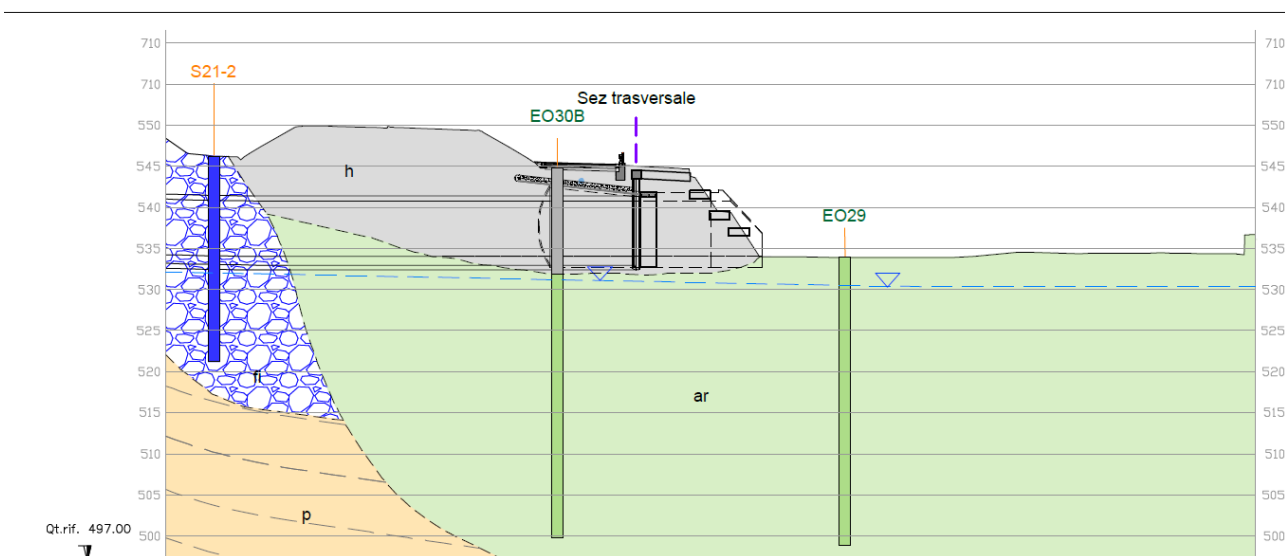
Figura 27: vista panoramica da Nord del rilevato della Sp27 in cui è prevista la realizzazione dell'imbocco della finestra Funes .

Il rilevato appoggia sui depositi alluvionali dell'Isarco, che costituiscono anche il sottosuolo dell'area pianeggiante di fondovalle antistante la strada provinciale verso nord. Tali depositi alluvionali, la cui natura è rilevabile dalle stratigrafie dello stesso sondaggio EO30b, dalla profondità di 13 m fino a fondo foro (40 m) e del sondaggio EO29, per tutta la profondità di 35 m, sono costituiti da prevalenti sabbie da fini a medie, con ghiaia e ciottoli, con alternati livelli metrici di sabbie ghiaiose e locali sabbie limose, queste ultime presenti in particolare nei primi metri al di sotto del rilevato (EO30b) e del piano campagna (EO29). La natura dei clasti delle ghiaie e ciottoli è prevalentemente di fillade quarzifera o di vene di quarzo. I clasti hanno granulometria massima dei ciottoli e localmente arrivano a dimensioni massime di 20 cm circa. In base ai dati sopra esposti si può escludere la presenza nel deposito alluvionale di trovanti rocciosi di grandi dimensioni, specie nell'intervallo di profondità in cui dovranno essere perforati i pali delle paratie d'imbocco.

Secondo il modello geologico rappresentato nelle sezioni geologiche contenute nel piano-profilo allegato, di cui si riporta uno stralcio in Figura 28, la sezione di attacco della galleria naturale è prevista interamente all'interno del rilevato stradale della SP27. I pali del diaframma dell'imbocco saranno invece intestati nei sottostanti depositi alluvionali.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 52 di 59

PROFILO LONGITUDINALE - SCALA 1:500



SEZIONE TRASVERSALE - SCALA 1:500

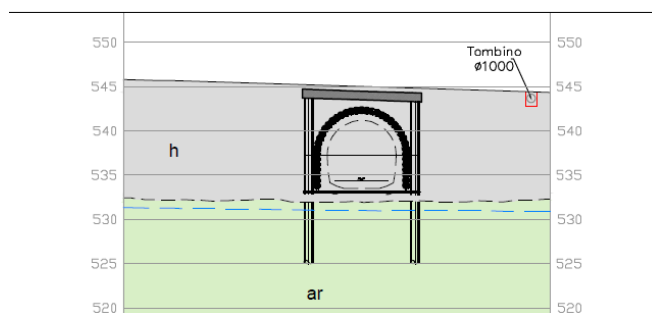


Figura 28: stralcio del Plano-Profilo allegato con la sezione geologica longitudinale e la sezione geologica trasversale dell'imbocco di finestra Funes.

Come dettagliato nel paragrafo relativo all'assetto idrogeologico della zona di intervento, all'interno dei depositi alluvionali è presente una falda libera in equilibrio idraulico con l'alveo del Fiume Isarco, che scorre a nord dell'area pianeggiante antistante l'imbocco, ad una distanza di circa 120 m da quest'ultimo. Il livello di falda, rilevato nei piezometri dei due sondaggi EO30b ed EO29 si posiziona circa 1 m al di sotto della base del rilevato e 3-4 m sotto il piano campagna dell'area pianeggiante antistante l'imbocco, ossia ad una quota di circa 530-531 m slm. In tale contesto le opere di imbocco e la galleria si posizionano al di sopra del livello di falda, mentre i pali delle paratie saranno infissi in parte in terreno saturo sotto falda.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IBOU	1AEZZ	RH	GE0000	B	53 di 59

10.3 IMBOCCO FINESTRA DI CHIUSA

Il modello geologico di riferimento per l'imbocco della Finestra di Chiusa è stato ricostruito sulla base dei risultati dei rilievi geologici integrativi eseguiti nella presente fase progettuale, nonché dei dati delle indagini geognostiche disponibili dalle campagne di investigazione pregresse (in particolare la stratigrafia del sondaggio C11) e della campagna integrativa della presente fase di progetto Esecutivo, con la stratigrafia del sondaggio S21/1.

La posizione prevista per l'imbocco è a una quota di circa 613 m slm, alla base di un pendio detritico che si affaccia su di un ripiano morfologico occupato da un'area prativa nel cui sottosuolo sono presenti depositi fluvioglaciali. Lungo la scarpata del pendio, durante i rilievi di terreno integrativi, si è evidenziata in superficie l'assenza di affioramenti rocciosi e la presenza di una copertura detritica di versante formata da clasti di natura essenzialmente filladica di dimensioni non superiori alcuni decimetri in matrice sabbioso-limoso. Non sono stati osservati blocchi rocciosi di dimensioni metriche. Le evidenze superficiali di questa copertura detritica si estendono in quota almeno fino a 634 m circa, ove termina il bosco; qui il pendio è attraversato in senso trasversale all'asse della galleria da una stradina interpodereale, al di sopra della quale si osservano prati, sviluppati su probabile copertura colluviale del substrato roccioso filladico sottostante.

Al piede del versante, in posizione corrispondente all'inizio della galleria artificiale, nel profilo geologico longitudinale del modello di riferimento è stato proiettato il dato del sondaggio C11, ubicato circa 45 m più a sud della posizione dell'imbocco. La stratigrafia del sondaggio prevede un deposito da fine a grossolano con clasti eterometrici a vario grado di arrotondamento, ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa, con elementi litoidi di natura filladica, quarzosa, granitica e dolomitica, fino alla profondità di 10,5 m, seguito da sabbie limose da fini a grossolane con un livello di ciottoli e blocchi poligenici (di natura filladica e granitica), fino alla profondità di 17,6 m dove viene incontrato il substrato roccioso di natura filladica. I depositi ghiaiosi e sabbiosi presenti tra 2 e 17,6 m sono stati interpretati come appartenenti all'unità dei depositi fluvioglaciali (df) sulla base della natura poligenica dei clasti e delle alternanze di livelli ghiaiosi e sabbiosi. Il settore più superficiale del substrato roccioso presenta un elevato grado di fratturazione e alterazione, per uno spessore di circa 16-17 m fino a 33-34 m di profondità, intervallo nel quale l'indice RQD dell'ammasso roccioso è costantemente inferiore al 50%, con frequenti livelli ove è pari a zero. All'altezza di questa zona di ammasso roccioso di bassa qualità il modello di PD ipotizza la presenza di una importante zona di taglio a basso angolo.

Alla sommità del versante detritico boscoso è invece stato proiettato, lungo il profilo geologico longitudinale, il dato del nuovo sondaggio integrativo S21/1, realizzato lungo la stradina esistente, circa 15 m a Nord dell'asse della galleria, ad una quota di 631 m. La stratigrafia del sondaggio prevede, al di sotto del terreno vegetale sabbioso (0,4 m) un primo livello superficiale esteso fino a 4,6 m di profondità composto da detrito eterometrico ed eterogeneo in matrice sabbiosa grossolana, seguito da un trovante lapideo di fillade quarzifica poco fratturato nei primi 2 m circa e poi molto fratturato, fino alla profondità di 8,3 m. Al di sotto del trovante e fino a 10 m si trova nuovamente detrito eterometrico in matrice sabbiosa grossolana, seguito da ghiaie sabbiose e ghiaie grossolane fino alla profondità di 16,55 m, dove viene raggiunto il substrato roccioso rappresentato da filladi e porfiroidi scistososi (p). I materiali sciolti attraversati dal sondaggio sono stati attribuiti ai detriti di versante (d). L'ammasso roccioso si presenta inizialmente più fratturato, fino alla profondità di 22 m circa, per poi migliorare la qualità geomeccanica fino a fondo foro alla profondità di 30 m.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 54 di 59	

Sulla base dell'interpolazione dei dati dei due sondaggi descritti, ubicati rispettivamente al piede del versante d'imbocco e a monte della sezione di attacco della galleria naturale, si è ipotizzato che la stessa sezione di attacco, si imponi completamente all'interno dei depositi detritici di versante (d), sovrastanti un probabile livello di depositi fluvioglaciali (df) di natura granulometrica prevalentemente grossolana (ghiaioso – ciottolosi in matrice sabbiosa). Il modello geologico sopra descritto è rappresentato tramite la sezione longitudinale e la sezione trasversale lungo la sezione d'attacco della galleria naturale rappresentata nel Plano-Profilo allegato, di cui si rappresenta uno stralcio in (Figura 29).

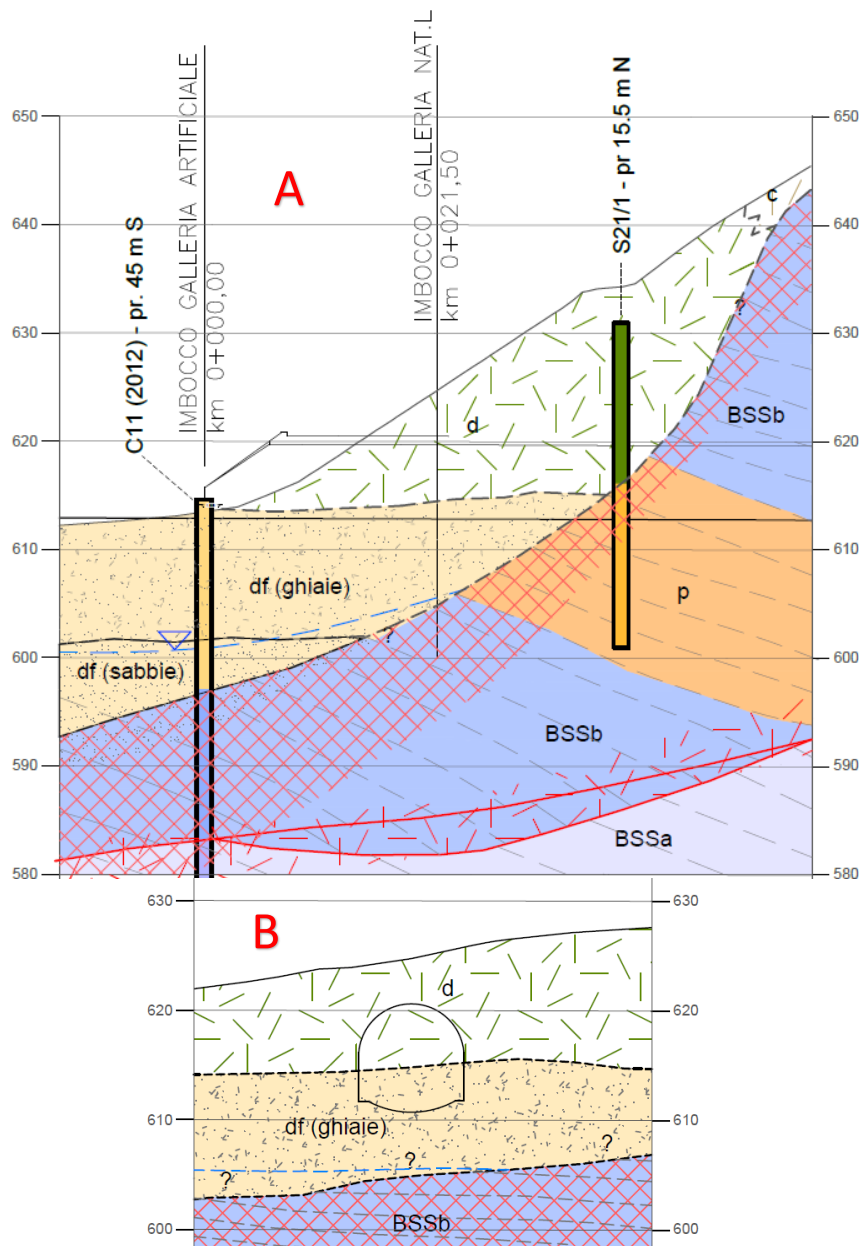


Figura 29: stralcio del Plano-Profilo allegato con le sezioni geologiche longitudinale (A) e trasversale (B) dell'imbocco della finestra di Chiusa.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	PROGETTO ESECUTIVO					
Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
M Ingegneria						
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	IB0U	1AEZZ	RH	GE0000	B	55 di 59

Dal punto di vista idrogeologico, come descritto in dettaglio nel paragrafo 8.3, e principalmente sulla base delle informazioni piezometriche del sondaggio C11, è stata ipotizzata cautelativamente la presenza di due distinte falde: una nei depositi fluvioglaciali del pianoro antistante l'imbocco, ad una profondità di circa 13 m da p.c. ed una seconda più profonda nel substrato roccioso ad una profondità maggiore di 34 m (quindi non rappresentata nel profilo geologico di dettaglio dell'imbocco). Nel sondaggio S21/1 invece non è stata rinvenuta la presenza di falda fino a fondo foro. Si può quindi escludere che le opere di imbocco e la sezione di attacco della galleria naturale possano essere interessate da condizioni di saturazione dei terreni e venute d'acqua legate alla presenza della falda che, secondo i dati disponibili, si localizza ad una quota di molto inferiore rispetto a quella dell'arco rovescio.

10.3.1 Viabilità di accesso all'area d'imbocco (NV071-NV072)

Il progetto della viabilità d'accesso all'area d'imbocco della finestra di Chiusa prevede due sezioni: la prima consiste nella deviazione della strada statale 242dir della Val Gardena (WBS NV071), la seconda nella strada che, partendo dalla SS242dir deviata, raggiunge il portale della galleria (WBS NV072).

La geologia dell'area in cui si sviluppa la deviazione della strada statale (NV071) prevede la presenza di materiali antropici presenti in un'area di deposito inerti e materiali da cantiere collegata ad una attività di cava pregressa, ubicata sul ripiano posto ad Ovest della stessa. I depositi antropici poggiano presumibilmente su depositi detritici di copertura del substrato roccioso filladico.

Per quanto riguarda il secondo tratto di viabilità (NV072), lungo il quale è prevista, in particolare nel settore iniziale che attraversa la scarpata di monte della statale, un'opera di sostegno con paratia, il modello geologico è stato dettagliato a seguito di verifiche di terreno e reinterpretazione dei dati delle indagini disponibili dal PD, rappresentati dal sondaggio C11 e EO36 e delle due linee elettriche L27 e L28 (cfr paragrafo 6.3), integrati con quelli di nuova acquisizione dai rilievi di terreno.

Nel Plano-profilo allegato sono stati rappresentati una sezione geologica lungo la sviluppata della paratia e due sezioni trasversali rappresentative rispettivamente della paratia e di un settore della strada con scavo di sbancamento a monte.

I rilievi di terreno eseguiti hanno messo in evidenza che nella parte medio bassa della scarpata della strada statale, all'altezza del punto di inizio previsto per la paratia, affiora il basamento roccioso (Figura 30), costituito da Filladi (BSSb) molto fratturate con scistosità immergente a medio angolo verso Est-Nordest. La zona di affioramento si estende verso Sud lungo la strada fino all'altezza di una incisione del versante presente a circa 50 m dall'inizio della nuova viabilità (Figura 31). Verso Nord invece non si osservano ulteriori affioramenti di substrato roccioso nella tratta di scarpata interessata dalle opere della nuova viabilità. Questa evidenza è verosimilmente legata all'immersione del contatto tra substrato e soprastanti depositi di copertura verso NordEst. Un'evidenza simile è valutabile anche all'interno dell'incisione a sud dell'area di intervento dove si osservano in affioramento verso la strada le filladi del substrato, seguite all'inizio

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 56 di 59	

dell'incisione sul lato nord da depositi fluvioglaciali (df) con blocchi di granito arrotondati e poi nuovamente le filladi del basamento verso la parte alta dell'incisione.



Figura 30: affioramento di filladi nella parte bassa della scarpata di monte della SS242dir all'altezza dell'attacco della paratia di sostegno della nuova viabilità NV072 .

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 57 di 59	



Figura 31: estremità dell'affioramento roccioso lungo la scarpata della SS242dir, a circa 50 m dall'inizio della nuova viabilità NV072 all'altezza dell'incisione laterale presente a monte della strada .

I dati di terreno esposti permettono di ipotizzare che almeno localmente ci possa essere una risalita del tetto del substrato da monte verso valle in direzione trasversale al versante. La porzione superiore della scarpata in cui si imposta la paratia è interessata dai depositi costituenti la porzione di unghia della frana inattiva presente più a monte, la quale probabilmente ricopre in parte e coinvolge marginalmente (essendo più recente) anche i depositi fluvioglaciali presenti sul ripiano morfologico al di sotto dell'imbocco della finestra, ma affioranti nell'incisione posta a Sud come descritto in precedenza. Questa interpretazione è supportata anche dalla tomografia elettrica L28 (cfr paragrafo 6.3.6)

Nella sezione lungo la sviluppata della paratia e nella sezione trasversale n. 10 (a progr. 0+170) sono quindi stati rappresentati il substrato roccioso (BSSb), caratterizzato da un elevato grado di fratturazione, con soprastanti i depositi fluvioglaciali (df) e, più verso la superficie, i depositi di frana inattiva (fi) (Figura 32).

Per quanto riguarda la sezione n. 12 (a progr. 0+210), rappresentativa del tratto dove la strada è prevista con scavo di sbancamento e settore in trincea, le evidenze di terreno, insieme ai dati del sondaggio C11 e della linea geoelettrica L27 (cfr. paragrafo 6.3), permettono di ipotizzare che lo spessore dei depositi fluvioglaciali sia sicuramente superiore allo sviluppo verticale dello scavo (circa 5 m lungo la sez. 12), che sarà quindi da eseguire interamente nei depositi (Figura 32).

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica - idrogeologica - geomorfologica Imbocchi Finestre Forch, Funes, Chiusa e relative viabilità	COMMESSA IBOU	LOTTO 1AEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GE0000	REV. B	FOGLIO. 58 di 59

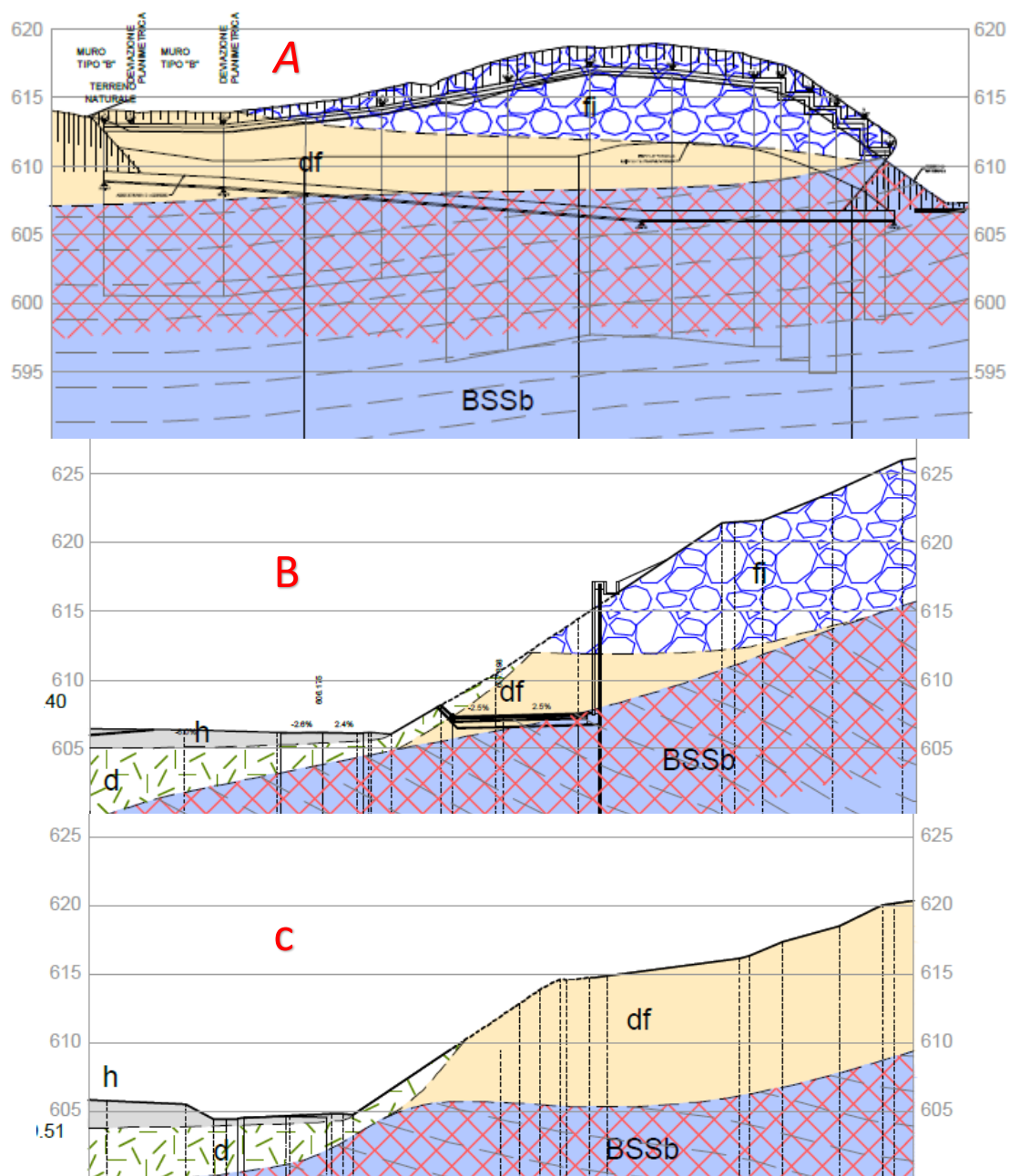


Figura 32: stralcio del Plano-Profilo allegato con le sezioni geologiche longitudinale in sviluppata paratia (A) e trasversali n. 10 (B) e n. 12 (C) della viabilità NV072

Dal punto di vista idrogeologico, richiamando quanto dettagliato in precedenza per l'imbocco della finestra, in particolare la presenza della falda individuata nel sondaggio C11 alla profondità di 13 m da p.c., si può affermare che le opere di scavo per la realizzazione della viabilità in oggetto (WBS NV072) saranno eseguite completamente sopra falda.