

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
Responsabile integrazione fra le varie  
prestazioni specialistiche  
Dott. Paolo Cucino  
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

### 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

Generali

Relazione geologica

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO  Ing. Pietro Gianvecchio		-

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

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione a seguito di completamento indagini integrative	A.Damiano	18/03/2022	P.Perello	21/03/2022	D.Buttafoco (Dolomiti)	25/03/2022	
B	Emissione a seguito di indicazioni Committenza	A.Damiano	19/07/2022	P.Perello	19/07/2022	D.Buttafoco (Dolomiti)	30/07/2022	
C	Emissione a seguito di istruttorie e interlocuzioni	A.Damiano	10/01/2023	P.Perello	10/01/2023	D. Buttafoco (Dolomiti)	11/01/2023	

File: IB0U1BEZZRGG0000001C.docx

n. Elab.:

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 1 di 190

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2. NORMATIVA E STRUMENTI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO.....</b>	<b>6</b>
<b>4. ASSETTO GEOLOGICO REGIONALE .....</b>	<b>6</b>
4.1 INQUADRAMENTO LITOLOGICO GENERALE .....	6
4.1.1 Basamento roccioso pre-quadernario .....	7
4.1.2 Depositi superficiali di età quadernaria .....	10
4.2 INQUADRAMENTO STRUTTURALE SU BASE BIBLIOGRAFICA .....	13
4.2.1 L'evento deformativo D1 .....	14
4.2.2 L'evento deformativo D2 .....	14
4.2.3 Deformazione fragile.....	14
<b>5. INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE .....</b>	<b>14</b>
5.1 CAMPAGNA INTEGRATIVA PE 2021-2022 .....	14
5.1.1 Indagini dirette 2021-2022.....	14
5.1.2 Indagini indirette 2021-2022.....	16
5.1.3 Rilievi geostrutturali 2021-2022.....	16
5.2 CAMPAGNA 2017-2018.....	17
5.2.1 Indagini dirette 2017-18.....	17
5.2.2 Indagini indirette 2017-18.....	19
5.2.3 Rilievi geostrutturali 2017 .....	19
5.3 CAMPAGNA 2012-13 .....	20
5.3.1 Indagini dirette – sondaggi profondi.....	20
5.3.2 Indagini dirette - sondaggi ordinari.....	20
5.3.3 Indagini indirette - rilievi geofisici .....	23
5.3.4 Rilievi geostrutturali 2012 e 2014 .....	23
5.4 CAMPAGNE PRECEDENTI .....	24
<b>6. ASSETTO GEOLOGICO DELLE AREE DI INTERVENTO .....</b>	<b>25</b>
6.1 STRATIGRAFIA .....	25
6.1.1 BASAMENTO METAMORFICO ERCINICO – UNITÁ DI BRESSANONE .....	25

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 2 di 190

6.1.2	INTRUSIONI PERMIANE .....	35
6.1.3	DEPOSITI SUPERFICIALI QUATERNARI .....	41
<b>7.</b>	<b>INQUADRAMENTO STRUTTURALE .....</b>	<b>44</b>
7.1	DEFORMAZIONI DUTTILI .....	45
7.2	DEFORMAZIONE FRAGILE.....	46
7.3	CONTESTI TETTONICI LUNGO IL TRACCIATO.....	48
7.3.1	ASSETTO TETTONICO IN DESTRA IDROGRAFICA DELLA VALLE ISARCO.....	48
7.3.2	ASSETTO TETTONICO IN SINISTRA IDROGRAFICA DELLA VALLE ISARCO.....	50
<b>8.</b>	<b>ASSETTO GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>52</b>
8.1	FORME DI MODELLAMENTO GLACIALE .....	52
8.1.1	Terrazzo glaciale di Pinzago.....	53
8.2	FORME FLUVIALI.....	55
8.3	PROCESSI MORFOGENETICI GRAVITATIVI.....	57
8.3.1	Frana di Ponte Gardena .....	58
8.3.2	Frana di Varna .....	61
8.3.3	Altre aree con fenomeni gravitativi minori.....	64
8.4	ASSETTO GEOMORFOLOGICO DELLE ZONE D'IMBOCCO .....	67
8.4.1	Imbocco Nord Galleria Scaleres .....	67
8.4.2	Imbocco Sud Galleria Scaleres .....	77
8.4.3	Imbocco Nord Galleria Gardena.....	79
8.4.4	Imbocchi delle Interconnessioni di Ponte Gardena .....	79
<b>9.</b>	<b>SISMICITÀ DELL'AREA .....</b>	<b>79</b>
9.1	DATI DISPONIBILI.....	79
9.2	CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA DI PROGETTO.....	79
9.3	SISMICITÀ STORICA LOCALE .....	83
9.4	PARAMETRI LOCALI PER L'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO .....	89
9.5	SORGENTI SISMOGENETICHE .....	96
9.6	CATEGORIE SISMICHE DI SOTTOSUOLO DELL'AREA DI PROGETTO.....	102
9.7	CATEGORIA TOPOGRAFICA .....	104
9.8	CONSIDERAZIONI SULLA LIQUEFAZIONE.....	105
<b>10.</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>107</b>

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 3 di 190

10.1	LINEA FERROVIARIA PRINCIPALE.....	107
10.1.1	Tratta da pk 0+000 a pk 0+530 circa .....	109
10.1.2	Tratta da pk 0+530 circa a pk 3+200 circa.....	110
10.1.3	Tratta da pk 3+200 a pk 6+300 circa .....	115
10.1.4	Tratta da pk 6+300 a pk 10+950 circa .....	118
10.1.5	Tratta da pk 10+950 a pk 14+400 circa .....	124
10.1.6	Tratta da pk 14+400 a pk 15+700.....	126
10.1.7	Tratta da pk 15+700 a pk 15+960 circa – Attraversamento della valle Isarco.....	130
10.1.8	Tratta da pk 15+960 a pk 16+700 circa .....	132
10.1.9	Tratta da pk 16+700 a pk 17+600 circa – Sotto attraversamento di Rio Funes .....	140
10.1.10	Tratta da pk 17+600 a fine Lotto 1 Galleria Gardena (pk 21+917– BD e Pk 22+150 BP) .....	143
10.2	PROFILI GEOLOGICI DELLE FINESTRE.....	145
10.2.1	Finestra di Forch .....	145
10.2.2	Finestra di Funes .....	152
10.2.3	Finestra di Chiusa .....	153
10.3	INTERCONNESSIONI DI PONTE GARDENA.....	154
10.3.1	Gallerie Naturali di interconnessione.....	154
10.3.2	Imbocco Binario Pari e interferenza con l’autostrada A22 .....	158
10.3.3	Imbocco Binario Dispari e interferenza con l’autostrada A22 .....	169
10.3.4	Tratte all’aperto dagli imbocchi alla stazione di Ponte Gardena (Binario Pari e Binario Dispari).....	172
<b>11.</b>	<b>RADIOATTIVITÀ NATURALE .....</b>	<b>179</b>
11.1	SURVEY TEST CON STRUMENTO PORTATILE .....	179
11.2	SPETTROMETRO GAMMA AD ALTA RISOLUZIONE.....	180
11.3	VALUTAZIONE SUI MATERIALI DI ESCAVAZIONE.....	182
<b>12.</b>	<b>VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMIANTO .....</b>	<b>183</b>
<b>13.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>185</b>



APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 4 di 190

## 1. PREMESSA

Il presente rapporto riguarda le opere incluse nel Progetto Esecutivo del Lotto 1 del quadruplicamento della linea ferroviaria Fortezza-Verona, tratta "Fortezza – Ponte Gardena" e ne descrive l'assetto geologico e geomorfologico delle aree nelle quali tali opere si inseriscono.

La soluzione progettuale cui si riferisce la presente relazione è la modifica ipotizzata dall'Appaltatore con comunicazione DWI/U/22/00200/PMG/SC/DB/AR/df del 19/09/2022, confermata da Italferr con comunicazione DGPI.AGPN.PMBRVT.0162327.22.U del 16/12/2022, consistente in una traslazione di circa 340 m verso ovest del tracciato precedentemente adottato e derivata dall'individuazione in località Tiles di un diverso contesto geologico.

Considerando i medesimi limiti di pendenza (max 12,5 ‰) e raggi di curvatura (min 2.500 metri), tale spostamento planimetrico determina un accorciamento di circa 164 metri di entrambe le canne della Galleria Scaleres ed una variazione altimetrica che si va ad esaurire nella galleria Gardena.

L'area in studio è ubicata nel territorio della Provincia Autonoma di Bolzano; il tracciato ferroviario di progetto si sviluppa tra l'abitato di Fortezza (porzione settentrionale della tratta), e l'abitato di Ponte Gardena (porzione meridionale della tratta). Procedendo da N verso S le principali opere previste sono la Galleria Scaleres (doppia canna, circa 15 km di lunghezza) in destra idrografica Isarco, e la Galleria Gardena (doppia canna, circa 6 km di lunghezza) in sinistra idrografica. Le due gallerie sono collegate da un viadotto (lungo circa 200 m) che attraversa la Valle Isarco in prossimità della confluenza con la Val di Funes.

Il progetto prevede inoltre la realizzazione delle gallerie relative alle Finestre di Forch (circa 1.3 km), Funes (circa 0.7 km) e Chiusa (circa 1.8 km) oltre alle Gallerie di interconnessione di Ponte Gardena (Binario Pari circa 2.3 km, Binario Dispari circa 3.1 km). In Fig. 1 è riportato uno schema cartografico del tracciato di progetto.

La fase B di Progetto Esecutivo include tutte le opere (sotterranee e superficiali) del Lotto 1, ad eccezione delle opere incluse nella Fase A, consistenti in:

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

APPALTATORE:  webuild Implenia CONSORZIODOLOMITI	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA “FORTEZZA – PONTE GARDENA”  PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 5 di 190

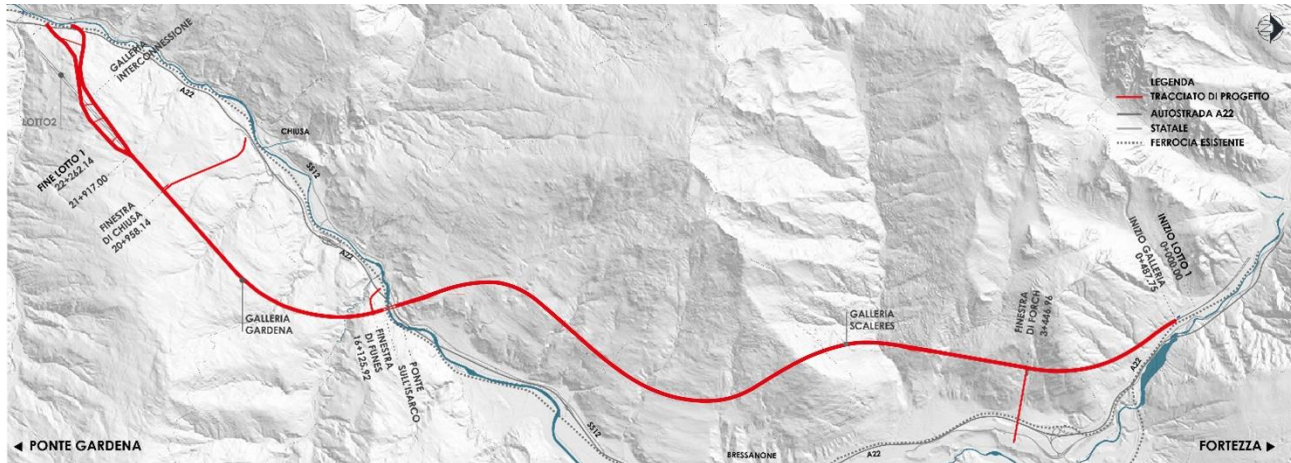


Fig. 1: Carta schematica raffigurante l'intero percorso del tracciato di progetto.

## 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/>).

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 6 di 190

### 3. ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO

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

- la revisione critica dei dati della campagna geognostica del Progetto Definitivo (PD) approvato nel 2019, nonché del modello geologico e geomorfologico di PD, inclusa l'analisi dei risultati delle indagini geognostiche delle campagne precedenti utilizzate per l'elaborazione del PD;
  - un rilevamento di terreno con acquisizione di nuovi dati geologici, geomorfologici per la verifica di alcuni aspetti geologici e geologico-strutturali del modello geologico di PD;
  - l'analisi ed interpretazione delle immagini aeree disponibili e delle banche dati pubbliche relative agli aspetti geologici e geomorfologici;
  - 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 Progetto Esecutivo (PE);
- l'elaborazione del modello geologico di riferimento per la progettazione esecutiva alla luce dell'insieme delle informazioni disponibili sopra elencate.

### 4. ASSETTO GEOLOGICO REGIONALE

#### 4.1 INQUADRAMENTO LITOLOGICO GENERALE

L'area oggetto di studio si colloca nella Alpi Orientali in prossimità della Linea Insubrica, un importante sistema di faglie a scala regionale ad orientazione media E-W, che separa le Alpi Settentrionali da quelle Meridionali (Dominio Sudalpino). In particolare, l'area del progetto, orientata circa Nord-Sud, si localizza ad una distanza di circa 10 km a sud di tale lineamento.

Nell'area di progetto affiorano litotipi di pertinenza del basamento cristallino ercinico del Sudalpino, rappresentati dai termini scistoso-filladici dell'Unità di Bressanone (Fillade Sudalpina) e dalle rocce magmatiche di età Permiana (post Erciniche) che lo intrudono, tra cui le principali sono il Granito di Bressanone e la Diorite di Chiusa (Fig. 2). Nei fondivalle principali (Valle Isarco, Val Scaleres, Val di Funes) sono inoltre presenti diffuse coperture di depositi superficiali di età quaternaria.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandataria: SWS Engineering S.p.A.		Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 7 di 190

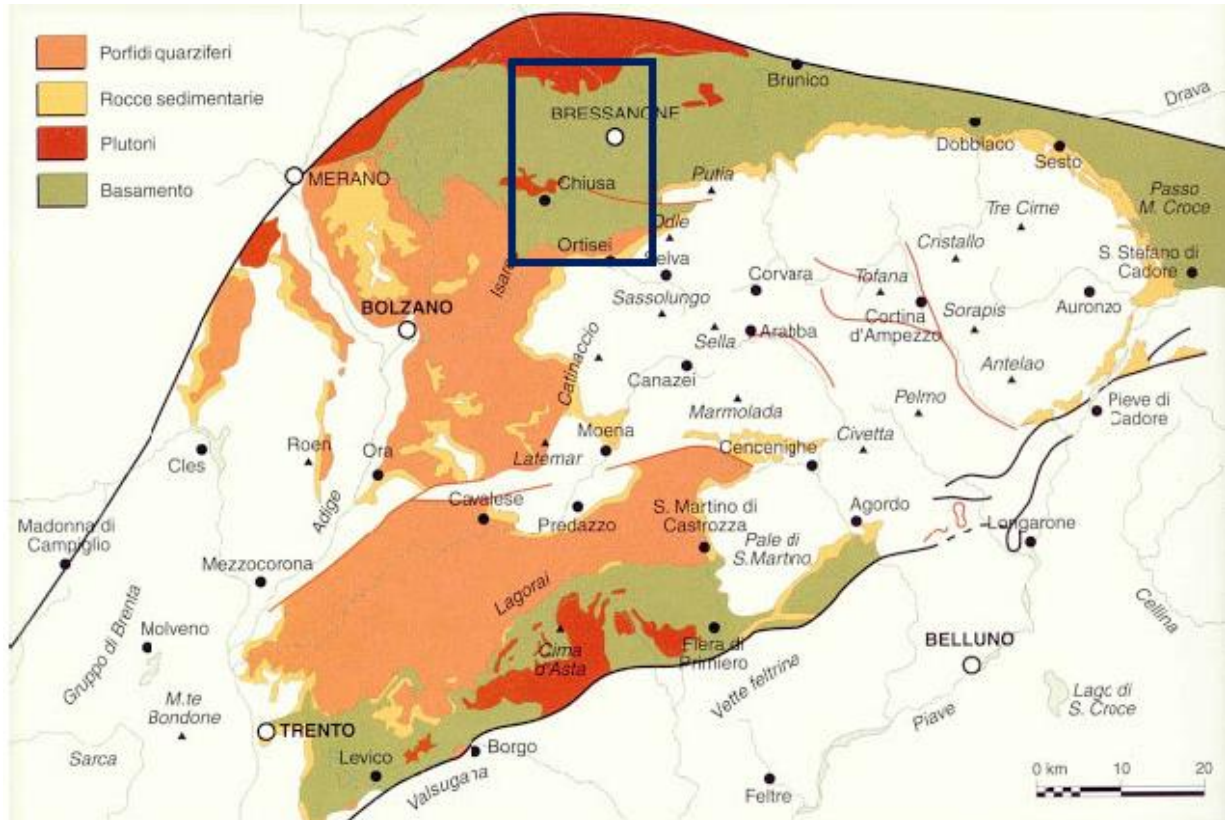


Fig. 2: Schema geologico regionale dell'area indagata (da Bosellini, 1989).

#### 4.1.1 Basamento roccioso pre-quaternario

Il basamento cristallino delle Alpi Meridionali è presente con continuità nella parte settentrionale del Sudalpino orientale (ad est della Linea delle Giudicarie) oltre che, con locali esposizioni, nel settore centro-meridionale dello stesso (nei pressi di Recoaro, di Agordo e della Valsugana), dove i terreni più diffusi sono rappresentati dalle coperture permo-cenozoiche.

In Trentino-Alto Adige il basamento è costituito da un complesso di filladi e micascisti con metamorfismo regionale varisco in facies scisti verdi (Cardin et al., 1991; Sassi & Spiess, 1993), i cui protoliti erano sedimenti pelitico-arenitici. Le filladi ed i micascisti sono intrusi da una serie di corpi plutonici, distribuiti lungo la Linea Insubrica (Bressanone, Monte Croce, Ivigna) o esumati a tetto del sovrascorrimento neogenico della Valsugana (Cima d'Asta).

Il magmatismo permiano delle Alpi Meridionali è rappresentato da una tipica *suite* calcocalina, con plutoni, filoni e vulcaniti di composizione acida e minori manifestazioni intermedie e basiche (Bonin et al., 1993; Visonà, 1995; Rottura et al., 1997, 1998). La sua genesi è stata attribuita ad una fase orogenetica e subduttiva tardo-varisica (Visonà, 1982; Bonin et al., 1993) o ad una estensione litosferica post-varisica, con risalita di

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE:							
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	8 di 190
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica							

astenosfera e fusione parziale di sorgenti mantelliche arricchite durante precedenti processi orogenici (Dal Piazz & Martin, 1998).

#### 4.1.1.1. Unità di Bressanone (Fillade Sudalpina Auct.)

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 quarzoso/filladiche appartenenti all'Unità di Bressanone. Questi litotipi hanno raggiunto il picco metamorfico durante le fasi compressive dell'orogenesi Ercinica nel Carbonifero mentre, durante la successiva orogenesi Alpina, non sono stati sottoposti ad ulteriori processi di metamorfismo regionale, se non quelli esclusivamente associati a circolazione di fluidi idrotermali.

Il basamento metamorfico di basso grado del settore orientale delle Alpi Meridionali è indicato in genere nella bibliografia più datata con il termine di Fillade Sudalpina o di Fillade quarzifera di Bressanone (Fogli geologici Bressanone e Merano; Baggio et al., 1969, 1971), mentre nei Fogli Carg 1:50.000 Merano e Dobbiaco, (quest'ultimo di recente pubblicazione - 2019) per accoppiare le rocce del basamento cristallino del Sudalpino, viene utilizzato il termine di "Unità di Bressanone".

Verso sud, questo basamento costituisce il substrato delle coperture permo-cenozoiche delle Dolomiti e delle Prealpi Venete (Bigi et al. 1990) e predata la deposizione del Conglomerato di Ponte Gardena (Permiano inf. – Carbonifero sup.).

Il complesso dell'Unità di Bressanone è il risultato del metamorfismo varisco di basso grado su originali potenti sequenze pelitico-arenitiche; ne risultano metamorfiti caratterizzate da una scistosità pervasiva di tipo composito (S1 + S2) e da frequenti crenulazioni. L'associazione mineralogica è definita da quantità variabili di fillosilicati (mica bianca, clorite, biotite), quarzo, albite ± granato e cloritoide ricco in Mn (Gregnanin & Sassi, 1967; Baggio et al., 1969, 1971; Mazzoli & Sassi, 1988; Sassi & Spiess, 1993).

In generale, predominano i litotipi filladici in senso stretto anche se, presso il plutone granitico di Bressanone ed in altri settori, sono presenti gneiss e micascisti a granato. Vi si associano, in ripetute alternanze o con variazioni laterali, varietà ad abbondante albite porfiroblastica, facies nerastre ricche in pigmento carbonioso-grafitico, intercalazioni stratiformi di metavulcaniti acide di età ordoviciana (porfiroidi; Del Moro et al., 1980, 1984; Meli & Klötzli, 2001), con relitti di quarzo e K-feldspato magmatici, quarziti e quarziti micacee e locali metabasiti ad anfibolo, epidoto ± clorite, albite, granato, a grana da minuta a vistosa.

Sassi & Zirpoli (1989) hanno definito la sequenza sedimentaria protolite dell'attuale basamento cristallino nella zona del Comelico, nel territorio del Cadore in provincia di Belluno. Questa sequenza è costituita dal letto al tetto da:

- 1- complesso pelitico inferiore costituito da filladi quarzifere con ripetute alternanze di bande ricche in muscovite e biotite, quarzo+albite;
- 2- complesso vulcano-sedimentario intermedio definito da una sequenza pelitico-psammitica in cui sono presenti intercalazioni rappresentate da:
  - a. metavulcaniti e metavulcanoclastiti acide;
  - b. orizzonte discontinuo di metavulcaniti e metavulcanoclastiti basiche, costituiti da scisti epidotico- cloritici ± actinolitici e metabasiti ad albite-epidoto;
  - c. mineralizzazioni tipo "kieslager" a Fe, Cu, Zn e Pb, associate alle metavulcaniti basiche;



APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 9 di 190

- d. filladi ad ilmenite;
  - e. un orizzonte discontinuo di filladi a carbonato passanti a scisti quarzoso-micacei;
  - f. quarziti bianche discontinue;
  - g. filladi quarzitiche a grafite;
- 3- complesso pelitico superiore litologicamente simile al complesso pelitico inferiore, distinguibile solo per la posizione relativa al complesso vulcano-sedimentario.

Poli & Zanferrari (1991, 1992, 1994) distinguono le due successioni filladiche anche su base mineralogica basandosi su differenti mineralizzazioni polimetalliche. Questi Autori hanno correlato alla scala delle Alpi Meridionali orientali diverse associazioni di litotipi, identificate con nomi formazionali informali, all'interno di una suddivisione molto simile a quella proposta da Sassi & Zirpoli (1989).

Il Foglio 4a Bressanone e il Foglio 11 Marmolada della C.G.I 1:100.000 (che coprono l'area in studio) considerano il basamento cristallino come un'unica Formazione (Fillade quarzifera di Bressanone), suddivisa in Membri Neoproterozoici. Come precedentemente anticipato, in questo lavoro, e in conformità con le scelte effettuate nei Fogli del progetto CARG limitrofi all'area di interesse (Foglio 13-Merano e Foglio 16-Dobbiaco), per il complesso del basamento metamorfico verrà usato l'appellativo di Unità. In particolare, i due fogli CARG Dobbiaco e Merano distinguono, all'interno delle prevalenti filladi e filladi quarzitiche, dei membri quarzitici o quarzitico-micacei, le metavulcaniti acide ("Porfiroidi" Auct.), delle metabasiti, un membro cornubianitico al contatto con unità intrusive (quest'ultimo solo nel foglio Merano) e altre unità locali non presenti nell'area di studio.

Al contatto con i plutoni di Bressanone, Ivigna e della Diorite di Chiusa, la fillade incassante mostra evidenti tracce di un metamorfismo termico evidenziato da un passaggio graduale dalle zone più prossime al contatto fino alle rocce filladiche originali, in locali migmatiti ad andalusite e granato, cornubianiti a biotite, cordierite ed andalusite, cornubianiti filladiche a biotite, cordierite ed andalusite e filladi cornubianitiche (Scolari & Zirpoli, 1970).

#### 4.1.1.2. *Unità magmatiche permiane (Granito di Bressanone e Diorite di Chiusa)*

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. Un corpo magmatico secondario presente lungo il tracciato di progetto è costituito dalle Dioriti/Granodioriti di Tiles.

Il plutone di Bressanone è un grande corpo lenticolare allungato in senso Est-Ovest, intruso ad un livello crostale relativamente superficiale al margine settentrionale del basamento sudalpino (Bigi et al., 1990). Il suo limite settentrionale è di natura tettonica, definito dall'insieme delle linee delle Giudicarie Nord e della Pusteria (Linea Insubrica), quello meridionale è invece primario di tipo intrusivo, con vistosi effetti di metamorfismo di contatto sulle rocce scistose incassanti appartenenti all'Unità di Bressanone.

Una estesa bibliografia, a partire dall'inizio del secolo scorso, descrive in dettaglio questo complesso granitico. Sander (1906, 1925, 1929) aveva rilevato e redatto il Foglio Sterzing-Franzenfeste (Vipiteno-Fortezza) della carta austriaca (Sander, 1914). Questi ed altri rilievi (Sander & Hammer, 1924, 1925) sono stati quindi utilizzati per la successiva realizzazione dei Fogli Bressanone e Merano (prima edizione) della

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 10 di 190

Carta Geologica delle Tre Venezie in scala 1:100.000. In seguito, il plutone è stato oggetto di rilievi *ex novo* per la seconda edizione dei Fogli Passo del Brennero-Bressanone (Baggio et al., 1969) e Merano (Baggio et al., 1971).

A partire dagli anni '60, sono stati eseguiti numerosi studi sul massiccio granitico di Bressanone da parte dell'Università di Trieste, con la realizzazione di una Carta geologica alla scala 1:50.000 (Morgante et al., 1965) ed alcune note sugli aspetti mineralogico-petrografici del plutone (Favretto & Nardi, 1960; Lenardon, 1962; Alberti, 1963; Favretto, 1963, 1966; Alberti & Nicoletti, 1971; Morgante, 1974).

Successivamente altri studi geologici, petrografici e geochimici hanno fornito descrizioni più dettagliate della composizione del plutone (Visonà, 1977, 1980, 1983, 1995; Del Moro & Visonà, 1982; Sassi & Zirpoli, 1989).

Il corpo magmatico è costituito da graniti biotitici, graniti a due miche e cordierite, graniti a olivina e/o granato e granodioriti biotitico-anfibolitiche in genere a grana media. Il colore di fondo è biancastro, punteggiato dai minerali scuri (biotite, orneblenda). Vi sono inoltre locali varietà leucogranitico-aplitiche, filoni di apliti, pegmatiti, porfiriti di composizione intermedia, filoni anfibolico-pirosenici ed alcuni corpi di dioriti quarzifere e gabbri con struttura isotropa o foliata, talora a relitti di olivina. Tra questi, il corpo gabbrico di Spelonca-Monte del Bersaglio (Dosso Lives) è compreso in gran parte nell'area indagata al contatto con il margine meridionale del Granito di Bressanone e con la Fillade Sudalpina (Petrascheck, 1904; Sander, 1906, 1925; Lenardon, 1962; Baggio et al., 1969; Visonà et al., 1987).

L'età dell'intrusione del plutone di Bressanone è stata oggetto in passato di una lunga diatriba, risoltasi a seguito dell'esecuzione di datazioni radiometriche (Borsi et al., 1972; Del Moro & Visonà, 1982) che hanno stabilito l'età permiana (280 Ma) dell'intrusione.

I rapporti reciproci tra i differenti litotipi legati alle diverse pulsazioni intrusive indicano come il ciclo magmatico sia iniziato con la messa in posto di corpi gabbrici e dioritici, seguiti dai corpi maggiori di granodioriti e graniti a biotite, orneblenda e granato e quindi, come prodotti finali, dai corpi minori di graniti a due miche e con noduli di olivina, seguiti infine dalle manifestazioni filoniane. Le caratteristiche isotopiche e petrologiche indicano che la sequenza deriva da un magma basaltico, frazionato e contaminato in varia misura da materiale crostale.

#### 4.1.2 Depositi superficiali di età quaternaria

In tutto il settore interessato dal progetto i depositi quaternari relativi al Pleistocene medio-Olocene coprono vaste aree sottoforma di depositi alluvionali all'interno dei fondivalle delle principali aste vallive, depositi colluviali situati alla base e lungo i versanti, depositi di frana inattiva e attiva, depositi glaciali/fluvio-glaciali e lacustri riconducibili alle fasi glaciali-interglaciali susseguitesesi a partire dal Pleistocene medio.

I depositi quaternari sono interessati dalle opere in progetto principalmente in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie di linea, delle finestre e delle interconnessioni di Ponte Gardena, oltre che dalle fondazioni delle pile del ponte sull'Isarco. Gli imbocchi delle interconnessioni ed il ponte sull'Isarco interessano essenzialmente depositi alluvionali recenti di riempimento della Valle Isarco e depositi detritici di base versante. Più complessa è invece l'interazione della Finestra di Forch con i depositi quaternari della Conca di Bressanone.

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 11 di 190

Una dettagliata descrizione dei depositi quaternari e delle problematiche geomorfologiche nella Conca di Bressanone si ritrova in Castiglioni (1964). L'autore distingue i depositi a seconda della loro genesi e posizione stratigrafica e quindi dell'appartenenza ai periodi glaciali o interglaciali.

Sulla sommità dei rilievi compresi tra le incisioni dei fiumi Isarco e Rienza e localmente sui versanti esterni alla conca si osservano coltri di depositi glaciali (morene di fondo e blocchi granitici sparsi), dello spessore di pochi metri, costituiti da matrice a granulometria prevalentemente limosa con blocchi anche di notevoli dimensioni, di natura per lo più granitica e ciottoli poligenici frequentemente striati. L'età di questi depositi glaciali secondo Castiglioni (1964) è da ritenersi Wurmiana o post-Wurmiana.

L'ossatura del rilievo compreso tra l'Isarco e la Rienza (Altopiano di Naz) ed il riempimento della conca morfologica di Bressanone è costituito da depositi di natura fluvioglaciale/glaciolacustre di età pleistocenica. Con riferimento agli affioramenti esistenti sui due lati dell'incisione dell'Isarco in corrispondenza della Val di Riga, ed alle esposizioni della cava di Sciaves, Castiglioni (1964) individua tre formazioni con caratteri granulometrici e stratigrafici differenti.

- La formazione 1, affiorante nel settore settentrionale dell'incisione dell'Isarco, è costituita da ghiaie e ciottoli immersi in una matrice sabbiosa, parzialmente cementate e stratificate, conglomerati più cementati e con stratificazione indistinta visibile solo in corrispondenza di intercalazioni sabbiose, e una sequenza di ghiaie e ciottoli da poco a ben stratificati e poco cementati, sabbie e ghiaie, ghiaie grossolane. Caratteristica comune di questa formazione è la presenza di una stratificazione, più o meno evidente, ma generalmente inclinata fino a circa 20°, oltre alla presenza di una superficie di discordanza inclinata verso Est di circa 45°, sottolineata da un livello limoso di spessore variabile (50 cm - 1 m). Questa formazione viene interpretata dall'autore come un possibile deposito di ambiente deltizio lacustre la cui deposizione è avvenuta in parte ad opera di movimenti franosi subacquei del materiale instabile che ha dato origine a processi di erosione (discordanze) e deposizione in massa (da qui la stratificazione indistinta delle ghiaie).
- La formazione 2 è costituita prevalentemente da depositi a granulometria argillosa, limosa e sabbiosa, di colore grigio chiaro, che dà luogo lungo le pareti dell'incisione a tipiche morfologie a guglia e piramidi di terra, oltre che a smottamenti e colate di fango. La formazione presenta notevole potenza, superiore a 100 metri secondo il dislivello tra gli affioramenti più alti e quelli più bassi. Il materiale si presenta notevolmente compattato e senza una vera stratificazione. Localmente sono presenti ciottoli isolati, la cui frequenza tende ad aumentare in alcuni affioramenti nella zona meridionale dell'area interessata. Per questo deposito l'autore ipotizza un'origine legata a processi di sedimentazione in massa in ambiente lacustre in prossimità di un ghiacciaio, ciò in base all'assenza di evidenti stratificazioni ed alla posizione reciproca nei confronti della formazione 1, con un limite laterale tra i due tipi di depositi molto inclinato verso SE ed una parziale sovrapposizione dei limi della formazione 2 sulle ghiaie della formazione 1.
- La formazione 3, sovrapposta alla formazione 2 con un contatto piuttosto netto, è costituita da blocchi, ciottoli e ghiaie, ben stratificate e con giacitura suborizzontale. Molti ciottoli e blocchi sono arrotondati. La natura dei blocchi è prevalentemente granitica, in particolare per quelli più grandi, ma abbondano anche ciottoli di altre litologie, comprese quelle sedimentarie. Questo deposito viene interpretato di origine fluvioglaciale, come base di una potente sequenza di depositi stratificati di cui



APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 12 di 190

fanno parte anche quelli esposti a quote più elevate nella cava di Sciaives, dove sono esposte anche bancate a granulometria argillosa, oggetto della coltivazione. Le argomentazioni addotte per interpretare i depositi come fluvioglaciali piuttosto che fluviali sono la granulometria grossolana, la presenza di blocchi di grandi dimensioni, in particolar modo nella parte basale al di sopra dei limi della formazione 2 e l'assenza di rapporti con morfologie di neoterrazzamento fluviale.

Nei fondivalle delle incisioni più recenti ed in parte in corrispondenza di terrazzi sospesi sui fondivalle stessi, sono presenti depositi alluvionali legati all'attività post-glaciale dei corsi d'acqua principali (Fiume Isarco e Torrente Rienza).

Un accenno particolare viene riservato da Castiglioni (1964) ai depositi di riempimento del "Solco di Varna", cioè la vallecchia sede dei laghetti di Varna, sospesa di circa 80 metri sulla quota attuale del fondovalle dell'Isarco e separata da questa dal terrazzo di Plata – Gols, che nel progetto viene sotto-attraversata dal tracciato della Finestra di Forch. Secondo l'autore la morfologia dell'incisione e la natura del riempimento potrebbero essere legate alla presenza di una massa allungata di ghiaccio morto abbandonato durante il ritiro del ghiacciaio e successivamente ricoperto da depositi alluvionali (o fluvioglaciali). La morfologia dell'incisione ed il suo riempimento sarebbero poi stati modificati dall'azione dei corsi d'acqua laterali (Rio di Spelonca e Torrente Scaleres) con la formazione dei loro apparati conoidali.

Una particolare importanza per il progetto costituiscono anche i depositi di frana (classificati come attivi e inattivi), che sono stati individuati nelle varie fasi progettuali lungo tutta l'area interessata dall'opera in progetto, che però in termini generali non interferiscono direttamente con le opere. Si tratta di accumuli caotici di blocchi rocciosi eterometrici, anche di notevoli dimensioni, formati a spese del basamento roccioso, in particolare delle rocce filladiche dell'Unità di Bressanone, in fase post-glaciale e più recente. Tra questi sono da segnalare in particolare la frana di Ponte Gardena, ubicata nel settore meridionale dell'area di progetto e che presenta una porzione attiva importante, e la frana o DGPV di Varna, nel settore settentrionale, interessata marginalmente dalla Finestra di Forch.

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 13 di 190

#### 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 quali foliazioni, pieghe, zone di taglio duttili, fragili-duttili e fragili che hanno permesso di distinguere fino a tre eventi deformativi (D1, D2, D3) relativi all'orogenesi Ercinica.

Strutture duttili e fragili-duttili, riscontrate 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 D3 in quanto risulta essere parallelo e con stessa associazione mineralogica del precedente evento D2 (Benciolini et al., 2016). Secondo Ring & Richter (1994), lo stadio D3, piuttosto che essere considerato come un evento distinto, corrisponderebbe invece ad un'evoluzione del precedente evento deformativo D2. Vengono inoltre riscontrate strutture successive di tipo fragile legate alle distensioni permo-mesozoiche e mesozoiche e alle deformazioni attribuibili all'orogenesi Alpina.

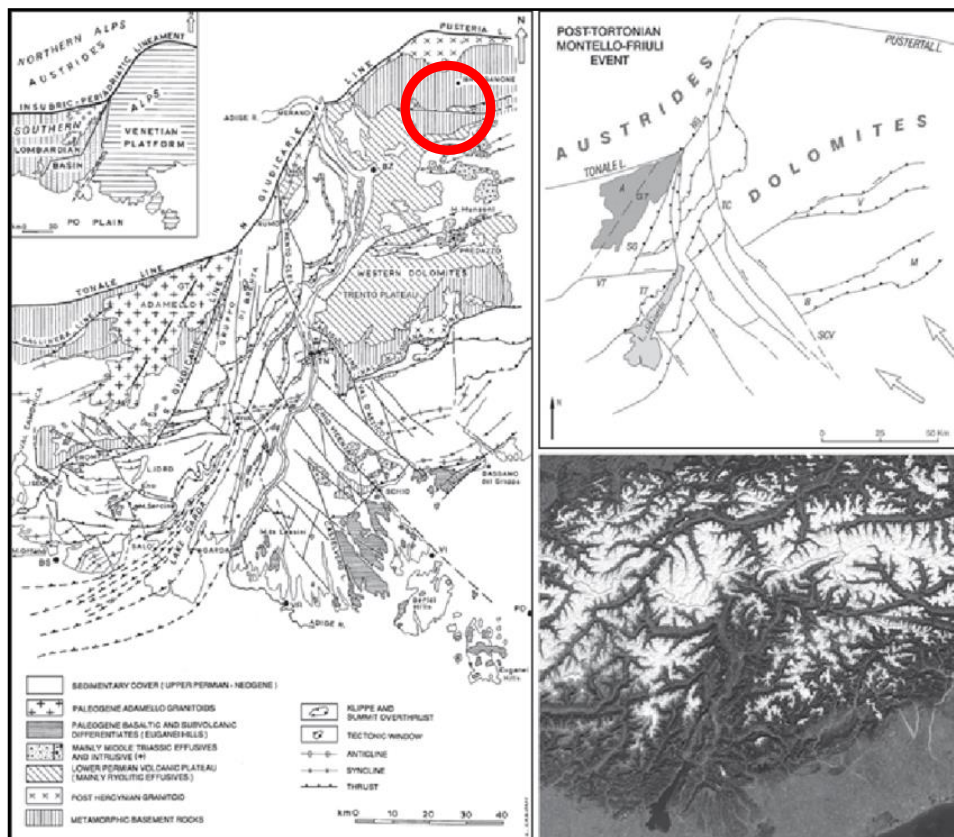


Fig. 3: Carta strutturale dei settori centro-orientali del dominio Sudalpino (a sinistra) da Castellarin et al. (2006); schema tettonico delle maggiori strutture attive a partire dal Messiniano (in alto a destra) da Castellarin et al. (2006); immagine satellitare Alpi centro-orientali (in basso a destra).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

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 14 di 190

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 individuazione a causa della sua obliterazione/trasposizione da parte della scistosità più recente (S2) legata all'evento deformativo D2. D1 è caratterizzato da piani S-C con vergenza E-SE, mentre gli assi di piega D1 mostrano una direzione media N-S (N180-N220), 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 S-C e una direzione prevalente di immersione di circa 220° che coincide con la superficie assiale di pieghe serrate ad orientazione compresa tra 90° e 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 sviluppate come piani discreti di neoformazione o impostate su piani di taglio ereditati da eventi tettonici precedenti poi riattivati. All'interno di queste zone di faglia si rinvengono *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 & Bosellini, 1987). La vergenza del trasporto tettonico verso N, opposta alla tipica vergenza verso S del Dominio Sudalpino, è probabilmente 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).

## 5. INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

### 5.1 CAMPAGNA INTEGRATIVA PE 2021-2022

#### 5.1.1 Indagini dirette 2021-2022

La campagna di indagini geognostiche integrative eseguita nella fase di progettazione esecutiva consta di 17 sondaggi, di cui 3 eseguiti nel mese di Settembre 2021 finalizzati alla progettazione delle opere incluse nella parte A del progetto esecutivo, 11 realizzati successivamente per le opere incluse nella parte B dello stesso e 3 in corso di realizzazione.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 15 di 190

Nella seguente Tabella 1 sono elencati i sondaggi integrativi realizzati con i dati relativi alla profondità raggiunta, la geometria, le prove in foro eseguite e per quale opera sono stati effettuati. I sondaggi S22/1-S22/2-S22/3 fanno riferimento alla campagna integrativa di PED. I campioni prelevati, sia rimaneggiati in depositi sia in roccia, sono stati utilizzati per le successive analisi di laboratorio al fine di ricavarne i parametri geotecnici. Per tali dati si faccia riferimento all'elaborato IBOU1BEZZPRGE0000001B. Inoltre, alcuni campioni specifici sono stati sottoposti ad analisi eco-tossicologiche.

Sondaggio	Opera	Profondità (m)	Geometria	Prove in foro					Strumentazione
				SPT	Lugeon	Lefranc	DRT	MPT	
S21-1	Finestra di Chiusa	30	Verticale	x	-	-	x	x	Down-Hole
S21-2	Finestra di Funes	25	Verticale	x	-	x	-	x	Down-Hole
S21-3	Finestra di Forch	35	Verticale	x		x		x	Down-Hole
S21-4	Finestra di Forch	130	Inclinato 45° (da Vert.) vs N280E	-	x	x	x	x	-
S21-5	Galleria Gardena	90	Verticale	-	-	-	x	-	Piezometro T.A.
S21-6a	Galleria Gardena	260	Verticale	-	x	-	x	-	Piezometro T.A.
S21-6b	Galleria Gardena	173	Verticale	-	x	-	x	-	-
S21-7	Interconnessione BP	40	Verticale	x	x		x		Piezometro T.A.
S21-9	Interconnessione BD	25	Inclinato 30° (da Vert.) vs N120E	-	-	-	x	x	-
S21-10	Galleria Scaleres	230	Inclinato 4°,5 (da Vert.) vs N141E	-	x	x	x	-	Piezometro T.A.
S21-10A	Galleria Scaleres	230	Verticale	-	x	x	x	-	Piezometro Casagrande
S21-11	Interconnessione BD	40	Inclinato 30° (da Vert.) vs N275E	x	-	x	-	x	-
S21-12	Interconnessione BP	35	Inclinato 50° (da Vert.) vs N110E	-	x	-	x	-	-
S21-15	Ex-Finestra Albes	40	Orizzontale (vs N320E)	--	-	-	--	-	-
S22-1	Tiles-Pinzago	310	Verticale	-	x	-	x	-	Piezometro T.A.
S22-2	Val Scaleres	310	Verticale	-	x	-	x	-	Piezometro T.A.
S22-3	Val Scaleres	100	Inclinato 80° (da vert.) vs S	-	x	-	x	-	-

Tabella 1: Quadro di sintesi dei sondaggi eseguiti durante la campagna 2021-2022.

I risultati dei sondaggi eseguiti, stratigrafie, documentazione fotografica, schede geomeccaniche, e delle relative prove in foro sono illustrati nell'elaborato IBOU1BEZZSGGE0000001B.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 16 di 190

### 5.1.2 Indagini indirette 2021-2022

Nella campagna indagini integrativa di PE sono stati eseguiti 3 profili sismici a rifrazione in onde P denominati con la sigla TS\_01, TS\_06 e TS\_05, un profilo sismico a rifrazione in onde Sh (stendimento TS\_01) e 1 profilo sismico a riflessione sempre lungo lo stendimento TS\_01, al fine di definire una ricostruzione sismostratigrafica in base alla velocità delle onde sismiche riscontrate.

Nello specifico i geofoni da 4,5 Hz utilizzati per gli stendimenti TS\_05 e TS\_06 sono stati 48 spazati di 2,5 m mentre per il TS\_01 sono stati utilizzati 96 geofoni anch'essi con una spaziatura di 2,5 m. Per una consultazione più approfondita dei risultati ottenuti si rimanda all'elaborato IB0U1BEZZIGGE0000001B.

Gli stendimenti TS\_06 e TS\_05 risultano essere subparalleli attraversando il versante perpendicolarmente all'immersione di quest'ultimo, con una direzione circa NE-SW, per una lunghezza di 120 m all'incirca sulla posizione dell'imbocco Nord della Galleria Naturale Gardena e a monte della posizione prevista per le spalle sud del Ponte sull'Isarco.

Lo stendimento TS\_01 invece è stato realizzato lungo il versante interessato dalla Finestra di Forch, al bordo di un conoide, seguendo una direzione circa NW-SE, con geometria di acquisizione identica sia per la rifrazione che per la riflessione (linea simica ibrida).

In fase di PED è stato invece previsto lo svolgimento di uno stendimento sismico a rifrazione (LR-PED-1) in onde P+S ad andamento circa N-S ed in asse con il Binario Dispari della Galleria Scaleres nell'area del terrazzo di Tiles-Pinzago. Lo stendimento previsto sarà lungo 720 m e con una distanza intergeofonica di 2,5 m.

id profilo	Tipo	lunghezza (m)
TS_01	Rifrazione	240
TS_01	Riflessione	240
TS_05	Rifrazione	120
TS_06	Rifrazione	120
LR-PED-1	Rifrazione	720

Tabella 2. Quadro di sintesi dei profili sismici eseguiti nella presente campagna di indagini integrative 2021-22.

### 5.1.3 Rilievi geomeccanici 2021-2022

Sono stati realizzati nell'ambito del PE 10 rilievi geomeccanici integrativi di superficie, in particolare nelle zone di imbocco delle Gallerie Scaleres (imbocchi Nord e Sud) e Gardena (imbocco Nord).

I rilievi eseguiti hanno permesso di elaborare la classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi analizzati definendo il parametro RMR secondo il criterio di Bieniawski (1989) e il parametro Q secondo il criterio di Barton (1974). Inoltre, durante i rilievi è stato definito un valore di GSI secondo l'analisi qualitativa di affioramento prevista per tale parametro. L'elaborazione dei dati include la proiezione stereografica delle principali famiglie di giunti individuate.

Le schede di rilievo geomeccanico sono riportate nell'elaborato IB0U1BEZZRHGE0000004A, mentre le classificazioni geomeccaniche si trovano nell'elaborato IB0U1BEZZRHGE0000005A.

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 17 di 190

## 5.2 CAMPAGNA 2017-2018

### 5.2.1 Indagini dirette 2017-18

Nell'ambito della campagna di indagini geognostiche relativa al PD svolta nel periodo 2017-18 sono stati eseguiti 9 sondaggi profondi (ossia spinti a profondità superiori a 150 m; la profondità massima raggiunta è stata pari a 615 m), e 37 sondaggi ordinari (profondità minore di 150 m).

In Tabella 3 è riportato l'elenco dei sondaggi realizzati identificandone la sigla, il tipo, la profondità raggiunta e la tipologia di prove in foro eseguite. Per quel che riguarda i sondaggi profondi, in foro sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lugeon (in totale 74) e di tipo Lefranc (in totale 3), prove dilatometriche (in totale 59) e prove di fratturazione idraulica (in totale 52); sono stati eseguiti i seguenti log: temperatura, conducibilità, caliper, telecamera acustica/ottica, sonico, raggi gamma. Sono stati inoltre prelevati campioni rimaneggiati/lapidei (in totale 90) successivamente inviati a laboratorio per prove geotecniche. Alcuni campioni sono stati inoltre sottoposti ad analisi mineralogico-petrografiche.

Per quel che riguarda i sondaggi ordinari, 32 perforazioni sono state eseguite a carotaggio continuo; di queste, 26 sono state attrezzate con piezometro, 2 con tubazione per l'esecuzione di prove sismiche tipo Down-Hole, una con inclinometro; 3 perforazioni, di cui una orizzontale, non sono state strumentate. Sono state eseguite inoltre 5 perforazioni a distruzione, 4 attrezzate a piezometro e 1 strumentata con inclinometro. Nei sondaggi sono state eseguite prove in foro quali SPT, prove pressiometriche, prove dilatometriche, prove Lefranc e Lugeon: risultano eseguite 233 prove SPT, 20 prove pressiometriche, 30 prove dilatometriche, 63 prove Lefranc, 31 prove Lugeon; sono stati prelevati inoltre 265 campioni tra rimaneggiati e lapidei e 7 campioni indisturbati. I campioni prelevati sono stati successivamente inviati a laboratorio per prove geotecniche; alcuni campioni sono stati inoltre sottoposti ad analisi mineralogico-petrografiche.

Sondaggio	Tipo	Opera	Lunghezza (m)	Prove in foro					Foreo strumentato
				Lugeon	Lefranc	Dilatometrica	Fratturazioni	log in foro	
EP2	profondo	Gall. Scaleres	200	x	-	x	x	x	piezometro
EP3	profondo	Gall. Scaleres	290	x	-	x	x	x	piezometro
EP4	profondo	Gall. Scaleres	345	x	-	x	x	x	piezometro
EP6	profondo	Gall. Gardena	615	x	-	x	x	x	piezometro
EP7	profondo	Int. P. Gardena	415	x	-	x	x	x	piezometro
EP8	profondo	Gall. Scaleres	361	x	-	x	x	x	piezometro
EP9	profondo	Finestra Chiusa	340	x	-	x	x	x	piezometro
EP10	profondo	Gall. Scaleres	270	x	x	x	x	x	piezometro
EP11	profondo	Gall. Scaleres	250	x	-	x	x	x	piezometro
sondaggio	Tipo	Opera/ubicazione	Lunghezza (m)	Prove in foro					Strumentazione
EO3h (orizz.)	ordinario	Gall. Scaleres	30	SPT	Pressiom.	Dilat.	Lefranc	Lugeon	
EO7	ordinario	Gall. Scaleres	130	-	-	x	x	x	piezom. Norton
EO13	ordinario	viadotto	50	-	-	x	-	x	piezom. Norton
EO14	ordinario	viadotto	40	x	x	x	x	x	doppio piez. Norton-Casag.
EO19	ordinario	Gall. Gardena	75	-	-	x	-	x	piezom. Norton
EO23	ordinario	int. P. Gardena	52	x	-	x	x	x	piezom. Norton
EO24	ordinario	int. P. Gardena	40	x	-	-	x	-	piezom. Norton
EO25	ordinario	int. P. Gardena	35	x	-	-	x	-	piezom. Norton
EO28	ordinario	int. P. Gardena	30	x	-	-	x	-	piezom. Norton
EO29	ordinario	Fin. Funes	35	x	-	-	x	-	piezom. Norton
EO30	ordinario	Fin. Funes	45	x	-	-	-	x	piezom. Norton
EO30b	ordinario	Fin. Funes	40	x	-	-	x	-	piezom. Norton
EO31	ordinario	Fin. Funes	123	-	-	x	-	x	piezom. Norton

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"  PROGETTO ESECUTIVO</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	18 di 190

EO32	ordinario	Finestra Forch	50	x	x	-	x	-	piezom. Norton
EO36	ordinario	Finestra Chiusa	80	x	-	x	-	x	inclinometro
EO40	ordinario	Zona Varna	114	-	-	-	-	-	piezom. Norton
EO41	ordinario	Fin. Funes	55	x	x	-	x	-	Down Hole
EO50	ordinario	Finestra Forch	90	x	-	-	x	-	piezom. Norton
EO60	ordinario	Zona Forch	50	x	-	-	x	-	piezom. Norton
EO61	ordinario	Zona Forch	30	x	-	-	x	-	piezom. Norton
EO62	ordinario	Zona Forch	30	x	-	-	x	-	piezom. Norton
EO63	ordinario	Zona Forch	40	x	-	-	x	-	piezom. Norton
EO64	ordinario	Zona Forch	40	x	-	-	x	-	piezom. Norton
EO65	ordinario	Zona Forch	40	x	-	-	x	-	piezom. Norton
EO66	ordinario	Zona Forch	40	x	-	-	x	-	piezom. Norton
EO67	ordinario	Zona Forch	50	x	-	-	x	-	piezom. Norton
BO1	ordinario	Gat. Bosco	60	x	x	-	x	-	piezom. Norton
BO3	ordinario	Gat. Bosco	60	x	x	-	x	-	piezom. Norton
BO4	ordinario	Gat. Bosco	30	x	x	-	x	-	piezom. Norton
BO5	ordinario	Gat. Bosco	60	x	x	-	x	-	Down Hole
H-BH1	ordinario	Hinterrigger	80	x	x	-	x	-	-
H-BH2	ordinario	Hinterrigger	80	x	x	-	x	-	-
<b>sondaggio</b>	<b>Tipo</b>	<b>Opera/ubicazione</b>	<b>Lunghezza(m)</b>	<b>Strum.</b>					
EO6	ordinario a distruzione	Gall. Scaleres	130	piezom. Norton					
EO18	ordinario a distruzione	Gall. Gardena	75	piezom. Norton					
EO20	ordinario a distruzione	Gall. Gardena	75	piezom. Norton					
EO36bis	ordinario a distruzione	Finestra Chiusa	40	piezom. Norton					
DO2	ordinario a distruzione	Gat.-Bosco	60	inclinometro					

Tabella 3. Quadro di sintesi dei sondaggi - Campagna indagini 2017-18.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 19 di 190

### 5.2.2 Indagini indirette 2017-18

Nell'area oggetto di studio durante il periodo 2017-18 sono state eseguite indagini sismiche a rifrazione, indagini geoelettriche, indagini HVSR, indagini MASW/Re.Mi., prove Down-Hole e indagini magnetotelluriche. Nello specifico sono stati eseguiti 23 profili sismici a rifrazione, 7 profili tomografici elettrici, 25 prove MASW/Re.Mi., 2 prove Down-Hole, 63 rilievi HVSR, 21 stazioni magnetotelluriche. Le indagini indirette sono state di supporto allo sviluppo del modello geologico di riferimento che verrà descritto nei successivi paragrafi.

In Tabella 4 è sintetizzato il quadro dei profili sismici e dei profili tomografici elettrici; i test Down-Hole sono stati eseguiti nel foro EO41 (profondità pari a 50 m) e nel foro BO5 (profondità pari a 60 m).

Tipo	Sismica		Geoelettrica	
	id profilo	lunghezza (m)	id profilo	lunghezza (m)
Rifrazione	Pes10	148	L22b	1620
Rifrazione	Pes11	235	L23	1287
Rifrazione	Pes12	175	L24	1243
Rifrazione	Pes13	148	L25	1298
Rifrazione	Pes14	235	L26	1357
Rifrazione	Pes15	238	L27	530
Rifrazione	Pes15b	238	L28	490
Rifrazione	Pes16	238		
Rifrazione	Pes26	118		
Rifrazione	Pes26b	238		
Rifrazione	Pes26c	238		
Rifrazione	Pes26d	118		
Rifrazione	Pes26e	595		
Rifrazione	Pes26f	238		
Rifrazione	Pes26g	238		
Rifrazione	Pes17	118		
Rifrazione	Pes18	118		
Rifrazione	Pes19	238		
Rifrazione	Pes20	358		
Rifrazione	Pes21	238		
Rifrazione	Pes31	598		
Rifrazione	Pes32	478		
Rifrazione	Pes33	478		

Tabella 4. Quadro di sintesi dei profili sismici e geoelettrici - Campagna indagini 2017-18.

### 5.2.3 Rilievi geomeccanici 2017

Durante il 2017 sono stati eseguiti 52 rilievi geomeccanici di superficie. L'elaborazione statistica dei dati acquisiti ha permesso di classificare dal punto di vista geomeccanico le porzioni rocciose oggetto dei rilievi secondo i criteri di Bieniawski (1989), attraverso la stima del coefficiente RMR, e secondo quelli proposti da Barton (1974) mediante il calcolo del parametro Q. Per i risultati si rimanda agli appositi elaborati.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 20 di 190	

## 5.3 CAMPAGNA 2012-13

### 5.3.1 Indagini dirette – sondaggi profondi

Nella campagna geognostica 2012-13 sono stati eseguiti 8 sondaggi profondi, dei quali 4 sulla Galleria Scaleres, 2 sulla Galleria Gardena e 2 sull'interconnessione di Ponte Gardena; la profondità massima raggiunta è stata di 350 m. In foro sono state eseguite prove di permeabilità tipo Lugeon (in totale 27), prove dilatometriche (in totale 20) e prove di fratturazione idraulica (in totale 17). Sono stati inoltre prelevati campioni rimaneggiati/lapidei (in totale 212) successivamente inviati a laboratorio per prove geotecniche. Nello specifico sono state eseguite 105 determinazioni del peso dell'unità di volume, 29 determinazioni del peso specifico, 64 misurazioni di velocità sonica (Vp e Vs), 98 prove di resistenza a compressione monoassiale di cui 63 con rilievo di deformazione, 28 prove triassiali, 23 prove di trazione indiretta, 21 point load test, 20 prove di taglio; sono state inoltre eseguite 55 analisi mineralogico-petrografiche in sezione sottile e 8 analisi diffrattometriche. Tutti i fori sono stati strumentati con piezometro a tubo aperto.

Sondaggio	Opera	Lunghezza (m)	Prove in foro			Foro strumentato
			Lugeon	Dilatometrica	Fratturazione	
S2	Gal. Scaleres	240	x	x	x	piezometro
S4	Gal. Scaleres	275	x	x	-	piezometro
S7	Gal. Scaleres	230	x	x	-	piezometro
S8	Ex-Finestra Albes	245	x	x	x	piezometro
S12	Gal. Gardena	190	x	x	x	piezometro
S13	Gal. Gardena	350	x	x	x	piezometro
S16	Int. P. Gardena	205	x	x	-	piezometro
SPG1	Int. P. Gardena	300	x	x	x	piezometro

Tabella 5 - Sintesi dei sondaggi profondi eseguiti nella campagna 2012-13.

### 5.3.2 Indagini dirette - sondaggi ordinari

Nel periodo 2012-2013 è stata eseguita anche una campagna di perforazione dei cosiddetti sondaggi ordinari, ossia sondaggi di profondità inferiore ai 150 m. Sono state eseguite sia perforazioni a carotaggio continuo sia perforazioni a distruzione di nucleo.

In totale sono state realizzate 35 perforazioni a carotaggio continuo, di cui 23 attrezzate con piezometro, 8 con inclinometro, 2 con tubazioni per l'esecuzione di prove sismiche tipo Down-Hole. Nei sondaggi sono state eseguite prove in foro quali SPT, prove pressiometriche, prove dilatometriche, prove Lefranc e Lugeon. In totale sono state eseguite 200 prove SPT, 85 prove pressiometriche, 67 prove dilatometriche, 76 prove Lefranc, 73 prove Lugeon; sono stati prelevati inoltre 296 campioni tra rimaneggiati e lapidei e 1 campione indisturbato. I campioni sono stati inviati a laboratorio per prove geotecniche quali: 93 determinazioni del peso dell'unità di volume, 28 determinazioni del peso specifico, 106 misurazioni di velocità sonica (Vp e Vs), 64 prove di resistenza a compressione monoassiale di cui 52 con rilievo di deformazione, 25 prove triassiali, 41 prove di trazione indiretta, 31 point load test, 3 prove di taglio su giunto, 24 determinazioni dei limiti di Atterberg, 138 granulometrie, 3 determinazioni di contenuto d'acqua, 1 determinazione di sostanza

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>												
PROGETTAZIONE:														
Mandataria: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica		<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>1BEZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0000001</td> <td>C</td> <td>21 di 190</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	21 di 190
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.									
IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	21 di 190									

organica, 2 prove di taglio diretto. Sono state inoltre eseguite 58 analisi mineralogico-petrografiche in sezione sottile e 8 analisi diffrattometriche. Nella Tabella 6 è riportata una sintesi relativa a tali terebrazioni.

sondaggio	Opera/ubicazione	Lunghezza (m)	Prove in foro					Strumentazione
			SPT	Pressiom.	Dilat.	Lefranc	Lugeon	
C1	tratto all'aperto	40	x	x	-	x	-	piezom. Norton
C2	Gall. Scaleres	40	-	-	x	-	x	piezom. Norton
C3	int. Pari Fortezza	40	x	x	x	x	x	piezom. Norton
C4	Gall. Scaleres	131	-	-	x	-	x	piezom. Norton
C6	Gall. Scaleres	100	-	-	x	-	x	piezom. Norton
C7	Viadotto Isarco	70	x	x	-	x	-	piezom. Norton
C8	Viadotto Isarco	60	x	-	x	-	x	piezom. Norton
C22	Viadotto Isarco	50	x	x	x	x	x	doppio piez. Norton-Casag.
C9	Gall. Gardena	150	-	-	x	-	x	piezom. Norton
C10	Gall. Gardena	75	-	-	x	-	x	piezom. Norton
C11	Finestra Chiusa	50	x	x	x	x	x	doppio piez. Norton-Casag.
C12	Finestra Chiusa	120	x	x	x	-	x	piezom. Norton
C15	Finestra Aica	60	x	x	-	x	-	piezom. Norton
C16	Finestra Aica	60	x	x	-	x	-	piezom. Norton
C17	Finestra Aica	55	x	x	-	x	-	piezom. Norton
C18	Finestra Aica	60	x	x	-	x	-	piezom. Norton
C21	Finestra Aica	50	x	x	-	x	-	piezom. Norton
C19	Finestra Aica	55	x	x	-	x	-	tubo pvc per dh
C20	Finestra Aica	55	x	x	-	x	-	tubo pvc per dh
C25	int. P. Gardena	150	-	-	x	-	x	piezom. Norton
C28	Val Riga	30	x	x	-	x	-	piezom. Norton
C29	Val Riga	30	x	x	-	x	-	piezom. Norton
C30	Val Riga	30	x	x	-	x	-	piezom. Norton

sondaggio	Opera/ubicazione	Lunghezza (m)	Prove in foro					Strumentazione
			SPT	Pressiom.	Dilat.	Lefranc	Lugeon	
V21	int. P. Gardena/A22	130	x	x	x	x	x	doppio piez. Casagrande
B2V11	int. P. Gardena/A22	110	x	x	x	x	x	inclinometro
B2V13	int. P. Gardena/A22	70	x	x	x	x	x	inclinometro
BV1	int. P. Gardena/A22	90	x	x	-	x	x	inclinometro
BV4p	int. P. Gardena/A22	90	x	x	x	x	x	piezom. Norton
BV5	int. P. Gardena/A22	70	x	x	-	x	-	inclinometro
BV6	int. P. Gardena/A22	80	x	x	-	x	x	inclinometro
C5	int. P. Gardena/A22	100	x	x	x	x	x	inclinometro
C23	int. P. Gardena/A22	50	x	x	x	x	x	inclinometro
CBV13	int. P. Gardena/A22	80	x	x	x	x	x	inclinometro
C26	int. P. Gardena/A22	40	x	x	-	x	-	-
C27	int. P. Gardena/A22	50	x	x	x	x	x	-

Tabella 6. - Sintesi dei sondaggi ordinari a carotaggio continuo eseguiti nella campagna 2012-2013.

Sono stati inoltre realizzati 17 sondaggi a distruzione di nucleo, finalizzati prevalentemente (15 perforazioni) all'esecuzione di prove geofisiche in foro tipo Cross-Hole, e in misura minore (2 fori) per l'installazione di piezometri. Nella Tabella 7 è riportata una sintesi relativa a tali perforazioni.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	22 di 190

sondaggio	Opera	Lunghezza (m)	Strumentazione
D2a	Gall. Scaleres	40	tubo pvc per ch
D2b	Gall. Scaleres	40	tubo pvc per ch
D2c	Gall. Scaleres	40	tubo pvc per ch
D7a	Viadotto Isarco	61,5	tubo pvc per ch
D7b	Viadotto Isarco	60	tubo pvc per ch
D7c	Viadotto Isarco	61	tubo pvc per ch
D11a	Finestra Chiusa	50	tubo pvc per ch
D11b	Finestra Chiusa	50	tubo pvc per ch
D11b	Finestra Chiusa	50	tubo pvc per ch
D16a	Finestra Aica	60	tubo pvc per ch
D16b	Finestra Aica	60	tubo pvc per ch
D16b	Finestra Aica	60	tubo pvc per ch
D18a	Finestra Aica	51	tubo pvc per ch
D18b	Finestra Aica	51,5	tubo pvc per ch
D18b	Finestra Aica	51,5	tubo pvc per ch
sondaggio	Opera	Lunghezza (m)	Strum.
B2V13pg	int. P. Gardena/A22	63	piez. Casag.
B2V13ps	int. P. Gardena/A22	30	piez. Casag.

Tabella 7. Sintesi dei sondaggi ordinari a distruzione di nucleo realizzati nella campagna 2012-2013.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 23 di 190

### 5.3.3 Indagini indirette - rilievi geofisici

Le indagini geofisiche svolte durante il 2012 hanno compreso l'esecuzione di profili tomografici elettrici, profili sismici a rifrazione, prove RE.Mi. (microtremori), prove MASW, rilievi magnetotellurici, prove Cross-Hole e prove Down-Hole. Nello specifico sono stati eseguiti 22 profili tomografici elettrici, 27 profili sismici a rifrazione, un rilievo magnetotellurico sviluppato su 12 stazioni, 10 prove tra MASW e RE.MI, 5 prove Cross-Hole a tre fori, 2 prove Down-Hole.

Geoelettrica		Sismica	
id profilo	lunghezza (m)	id profilo	lunghezza (m)
L1	520	P1	120
L2	520	P2	120
L3	1450	P3	120
L3b	1100	P9	120
L4	900	P13	120
L5	1050	P14	120
L6	750	P15	120
L7	650	P21	450
L8	1550	P22	430
L9	1300	P23	490
L10	1200	P24 a-b	950
L11	1470	P25	480
L12	1450	P26	410
L13	1400	P27	460
L14	1450	P28 a-b	850
L15	1320	P31-32	930
L16	1800	P33	450
L17	1750	P34	450
L19	2220	P35-36	950
L20	2120	P37	480
L21	2150	P41	120
L22	1570	P42	120
L23	1940	P43	90
		P44	120
		P45a-b	330
		P46	120
		P51	425

Tabella 8. Tabella di sintesi degli stendimenti elettrici e sismici realizzati (2012).

Come si evince dalla Tabella 8 la lunghezza dei profili tomografici elettrici varia tra circa 500 e circa 2200 m, per un totale di circa 31500 m di stendimento effettuati, quella dei profili sismici a rifrazione varia tra 100 e oltre 900 m, per un totale di circa 9900 m di stendimento effettuati. La lunghezza dei fori in cui sono state eseguite le prove Cross-Hole è compresa fra 40 e 60 m, mentre la lunghezza dei fori di sondaggio in cui sono stati eseguiti i test Down-Hole è pari a 55 m.

### 5.3.4 Rilievi geostrutturali 2012 e 2014

Durante il 2012, ai fini dello sviluppo della caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi, sono stati eseguiti rilievi geostrutturali di superficie consistenti in 39 stazioni di misura. L'elaborazione statistica dei dati acquisiti ha permesso di classificare dal punto di vista geomeccanico le porzioni rocciose oggetto dei rilievi

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 24 di 190

secondo i criteri di Bieniawski (1989), attraverso la stima del coefficiente RMR, e secondo quelli proposti da Barton (1974) mediante il calcolo del parametro Q, ed infine secondo il parametro GSI dedotto dal valore di RMR (Hoek, 1995). È stata condotta una campagna di rilievi geomeccanici anche durante il 2014, con l'esecuzione di 11 nuove stazioni di rilevamento dati.

#### 5.4 CAMPAGNE PRECEDENTI

Nel periodo maggio-giugno 2006 è stato eseguito da RFI un sondaggio profondo a carotaggio continuo, denominato V4, spinto alla profondità di 301 m da p.c., in località strada Freienberg, circa in corrispondenza della pk 3+300 del tracciato (Tabella 9).

Sondaggio	Opera	Lunghezza (m)	Prova in foro Lugeon	Prova in foro dilatometrica	Prova in foro fratturazione	Foro strumentato
V4	Galleria Scaleres	301	X	-	-	piezometro

Tabella 9. Sondaggio profondo eseguito durante la campagna RFI 2006.

Nel periodo aprile-maggio 2006 sono stati inoltre eseguiti da RFI n. 3 sondaggi ordinari a carotaggio continuo, denominati V1, V2 e V3, in località Forch (Tabella 10).

Sondaggio	Opera	Lunghezza (m)	Prova in foro Lugeon	Prova in foro dilatometrica	Prova in foro Lefranc	Foro strumentato
V1	Finestra di Forch	58			X	piezometro
V2	Finestra di Forch	41			X	piezometro
V3	Finestra di Forch	55			X	piezometro

Tabella 10. Sintesi dei sondaggi ordinari eseguiti durante la campagna RFI 2006.

Sono stati acquisiti infine i risultati di alcuni sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nel 2005 da BBT nell'areale di Hinterrigger (Ri-B-01/05, Ri-B-02/05, Ri-B-03/05, Ri-B-04/05 e Ri-B-05/05), e nell'areale di Plattner (sondaggi Up-B-01/05 e Up-B-02/05; Tabella 11).

Sondaggio	Lunghezza (m)	Prove in foro			Strumentazione installata
		SPT	Pressiometrica	Lefranc	
Ri-B-01/05	15	X	-	X	Piezometro
Ri-B-02/05	15	X	-	X	Piezometro
Ri-B-03/05	15	X	-	X	Piezometro
Ri-B-04/05	15	X	-	X	Piezometro
Ri-B-05/05	15	X	-	X	Piezometro
Up-B-01/05	15	X	-	X	Piezometro
Up-B-02/05	15	X	-	X	Piezometro

Tabella 11. Sintesi dei sondaggi BBT eseguiti nel 2005 nelle aree di Hinterrigger e Plattner.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA 1B0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 25 di 190

## 6. ASSETTO GEOLOGICO DELLE AREE DI INTERVENTO

### 6.1 STRATIGRAFIA

La sequenza stratigrafica nell'area di progetto è rappresentata dalle seguenti associazioni litologiche, descritte a partire dal basamento roccioso metamorfico ercinico verso i termini più recenti.

#### 6.1.1 BASAMENTO METAMORFICO ERCINICO – UNITÀ DI BRESSANONE

Di seguito viene riportata la descrizione delle litologie distinte informalmente ai fini della realizzazione del modello geologico di progetto, sulla base di criteri simili a quelli adottati nei fogli CARG 1:50.000 di recente pubblicazione in altre aree della Provincia Autonoma di Bolzano ove affiora l'unità in oggetto (Fogli Merano e Dobbiaco). Vengono in questa sede mantenute le stesse denominazioni dei litotipi adottate nel Progetto Definitivo.

##### 6.1.1.1. *Filladi a granato - (BSS)*

Si tratta di rocce filladiche (Fig. 4, Fig. 5) con vene/letti di quarzo bianco trasposte lungo la scistosità. Il colore della roccia è tipicamente grigio su cui spiccano i fillosilicati tipo muscovite. Si rinvencono granati di dimensione variabile ma in prevalenza millimetrici, intercalati alla foliazione. Tali minerali si possono osservare sia alla scala dell'affioramento che in sezione sottile rivestiti da diversi layers di fillosilicati quali biotite e muscovite. La foliazione principale S2 è in genere il risultato dell'evento deformativo ercinico D2. Talvolta è ancora riconoscibile la scistosità S1 relitta. L'unità è stata cartografata in destra idrografica Isarco, tra Rio Orso e l'abitato di Varna.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE:							
Mandataria:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA M Ingegneria	1B0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	26 di 190
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica							



Fig. 4: Filladi a granato con vene di quarzo, affioramento presso l'abitato di Pinzago.



Fig. 5: BSS – Affioramento di filladi presso Pinzago.

#### 6.1.1.2. Filladi ricche in quarzo - (BSSa)

Questa litologia è costituita da alternanze di filladi ricche in quarzo, presente in vene e lacci trasposti lungo la scistosità o discordanti, bancate di quarziti filladiche più massicce (Fig. 6) e livelli più prettamente filladici.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 27 di 190

La roccia presenta un aspetto generalmente più massivo grazie alle porzioni quarzitiche, che possono localmente costituire bancate di spessore decametrico (Fig. 7). Lungo alcune zone di taglio (Rio Gudon, Rio Secco) sono presenti corpi di filladi sericitizzate, di colore argenteo, untuose al tatto, affioranti soprattutto nella zona tra Rio Funes e Gudon (Fig. 8).



Fig. 6: Affioramento di quarziti filladiche presso Rio della Difesa.



Fig. 7: Bancata pluridecamentrica di quarziti filladiche affiorante tra Scezze e Giovignano (zona di Albes).



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 28 di 190



Fig. 8: Quarziti con intercalazione decimetrica di filladi sericitiche lungo il Rio Gudon.

### 6.1.1.3. Porfiroidi (Auct.) - p

All'interno delle filladi dell'Unità di Bressanone sono presenti lenti e corpi di metavulcaniti e metavulcanoclastiti acide, note in letteratura con il termine di porfiroidi (Fig. 9). I protoliti vulcanici sono probabilmente variabili da riolitici a riodacitici il che ne determina una certa eterogeneità composizionale. La struttura è in genere massiccia o debolmente foliata (scistosità S1 con *strike* prevalenti N-S). I porfiroidi hanno una composizione mineralogica comprendente microclini, sanidini, ortoclasti, plagioclasti, mica, clorite, epidoto e quarzo. Dove meno deformati e più massicci si possono localmente riconoscere i relitti di fenocristalli del protolite vulcanico (principalmente feldspati). Talvolta il loro aspetto è di tipo granitoide con colorazione variabile dal bianco lattiginoso al rossiccio. Nella dorsale di Tiso e Naves sono altresì presenti lenti di paragneiss (Fig. 10), con fabric prealpino costituiti da plagioclasio, quarzo, biotite,  $\pm$  muscovite (frequente), che formano corpi di discrete dimensioni. Il corpo principale di porfiroidi interessato dal tracciato è presente in sinistra Isarco all'altezza degli imbocchi Nord della Galleria Gardena e della Finestra di Funes. Qui la roccia presenta un aspetto prevalentemente massiccio, gneissico e subordinatamente scistoso ed il colore è caratterizzato da toni grigio-verdastri con patina di alterazione rossastra (Fig. 11).

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA 1B0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 29 di 190



*Fig. 9: Porfiroidi, affioramenti presso l'abitato di Albions.*



APPALTATORE: <div style="text-align: center;">  </div>	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 30 di 190



*Fig. 10: Gneiss all'interno dei porfiroidi affioranti nei dintorni di Tiso.*



*Fig. 11: Affioramento di porfiroidi massicci a monte dell'imbocco Nord della Galleria Gardena.*



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 31 di 190

#### 6.1.1.4. *Filladi carboniose – (BSSc)*

Si tratta di filladi quarzifere alternate a lenti più o meno potenti (fino ad alcune decine di metri) contenenti grafite, quarzo, mica,  $\pm$  titanite/ilmenite. L'aspetto delle intercalazioni ricche in grafite, da cui il termine carboniose, è quello di rocce molto fissili, di colore grigio scuro o nerastro, con superfici di scistosità traslucide ed untuose al tatto. Le filladi carboniose sono state cartografate nell'area in studio in sinistra idrografica Isarco (Fig. 12) e in Val di Funes.

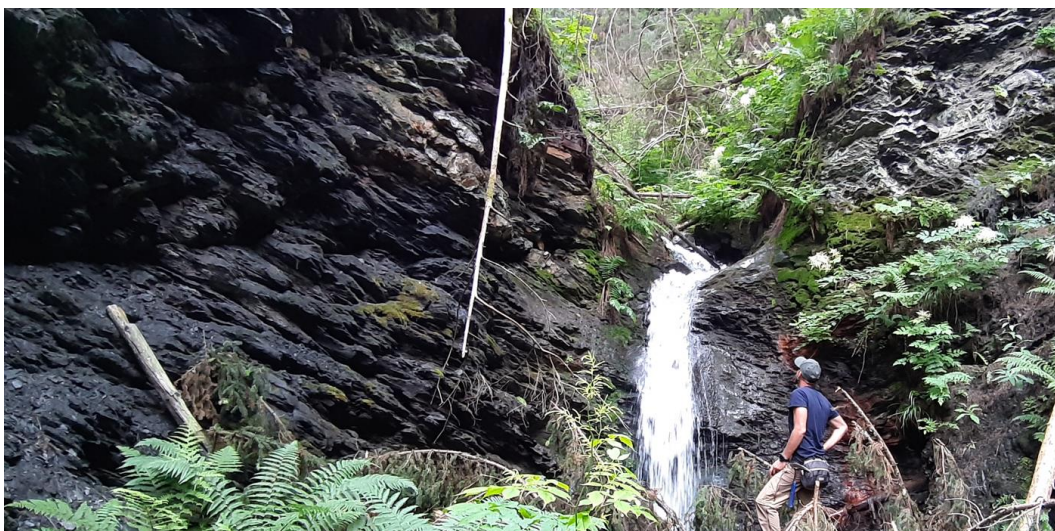


Fig. 12: Bancata plurimetrica di filladi nere carboniose nei pressi del contatto di tetto dell'unità nell'incisione del Rio Secco.



Fig. 13: Dettaglio di un affioramento di fillade carboniosa presso Gudon.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 32 di 190

#### 6.1.1.5. Formazione di Gudon - (FMG)

I litotipi appartenenti alla Formazione di Gudon sono costituiti da intercalazioni di anfiboliti (anfiboliti-metagabbri in Rofner et alii, 2010) ad anfibolo verde (actinolite), albite, clorite ed epidoto in individui da submillimetrici a centimetrici e metabasalti che hanno mantenuto la loro composizione originaria (basalti mafici di fondo marino secondo Visonà et al., 2018). L'unità affiora unicamente nei pressi dell'abitato di Gudon, lungo il contatto tettonico alpino tra i termini filladici BSSa e BSSc e lungo il fondovalle dell'Isarco al di sotto dell'abitato di Gudon (Fig. 14).



Fig. 14: Affioramento della formazione di Gudon alla base del versante sinistro della Valle Isarco, a monte della ferrovia del Brennero.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 33 di 190

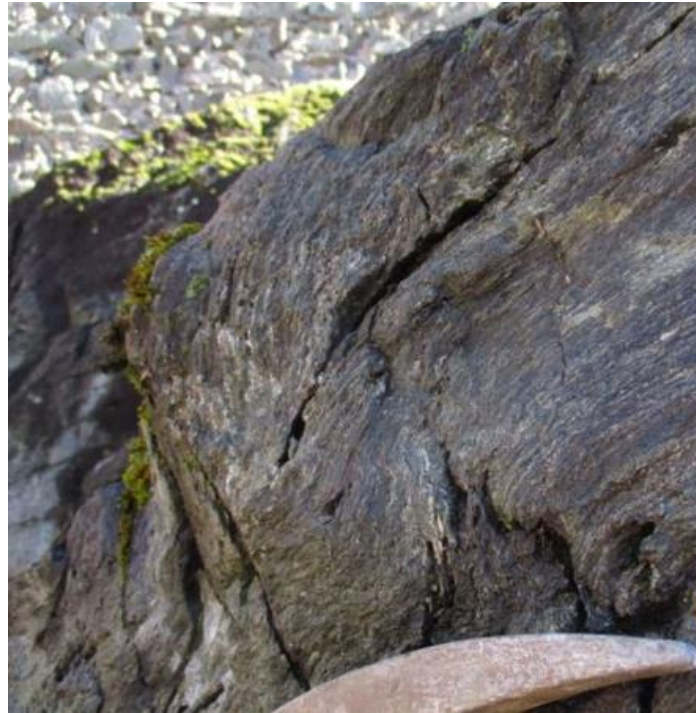


Fig. 15: Dettaglio di un affioramento della Formazione di Gudon (castello di Gudon).

#### 6.1.1.6. Filladi - (BSSb)

I litotipi compresi in questa unità sono costituiti da filladi caratterizzate da percentuali variabili di quarzo, passanti a facies a prevalenti fillosilicati con vene/letti di quarzo bianco trasposto all'interno della foliazione ed intercalate a livelli di micascisti. L'unità è stata cartografata unicamente in sinistra idrografica Isarco nei pressi dell'abitato di Albions.



Fig. 16: Affioramento di Filladi presso Rio Albions.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 34 di 190



Fig. 17: Dettaglio di un affioramento di filladi sul versante sinistro della Valle Isarco, nei pressi dell'imbocco della Finestra di Chiusa.

#### 6.1.1.7. - Paragneiss di Laion - (PRL)

Si tratta dell'unità mappata nei dintorni delle località di Laion e Ponte Gardena (Fig. 18 e Fig. 19). É costituita da gneiss e quarziti di colore chiaro (metapsammiti a quarzo, mica, feldspati) che presentano una struttura massiccia, spesso interessata da intensa fratturazione, alternati a filladi quarzifere, localmente prevalenti, di color grigio plumbeo con livelli di quarzo trasposti lungo la scistosità (metapeliti a mica, quarzo,  $\pm$  calcite). Gli gneiss e le quarziti presentano una scistosità accentuata di tipo S1 ed una struttura da lamellare a piastriforme. Le porzioni filladiche possono presentare una scistosità estremamente accentuata di tipo S2 la quale non sembra presente nelle porzioni più gneissiche/quarzitiche dell'unità. Secondo le ricostruzioni effettuate, nell'area in esame i Paragneiss di Laion sono in contatto tettonico con le filladi BSSb.



APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
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	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	35 di 190



Fig. 18: Paragneiss di Laion, affioramento nei pressi dell'abitato di Laion.



Fig. 19: Paragneiss di Laion, affioramento nei pressi delle pile 13 e 14 del viadotto autostradale "Belprato" dell'A22.

## 6.1.2 INTRUSIONI PERMIANE

### 6.1.2.1. Granito di Bressanone Auct. – (ybi)

Il complesso intrusivo dei granitoidi di Bressanone presenta una particolare importanza per lo sviluppo del progetto, in quanto verrà interessato dalla porzione più settentrionale della Galleria Scaleres (per almeno 3 km a partire dall'imbocco Nord di Fortezza). Tale complesso è costituito da litotipi rappresentati da granito biotitico a struttura granulare, con cristalli di feldspato potassico, plagioclasio, quarzo e biotite, a grana media



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 36 di 190

o medio-grossa, e da granodioriti, in genere a grana più fine, caratterizzate da anfiboli di dimensioni millimetriche.

Il Granito di Bressanone (Fig. 20) si presenta come roccia massiccia con una densità di fratturazione media che aumenta nelle vicinanze delle faglie (comportamento deformativo fragile; ad esempio la *damage zone* della faglia del Rio Bianco, Fig. 21) e caratterizzata dai tipici fenomeni di alterazione e cloritizzazione lungo i piani di discontinuità.

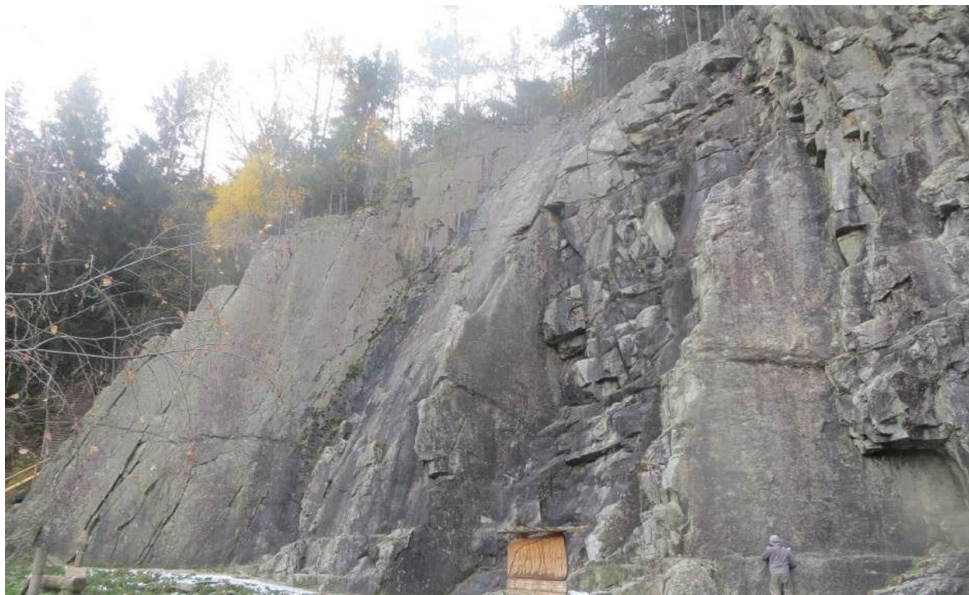


Fig. 20: Affioramento di Granito di Bressanone (Fortezza alta).

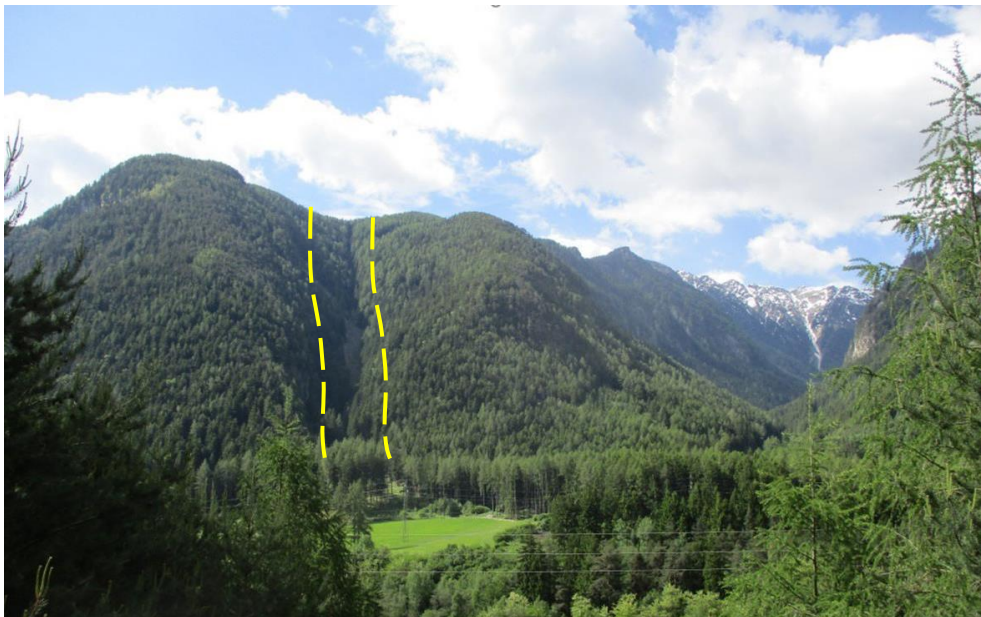


Fig. 21: Vista dell'espressione morfologica della faglia del Rio Bianco (canalone evidenziato con il tratteggio) in destra idrografica Isarco.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 37 di 190

#### 6.1.2.2. Gabbri - (E1)

Roccia macrocristallina, formata principalmente da plagioclasio e pirosseni e mappata principalmente nel settore NW dell'area cartografata, in corrispondenza della vetta del Monte Bersaglio. Queste rocce non interessano il tracciato dell'opera in progetto.

#### 6.1.2.3. Dioriti quarzifere di Fortezza - (Δ1)

Dioriti con presenza di quarzo microcristallino, riconducibili alla famiglia dei graniti calcalalini di Bressanone. Affiorano in corrispondenza della vetta di Monte Bersaglio. Anche queste rocce, come i gabbri descritti in precedenza, non interessano il tracciato dell'opera in progetto.

#### 6.1.2.4. Granodioriti di Tiles - (GDT)

Micrograniti, dioriti e granodioriti a feldspato, biotite, pirosseno e quarzo. Queste intrusioni affiorano nelle aree a ovest della località di Tiles, lungo l'omonimo rio e lungo la strada provinciale che collega Bressanone a Pinzago. Nella parte alta del versante, all'interno degli affioramenti legati a questa intrusione, si sono osservate rocce con caratteristiche non proprio tipiche di rocce intrusive, ma piuttosto di rocce ipoabissali o filoniane, simili ad andesiti o quarzo-andesiti porfiriche (Fig. 22).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:							<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	38 di 190
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica							



Fig. 22: Affioramento di granodioriti di Tiles nella parte alta del versante destro della Valle Isarco sopra Tiles e dettaglio su campione a mano che mette in evidenza l'aspetto ipoabissale-filoniano della roccia.

#### 6.1.2.5. Breccie di Intrusione - (BDI)

Breccie ad elementi vulcanici con clasti a spigoli vivi e cemento principalmente siliceo (con presenza di carbonato secondario) associate all'intrusione della Granodiorite di Tiles (intercettate anche dalla perforazione del sondaggio EP11).

#### 6.1.2.6. Dioriti quarzifere di Chiusa - ( $\delta$ )

Roccia di colore grigio più o meno scuro, a grana piuttosto minuta, costituita da plagioclasio sodico-calcico associato ad anfiboli, pirosseni e miche con inclusioni di quarzo. È ben esposta in un'ampia parete subverticale esistente a sud dell'abitato di Velturmo, alla base del versante destro della valle Isarco in prossimità dell'imbocco Sud della Galleria Scaleres (Fig. 23 e Fig. 24).



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 39 di 190



Fig. 23: Parete di esteso affioramento delle Dioriti di Chiusa (imbocco sud Galleria Scaleres).



Fig. 24: Vista più ravvicinata della base della parete rocciosa in Dioriti di Chiusa nei pressi dell'imbocco Sud della Galleria Scaleres.

#### 6.1.2.7. Aureola di contatto/Cornubianiti (MPC)

In questa unità si raggruppano i litotipi, appartenenti al basamento metamorfico ercinico incassante, che hanno subito metamorfismo di contatto per effetto dei corpi intrusivi quali il Granito di Bressanone e le Dioriti di Chiusa. L'aspetto in affioramento di queste rocce è solitamente quello di una roccia molto tenace di colore scuro. Nelle filladi la scistosità originale tende a scomparire, così come i noduli di quarzo, in quanto lo stesso

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA 1B0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 40 di 190

viene rimobilizzato dal metamorfismo di contatto. In sezione sottile si riconosce la presenza di biotite statica, sillimanite, cordierite ed andalusite. Non tutta l'aureola di contatto presenta le caratteristiche sopra descritte, in quanto si osserva un graduale passaggio, allontanandosi dal contatto con il granito, da locali migmatiti a cornubianiti massicce (nelle quali non si riconosce la struttura scistosa del protolite filladico), a cornubianiti scistose fino a filladi cornubianitiche, che segnano l'ultimo termine di passaggio alle rocce filladiche non interessate dal metamorfismo termico, che come lecito attendersi, non ha un limite netto ma sfuma gradualmente allontanandosi dal plutone.



*Fig. 25: Cornubianiti da massicce e localmente scistose (MPC), affioramento nei dintorni di Fortezza, lungo il versante a monte dell'imbocco Nord della Galleria Scaleres.*

In merito alla natura e geometria dell'aureola metamorfica del Granito di Bressanone, i dati dei rilievi integrativi di terreno, oltre all'analisi dei risultati del sondaggio integrativo S12-4, hanno permesso di verificare che, oltre alla fascia di cornubianiti massicce, caratterizzate da elevata durezza e abrasività, visibili in affioramento a diretto contatto con il Granito di Bressanone e nelle sue vicinanze, è presente una graduale transizione dalle cornubianiti massicce, a cornubianiti scistose fino a scisti cornubianitici per poi sfumare gradualmente nelle filladi non modificate dal metamorfismo termico.

Su un campione prelevato dalle carote del sondaggio S21/4 è stata eseguita un'analisi petrografica integrativa in sezione sottile, la quale ha confermato la presenza all'interno della roccia di paragenesi tipiche di un metamorfismo termico di alta temperatura. I risultati di tale analisi sono riportati nel paragrafo 10.2.1.1 inserito nella descrizione del modello geologico della Finestra di Forch.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 41 di 190

### 6.1.3 DEPOSITI SUPERFICIALI QUATERNARI

I depositi superficiali di età quaternaria si devono principalmente a fenomeni gravitativi (frane e detriti di versante) ed a fenomeni deposizionali legati alla dinamica fluvio-glaciale e conseguenti rapporti di interdigitazione e sovrapposizione a seguito dell'evoluzione geomorfologica del territorio interessato dal progetto.

#### 6.1.3.1. Depositi alluvionali pre-LGM (apl)

L'unità è stata rinvenuta unicamente nei sondaggi H-BH1 e H-BH2 eseguiti nella zona di Hinterrigger e non risulta affiorante all'interno dell'areale studiato. È costituita da ghiaie medie-grossolane a supporto di clasti alternate ad intervalli a supporto di matrice sabbiosa. I clasti, poligenici, sono da subarrotondati ad arrotondati. La presenza di abbondanti clasti carbonatici suggerisce una provenienza dei materiali dal bacino dell'attuale Rienza. L'unità è stata interpretata come un deposito alluvionale antecedente l'ultima glaciazione (LGM).

#### 6.1.3.2. Depositi deltizi glacio-lacustri (Dlt)

Tali depositi sono attribuibili 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 da facies prevalentemente sabbiose con ghiaia in transizione verso il basso stratigrafico a limi sabbiosi laminati con ciottoli. Il top sabbioso gradato con ciottoli è stato raggiunto anche dallo scavo della cava di prestito per inerti situata poco a Est del sondaggio C15. Si tratta di depositi deltizi (Dlt) attribuibili ad un ambiente glacio-lacustre per la presenza di numerosi *dropstone* rinvenuti sia nei limi laminati (*bottomset*) sia nelle facies sabbiose gradate (*foreset*). Depositi simili, descritti da Castiglioni (1964b) nelle cave di Sciaves, sono stati attribuiti ad un sistema deposizionale di delta glacio-lacustre antecedente l'Ultimo Massimo Glaciale. In sinistra Isarco, nella porzione settentrionale dell'areale 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.

#### 6.1.3.3. Depositi fluvio-glaciali, glaciali (df) e glacio-lacustri (l)

Tali depositi sono da riferirsi ai fenomeni glaciali che hanno interessato tutto l'arco alpino, modificandone sensibilmente la morfologia, 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 presentano prevalentemente caratteristiche da rimaneggiamento fluviale; in più limitati affioramenti si riconoscono le caratteristiche sedimentologiche relative ai depositi glaciali. La sequenza più continua rilevata è costituita alla base da porzioni di depositi glaciali, a volte estremamente alterati, il cui spessore non supera quasi mai qualche metro; a tetto di questi si rinvengono, in discordanza, depositi fluviali che rimaneggiano e rielaborano i sottostanti livelli glaciali, la cui potenza può raggiungere alcune decine di metri e che sono costituiti principalmente da termini a matrice sabbiosa con blocchi anche di dimensioni superiore al metro, generalmente contenenti lenti di conglomerati a spessore variabile; possono essere presenti rare intercalazioni argillose, anch'esse mutevoli dal punto di vista dello spessore e del colore. Si ritrovano sia in



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica		IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	42 di 190

destra che in sinistra idrografica del Fiume Isarco e affiorano indistintamente lungo i versanti sia a bassa quota (Fig. 26) che nelle porzioni più elevate altimetricamente, sino a raggiungere e superare in alcuni casi i 1300 m s.l.m..

Nel sondaggio EP10 realizzato sull'altopiano di Pinzago-Tiles, da circa 37 a circa 96 m di profondità da p.c., sono stati inoltre rinvenuti depositi ricondotti ad ambiente lacustre (I) con intercalazioni di episodi di deposizione fluviale: si tratta di sabbie fini da siltose a debolmente siltose, silt sabbiosi a struttura laminata con intercalazioni ghiaioso-sabbiose con subordinata matrice siltosa.



Fig. 26: Depositi fluvioglaciali (df) ghiaiosi-ciottolosi con blocchi esposti nelle scarpate della cava Forch (Imbocco Finestra di Forch). Sul fondo della cava affiorano i depositi sabbiosi della formazione Dlt.

#### 6.1.3.4. Depositi alluvionali antichi terrazzati di primo (at1) e secondo ordine (at2)

Si tratta di depositi cartografati in prevalenza nella porzione settentrionale dell'area di studio, in prossimità della confluenza del Fiume Rienza con il Fiume Isarco all'interno del bacino di Bressanone; la loro genesi è riconducibile a fenomeni fluvioglaciali e fluviali da pleistocenici ad olocenici.

Comprendono lembi di ghiaie medio-grossolane con intercalazioni sabbiose ed affiorano in ordini di terrazzi ubicati a quota maggiore rispetto all'attuale fondovalle, con il quale non possono essere correlati. La loro distribuzione all'interno delle valli laterali minori non è omogenea, con spessori variabili in funzione delle marcate irregolarità nella superficie di contatto tra gli stessi e il sottostante substrato.

#### 6.1.3.5. Depositi alluvionali recenti (ar) e attuali (aa)

I depositi alluvionali recenti affiorano in maniera discontinua lungo tutta la valle del Fiume Isarco. Sono costituiti da sabbie medio-grossolane grigie e da ghiaie e conglomerati poligenici ad elementi di dimensioni variabili da decimetriche a, in alcuni casi, superiori al metro. Lo spessore di tali depositi è difficilmente valutabile in sito non essendo disponibili affioramenti e scarpate con adeguate esposizioni.

I depositi alluvionali attuali sono presenti lungo quasi tutto il tratto di Fiume Isarco che rientra nell'area oggetto dell'indagine; le alluvioni sono costituite quasi esclusivamente da ciottoli poligenici di dimensioni

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	43 di 190

variabili ma, nella maggior parte dei casi, pluri-decimetriche sino ad arrivare a dimensioni superiori al metro. La matrice del deposito è ghiaioso-sabbiosa, localmente da scarsa ad assente.

#### 6.1.3.6. Depositi di frana attiva (fa) e frana inattiva (fi)

Si tratta di accumuli generalmente costituiti da blocchi di basamento (soprattutto filladi) più o meno scomposti, disarticolati, ossidati con patine di colore arancione-rossastro ed a tratti con fratture riempite da matrice terrosa. Nei depositi di frana inattiva (fi) sono incluse anche porzioni di substrato roccioso coinvolte in deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV) quali ad esempio quella di Varna. Queste porzioni di ammasso, essendo state soggette a traslazione, anche di lieve entità nelle zone periferiche delle DGPV, sono caratterizzate da una generale disarticolazione e presenza di fratture aperte. Ove osservati in campagna con queste caratteristiche e in affioramenti di dimensioni cartografabili, questi ammassi rocciosi sono stati individuati con il colore della formazione rocciosa e sovrasimbolo rappresentativo delle condizioni di fratturazione e disarticolazione nella carta geologica di PE.

#### 6.1.3.7. Depositi colluviali (c)

Sono costituiti da materiale medio-fine derivante dall'alterazione del substrato e in alcuni casi soggetto a lenti movimenti per *creep*. Si trovano principalmente lungo le maggiori rotture di pendio tra la piana alluvionale del Fiume Isarco ed i versanti che la confinano.

#### 6.1.3.8. Detriti di versante (d)

Si tratta di depositi eterogenei ed eterometrici (dai blocchi ai limi argillosi) derivanti dalla degradazione e dal rimaneggiamento dei litotipi affioranti e dal conseguente accumulo gravitativo lungo i versanti, al di sotto delle principali aree di affioramento del substrato roccioso. La natura litologica del deposito riflette il substrato su cui si impostano, che nella maggior parte del territorio è costituito da rocce metamorfiche filladiche; nel settore più settentrionale tali depositi sono costituiti da elementi di granito e di altre rocce magmatiche.

#### 6.1.3.9. Depositi di conoide di detrito (cd) e conoide alluvionale (cf)

Depositi eterogenei ed eterometrici che costituiscono accumuli di materiale trasportato lungo rii e torrenti presentando la tipica forma conico-convessa agli sbocchi vallivi. Le litologie costituenti tali depositi riflettono la composizione del substrato roccioso affiorante lungo il bacino di alimentazione dei corsi d'acqua a cui sono collegati. Localmente i conoidi di detrito possono anche essere costituiti da depositi generatisi a seguito di trasporto in massa (depositi da debris flow) lungo rii e canali adiacenti la Valle Isarco.

#### 6.1.3.10. Depositi antropici (h)

Si tratta di depositi eterogenei ed eterometrici riconducibili ad attività antropiche quali riporti e riempimenti, tra cui i principali sono costituiti dai rilevati della ferrovia storica e dell'autostrada A22. Assumono particolare importanza in alcuni settori progetto, in particolare all'altezza dell'imbocco della Finestra di Funes e dell'Interconnessione di Ponte Gardena (binario dispari) dove i rilevati di una strada provinciale e

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 44 di 190

dell'autostrada A22 sono interessati direttamente dallo scavo di parte delle gallerie previste. In questi settori i depositi antropici sono stati indagati mediante sondaggi sia in fase di PD che nella campagna integrativa del PE.

## 7. INQUADRAMENTO STRUTTURALE

Nell'ambito dello studio geologico realizzato nella fase di progettazione definitiva è stata ipotizzata una ridefinizione del modello tettonico che ha interessato la Valle Isarco dal tardo Paleozoico al tardo Cenozoico. Il modello tettonico generale qui descritto viene confermato nell'ambito dello studio geologico del Progetto Esecutivo.

L'area in oggetto si colloca all'interno del dominio Sudalpino dove affiorano porzioni di basamento cristallino Ercinico in contatto stratigrafico e tettonico con successioni vulcaniche e sedimentarie di età Permo-Mesozoica. Il basamento del Sudalpino sud-orientale è caratterizzato da un'evoluzione tettonica particolarmente complicata, nonostante sino a metà degli anni '80 fosse considerato come una porzione della catena Ercinica (o Varisica) sud-europea strutturalmente omogenea.

Alla fine degli anni '80 diversi autori hanno iniziato ad aprire la strada verso una maggiore comprensione dell'evoluzione geodinamica che ha interessato il basamento Sudalpino dall'orogenesi Ercinica sino all'evento Alpino. La presenza di unità strutturali caratterizzate da diverse evoluzioni P-T pre-Alpine così come l'importanza di eventi estensionali Permo-Mesozoici sono stati ampiamente documentati nei settori occidentali e centrali del Sudalpino (Diella et al., 1992; Bertotti et al., 1993; Siletto et al., 1993; Spalla & Grosso, 1999; Di Paola & Spalla, 2000; Dal Piaz, 1993; Benciolini, 1994). Autori come Brodie & Rutter (1987), Handy (1987), Schmidt et al. (1987), Benciolini et al. (2006) hanno evidenziato la complessità del basamento Sudalpino e tali elementi di complessità sono stati riscontrati e documentati nella zona della Valle Isarco. Il basamento Sudalpino orientale rappresenta una porzione della catena Ercinica (o Varisica) ed è bordato a nord e ovest da due rami della Linea Insubrica (rispettivamente Faglia della Val Pusteria e Faglia delle Giudicarie). Verso est il basamento è separato dalla copertura vulcano-sedimentaria anchimetamorfica o non metamorfica dalla Linea della Val Bordaglia (Hubic et al., 2000; Piccin et al. 2017). Nell'ambito dello studio geologico del progetto esecutivo viene proposto un modello tettonico evolutivo semplificato, con il quale si possono spiegare le micro-, meso- e macrostrutture rilevate sul terreno e/o riportate sulle carte strutturali (Elaborati IBOU1BEZZG3GE0001003A e IBOU1BEZZG3GE0001004A).

Il basamento cristallino nella zona d'interesse è costituito da una sequenza di rocce filladiche in facies scisti verdi intercalate a metavulcaniti acide (porfiroidi) e metabasalti talora evoluti in facies anfibolitica. Sassi et al. (1974) e Sassi & Zirpoli (1989) hanno definito il protolite della successione metamorfica in esame; questa successione consiste in un sistema pelitico-arenaceo (o psammitico) inferiore (correlato ad un ambiente deposizionale del Paleozoico Inferiore; Kalvacheva et al., 1986), un complesso di lenti vulcano-sedimentarie acide (Ordoviciano Inferiore; Meli & Klötzli, 2001) e basiche (Siluriano Inferiore; Poli & Zanferrari, 1992) intercalate a livelli pelitici in un bacino a bassa energia, ed un complesso pelitico-arenaceo superiore.

L'evento ercinico ha trasformato questo protolite in una sequenza metamorfica psefitico-psammitico-pelitica in cui sono presenti intercalazioni di metavulcaniti/metavulcanoclastiti acide (i.e. porfiroidi) e basiche (i.e. anfiboliti) e lenti grafitiche derivanti da corpi ricchi in carbonio organico. Analisi sulle associazioni

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria							<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>IB0U</td> <td>1BEZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0000001</td> <td>C</td> <td>45 di 190</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	45 di 190													

mineralogiche della sequenza metamorfica pselitico-psammitico-pelitica hanno mostrato come le varie fasi deformative mostrino delle differenze che coprono l'intera associazione a scisti verdi (Benciolini et al., 2006). Analisi radiometriche (Ar-Ar su muscovite; Del Moro et al., 1980; Cavazzini et al., 1991) hanno inquadrato il picco metamorfico della facies a scisti verdi  $350^{\circ}\pm 50^{\circ}$  C a  $325\pm 2$  Ma.

Studi strutturali sulle rocce del basamento cristallino hanno evidenziato diversi elementi strutturali che costituiscono il fabric delle filladi in esame (foliazioni sovrapposte, figure di interferenza tra pieghe, zone di shear duttili e duttili-fragili e zone di faglia). Questi elementi strutturali hanno permesso ad alcuni autori (Ring & Richter, 1994; Benciolini et al. 2006) di distinguere tre eventi deformativi (D1, D2, D3) associati a strutture sin-metamorfiche erciniche.

Sul terreno sono state osservate le strutture corrispondenti alle fasi deformative duttili D1 e D2; non si è tuttavia ritenuto di dover distinguere la fase D3. Il terzo stage deformativo duttile si presenta infatti parallelo e con la stessa associazione mineralogica di D2 (confermata da Benciolini et al., 2016) tanto che Ring & Richter (1994) sostengono che D3 non sia altro che un'evoluzione di D2 piuttosto che una fase deformativa a sé stante. Sono stati infine riconosciuti vari eventi deformativi fragili attribuibili alle distensioni permo-mesozoiche ed alle successive e più intense deformazioni alpine.

## 7.1 DEFORMAZIONI DUTTILI

La stratificazione originaria del protolite è rappresentata dalle superfici S0; questo elemento strutturale è di difficile individuazione sul terreno poiché ad esso si sono sovrapposti i piani di scistosità S1 e S2 (Fig. 27) generati durante l'orogenesi Ercinica. S0 è talvolta riconoscibile in sezione sottile per la presenza di elementi relitti in cerniere sradicate di pieghe della fase D1.

Evento deformativo D1: questo evento si esplica attraverso la formazione di un clivaggio di piano assiale S1 che consiste in una serie di fini allineamenti di minerali fillosilicatici, quarzo e minerali opachi (ove presenti). Questo clivaggio consiste in una serie di piani S-C con vergenza verso ESE, mentre gli assi di piega P1 mantengono una direzione N180/220E, il che sottolinea come l'orientazione di impilamento associata alla prima fase deformativa fosse E-W. Generalmente è difficile distinguere S1 dalla successiva S2 dato che quest'ultima fase tende a trasporre completamente S1. Uno studio approfondito alla scala microscopica su campioni provenienti da zone ad elevata deformazione legata all'evento D2 ha permesso di comprendere la relazione tra le due foliazioni. In particolare, il rapporto mostra come i cristalli di granato siano ruotati lungo la foliazione S2 indicando come questi minerali siano precinematici rispetto a S2 e la loro foliazione interna possa riflettere S1.

Evento deformativo D2: relazioni di *cross-cut* hanno evidenziato che il clivaggio S1 presenta un'età relativa più vecchia rispetto a S2. L'orientazione degli assi di piega collegati alle strutture deformative di P2 tende a variare tra N90E e N140E, perfettamente in linea con la direzione di massima immersione di S2, circa N220E. Tale struttura deformativa potrebbe essere stata influenzata dalla sovraimpressione delle deformazioni alpine. I trend direzionali di S2 possono essere di tipo anastomizzato con superfici di tipo C e superfici di tipo S. Le superfici piano-parallele C, osservate in sezione sottile, sono evidenziate da fillosilicati dove tende a focalizzarsi la deformazione di taglio (shear), mentre le superfici S nelle zone più deformate, sempre osservate in sezione sottile, vengono evidenziate dall'elongazione dei minerali oppure dalla direzione/ondulazione dell'estinzione. L'elongazione coinvolge minerali quali: muscovite, biotite, quarzo

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	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 46 di 190

policristallino e le bande deformative sin-cinematiche attorno ai granati. I fabric S-C, le microzone di shear, le deformazioni asimmetriche attorno a minerali come i granati indicano che la deformazione non fosse coassiale con il tensore di stress e che il verso della deformazione fosse diretto generalmente verso N tra 0 e 40°.

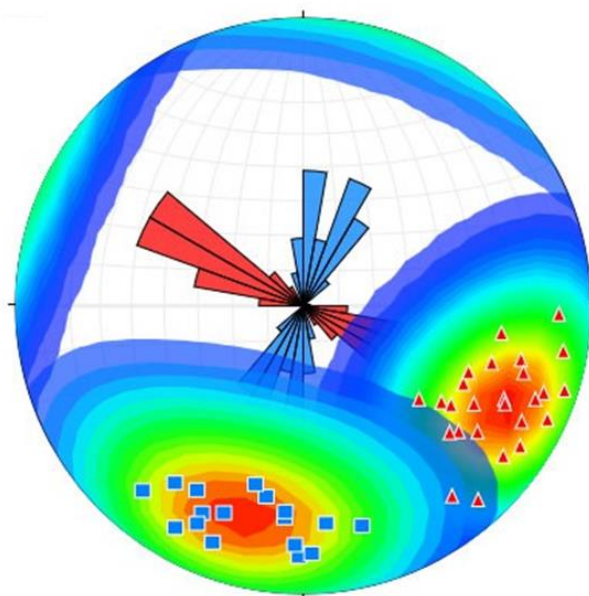


Fig. 27: Proiezione stereografica (emisfero inferiore) delle direzioni di immersione degli assi di piega formati durante la prima deformazione ercinica (D1, quadrati azzurri) e la seconda fase deformativa ercinica (D2, triangoli rosso). I contorni di frequenza ed i diagrammi a rosa indicano le orientazioni dei tensori di strain durante D1: circa N115-120°E, D2: circa 190-200°E.

## 7.2 DEFORMAZIONE FRAGILE

Nell'area di progetto si individuano svariati lineamenti strutturali di tipo fragile generati da singole fasi deformative e/o impostatisi su strutture ereditate (orogenesi Ercinica, distensione Mesozoica, orogenesi Alpina). Durante i rilievi sono stati riconosciuti giunti di frattura con movimenti di tipo II (*sliding*), III (*tearing*; Pollard & Aydin,1988) e zone di faglia compressive, trascorrenti ed estensionali.

All'interno delle zone di faglia si riconoscono zone di danneggiamento (*damage zones*) al letto e tetto dei piani di faglia e zone di nucleo (*core zones*).

In Fig. 28 si può osservare una proiezione stereografica delle strutture fragili più comuni rilevate nell'area in oggetto. Queste sono collegate all'imposizione della deformazione alpina, dove l'intersezione tra la scistosità principale nelle filladi del basamento (S2) ed il clivaggio di piano assiale di tipo fragile hanno creato un set di linee indicanti il *plunging* delle pieghe formatesi durante l'orogenesi Alpina. I cerchi neri rappresentano i poli dei piani di scistosità principale (S2) che si riscontra pervasivamente attraverso tutte le unità del basamento sudalpino in esame. Questi piani S2 presentano una dispersione dell'immersione (*Dip Direction*) compresa tra circa N180E e circa N270E con inclinazione (*Dip*) molto variabile tra 15° e 70° con giacitura media circa 220/35 (*DipDir/Dip*).



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandataria:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica		IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	47 di 190

I piani di scistosità principale (S2) in esame sono strutture impostate nelle rocce filladiche e quarzo-filladiche del basamento sudalpino durante le deformazioni Varisiche nel Carbonifero. Successivamente, durante la deformazione Alpina (Neogene; Doglioni & Bosellini, 1987) le rocce del basamento nella zona di interesse hanno subito un tilting tettonico che ha portato ad una riattivazione fragile della scistosità principale (S2) (cerchi neri) e dei piani di clivaggio (quadrati verdi). L'analisi dei dati in Fig. 28 mostra quindi come la scistosità principale (S2) presenti una vergenza di trasporto tettonico verso Nord, la quale risulta contraria alla generale vergenza verso Sud del dominio tettonico sudalpino.

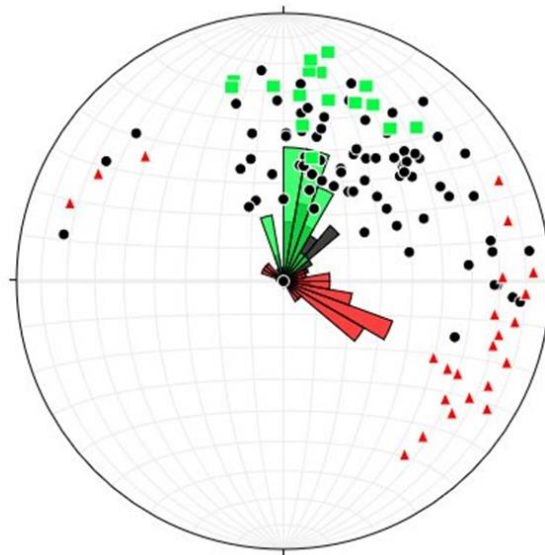


Fig. 28: Proiezione stereografica (emisfero inferiore) dei poli della scistosità principale nelle filladi del basamento (cerchi neri), del clivaggio parallelo al piano assiale (quadrati verdi) impostato durante la deformazione Varisica e riattivato durante la fase Alpina come i piani di scistosità principale, e della lineazione di intersezione data dall'intersezione delle due foliazioni sopra descritte (triangoli rossi). Questi dati sono indicativi di una direzione di compressione orizzontale massima sviluppata durante la fase alpina orientata all'incirca verso N5-10°E.

L'orientazione dei piani principali riscontrati nelle unità del basamento sudalpino in esame è probabilmente da collegare alla vergenza delle linee tettoniche più importanti nella zona come la Linea della Val di Funes, la quale è considerata come un retroscorrimento della Linea della Valsugana (Channell & Doglioni, 1994).

Come già accennato in precedenza l'area di progetto ricade in un settore che ha subito, a partire dal Carbonifero, una deformazione polifasica per fasi duttili (orogenesi Ercinica) e fasi fragili (estensione Permiana, estesa fratturazione per *cooling-down* dei corpi intrusivi Permiani, rifting Mesozoico, orogenesi Alpina). La maggior parte delle faglie è la risultante del movimento alpino verso nord avvenuto durante il Terziario (Miocene).

Il quadro tettonico del basamento in cui si inserisce il progetto è caratterizzato da due contesti strutturali differenti tra le aree ubicate a Ovest (destra idrografica) e a Est (sinistra idrografica) della Valle Isarco:

- **SINISTRA IDROGRAFICA ISARCO:** in questo settore sono presenti i maggiori lineamenti tettonici alpini N-vergenti (retrothrusts del tipico sistema del Sudalpino) aventi direzione WNW-ENE;



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	48 di 190

- **DESTRA IDROGRAFICA ISARCO:** il settore è caratterizzato da un contesto tettonico dominato da un sistema estensionale a senso prevalentemente meridiano (N-S).

Le due aree sono separate dalla Valle Isarco lungo la quale è ipotizzabile la presenza di un lineamento tettonico regionale avente direzione circa N-S.

In particolare, appaiono individuabili i principali eventi di fagliazione di seguito elencati a partire dal più antico:

- sistemi distensivi mesozoici. La maggior parte delle strutture hanno un'orientazione NNW-SSE, ma le strutture più rilevanti per estensione laterale e rigetto, sono strutture ad alto angolo orientate da NNE-SSW a NE-SW. Evidenze di terreno e rapporti di età relativa con altri sistemi presenti nell'area indagata attribuiscono a queste faglie un'attività polifasica, dapprima sotto forma di faglie dirette o transtensive e successivamente riprese come faglie trascorrenti durante l'orogenesi alpina;
- un sistema compressivo alpino caratterizzato da faglie inverse con strike E-W, ENE-WSW;
- sistema trascorrente ad alto angolo e direzione NE-SW, attribuibile all'accomodamento della compressione Alpina su faglie precedenti (e.g. strutture estensionali mesozoiche).

### 7.3 CONTESTI TETTONICI LUNGO IL TRACCIATO

Da nord verso sud il tracciato attraversa zone strutturali con peculiarità distinte tra i due versanti della Valle Isarco. Per la realizzazione e definizione del modello strutturale fragile dell'area sono state effettuate diverse tipologie di analisi e di interpretazione delle discontinuità strutturali, poi incluse nella definizione del modello. In particolare, la ricerca eseguita è stata finalizzata alla ricostruzione delle caratteristiche del reticolo di fratturazione-fagliazione all'interno dell'ammasso roccioso.

A partire dal modello definito nel Progetto Definitivo, nella fase di progettazione esecutiva è stata eseguita una analisi e un riesame delle incertezze geologico-strutturali, dell'attendibilità della presenza e ricostruzione geometrica delle strutture fragili presenti nel modello geologico e intersecate dal tracciato delle gallerie, basata sulla disponibilità di dati ed evidenze oggettivi di superficie a grande e piccola scala e derivanti dalle indagini geognostiche eseguite nelle diverse campagne di investigazione. I risultati di dettaglio di questa analisi sono sintetizzati nel capitolo 10, relativo alla descrizione del modello geologico di riferimento lungo la linea ferroviaria in progetto.

#### 7.3.1 ASSETTO TETTONICO IN DESTRA IDROGRAFICA DELLA VALLE ISARCO

La destra idrografica della Valle Isarco, dove si sviluppa il tracciato della Galleria Scaleres, presenta un assetto geologico-strutturale caratterizzato da una successione tettono-metamorfica di basamento, che da sud a nord vede filladi quarzitiche con lenti di porfiroidi e filladi a granato, e da due lineamenti fragili rilevanti: uno lungo la Val Scaleres (thrust alpino con giaciture che oscillano da 161/46 a 205/44) e uno lungo il Rio Spelonca, probabilmente correlabile alla faglia di Rio Bianco. Nelle località di Chiusa, Velturmo, Tiles e Bressanone le porzioni di basamento cristallino a contatto con le intrusioni granodioritiche Permiane risultano interessate dal metamorfismo di contatto e possono presentare un grado di fratturazione più elevato e uno sviluppo di

APPALTATORE:					
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandataria:	Mandanti:				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria				
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. FOGLIO. C 49 di 190

giunti a maggiore continuità rispetto alle aree circostanti, legato alla reologia delle cornubianiti, che hanno una maggiore rigidezza e quindi un comportamento deformativo fragile diverso dalle filladi non trasformate.

Per quanto concerne i graniti affioranti nella parte settentrionale del tracciato dove è prevista la tratta iniziale della Galleria Scaleres, si individuano prevalentemente strutture fragili subverticali con direzione E-W e SW-NE aventi andamento quasi parallelo alla Faglia della Pusteria ed immergenti ad alto angolo verso nord (60-80°). Le faglie documentate in questo tratto all'interno del Granito di Bressanone si caratterizzano per la maggiore densità e lunghezza delle discontinuità, rispetto alle altre porzioni di basamento, e zone di faglia dallo spessore decimetrico con presenza di cachirite ed eventuali gouge, accompagnate sempre da un incremento della densità di giunti e fratture ad elevata continuità paralleli o subparalleli alle faglie stesse.

Il basamento filladico in corrispondenza del versante settentrionale e orientale del Monte del Bersaglio (località Fortezza) è caratterizzato da un sistema di faglie e fratture con una elevata dispersione dell'orientazione delle giaciture che ne indicherebbe una genesi legata tipicamente al contesto strutturale intrusione/incassante. L'analisi delle mesostrutture e dei relativi stereodiagrammi (derivati dalle stazioni geomeccaniche) porta alla luce la presenza di più set di faglie, sebbene sembri dominare quello con orientazione media N-S (giacitura prevalente 080/50-260/50, e.g. Rio della Chiusa).

La faglia impostata lungo il Rio Spelonca potrebbe rappresentare una propaggine meridionale della faglia del Rio Bianco; questo lineamento sembra essere dislocato, con un rigetto orizzontale di circa 150 m, da un lineamento caratterizzato da cinematismo sinistro e direzione E-W. Per quanto non direttamente osservabile sul terreno a causa delle coperture detritiche, la traccia in mappa lascia supporre per il lineamento del Rio Spelonca un'immersione verso E con angoli di inclinazione pari a circa 60°, rendendolo compatibile con un regime distensivo associato al sistema tettonico che si ipotizza sia legato alla genesi della Valle Isarco. A NW della località Varna si assiste comunque alla terminazione meridionale di questa struttura, che, almeno in corrispondenza dell'alveo del Rio Spelonca, circa 300-400 m a Sud dell'intersezione con il tracciato della Galleria Scaleres si riduce ad uno spessore massimo di 5-10 m.

La presenza di faglie minori sub-parallele alle principali determina sia variazioni giaciture, sia un sensibile aumento dell'intensità di fratturazione, con conseguente diminuzione delle dimensioni dei blocchi rocciosi in vicinanza del contatto con la linea della Val Scaleres. Nella porzione medio alta della Val Scaleres sono presenti due lineamenti correlati alla faglia del Rio Bianco.

La Val Scaleres appare impostata lungo un lineamento tracciabile per un paio di km e sub-parallelo alla foliazione media; lo stile strutturale sia al tetto che al letto del lineamento è fortemente influenzato dalla continuità meccanica delle successioni metamorfiche. È possibile, inoltre, osservare come lo stress compressivo alpino sia stato accomodato da una serie di pieghe alla scala cartografica evidenziate dal cambio della giacitura della foliazione alla mesoscala, riscontrabili anche nelle porzioni di ammasso roccioso coinvolte dalla shear zone del thrust. Tale sovrascorrimento si presenta come una zona di taglio dallo spessore ipotizzabile di circa 30 m e costituito da una serie di piani di faglia cataclastici imbricati che isolano litoni di roccia più o meno fratturata. Infine, un ulteriore sistema di accomodamento dello stress alpino è stato osservato al letto della faglia della Val Scaleres, tra le località Varna e Scaleres, dove una serie sistematica di piani di faglia discreti con giacitura media 160/40, spaziatura dei piani inferiore al metro e cinematismo N-vergente interessa pervasivamente le filladi a granato.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 50 di 190

A nord della località di Tiles (più precisamente tra l'abitato di Tiles e l'abitato di Varna) sono state osservate e misurate diverse faglie inverse impostate nelle filladi a granato (BSS): queste strutture, aventi giacitura prevalente 200/25, non sembrano presentare rigetti importanti; in un caso, tuttavia, è stata osservata una zona di danneggiamento al tetto del piano di faglia potente circa 30/50 m. I volumi di rocce comprese tra elementi tettonici compressivi che si sono impostati a distanze ravvicinate tra loro ( $\leq 200$  m) hanno subito una intensa deformazione con un accomodamento dello strain avvenuto attraverso una serie di lineamenti trascorrenti sub-verticali con giacitura variabile da 110/70 a 130/60.

Verso Sud, nei pressi del corpo intrusivo di Chiusa, tra le località di Tiles e Scezze e nei pressi della vetta del Monte Cane sono state osservate una serie di faglie distensive immergenti principalmente verso E (che potrebbero essere interpretate come coniugate al suddetto sistema distensivo della Valle Isarco) con coniugate immergenti ad alto angolo ( $70^\circ$ ) verso W. In questo contesto, durante l'orogenesi alpina, si sono impostati una serie di sovrascorrimenti osservati in campagna ed individuati anche in sondaggio (EP4, EP3), le cui zone di danneggiamento appaiono limitate (dell'ordine di massimo una ventina di metri).

### 7.3.2 ASSETTO TETTONICO IN SINISTRA IDROGRAFICA DELLA VALLE ISARCO

L'intera sinistra idrografica della Valle Isarco è caratterizzata da voluminosi corpi intrusivi Permiani noti come Graniti di Bressanone e Dioriti di Chiusa.

Questo settore comprende il tracciato della Galleria Gardena e presenta diverse faglie significative che, soprattutto nel settore delle località di Gudon e Laion, creano dei network di strutture che frammentano la continuità del basamento.

A nord della località di Gudon, lungo l'incisione della Val di Funes è presente il lineamento tettonico alpino più importante dell'area in esame, la faglia di Funes. Si tratta di un retroscorrimento associato alla Linea della Valsugana attivatasi tra il Serravalliano ed il Tortoniano (Castellarin et al., 1992). Questa faglia appare impostata su una fascia milonitica pre-esistente di età ercinica costituita da filladi sericitiche (paragonite+muscovite+quarzo). La stessa zona di faglia, nelle sue propaggini più orientali (località San Pietro, Santa Maddalena), porta a contatto il basamento metamorfico (a tetto) con le coperture mesozoiche (a letto).

Le osservazioni di terreno eseguite nella presente fase di progettazione esecutiva, hanno messo in evidenza che nel settore attraversato dalla galleria la faglia si articola in una serie di piani la cui zona di danneggiamento di spessore decimetrico comprende ultracataclasiti, cataclasiti e gouge evidenziando quindi un elevato grado di deformazione. Tra questi piani/zona di faglia si interpongono litoni rocciosi di spessore plurimetrico in condizioni di fratturazione ordinaria. L'insieme dei dati di terreno e delle informazioni dei sondaggi disponibili (EO19 e C10 delle fasi di indagine precedenti e S21/5 della presente fase di progettazione esecutiva) consente di ipotizzare per la zona di faglia uno spessore complessivo di circa 70-80 m, di cui solo il 40-50% circa costituito effettivamente da rocce di faglia. La giacitura media della zona di deformazione è circa 200/40.

A sud della località di Gudon sono stati realizzati, in sede di PE, due sondaggi integrativi profondi (S21/6a e S21/6b) che hanno permesso di individuare un'altra importante faglia che pone in contatto le soprastanti filladi carboniose con le sottostanti filladi ricche in quarzo. La struttura ha uno spessore di 15-20 m circa ed è costituita prevalentemente da brecce tettoniche e gouge a matrice argillosa. Sulla base dell'interpolazione della superficie di letto di questa struttura tra i due sondaggi e in accordo con il quadro deformativo fragile

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandataria:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	51 di 190
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica							

locale, alla faglia in questione è stata attribuita una giacitura di 230/20. Si tratta con buona probabilità di una struttura alpina fragile di riattivazione di una precedente zona di taglio milonitica, sviluppata in contesto deformativo duttile, di età ercinica. Nelle filladi quarzitiche a letto della faglia si osservano infatti caratteristiche strutturali milonitiche, che coinvolgono sia porzioni rocciose molto ricche in quarzo e sia livelli carboniosi. In questo contesto la struttura può essere considerata come associata alla faglia di Funes, della quale potrebbe rappresentare una sua diramazione. Nelle carote dei due sondaggi integrativi, e sempre con maggiore evidenza nell'ammasso roccioso a letto della faglia, si osservano tracce di una ulteriore deformazione disgiuntiva, probabilmente precedente a quella alpina, rappresentate da cataclasi brecciate scure con elevata componente grafitica.

Procedendo verso sud si incontra una serie di altre zone di taglio ad andamento alpino ( $\pm 200/30$ ). Analisi di superficie incrociate ad analisi dei dati geognostici hanno mostrato come molte delle unità presenti a sud della Val di Funes siano bordate a tetto e letto da strutture tettoniche compressive. Le sequenze di thrust che impilano queste unità mostrano un angolo di immersione relativamente basso (tra i  $10^\circ$  e  $20^\circ$ ), e sono caratterizzate da zone di taglio milonitiche estremamente evolute di tipo "clay fault-gouge", la cui estensione latero-verticale può essere molto variabile. Queste osservazioni suggeriscono come i thrust ipotizzati si siano impostati durante gli eventi deformativi alpini sfruttando e riattivando zone di debolezza strutturale ereditate dalla precedente orogenesi Ercinica (zone di shear D2).

Il settore nei pressi di Laion presenta un assetto strutturale che sembra essere stato solo parzialmente affetto dalla deformazione alpina. Il trend della foliazione primaria S1 nei livelli leucocratici dei paragneiss-metaconglomerati risulta immergente verso W-WNW (270/60) e E-ESE (090/30), mentre le porzioni più pelitico/psammitiche tendono ad avere un andamento più simile a S2 immergente verso sud (200/30). Lungo queste superfici sono state riscontrate evidenze di riattivazione in un regime deformativo fragile possibilmente connesso con le fasi compressive alpine.

Proseguendo ulteriormente verso Sud, alcune incisioni vallive perpendicolari al Fiume Isarco (e.g. località Albes) appaiono correlabili all'esistenza di lineamenti fragili a direzione WNW-ESE e NW-SE.

La zona di Laion è caratterizzata da una intensa fratturazione; i giunti presentano inclinazioni da elevate a subverticali e direzione circa N30. Diverse zone di taglio hanno modificato l'assetto strutturale di quest'area; queste strutture hanno carattere distensivo e presentano giaciture coerenti con l'orientazione delle scistosità S2 (200/30). I principali lineamenti nell'area in esame sono stati ricostruiti attraverso l'analisi delle carote estratte dai sondaggi e presentano uno o più intervalli milonitico-cataclastici alternati a zone di danneggiamento decametriche. In particolare, a nord dell'abitato di Laion si può ricostruire un cambio litologico con paragneiss a tetto (Paragneiss di Laion) e filladi a letto (Filladi, BSSb): questo passaggio (non affiorante in campagna) è stato ricostruito da dati di sondaggi della zona di Laion-Ponte Gardena (EP7, in primo luogo, S16 e C5), appare essere di tipo tettonico e sottolineato da un orizzonte milonitico impostato durante l'impilamento ercinico (D2) e successivamente riattivato durante l'orogenesi alpina. Il thrust in questione ha portato la sequenza metamorfica gneissica a tetto del corpo filladico.

Nei sondaggi non è stato possibile trovare evidenze sul cinematismo del sistema di faglie ad alto angolo, il quale probabilmente è associabile ad un sistema normale poco evoluto e obliquo alla foliazione (non sono stati riscontrati cambiamenti litologici laterali o grandi rigetti) associato all'evoluzione dei dissesti gravitativi rilevati a nord di Ponte Gardena e anche favoriti dall'elevata energia del versante (oltre 1000 m) e dalla sua inclinazione (mediamente  $30^\circ$ ).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 52 di 190

Preme infine sottolineare come l'assetto tettonico dell'area indagata non sembri avere una continuità procedendo da un versante all'altro della Valle Isarco. Questo dato sembra suggerire la presenza di un sistema distensivo con strike NNE-SSW/NE-SW (paragonabile ad altri sistemi distensivi Permo-Mesozoici nella provincia di Trento, i.e. Val di Cembra), sul quale si sarebbe successivamente impostata la Valle Isarco, che svincola strutturalmente i settori in destra e sinistra idrografica qui considerati.

## 8. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Il corso d'acqua principale dell'area di studio, che scorre nell'omonima valle, è rappresentato dal Fiume Isarco, nel quale confluisce il Fiume Rienza nei pressi dell'abitato di Bressanone prima dell'immissione nel Fiume Adige all'altezza di Bolzano. Le morfologie che caratterizzano la Valle Isarco e i versanti circostanti sono il risultato di più agenti morfogenetici, dal modellamento glaciale a grande scala considerando il bacino dell'Isarco e dei sottobacini di Funes, Scaleres e Spelunca, all'attività fluvio-torrentizia e, anche se in minor misura, alla dinamica gravitativa di versante.

Nei paragrafi successivi verrà descritto l'assetto geomorfologico generale dell'area di studio, descrivendo in primo luogo le morfologie determinate dall'azione glaciale, per poi passare all'analisi della dinamica fluviale che caratterizza la Valle Isarco ed i versanti che la delimitano. Infine, verranno esaminate le morfologie legate ai fenomeni gravitativi che interessano l'area di progetto.

### 8.1 FORME DI MODELLAMENTO GLACIALE

I versanti che bordano la Valle Isarco sono fortemente condizionati dalle forme glaciali che caratterizzano il settore, evidenziando frequenti rotture di pendio e vaste superfici a blanda pendenza che ne interrompono la continuità. La maggior parte dei terrazzi ubicati a quote più elevate rispetto le zone a valle sono di origine glaciale o fluvio-glaciale, tra cui particolarmente evidente è il terrazzo glaciale di Pinzago, il quale verrà trattato in maniera approfondita nel paragrafo successivo.

Dal lato orientale della Valle Isarco il versante presenta una morfologia simile, dove un'alta scarpata delimita l'orlo di superfici terrazzate, di ordini diversi proseguendo verso monte. In alcuni casi in quest'area si possono individuare delle correlazioni rispetto la quota di ubicazione di porzioni di terreno sub-pianeggianti poste sui versanti opposti della valle.

A quote minori lungo la valle principale, dalla zona industriale a Nord di Varna fino all'altezza della Val Scaleres è presente un settore vagamente pianeggiante disposto in direzione N-S (dosso di Plata-Gols), la cui origine è da ricercarsi nella superficie di accumulo di depositi glaciali venutasi a creare con il ritiro del ghiacciaio Wurmiano. Tale superficie, costituita da una potente sequenza di depositi fluvio-glaciali con al top depositi glaciali di ablazione visibili nei settori a Nord, separa due incisioni pronunciate, di cui quella posta a Est, originata dall'azione erosiva dell'Isarco e quella ad Ovest di origine più incerta, a ridosso del versante del M. Bersaglio-Seekofel, attualmente occupata dalla conca lacustre del laghetto di Varna (Fig. 29). Quest'ultima potrebbe rappresentare una paleo-incisione fluviale dell'Isarco poi abbandonata, oppure un avvallamento occupato da uno scarico laterale del ghiacciaio Wurmiano, oppure ancora (come ipotizzato da Castiglioni, 1964) una depressione allungata creatasi in seguito al lento scioglimento di una massa di ghiaccio sepolto sotto i detriti morenici e di versante. Lungo i versanti a Nord-Est dell'abitato di Chiusa sono presenti vaste



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 53 di 190

coperture di depositi glaciali e fluvioglaciali che raggiungono quote maggiori comprese fra i 700 e i 1380 m s.l.m. circa a testimonianza dell'ingente azione glaciale che ha interessato l'intera area fino all'ultimo massimo glaciale (LGM).

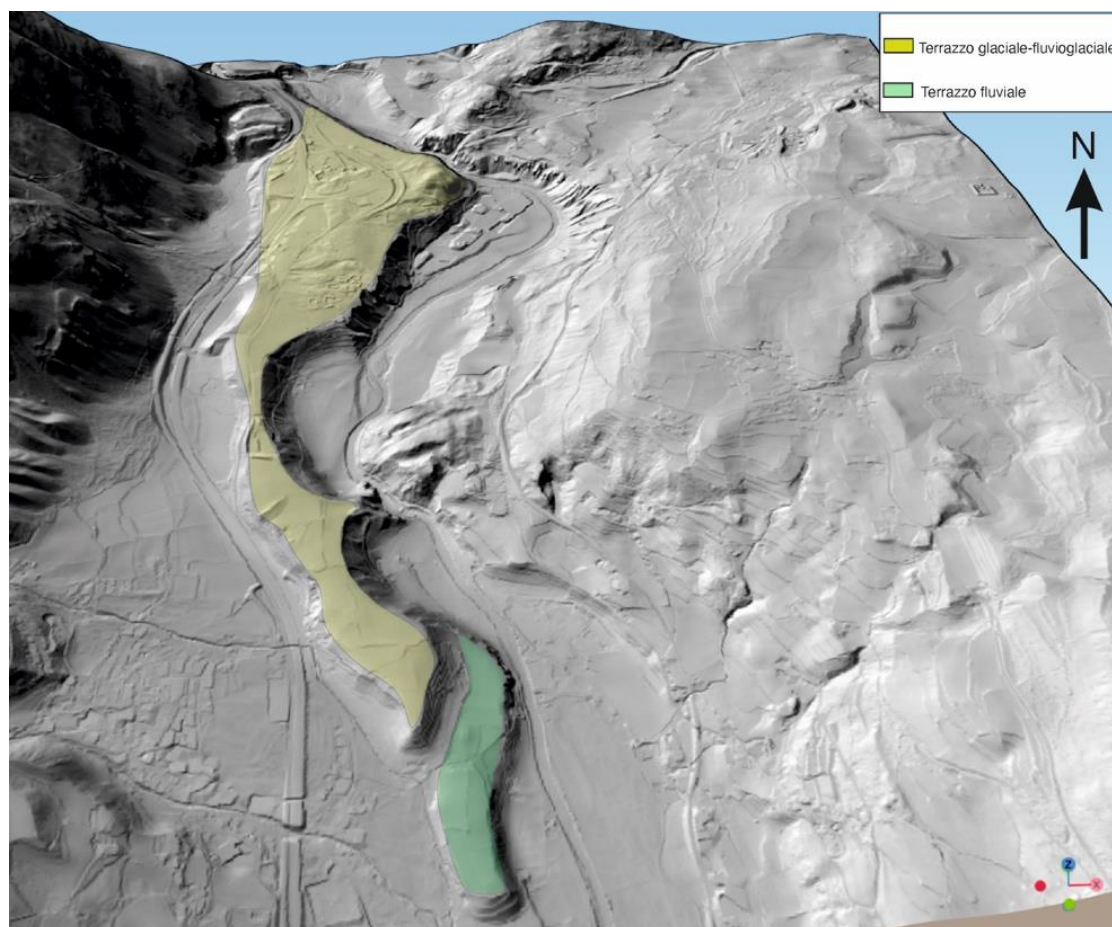


Fig. 29: Modello 3D del terrazzo glaciale che separa il lago di Varna dall'incisione dell'Isarco.

### 8.1.1 Terrazzo glaciale di Pinzago

Il terrazzo glaciale di Pinzago è localizzato tra la pk 9 e pk 11 circa della Galleria Scaleres, in destra idrografica del Fiume Isarco. Allungato secondo una direzione NNE-SSW, questo terrazzo occupa una superficie di circa 7,5 km<sup>2</sup> ad una quota compresa tra i 700 e i 925 m s.l.m. La superficie terrazzata mostra verso valle una pendenza abbastanza blanda che termina, nella porzione settentrionale, con una potente scarpata in roccia alta fino a 120 m mentre verso ovest, la continuità topografica viene interrotta da dei deboli rilievi, talvolta con substrato affiorante talvolta ricoperto da un sottile strato di depositi colluviali, che separano piccoli terrazzi posti a quote maggiori.

Con la finalità di definire la morfologia sepolta del substrato al di sotto dei depositi fluvioglaciali, durante la campagna indagini 2017-18 sono stati realizzati tre sondaggi profondi (EP2, EP10 ed EP11), delle linee



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	54 di 190

geometriche e delle misure puntuali HVSR. Interpolando i dati con le precedenti indagini del 2012, è stato possibile riscontrare la presenza di una depressione con un'ampiezza ipotizzata di circa 600 m e allungata in direzione circa N-S. Dalla profondità del substrato individuata dalle stese geoelettriche e dai sondaggi EP10 (145-146 m) e dall'S7 posto più a nord (197-198 m) è stato possibile ricostruire una morfologia della paleo-incisione che apparentemente tende ad approfondirsi da sud verso nord. Non è comunque da escludere che tale incisione, se di origine fluviale come ipotizzato di seguito, possa presentare un approfondimento anche verso sud e che le evidenze date dai sondaggi del 2017 dipendano dalla differente posizione dei punti d'indagine rispetto all'asse dell'ipotetica incisione, essendo i sondaggi stati realizzati lungo un allineamento vincolato dal vecchio andamento del tracciato di progetto, ora spostato verso W di circa 350 metri. I sondaggi integrativi di PE S21/10 ed S21/10a hanno confermato la presenza dei depositi di riempimento della paleo-incisione fino a quote di alcuni metri più basse rispetto a quanto indagato dal sondaggio S7 del 2012.

I rilievi geologici di terreno integrativi eseguiti nella presente fase di progettazione esecutiva hanno permesso di localizzare un possibile punto di uscita verso valle della paleo-incisione ipotizzata. Quest'ultima poteva presentarsi come una forra con pareti molto inclinate, in analogia con la morfologia di molte delle valli laterali attuali della Valle Isarco. Nel settore compreso tra Scezze e Perara, a Nord del conoide della loc. La Mara, si è verificato che in un tratto di versante della larghezza di circa 200 m, la continuità degli affioramenti rocciosi lungo la parte bassa del versante della valle principale venga interrotta e vi siano tracce di depositi fluvioglaciali in posto fino alla quota minima di 620-630 m circa (Fig. 30). Questa quota è compatibile con quella di una paleo-incisione avente il fondo a quote via via più alte verso nord fino alla zona di perforazione dei sondaggi S7 (2012) e S21/10 – S21/10A (2022), dove la quota ipotizzabile del fondo della paleo-incisione è di poco inferiore a 650 m.

La presenza di depositi fluvioglaciali al contatto con il substrato roccioso individuati nel sondaggio S7 induce ad attribuire alla depressione un'origine di tipo fluviale risalente ad un periodo precedente all'ultimo massimo glaciale (LGM). Tale ipotesi è sostenuta anche dalla geometria della valle sepolta che difficilmente un ghiacciaio avrebbe potuto scavare se si ipotizza che questa fosse uno sbocco dell'incisione posta più a nord, attualmente completamente rimodellata dalla dinamica fluviale e dalle coperture fluvioglaciali, considerando l'angolazione quasi di 90° tra le due.

Successivamente l'incisione sarebbe stata riempita da un deposito detritico a grossi blocchi di natura filladica (depositi di frana inattiva), probabilmente in conseguenza di una deformazione gravitativa profonda di una porzione del versante soprastante, la cui morfologia attuale risulta totalmente modificata e obliterata dalle forme glaciali e sigillata al top dai depositi glaciali più recenti.

Inoltre, la presenza di depositi lacustri campionati dal sondaggio EP10 (nell'intervallo di profondità 37-96 m) è riconducibile alla presenza di un antico bacino lacustre la cui origine può essere attribuita a più ipotesi.

In un primo caso, considerando anche la stratigrafia puntuale riportata dal sondaggio in questione che vede i depositi lacustri al di sopra dei depositi di frana, potrebbe essere il risultato di uno sbarramento dovuto al corpo di frana che ha impedito il deflusso delle acque verso valle e che è stato sommerso in parte dalle acque del lago.

La seconda ipotesi potrebbe prevedere invece la formazione del lago in seguito ad uno sbarramento morenico frontale a seguito del ritiro dei ghiacci in fase precedente al LGM, successivamente smantellato

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 55 di 190

durante l'ultima fase glaciale alla quale sono da ricondurre i depositi fluvio-glaciali più superficiali affioranti nell'area del terrazzo di Pinzago.

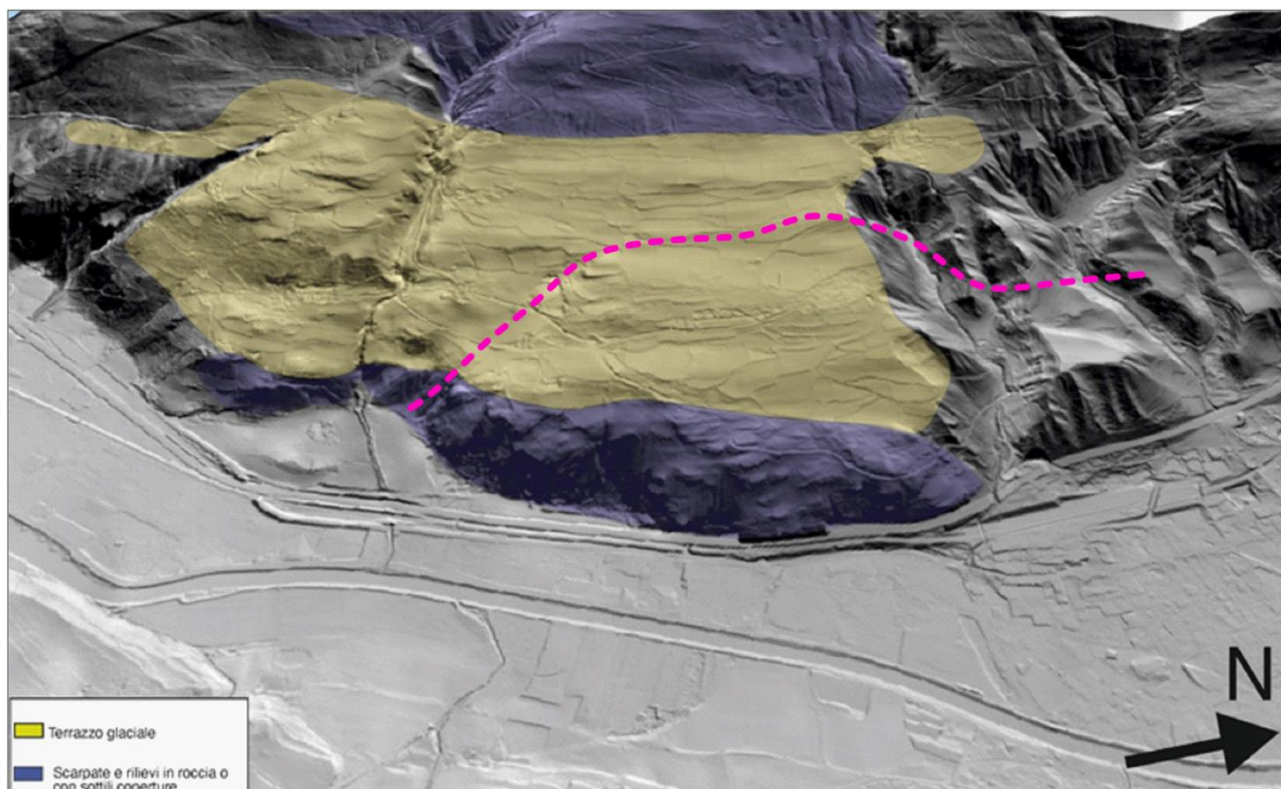


Fig. 30: Modello 3D del terrazzo glaciale di Pinzago – con la linea tratteggiata è indicato il possibile andamento della traccia in superficie del paleo-alveo fluviale ipotizzato.

## 8.2 FORME FLUVIALI

Il modellamento morfologico legato all'erosione fluviale sia lungo le aree vallive sia lungo i versanti determina una continua evoluzione del paesaggio, accentuata dai numerosi fenomeni gravitativi associati. La rete idrografica è fortemente sviluppata con torrenti che da monte attraversano l'area di progetto per poi sfociare all'interno del bacino dell'Isarco.

Per quanto riguarda le morfologie strettamente legate alla dinamica fluviale all'interno dell'incisione del fondovalle Isarco, queste sono ben visibili a Sud nei pressi degli imbocchi delle due interconnessioni e dell'area della stazione di Ponte Gardena e in corrispondenza dell'attraversamento della valle da parte della nuova linea ferroviaria (ponte sull'Isarco).

In particolare nell'area di Ponte Gardena, nelle zone di imbocco dell'interconnessione binario pari e lungo la tratta all'aperto della stazione di Ponte Gardena fino a fine tratta e in corrispondenza del ponte sull'Isarco, si rilevano le principali interferenze tra la dinamica fluviale dell'Isarco e le opere in progetto, come dettagliato anche nei paragrafi 10.1.7 (Ponte Isarco) e 10.3.4.1 (Zona di Ponte Gardena).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 56 di 190

Nel settore Nord dell'area indagata si osservano inoltre scarpate di erosione fluviale in parte attive, di cui la maggior parte bordano dei terrazzi fluviali antichi e altre non più legate all'attuale dinamica del corso d'acqua. In quest'area le scarpate lungo la destra idrografica sono modellate per la quasi totalità all'interno dei depositi fluvio-glaciali, arrivando ad un'altezza di 80-100 metri mentre, sul lato opposto (versante orientale), l'incisione è delimitata da una scarpata di erosione fluviale di altezza maggiore, caratterizzata da diffusi processi di riattivazione gravitativa e ruscellamento che hanno dato origine alle caratteristiche forme residuali note come "piramidi di terra" (Fig. 31).



Fig. 31: Vista della scarpata di erosione fluviale con fenomeni di rimodellamento e forme residuali (piramidi di terra), al centro il Fiume Isarco. (Fotografia ripresa dal campo volo posto in sinistra Isarco).

Sono presenti numerosi canali di erosione concentrata, con o senza deflusso idrico permanente. Sulla base di un confronto tra gli elementi geomorfologici e geologico-strutturali, risulta che buona parte di essi risultano impostati lungo faglie principali o comunque paralleli a queste o a lineamenti strutturali.

Molte tra le maggiori incisioni tributarie che sboccano nella Valle Isarco generano evidenti conoidi alluvionali, tra queste le valli di Scaleres, Spelonca e Funes, le quali sfociano con dei conoidi di modeste dimensioni. Nel settore più a Sud dove sorge l'abitato di Albes, la valle di Eores, disposta parallelamente a quella di Funes secondo una direzione WNW-ESE, termina con un ampio conoide. Sul lato opposto della Valle Isarco sono ben visibili notevoli interventi di natura antropica sia per quanto riguarda la deviazione artificiale del torrente appena ad Est sia per le operazioni di sbancamento di porzione del conoide alluvionale lungo la destra idrografica del torrente in questione. Le opere di difesa idraulica realizzate lungo l'alveo artificiale comprendono la presenza di muri di sponda con massi cementati, al fine di evitare fenomeni di scalzamento dovuti all'erosione laterale e una briglia per la regimazione del trasporto solido, oltre la quale il letto del torrente risulta rivestito in pietra. A Sud Ovest di quest'area è stato realizzato un ulteriore sbancamento di un altro piccolo conoide e anche in questo settore, il corso d'acqua originario è stato deviato secondo una direzione perpendicolare al versante (Fig 32).



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 57 di 190



*Fig 32: Canale artificiale in corrispondenza della zona di conoide a Sud Ovest di Albes, sulla sinistra si vede il ciglio superiore della scarpata antropica di sbancamento del conoide.*

Nei settori meridionali dell'area d'indagine, a Nord dell'interconnessione del binario pari il percorso del Fiume Isarco viene deviato dalla presenza di un conoide alluvionale che costringe il corso d'acqua contro un ampio corpo di frana che interessa il versante opposto.

Lungo il bacino dell'Isarco sono presenti anche numerosi conoidi detritici-alluvionali-valanghivi, i quali corrispondono a depositi di accumulo caratterizzati da ingenti quantità di materiale solido derivante da processi di colata detritica o di valanga. Un esempio è il conoide nei pressi dell'imbocco della Galleria Scaleres N, allo sbocco del canale del Rio Riol che in passato è stato interessato da tali fenomeni. Nei settori ad Ovest del centro abitato di Bressanone sono presenti due importanti zone di conoide, derivanti dalla deposizione di sedimenti trasportati da due incisioni che attraversano ortogonalmente il versante, attraversando quasi esclusivamente i depositi quaternari.

In generale nella carta geologica e geomorfologica sono stati riportate lungo entrambi i lati della Valle Isarco altre zone di conoide, legate all'azione di torrenti minori, i cui alvei si sviluppano sia in roccia che in depositi, e non sono particolarmente incisi ed articolati.

### 8.3 PROCESSI MORFOGENETICI GRAVITATIVI

I processi gravitativi sono un ulteriore agente morfogenetico determinante per l'evoluzione morfologica dei versanti. Corpi di frana più o meno estesi interessano quasi l'intera area di progetto anche se la maggior parte sono da considerarsi inattivi o quiescenti; verranno analizzati più nello specifico quelli situati in zone di particolare attenzione per motivi legati alla realizzazione dell'opera.



APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA <b>IBOU</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GE0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO. <b>58 di 190</b>

Gli studi condotti nelle varie fasi di progettazione hanno permesso di individuare due principali zone di frana complessa di notevole estensione, che interessano rispettivamente il versante sinistro della Valle Isarco nella parte sud dell'area di progetto (Frana di Ponte Gardena) e parte del versante destro nel settore nord, con evidenze morfologiche di deformazione gravitativa profonda (DGPV, Frana di Varna). Entrambe le frane avevano inizialmente, in fase di progetto preliminare, interferenze significative con le opere in progetto. Le ottimizzazioni di tracciato eseguite durante le fasi successive di progettazione definitiva hanno permesso di ridurre tali interferenze. Le caratteristiche salienti delle due zone di frana principali vengono sintetizzate nei successivi paragrafi.

### 8.3.1 Frana di Ponte Gardena

La zona di frana più vasta dell'intera area di progetto, con numerose evidenze di un fenomeno gravitativo complesso si trova nel settore meridionale dell'area indagata, a nord di Ponte Gardena. La cartografia geologica in quest'area indica un grande corpo di frana prevalentemente inattiva, avente estensione di circa 0,7 kmq (70 ettari), composto da due lobi principali, che occupa il fianco sinistro della valle per una larghezza di circa 1200 m e con una lunghezza, misurata lungo la massima pendenza del versante, di 600-700 m. Entrambi i lobi presentano al loro interno dei settori attivi, di cui il più piccolo si trova nel lobo nord e occupa una superficie di circa 2,8 ettari. Il più esteso è invece quello ubicato nella parte meridionale della frana, arrivando a coinvolgere direttamente l'autostrada A22.

La principale frana attiva descritta sopra, che si estende su una superficie di circa 18 ettari, è stata ampiamente studiata in passato e nell'ambito delle fasi precedenti di progettazione dell'opera, ed è tenuta sotto controllo mediante un sistema di monitoraggio inclinometrico da parte dell'autostrada A22. Per quanto attiene il presente progetto ferroviario, occorre notare che gli studi sulla frana in oggetto hanno portato, nel corso dello sviluppo della progettazione definitiva, ad una modifica del tracciato originario delle interconnessioni di Ponte Gardena al fine di evitare una possibile interferenza dei tracciati delle due gallerie in progetto con la frana attiva di Ponte Gardena. La sintesi di tali studi è riportata nel documento di progetto definitivo IBL11BD07RHGN070001C, cui si rimanda e dal quale sono tratte le informazioni che seguono.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	59 di 190



Fig 33: Vista panoramica del versante sinistro della Valle Isarco nel settore della Frana di Ponte Gardena, con evidenziati i limiti del fenomeno gravitativo.

La geomorfologia del versante è strettamente connessa alla struttura fragile dell'area, all'evoluzione recente legata alla fase di ritiro dei ghiacciai e, in misura minore, all'erosione al piede esercitata dal fiume Isarco, che hanno innescato fenomeni di deformazione delle porzioni di ammasso disgiunte e svincolate dalle discontinuità. Il versante presenta, infatti, elementi morfologici rettilinei, associabili a discontinuità subverticali, strette e continue valli e vallecole, trincee più o meno ampie e scarpate strutturali. Non sono stati riscontrati elementi, quali scarpate e trincee fresche, che possano far pensare ad una recente e/o attuale attività a grande scala. Attualmente l'erosione laterale del Fiume Isarco è impedita da opere di protezione spondale e non costituisce meccanismo di ulteriori inneschi.

Nelle porzioni più esterne dell'area, in particolare sul versante affacciato verso la Valle Isarco, ove in sede di progetto preliminare erano stati localizzati gli imbocchi delle gallerie di interconnessione, l'analisi di foto aeree aveva evidenziato un esteso e complesso corpo di frana inattivo al cui interno si innescavano locali e limitati fenomeni di riattivazione più recente. In particolare, tra questi è compresa l'area oggetto di monitoraggio inclinometrico disposto dalla Società Autostrada del Brennero.

Le indagini geognostiche eseguite nell'area hanno mostrato che il corpo franoso ha una natura articolata e composita, con zone caotiche e difficili da definire, alternate a settori riconducibili a orizzonti rocciosi variamente fratturati e discontinui. Il substrato appare costituito da un ammasso roccioso a luoghi più o meno integro e continuo, a luoghi invece molto fratturato e al limite incoerente. Gli affioramenti coinvolti in tale processo fanno parte della formazione dei Paragneiss di Laion e con i rilevamenti di terreno svolti durante la fase di PE sono state individuate evidenze diffuse di uno stato di fratturazione abbastanza avanzato della roccia. Nell'area della frana sono state rilevate delle riattivazioni parziali dell'accumulo, nel quale è possibile

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	60 di 190

distinguere numerosi fenomeni franosi secondari di più piccole dimensioni, anch'essi inattivi, di cui si osserva il coronamento. A testimoniare la presenza di una più vasta area soggetta ad un fenomeno gravitativo profondo che interessa gran parte della zona, sono le numerose trincee, sia in roccia che nei depositi, orientate secondo una direzione circa parallela al versante e diffuse in particolare nella porzione più alta del versante interessato dalla frana.

Allo scopo di individuare l'estensione planimetrica dell'area in movimento ed integrare le informazioni provenienti dai rilievi topografici e dal monitoraggio geotecnico, è stata condotta in fase di progettazione definitiva un'analisi di dati radar satellitari, mediante l'applicazione della tecnica SqueeSAR™ per il controllo degli spostamenti superficiali nell'area di interesse. Tali analisi hanno consentito non solo di stimare il comportamento deformativo della frana, ma anche di ricostruirne l'evoluzione nel tempo attraverso l'elaborazione dei pregressi dati satellitari.

Il risultato dell'analisi è rappresentato in Fig 34, nella quale è molto evidente la tratta di frana attiva, in particolare per la presenza dei riflettori (PS) concentrati sul tratto di tracciato autostradale che interseca l'area di frana attiva.

In termini di velocità, i risultati dell'analisi relativi al periodo 2012-2017 hanno mostrato il movimento di versante a cinematica estremamente lenta ubicato alla sinistra idrografica dell'Isarco, già evidenziato nelle precedenti analisi. Esso si sviluppa tra quota 500 m s.l.m. e quota 850 m s.l.m. e si estende lateralmente per circa un chilometro con spostamenti dell'ordine dei 7-10 mm/anno in direzione di LOS.



Fig 34: Dati dell'analisi satellitare 2012-2017 con ubicazione del tracciato delle interconnessioni definito dal PD e confermato dal Progetto Esecutivo (in viola) e del corpo di frana (in blu).

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
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	IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	61 di 190

Dall'analisi dei dati rappresentati in Fig 34 si può evincere come l'attuale posizione del tracciato delle interconnessioni si colloca in una zona del versante dove non si evidenziano movimenti superficiali indicato dai PS disposti principalmente lungo le infrastrutture stradali e sugli edifici dei centri abitati. La zona con la massima concentrazione di PS aventi movimenti con velocità maggiore di 5 mm anno in allontanamento dal satellite lungo la LOS, corrispondente all'area di maggiore attività superficiale della frana, si trova ad oltre 400 m di distanza dalla galleria più vicina, ossia quella del binario pari.

### 8.3.2 Frana di Varna

La seconda area, denominata genericamente "Frana di Varna", è la porzione di versante destro della Valle Isarco ubicata tra il Lago di Varna ed il conoide del Rio Spelonca. Tale porzione di versante presenta un profilo irregolare con delle contropendenze lungo la sua porzione medio-bassa e delle scarpate morfologiche nella porzione alta dove si imposta parte del coronamento lungo possibili lineamenti tettonici immergenti verso valle.

Nella zona si osserva, oltre ad un generale stato di rilascio e disarticolazione degli affioramenti rocciosi costituiti interamente dagli scisti filladici e cornubianitici della Fillade Quarzifera di Bressanone, la presenza di numerose trincee, sia in roccia che nelle coperture detritiche, allungate in direzione circa NNO-SSE, quindi coincidente con una delle famiglie principali di giunti individuata dall'analisi strutturale dell'area.

Oltre a queste evidenze sono stati osservati, lungo la strada podereale che taglia in orizzontale la zona di deformazione gravitativa, numerosi affioramenti di un deposito superficiale ascrivibile ad un vero e proprio accumulo di frana, costituito da blocchi spigolosi eterometrici di scisti filladici in abbondante matrice fine, che sembrano sfumare entro settori di roccia completamente disarticolata. A scala del versante, inoltre è molto evidente un rigonfiamento nella porzione mediana subito sotto una depressione sottostante la zona definibile come scarpata di frana (Fig. 35).

Durante le attività di terreno condotte nella presente fase di progettazione esecutiva, è stato confermato un generale stato di rilascio e disarticolazione degli ammassi rocciosi affioranti (costituiti da scisti filladici, quarziti e cornubianiti scistose).

Per quanto riguarda lo stato di attività, non essendo evidenti segni di riattivazioni recenti, si può ritenere il fenomeno come quiescente. L'analisi delle misure interferometriche realizzata nell'ambito del progetto definitivo conferma questa ipotesi.

L'individuazione e la descrizione di questo fenomeno gravitativo complesso riveste una certa importanza nell'ambito del presente studio in particolar modo per quanto riguarda la possibile interferenza con il tracciato della Finestra di Forch (Fig. 36).

Le indagini integrative eseguite nella presente fase di progetto esecutivo (sondaggio S21/4; Fig. 37) hanno tuttavia ridimensionato l'interferenza con il tracciato della finestra, che è limitata ad un breve settore di ammasso roccioso disarticolato al passaggio tra i depositi detritici superficiali e il substrato in condizioni di ordinaria fratturazione. La ridotta interferenza con il tracciato della finestra è dovuta in gran parte alla posizione marginale di quest'ultimo relativamente all'estensione superficiale della Frana di Varna.



APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	<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>IB0U</td> <td>1BEZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0000001</td> <td>C</td> <td>62 di 190</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	62 di 190
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	62 di 190								



*Fig. 35: Panoramica del settore di versante a monte del Lago di Varna. È abbastanza evidente, in secondo piano, il rigonfiamento del versante corrispondente alla zona con evidenze di deformazione gravitativa di versante della Frana di Varna (foto ripresa da località Spinga).*

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 63 di 190

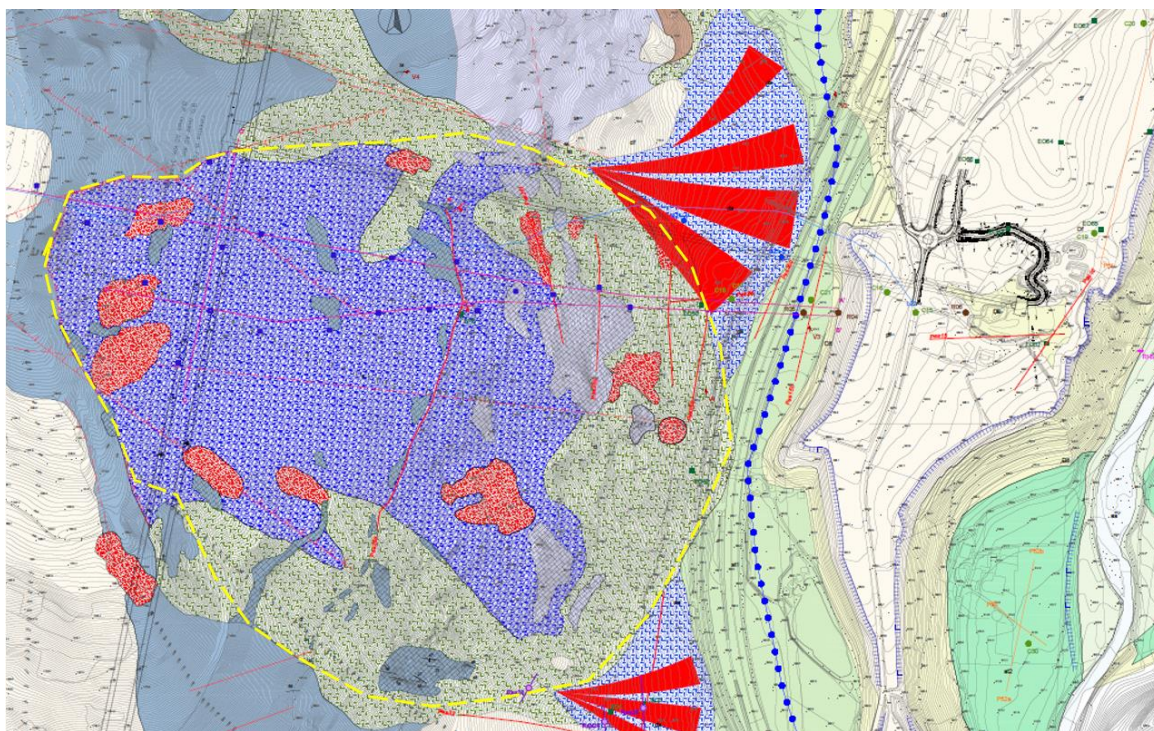


Fig. 36: Stralcio della carta geologica di PE – Tav 3 (elaborato IB0U1BEZZGZGE0001003A) con evidenziata l'estensione dell'ambito della Frana di Varna (linea tratteggiata gialla). Il tracciato di PD/PE della Finestra di Forch è molto marginale (sul lato Nord) rispetto all'estensione della frana.

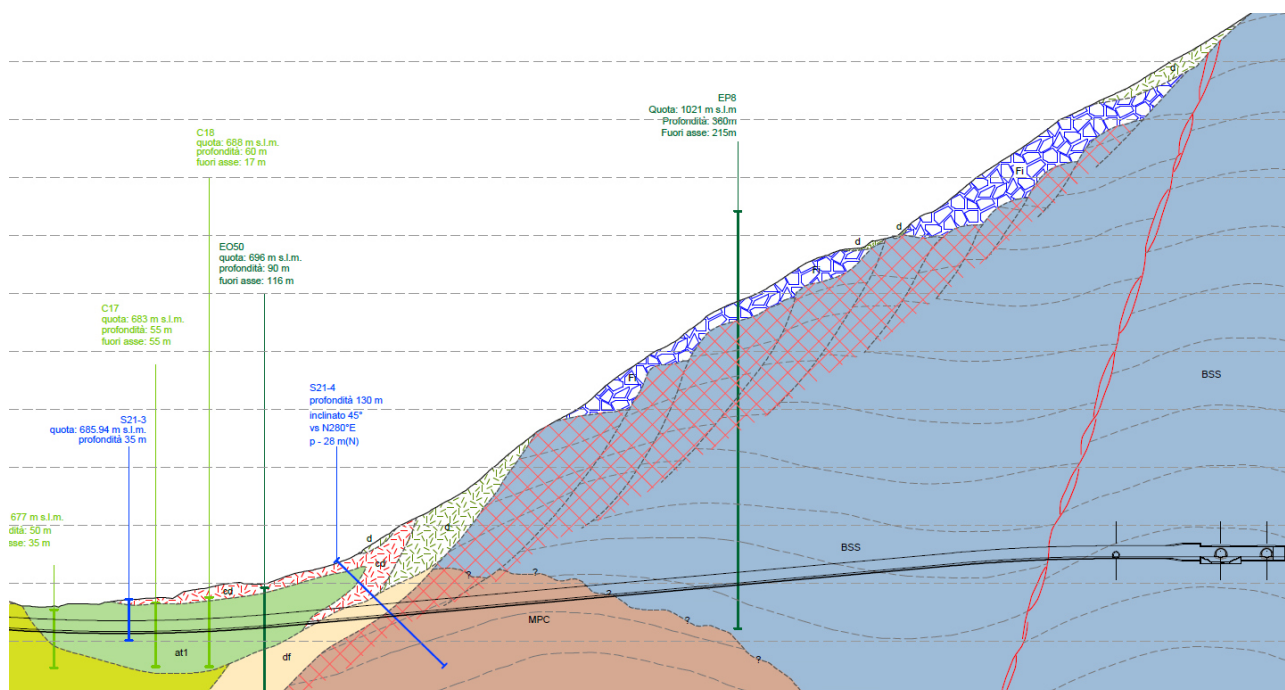


Fig. 37: Stralcio del profilo geologico della Finestra di Forch (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001015A), con la reinterpretazione della sezione longitudinale della frana, nella sua parte marginale nord, a seguito dell'esecuzione del sondaggio integrativo S21/4.



APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA <b>IBOU</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GE0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO. <b>64 di 190</b>

### 8.3.3 Altre aree con fenomeni gravitativi minori

Un'altra zona in cui sono state riscontrate delle evidenze di un processo gravitativo complesso di minore estensione, ma importante dal punto di vista progettuale si trova a sud del tracciato dell'interconnessione binario pari. Si tratta di un accumulo di frana inattiva cartografato a monte dell'autostrada A22, di cui è stata ipotizzata, nel modello geologico di riferimento della Galleria di interconnessione, la sua prosecuzione in sottosuolo. Il deposito di frana inattiva è caratterizzato dalla presenza di grossi blocchi, come si evince dall'analisi del sondaggio C23, ed in affioramento arriva fino all'altezza del viadotto autostradale dove poi risulta essere ricoperto dai più recenti depositi detritici che interessano la porzione basale del versante. Il tracciato dell'interconnessione pari attraverserebbe una parte marginale della frana in questione, continuando poi nel substrato fratturato al bordo dell'ampio deposito situato a Nord. Per una descrizione di tale fenomeno contestualizzata con lo scavo della Galleria di interconnessione binario pari si veda anche il paragrafo 10.3.2.

Nei margini settentrionali dell'area di studio, sono frequenti i depositi di falda legati all'instabilità attiva delle scarpate rocciose lungo i rilievi che presentano acclività più pronunciate, argomento che verrà trattato in maniera più approfondita nel seguente paragrafo. Nei pressi della zona d'imbocco Nord della Galleria Scaleres è stato cartografato un corpo di frana attivo che occupa parte della destra idrografica dell'incisione del Rio Riol, all'interno dei Graniti di Bressanone; tale frana attiva non interferisce tuttavia con le opere in progetto.

Nel settore centrale dell'area di progetto (loc. Albes) è stata messa in evidenza una scarpata di erosione che evolve verso Ovest in una nicchia di frana a monte della parete in roccia ben visibile dal fondovalle, caratterizzata dalla presenza di importanti lineamenti strutturali (Fig. 38). L'accumulo del materiale distaccato è da considerare attivo e viene sbarrato al piede da un vallo di difesa costituito da terre armate che raggiungono un'altezza di circa 6 metri.

Proseguendo verso Sud Ovest si osserva un altro corpo di frana ormai stabile di modeste dimensioni che interessa una porzione del versante. Parte del piede del deposito è stato modificato con uno sbancamento (Fig. 39), e sono stati realizzati dei valli in terra rinforzata a protezione degli edifici sottostanti da eventuali riattivazioni della frana (Fig. 40).

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA <b>IBOU</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GE0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO. <b>65 di 190</b>



*Fig. 38: Panoramica della parete rocciosa ad W dell'imbocco della ex Finestra di Albes, con al centro dell'immagine l'evidente frana di crollo protetta al piede da un vallo in terra rinforzata (sul retro dell'edificio industriale).*



*Fig. 39: Vista del deposito di frana lungo uno sbancamento antropico.*



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 66 di 190



Fig. 40: Vallo di protezione in terra rinforzata lungo lo sbancamento del corpo di frana.



Fig. 41: Depositi fluvioglaciali e detritici all'interno del corpo di frana.

Ad ovest dell'imbocco sud della Galleria Naturale Scaleres è presente un ampio deposito di frana inattiva sul quale sono stati realizzate numerosi terrazzamenti artificiali a scopo agricolo.

Altri fenomeni gravitativi osservabili nei pressi della Finestra di Funes, in cui parte della galleria prevista attraversa un corpo di frana inattiva impostato nei porfiroidi oltre il rilevato autostradale dell'A22. La geometria del deposito definisce la presenza di due frane contigue, caratterizzate per lo più da blocchi di

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 67 di 190

varia dimensione immersi in un'abbondante matrice ghiaioso sabbiosa, distaccati da pareti in roccia situate a monte (Fig. 42). Anche in questo caso il fenomeno è considerato inattivo, anche se sono visibili locali crolli recenti, avvenuti lungo una piccola porzione della scarpata rocciosa rappresentante il coronamento della frana posta più ad Est.



Fig. 42: Vista delle scarpate in roccia da cui avviene il distacco di blocchi di varie dimensioni, zona a monte dell'imbocco di Finestra di Funes.

## 8.4 ASSETTO GEOMORFOLOGICO DELLE ZONE D'IMBOCCO

### 8.4.1 Imbocco Nord Galleria Scaleres

#### 8.4.1.1. Inquadramento sulla base degli strumenti di governo del territorio

Per la definizione della pericolosità geomorfologica del sito, nel dettaglio con relazione ai fenomeni naturali esistenti o potenzialmente attivabili che potrebbero interferire con l'area di prevista realizzazione dell'imbocco Nord della Galleria Scaleres e con l'area di cantiere, si è innanzitutto analizzata la documentazione disponibile sul database della Provincia Autonoma di Bolzano e nel catalogo IFFI (Inventario del Fenomeni Franosi in Italia).

Per quanto riguarda i dati provinciali è stato in particolare consultato il portale all'indirizzo web: <https://maps.civis.bz.it/?context=PROV-BZ-HAZARD>, che riporta informazioni su piattaforma GIS relativa ai pericoli geomorfologici a scala dell'intera Provincia Autonoma.

Il browser presenta due sezioni principali dedicate ai pericoli geomorfologici: i) la Carta di Suscettibilità ai Pericoli (CSP) e ii) il Catasto dei Pericoli Naturali. Nello stesso portale è inoltre presente una sezione con il database delle opere di difesa dai diversi pericoli (es. opere di difesa spondale, briglie, opere paramassi etc..).



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 68 di 190

La Carta di Suscettibilità ai Pericoli riporta quattro tematismi relativi a:

1. Alluvione (di fondovalle, legata alla dinamica dei corsi d'acqua principali – in questo caso il F. Isarco);
2. Alluvionamento torrentizio (legato ai corsi d'acqua e ai conoidi laterali);
3. Colata detritica (debris flow);
4. Valanga.

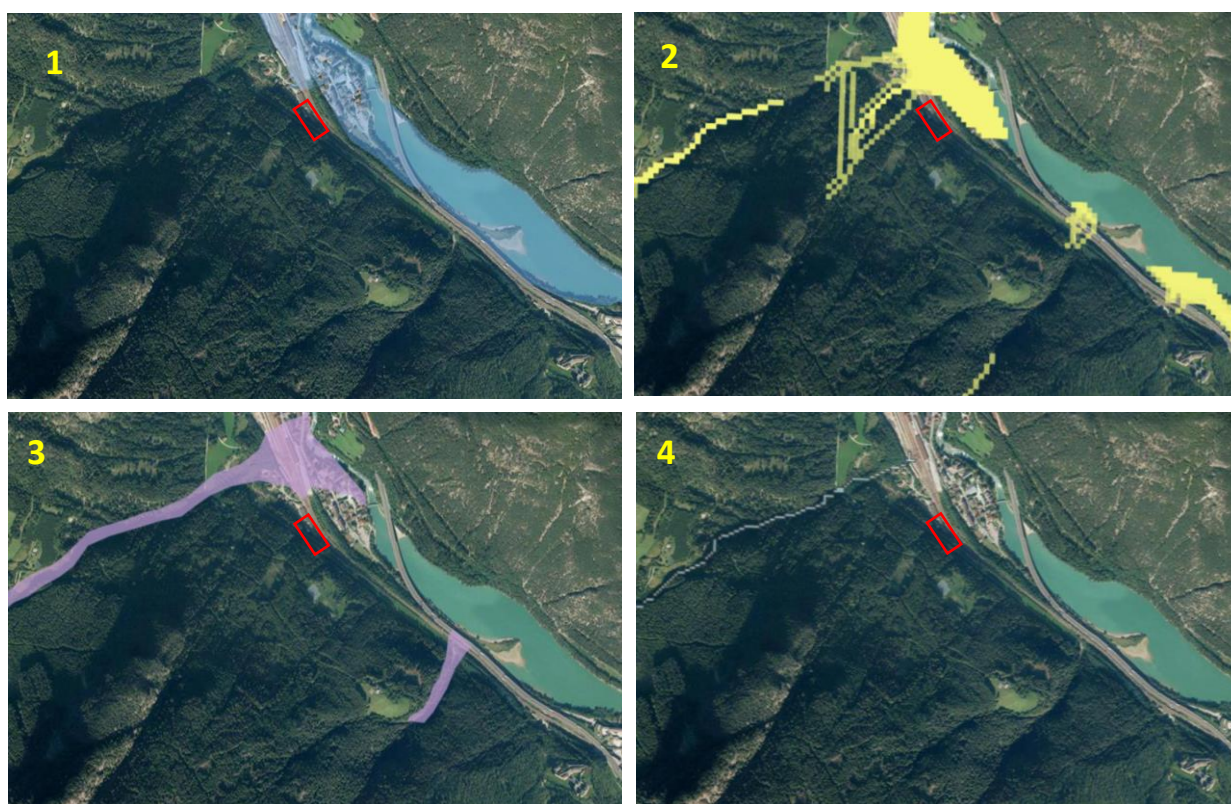


Fig. 43: Stralci della CSP -Carta di Suscettibilità ai Pericoli con evidenziata la zona dell'imbocco Nord della Galleria Scaleres (rettangolo rosso).

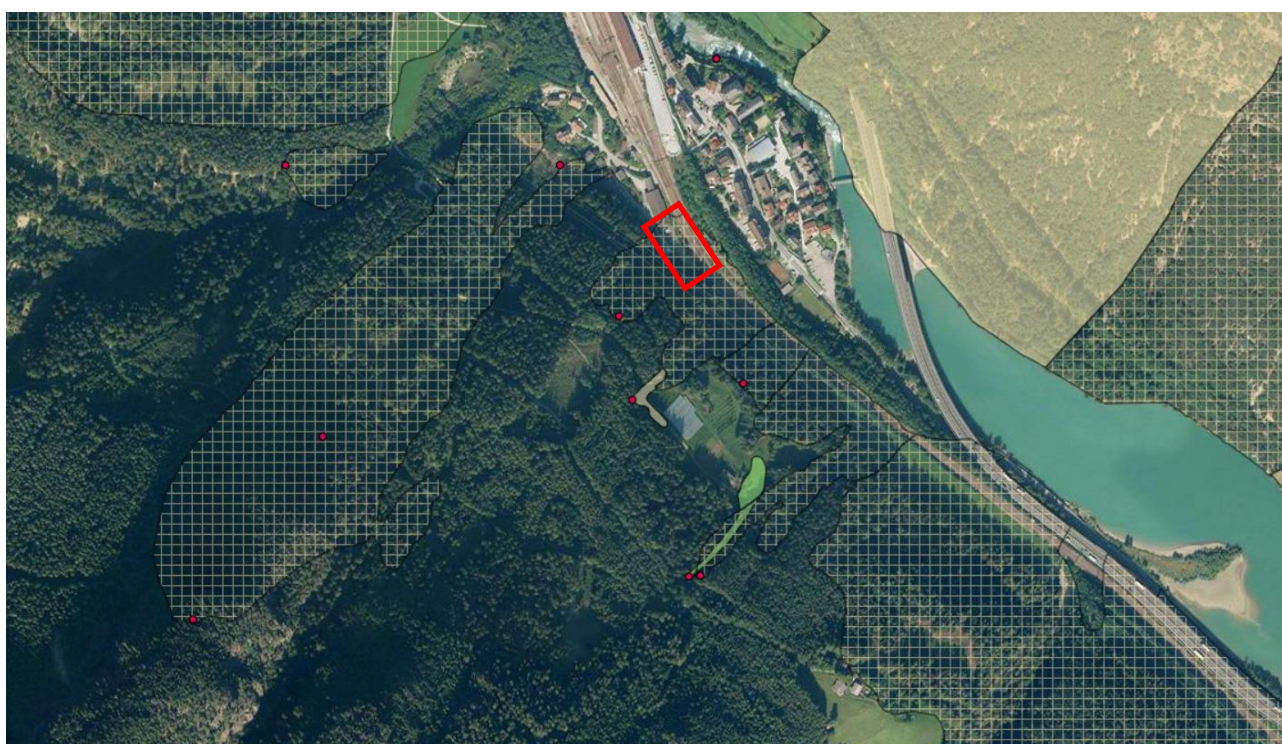
Come si evince dalla Fig. 43, tutte le aree relative ai quattro tematismi considerati della CSP non interessano se non in modo marginale la zona dell'imbocco e l'area di cantiere. Occorre osservare che la cartografia CSP è realizzata a scala provinciale, quindi, non dispone di un dettaglio sufficiente per poter caratterizzare compiutamente la pericolosità dell'area dell'imbocco, ma è comunque utile per fornire un inquadramento generale dei fenomeni geomorfologici potenzialmente interferenti.

Il Catasto dei Pericoli Naturali contenuto nel portale riporta i seguenti tematismi:

1. Inventario dei Fenomeni Franosi (IFFI);
2. Pericoli idraulici-fenomeni;
3. Catasto Valanghe.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 69 di 190

L'Inventario dei Fenomeni Franosi indica, per la zona di versante soprastante l'area di imbocco, la presenza di aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi, una delle quali interessa direttamente la zona di prevista realizzazione delle opere (Fig. 44). Sono inoltre riportate le ubicazioni e, in due casi specifici, l'estensione dell'area interessata da eventi di crollo/ribaltamento di blocchi rocciosi registrati in passato. Questi ultimi due eventi sono avvenuti in due aree localizzate a sud della zona d'imbocco, rispettivamente alle quote 880 e 980 circa, e non sono arrivati ad interessare la base del versante in cui si prevede la realizzazione dell'opera.



*Fig. 44: Catasto dei pericoli naturali – Inventario dei fenomeni franosi: Il retino a quadri individua le aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi; i punti rossi e le aree a campitura verde indicano l'ubicazione di eventi puntuali di crollo/ribaltamento di blocchi registrati in passato. L'area dell'imbocco Nord della Galleria Scaleres e del cantiere è indicata con il rettangolo rosso.*

Il tematismo dei Pericoli Idraulici-fenomeni riporta l'ubicazione di una colata detritica (debris flow) verificatasi in data 9/4/2009 lungo uno dei canali presenti nella zona a Sud-Ovest dell'area di imbocco. Secondo i dati del portale la colata, proveniente dalla parte inferiore di un canalone in roccia ubicato nella parte superiore del versante, ha determinato il trasporto di un volume di circa 5000 m<sup>3</sup> di materiale, ha interessato in due punti a quote diverse la strada interpodereale ed ha raggiunto il fondovalle nella zona di Strada Riol dove si è registrato un modesto deposito di materiale di spessore non maggiore di 0,1 m. Questo evento non ha interessato l'area dove si prevede la realizzazione delle opere d'imbocco e del cantiere, evidenziata con il rettangolo azzurro in Fig. 45.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 70 di 190

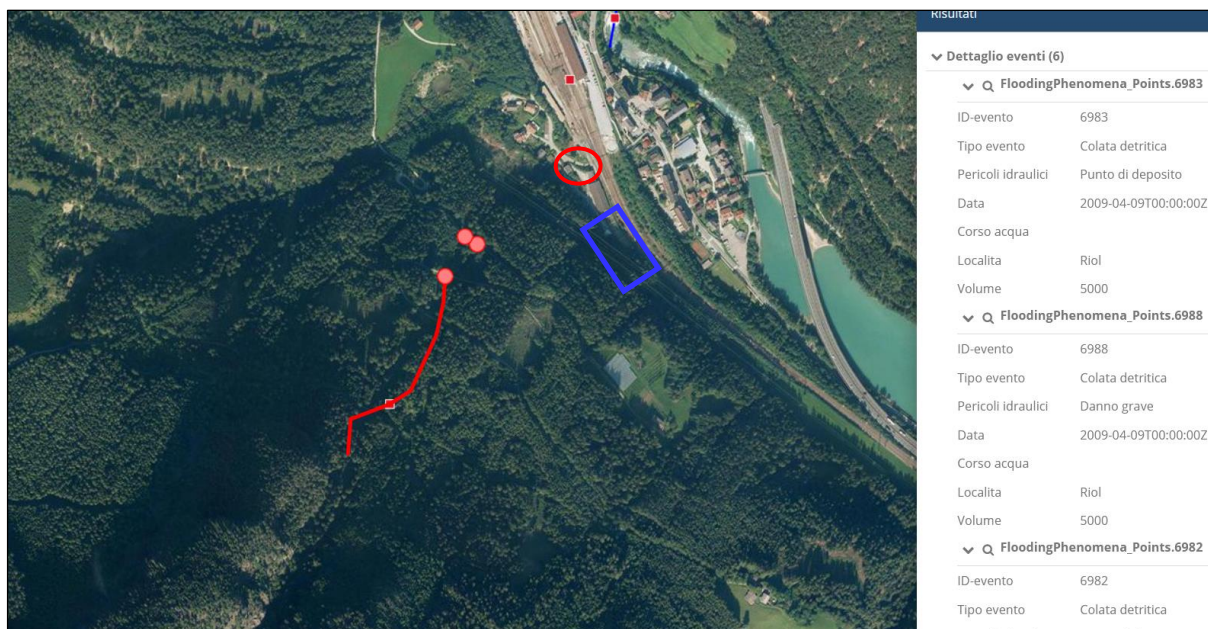


Fig. 45: Catasto dei pericoli naturali – Pericoli idraulici - fenomeni: La linea rossa indica la traccia del flusso di detrito incanalato. I punti rossi pieni individuano le zone di intersezione con la strada poderale; il cerchio rosso indica la zona prossima al fondovalle (strada RioI) interessata dal deposito di spessore inferiore a 0,1 m. L'area dell'imbocco Nord della Galleria Scaleres e del cantiere è indicata con il rettangolo azzurro.

Il tematismo Valanghe evidenzia la presenza di un fenomeno valanghivo (Valanga Schindelital) avvenuto nell'inverno 2007-08 lungo lo stesso canale in roccia ubicato nella parte superiore del versante citato nel paragrafo precedente. La valanga si è arrestata secondo quanto indicato nel portale a quota 1040 circa; quindi, non interessa la porzione di fondovalle dove saranno realizzate le opere d'imbocco (Fig. 46).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 71 di 190



Fig. 46: Catasto dei pericoli naturali – Valanghe: il retino azzurro indica la Valanga Schindeltal avvenuta nell'inverno '07-08. L'area dell'imbocco Nord della Galleria Scaleres e del cantiere è indicata con il rettangolo rosso.

Il progetto IFFI nazionale, consultabile all'indirizzo web: <https://sinacloud.isprambiente.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=1f45ee6f77b94d5ab749e58f490d091e>, riporta per l'area in oggetto l'indicazione di due distinti eventi di colata detritica: uno corrispondente a quello presente sul database provinciale (Pericoli idraulici-fenomeni) avvenuto in data 9/4/2009, un secondo localizzato lungo l'alveo e il conoide del Rio Riol, quest'ultimo ubicato più a Nord rispetto all'area dell'imbocco Nord della Galleria Scaleres.

Sul conoide del Rio Riol sono verificati in passato dei fenomeni di intenso trasporto di massa detritico (debris flow) lungo il corso d'acqua, che hanno anche provocato l'invasione ed il danneggiamento della sede ferroviaria nella stazione di Fortezza e dello stesso abitato di Fortezza, come nel caso dell'intenso evento avvenuto il 26 Luglio 1965, che causò enormi danni alla ferrovia, con il blocco del traffico ferroviario per diversi giorni. Su questo conoide e lungo il corso d'acqua la Provincia Autonoma di Bolzano è intervenuta nel periodo tra il 2004 ed il 2007 realizzando opere di difesa idraulica, tra le quali un bacino di accumulo per i debris flow. Nell'ambito delle opere di sistemazione dell'area della stazione di Fortezza, in corso di esecuzione da parte di BBT, è stata anche realizzata recentemente la sistemazione idraulica dell'asta del Rio Riol a valle del bacino di accumulo.

Come si può osservare nella figura sottostante, entrambi i fenomeni di colata detritica catalogati dall'IFFI nazionale non interessano direttamente l'area di prevista realizzazione dell'imbocco.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 72 di 190

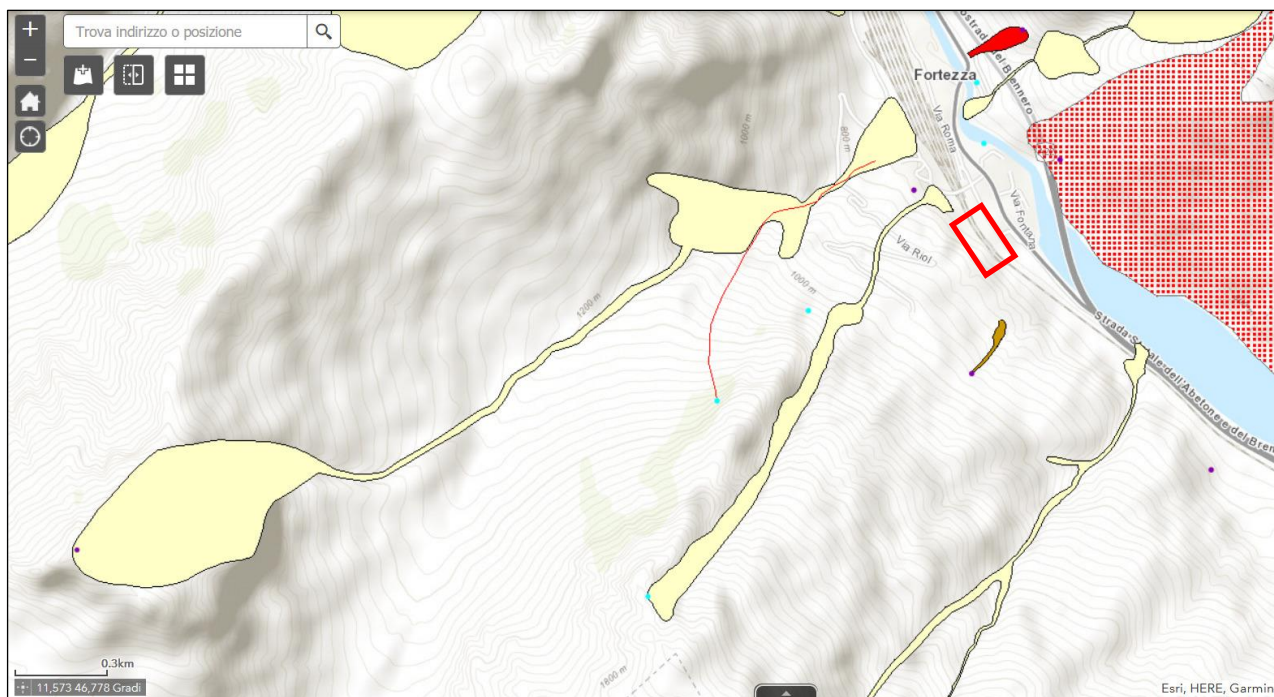


Fig. 47: Portale catalogo IFFI: le due aree con i retini gialli individuano le zone interessate dalle colate detritiche del Rio Riol (tra cui l'evento parossistico del 26/7/1965), verso Nord e la colata avvenuta in data 9/4/2009. Entrambe non hanno interessato direttamente l'area di prevista realizzazione dell'imbocco Nord della Galleria Scaleres (evidenziata con il rettangolo rosso).

Nel database delle opere di difesa presente sul portale online sono presenti solo le opere puntuali e lineari realizzate dalla Provincia Autonoma di Bolzano lungo l'asta del Rio Riol, mentre non sono catalogate le barriere paramassi a protezione della linea ferroviaria storica esistenti nella parte bassa del versante prospiciente l'area d'imbocco Nord della Galleria Scaleres.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 73 di 190



Fig. 48: Database delle opere di difesa: sono presenti solo le opere realizzate lungo l'asta del Rio Riol e sul suo conoide omonimo. L'area dell'imbocco nord della Galleria Scaleres è indicata con il rettangolo rosso.

#### 8.4.1.2. Descrizione geomorfologica del versante soprastante l'imbocco

Nella zona del versante destro della Valle Isarco soprastante l'imbocco Nord della Galleria Scaleres, sono stati eseguiti rilievi geologico-geomorfologici di dettaglio integrativi rispetto a quanto già svolto in sede di PD, al fine di mettere in evidenza i fenomeni di instabilità che possano interferire con le opere di imbocco, sia in fase costruttiva che di esercizio della ferrovia.

In particolare, tenuto conto della criticità legata ai fenomeni di caduta massi potenzialmente interferenti con l'area d'imbocco, è stata posta attenzione all'ubicazione del margine superiore delle pareti rocciose affioranti (potenziali aree sorgenti di distacchi di blocchi) ed alle condizioni geostrutturali dell'ammasso roccioso, con la finalità di stimare le dimensioni e forma dei volumi rocciosi unitari (VRU) da considerare come blocchi di progetto nella successiva modellizzazione di caduta massi. I risultati di tale modellizzazione sono presentati in uno specifico elaborato.

Il versante indagato è costituito, nella fascia tra quota 870 e 830 circa, da un pendio a media acclività (inclinazione nell'ordine dei 33-35°), lungo il quale è presente in superficie una copertura detritico-colluviale con blocchi rocciosi decimetrici di natura prevalentemente granitico-granodioritica e subordinatamente costituiti da cornubianiti filladiche. Localmente si osservano blocchi rocciosi isolati di maggiori dimensioni (fino a plurimetriche). La matrice del deposito superficiale è sabbioso-limosa, localmente ghiaiosa. Il versante presenta uno strato sottile di suolo e diffusa copertura arborea ad alto fusto, costituita principalmente da conifere.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	74 di 190

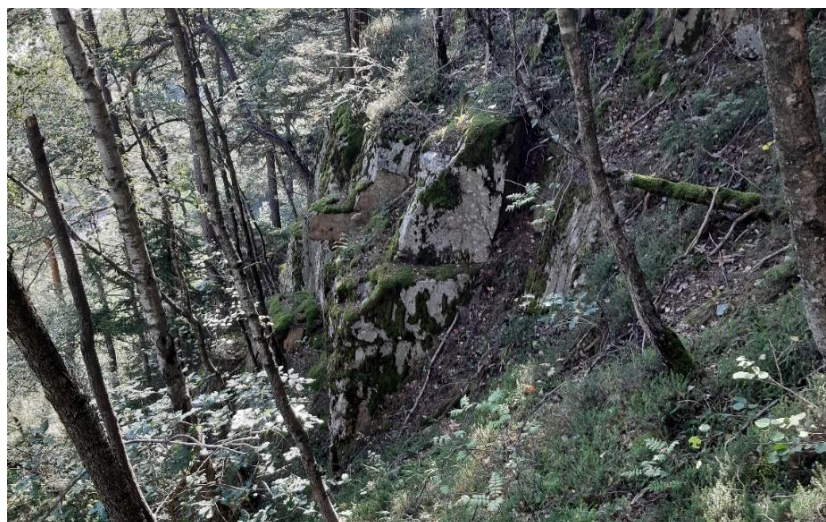


Fig. 49: A sinistra, aspetto del versante e delle coperture detritico-colluviali; a destra, affioramenti rocciosi lungo il versante in cui sono visibili i principali sistemi di giunti.

La fascia di versante al di sotto di quota 830 e fino alla base (quota 750 corrispondente al piazzale dove si prevede la realizzazione dell'imbocco) è caratterizzata da diffusi affioramenti rocciosi, organizzati in almeno tre fasce distinte a quote via via decrescenti. L'inclinazione del versante in questa fascia aumenta sensibilmente, fino ad una media di 50-55°, con inclinazione massima delle pareti rocciose che localmente può raggiungere i 70-80°. L'ammasso roccioso affiorante è costituito da graniti e granodioriti appartenenti al plutone di Bressanone. Il grado di fratturazione dell'ammasso è medio; si sono osservati almeno 4 set di giunti sistematici: i) uno con elevata continuità (>10 m) e spaziatura metrica, con giacitura all'incirca parallela alle pareti rocciose degli affioramenti immergente verso NNE con inclinazione ad alto angolo di 70°-80°; ii) un secondo sistema, sempre inclinato ad alto angolo, con giacitura trasversale al versante, immergente verso N-NW, con spaziatura decimetrica e continuità media (3-10 m); iii) un sistema a immergente a basso angolo verso N; iv) un ulteriore sistema immergente a basso angolo verso S-SE. I volumi rocciosi unitari medi (VRU) dei blocchi suddivisi dai vari set di discontinuità osservati sono variabili tra circa 0,2 m<sup>3</sup> e circa 2,0 m<sup>3</sup>.

Lungo il tratto di versante analizzato in dettaglio si sono osservate due incisioni abbastanza pronunciate, che localmente raggiungono una profondità di circa 10 m, impostate molto probabilmente lungo fasce di concentrazione di giunti particolarmente continui (subparalleli al secondo set descritto in precedenza). Le sponde delle incisioni corrispondono a fasce di affioramento del substrato roccioso, mentre il fondo è ricoperto da depositi detritico-colluviali derivanti anche da crolli lungo le pareti rocciose soprastanti. Una di queste incisioni sfocia sul fondovalle all'altezza della futura ubicazione delle gallerie artificiali dell'imbocco.

All'incirca a metà di questa fascia bassa di versante, è presente una doppia linea elettrica i cui piloni sono appoggiati a plinti realizzati direttamente sulla roccia affiorante delle fasce rocciose inferiori.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 75 di 190



Fig. 50: Vista panoramica del versante sopra l'imbocco (fotografia ripresa dal versante opposto).

Alla base del versante, in fregio all'area di piazzale nella quale è prevista la realizzazione delle opere d'imbocco (gallerie artificiali e protesi in calcestruzzo per la dima d'attacco della galleria naturale) si osserva la parte inferiore delle pareti rocciose del versante. Le caratteristiche geo-strutturali dell'ammasso roccioso sono del tutto simili a quelle osservate negli affioramenti più alti, in particolare sono molto evidenti i giunti paralleli al versante con elevata continuità e quelli trasversali, ma si osservano chiaramente anche le discontinuità immergenti a basso angolo. In questi affioramenti sono state eseguite tre delle stazioni geomeccaniche del Progetto Definitivo ed una stazione geomeccanica integrativa nella presente fase di PE.



Fig. 51: Panorama della parte bassa del versante in cui è visibile la prima barriera paramassi esistente.

Una singolarità di questa porzione del versante è la presenza di almeno tre cavità antropiche (gallerie) scavate nell'ammasso roccioso in direzione circa perpendicolare al versante, la più grande delle quali è anche accessibile e presenta una sezione di circa 4 x 5 m ed una lunghezza stimabile di almeno 10-15 m. Tenuto



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 76 di 190

conto che le opere d'imbocco potranno interferire con queste cavità, sarà opportuno prevederne il ritombamento completo.

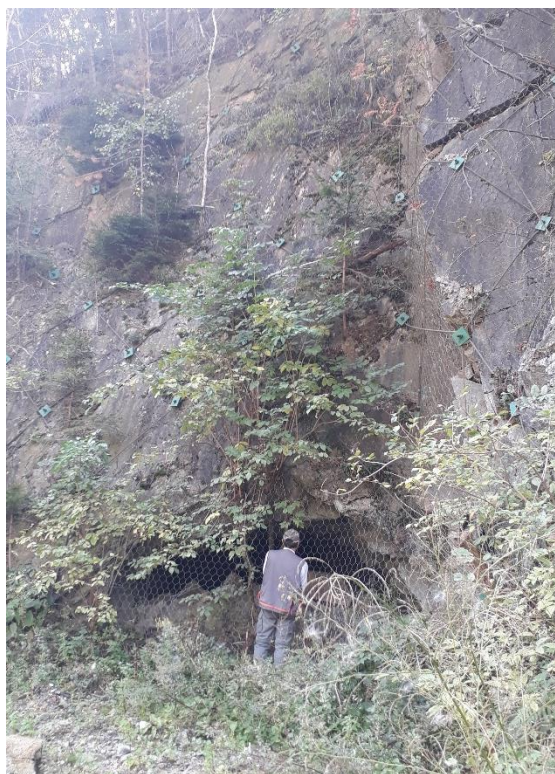


Fig. 52: Cavità nei pressi dell'imbocco.

Nella parte di versante soprastante la quota di 870 m circa, il pendio prosegue con una pendenza media e una diffusa copertura boschiva, più fitta ove si imposta su pendio detritico oppure occupato da depositi colluviali, più rada in corrispondenza degli affioramenti rocciosi che sono peraltro molto discontinui. Queste condizioni morfologiche si osservano lungo il versante fino all'incirca alla quota di 1000-1100 m circa. Al di sopra di queste quote il versante aumenta la propria inclinazione, diventando prevalentemente roccioso, con diffusi affioramenti sia di rocce di pertinenza dell'aureola di contatto (MPC) che di Granito di Bressanone. In questo settore del versante assume particolare evidenza la presenza della marcata incisione del canale di Schindeltal, impostato lungo una zona di fratturazione con giunti ad elevatissima persistenza, nei pressi del contatto tra i Graniti di Bressanone e le rocce dell'aureola termometamorfica (cornubianiti). Tale canale si sviluppa in quota fino a circa 1800-1900 m. All'interno del canale si osserva una diffusa presenza di blocchi di detrito, provenienti dalle soprastanti pareti subverticali di granito (lato ovest dell'incisione) e di cornubianiti (affioranti sul lato est dell'incisione). Per questo motivo, e anche in seguito alle indicazioni degli strumenti di governo del territorio (descritte al paragrafo precedente) che individuano in quest'area elementi di pericolosità geomorfologica significativi, si è deciso di estendere l'area di simulazione dei fenomeni di caduta massi fino a queste quote, considerando le pareti rocciose sui due lati del canale come potenziali punti di distacco di blocchi.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	77 di 190

#### 8.4.2 Imbocco Sud Galleria Scaleres

Il sito ove è previsto l'imbocco Sud della Galleria Naturale Scaleres è ubicato in corrispondenza di una scarpata in roccia, impostata in gran parte nelle Dioriti di Chiusa e parzialmente negli scisti cornubianitici dell'aureola di contatto, avente un'altezza di circa 45 metri tra le quota di 545 del piazzale di base e 590 m s.l.m. del ciglio superiore.

La morfologia della parete è caratterizzata dalla presenza di molteplici orli di scarpate di degradazione costituenti probabilmente il coronamento di antiche frane di crollo. La presenza di blocchi rocciosi dispersi di aspetto "fresco" e detrito al di sotto della parete indica la concreta possibilità che anche attualmente possano continuare a verificarsi ulteriori fenomeni di distacco di blocchi, particolarmente concentrati in alcuni settori della parete, come quello posto circa 150 m ad Ovest dell'imbocco del binario Pari (Fig. 53).

Inoltre, pochi metri a Nord Est della zona d'imbocco proseguendo lungo la scarpata si osservano delle piccole frane di materiale colluviale di copertura del substrato roccioso, in questo punto costituito dagli scisti cornubianitici dell'aureola di contatto delle Dioriti di Chiusa.

Nella zona d'imbocco del binario pari è stato effettuato un parziale intervento di stabilizzazione corticale dei blocchi instabili attraverso un rivestimento della parete rocciosa, con l'utilizzo locale, in particolare nella fascia più alta, di pannelli di rete a funi in acciaio incrociate fissate da chiodature, oltre ad una più diffusa stesura di rete metallica a doppia torsione, estesa fino alla base della parete.

Per la ricerca di 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", e dei "Piani delle Zone di Pericolo (PZP)".

Per quanto riguarda il Comune di Velturmo, in cui si ubicano gli imbocchi Sud della Galleria Scaleres, non è ad oggi disponibile la copertura del Piano delle Zone di Pericolo.

Sullo stesso portale sono tuttavia presenti le informazioni dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) che indica tutta la parete rocciosa dell'imbocco come zona soggetta a crolli e ribaltamenti diffusi (Fig. 53).

Nel portale è inoltre catalogato l'intervento di stabilizzazione di parte della parete rocciosa richiamato in precedenza (retino giallo in Fig. 56).



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 78 di 190

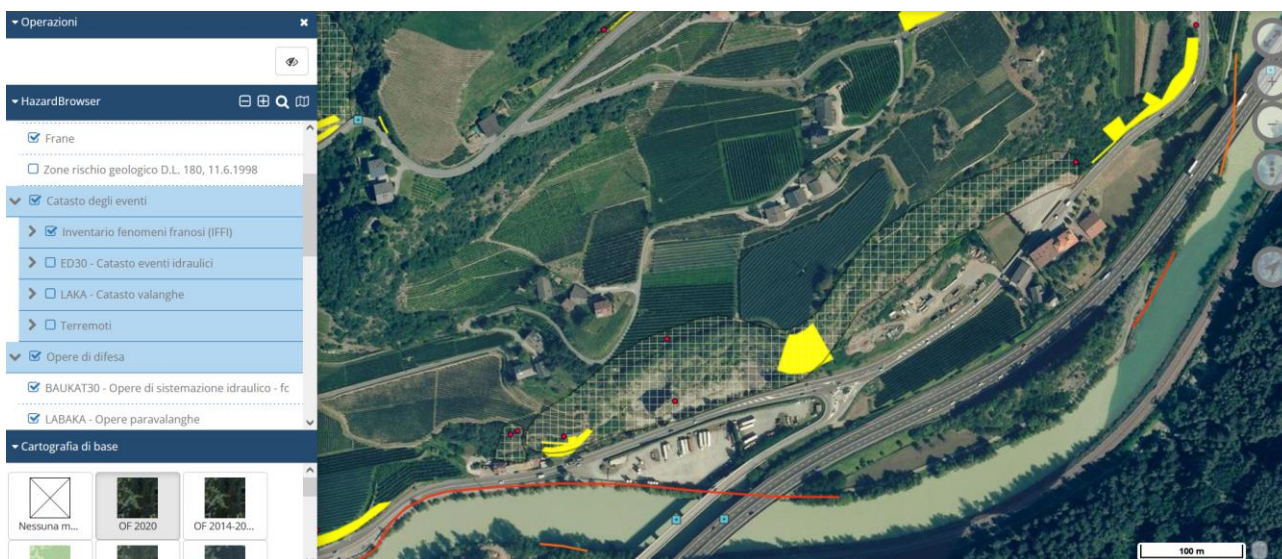


Fig. 53: Geoportale Alto Adige, vista dell'area di imbocco Sud della Galleria Scaleres con i tematismi relativi al catalogo IFFI – retino a quadretti: area soggetta a crolli/ribaltamenti diffusi alle opere di difesa – retini gialli: rivestimento parete con rete zincata rinforzata.



Fig. 54: Detrito e blocchi caduti recentemente alla base della scarpata in dioriti nei pressi dell'imbocco Sud della Galleria Scaleres (punto localizzato circa 150 m a Ovest del tracciato del binario pari).



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	79 di 190

### 8.4.3 Imbocco Nord Galleria Gardena

Per la descrizione del contesto geomorfologico dell'imbocco Nord della Galleria Gardena, ubicato in sinistra idrografica della Valle Isarco a quota di circa 560-570 m, in diretta adiacenza alla posizione prevista delle spalle sud del viadotto Isarco, si rimanda al paragrafo 10.1.8.1.

### 8.4.4 Imbocchi delle Interconnessioni di Ponte Gardena

Per la descrizione del contesto geomorfologico degli imbocchi delle gallerie di interconnessione di Ponte Gardena, ubicati a Nord della stazione di Ponte Gardena in sinistra ideografica della Valle Isarco, per il binario pari in adiacenza all'alveo del Fiume Isarco e per il binario dispari al piede del versante modificato antropicamente dal rilevato dell'autostrada A22 e di una viabilità minore, si rimanda al paragrafo 10.3.4.1.

## 9. 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 (Fig. 56);
- 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 all'Aprile 2021

### 9.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA DI PROGETTO

L'intero 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 (Fig. 55).

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 Fig. 57 e Fig. 58, così definiti:

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

La seguente Tabella 12 riporta la classificazione sismica dei diversi comuni interessati dal Lotto 1 del progetto di Quadruplicamento della tratta ferroviaria Fortezza-Verona, in base alle normative sopra citate.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 80 di 190	

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

Tabella 12: Elenco dei comuni interessati dal tracciato con indicazione del rischio sismico secondo la normativa nazionale e regionale.

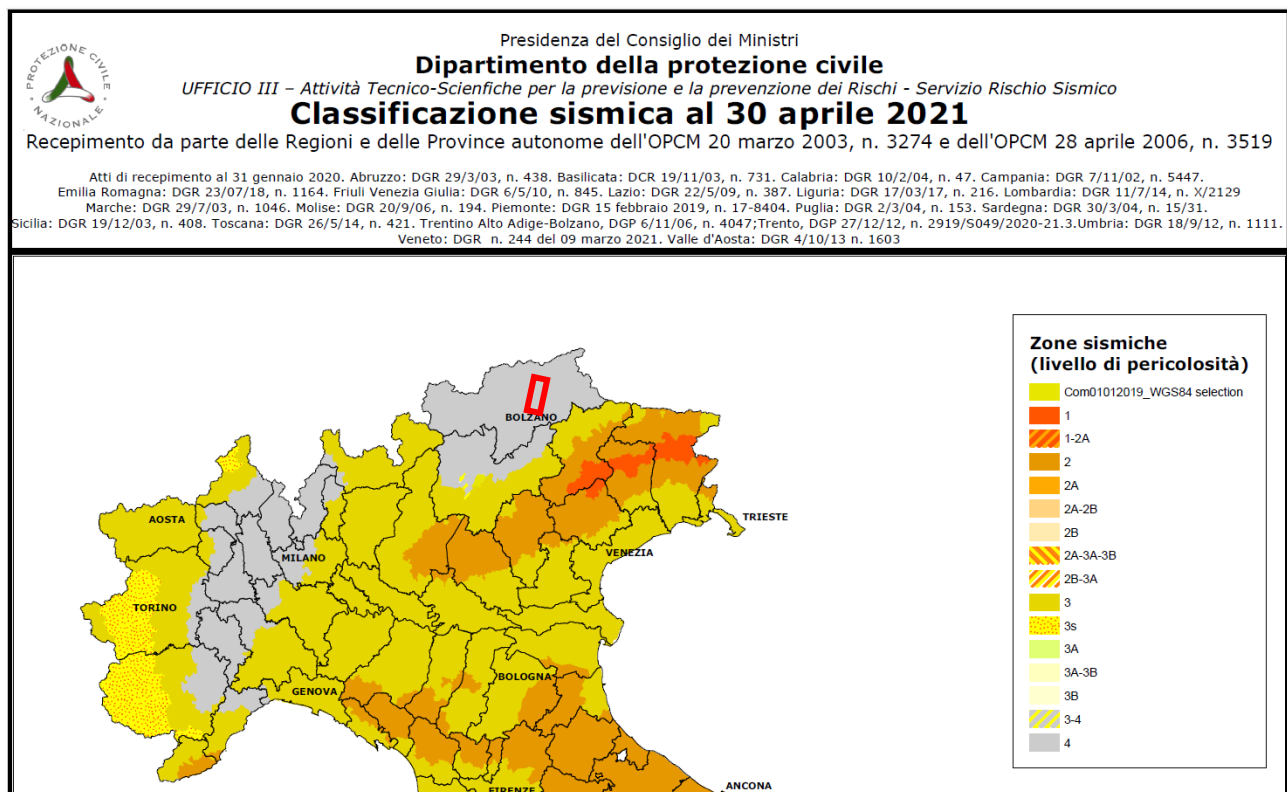


Fig. 55: Stralcio della Mappa Classificazione sismica aprile 2021 per provincia (<https://rischi.protezionecivile.gov.it/it/sismico/attivita/classificazione-sismica>).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 81 di 190

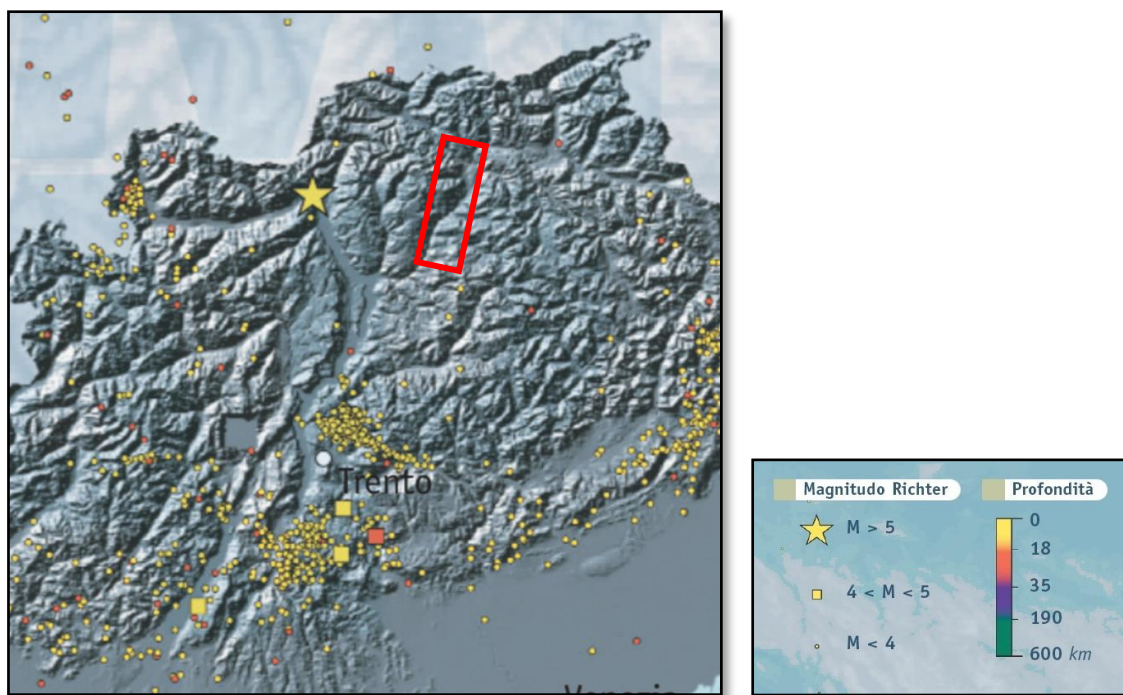


Fig. 56: Stralcio della Carta della sismicità in Italia tratta dal sito dell'INGV: <http://csi.rm.ingv.it>. Il rettangolo rosso indica l'area di progetto.

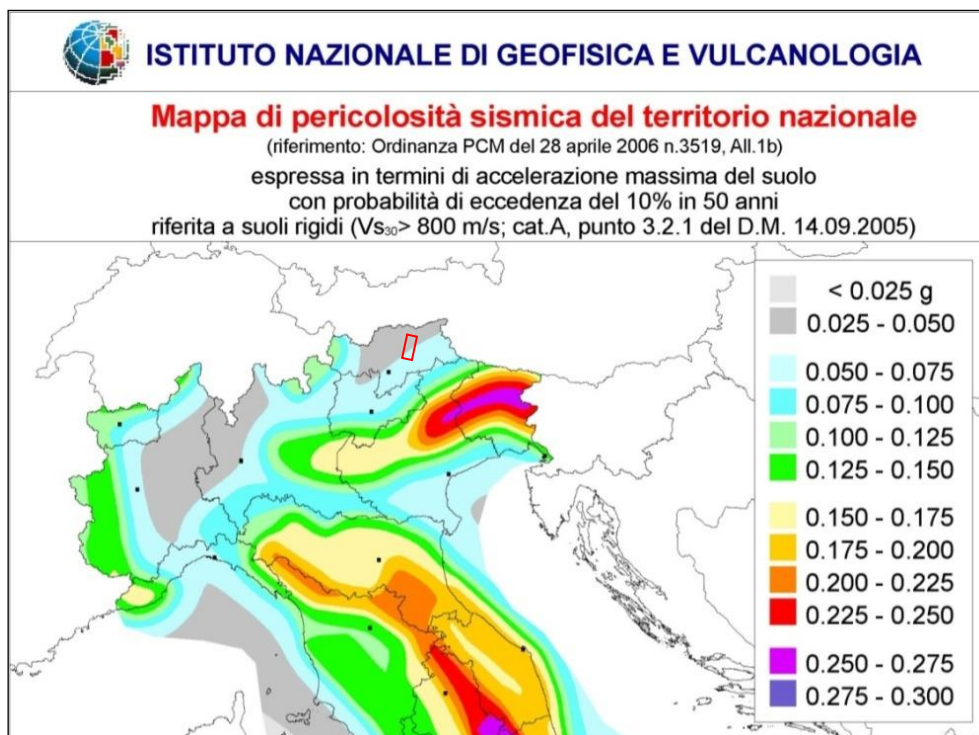
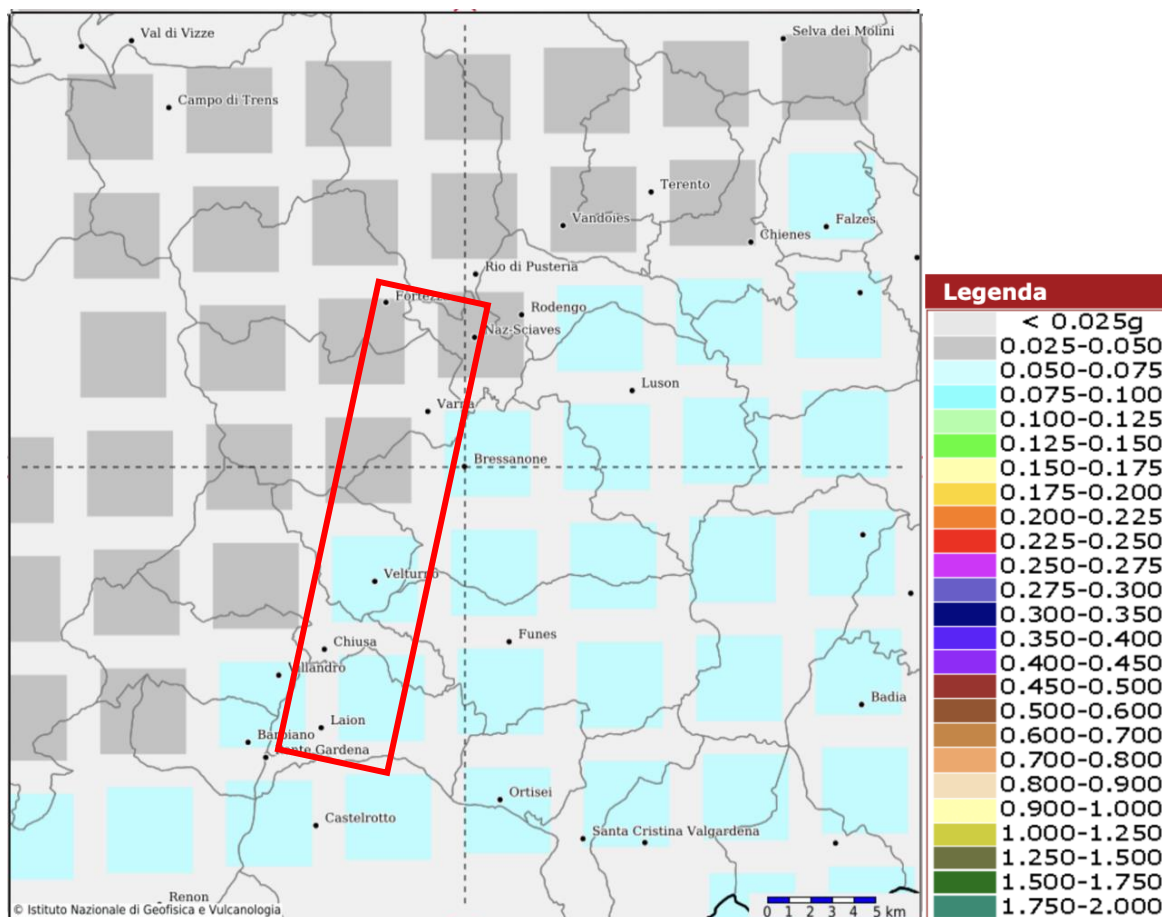


Fig. 57: Mappa di pericolosità sismica dell'intero territorio nazionale redatta dall'INGV. La figura è stata tratta dal sito dell'INGV: <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>. Il rettangolo rosso indica l'area di progetto.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 82 di 190



**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	

Fig. 58: 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/>. Il rettangolo rosso individua l'area in cui si sviluppa il tracciato delle opere in progetto.

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA <b>IB0U</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GE0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO. <b>83 di 190</b>

### 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, nei quali si ubicano le opere in progetto, con particolare riferimento alle opere esterne (imbocchi delle Gallerie Scaleres e Gardena Nord, interconnessioni Ponte Gardena, tratte all'aperto e Viadotto sull'Isarco)

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.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	84 di 190

## 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									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
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

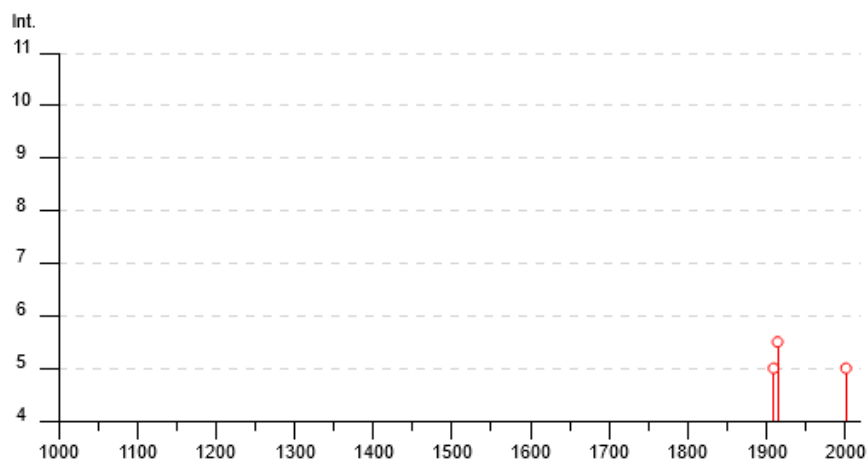


Fig. 59: Terremoti storici al di sopra della soglia di danno che hanno interessato il comune di Fortezza, in cui si ubica l'imbocco Nord della Galleria Scalers e la breve tratta all'aperto che lo precede.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	85 di 190

## Bressanone



PlaceID IT\_20321  
 Coordinate (lat, lon) 46.715, 11.657  
 Comune (ISTAT 2015) Bressanone/Brixen  
 Provincia Bolzano  
 Regione Trentino-Alto Adige  
 Numero di eventi riportati 18

Effetti	In occasione del terremoto del						NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale		
4-5	1826	06	24	12	15		Garda occidentale	20	5 4.62
4-5	1836	06	12	02	30		Asolano	26	8 5.53
3	1859	01	20	07	55		Prealpi Trevigiane	36	6 4.80
F	1862	05	27	01	20		Tirol, Sillian	30	5-6 4.78
F	1890	03	26	20	10		Bellunese	48	6 4.82
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
NF	1897	07	15	05	53		Ljubljana	325	6-7 4.99
4-5	1902	06	19	09	23		Alpi Retiche	184	6-7 4.96
4-5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7 5.63
3-4	1924	05	12	08	46		Carnia	20	6 5.04
3-4	1931	04	14	22	13		Valli Giudicarie	160	6 4.77
4	1936	10	18	03	10		Alpago Cansiglio	269	9 6.06
5	1976	05	06	20			Friuli	770	9-10 6.45
5	1976	09	11	16	35	0	Friuli	40	7-8 5.60
F	1977	09	16	23	48	0	Friuli	94	6-7 5.26
3	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7 5.04

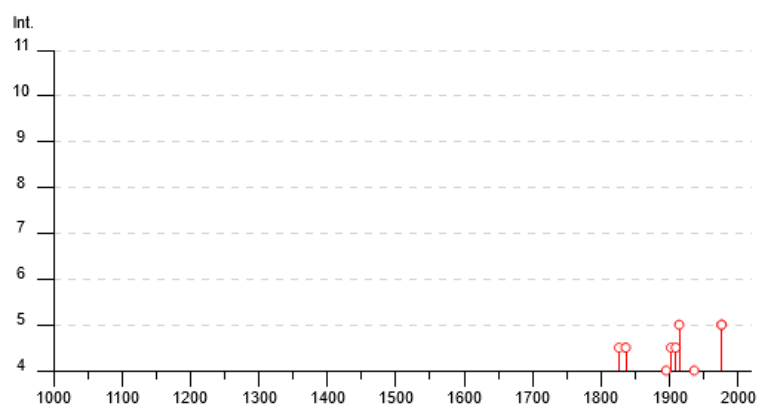


Fig. 60: Terremoti storici al di sopra della soglia di danno che hanno interessato il comune di Bressanone.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	86 di 190

## Velturmo



PlaceID IT\_21073  
 Coordinate (lat, lon) 46.669, 11.600  
 Comune (ISTAT 2015) Velturmo/Feldthurns  
 Provincia Bolzano  
 Regione Trentino-Alto Adige  
 Numero di eventi riportati 3

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1890	03	26	20	10		Bellunese	48	6	4.82
F	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
4-5	2001	07	17	15	06	1	Val Venosta	657	5-6	4.78

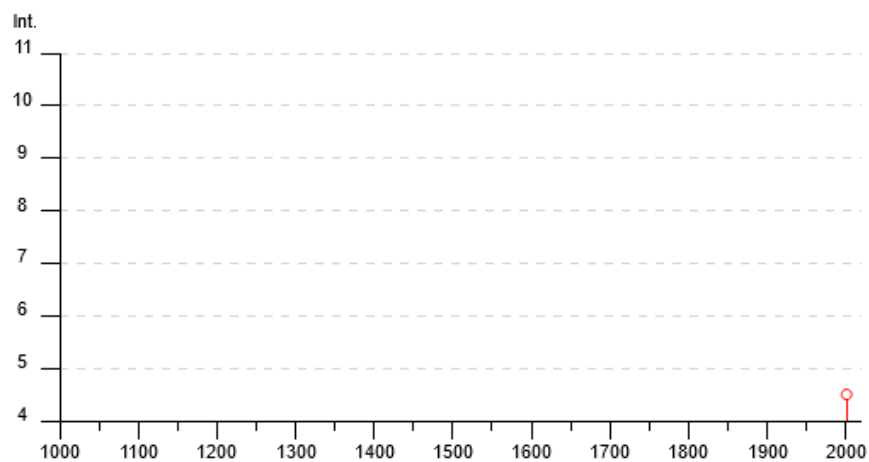


Fig. 61: Terremoti storici al di sopra della soglia di danno che hanno interessato il comune di Velturmo, in cui si ubicano le spalle e le pile Nord del Viadotto sull'Isarco e l'imbocco Sud della Galleria Scalers.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 87 di 190

## 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

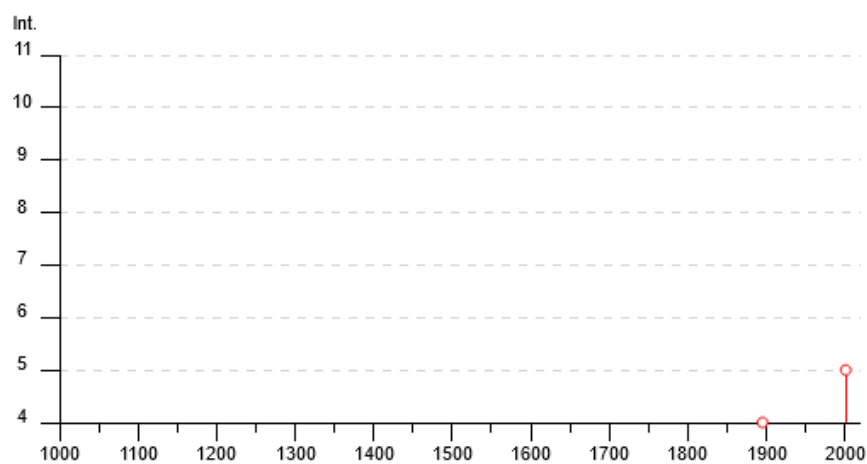


Fig. 62: Terremoti storici al di sopra della soglia di danno che hanno interessato il comune di Funes, in cui si ubicano le spalle e le pile Sud del Viadotto sull'Isarco e l'imbocco Nord della Galleria Gardena.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	88 di 190

## 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

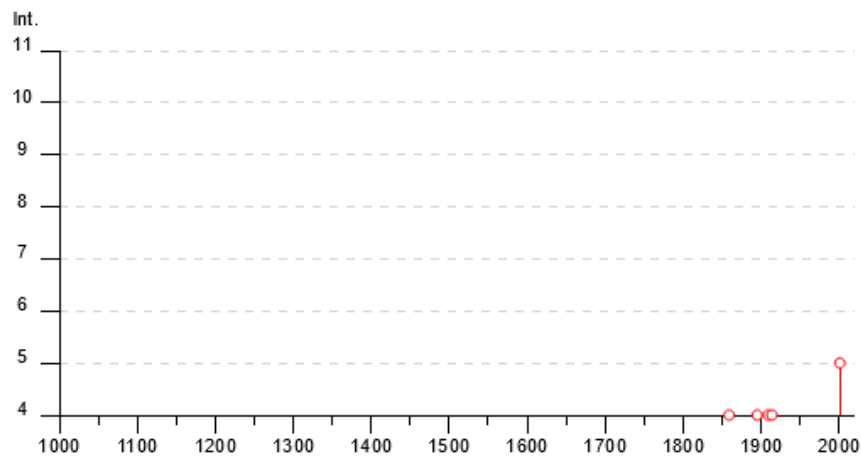


Fig. 63: Terremoti storici al di sopra della soglia di danno che hanno interessato il comune di Chiusa.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 89 di 190

## Laion



PlaceID	IT_20511
Coordinate (lat, lon)	46.608, 11.564
Comune (ISTAT 2015)	Laion/Lajen
Provincia	Bolzano
Regione	Trentino-Alto Adige
Numero di eventi riportati	3

Effetti	In occasione del terremoto del						NMDP	Io	Mw	
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale			
4-5	1989	09	13	21	54	0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
3-4	2001	07	17	15	06	1	Val Venosta	657	5-6	4.78
NF	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21

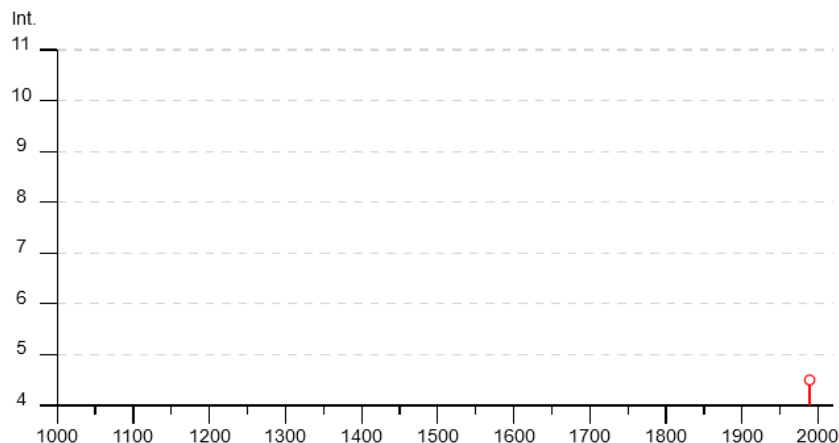


Fig. 64: Terremoti storici al di sopra della soglia di danno che hanno interessato il comune di Laion, in cui si trovano gli imbocchi delle gallerie di Interconnessione Ponte Gardena-Binario Parie e Dispari.

## 9.4 PARAMETRI LOCALI PER L'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

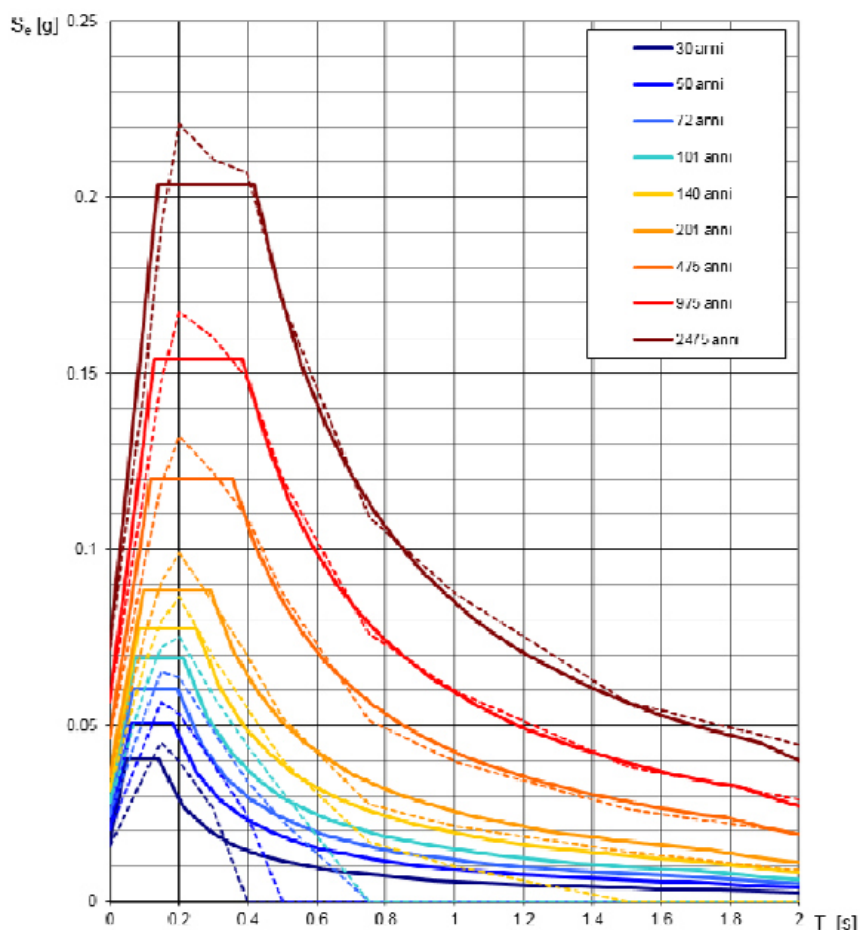
Nelle seguenti tabelle e figure sono forniti, per i comuni in cui si ubicano le opere di imbocco in progetto, per periodi di ritorno TR di 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni, i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $TC^*$  e gli Spettri di risposta 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;  $TC^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 90 di 190

TR [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c^*$
30	0.016	2.545	0.141
50	0.020	2.490	0.181
72	0.024	2.486	0.196
101	0.028	2.464	0.215
140	0.032	2.455	0.250
201	0.036	2.476	0.289
475	0.047	2.579	0.354
975	0.057	2.710	0.384
2475	0.072	2.836	0.417

Tabella 13: Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno TR di riferimento per il Comune di Fortezza.



**NOTA:**

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

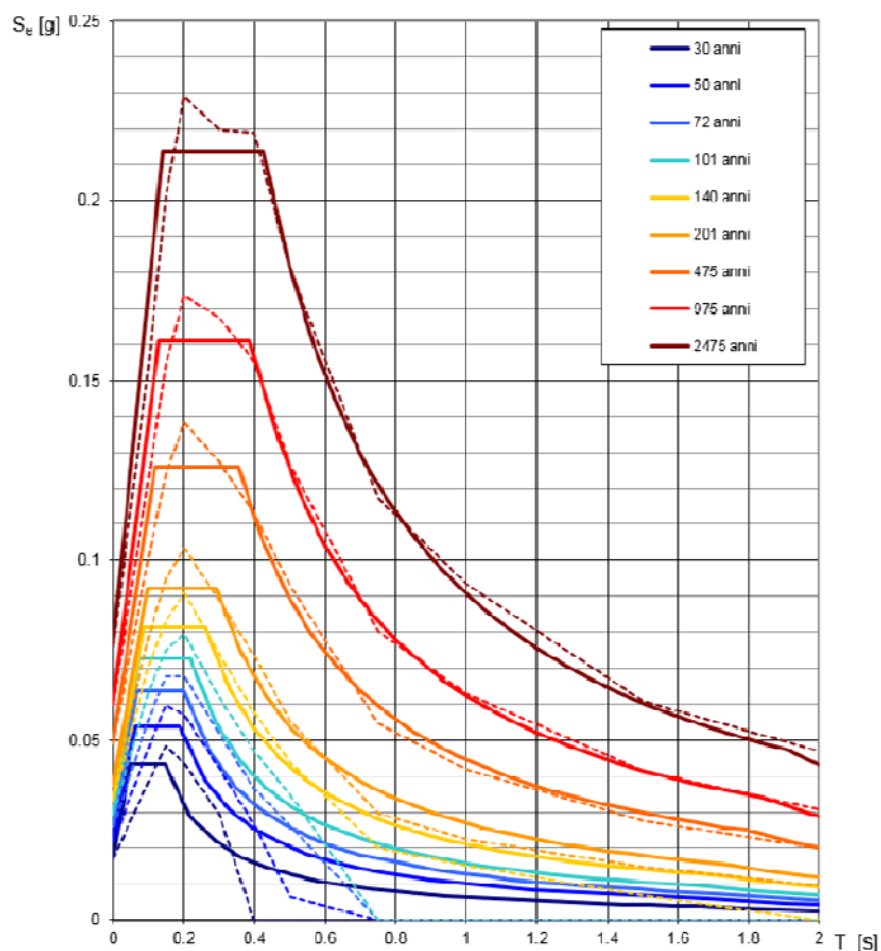
Fig. 65: Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno TR di riferimento - Comune di Fortezza.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
PROGETTAZIONE:		
Mandataria:	Mandanti:	
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA    LOTTO    CODIFICA    DOCUMENTO    REV.    FOGLIO. IB0U        1BEZZ        RG            GE0000001    C        91 di 190	

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 14: Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno TR di riferimento per il Comune di Varna.



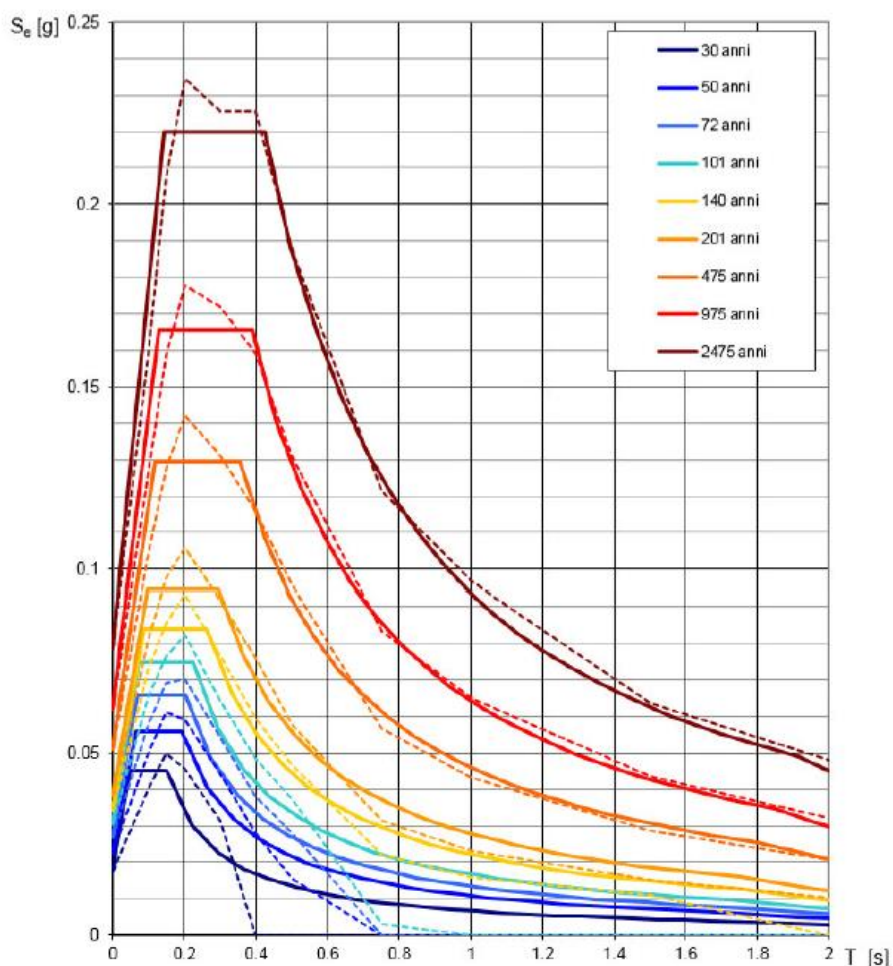
NOTA:  
 Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 66: Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno TR di riferimento - Comune di Varna.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 92 di 190

TR [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c^*$
30	0.018	2.537	0.149
50	0.023	2.453	0.193
72	0.027	2.452	0.203
101	0.031	2.441	0.223
140	0.034	2.449	0.264
201	0.038	2.476	0.294
475	0.051	2.545	0.354
975	0.062	2.660	0.388
2475	0.079	2.793	0.426

Tabella 15: Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno TR di riferimento per il Comune di Bressanone.



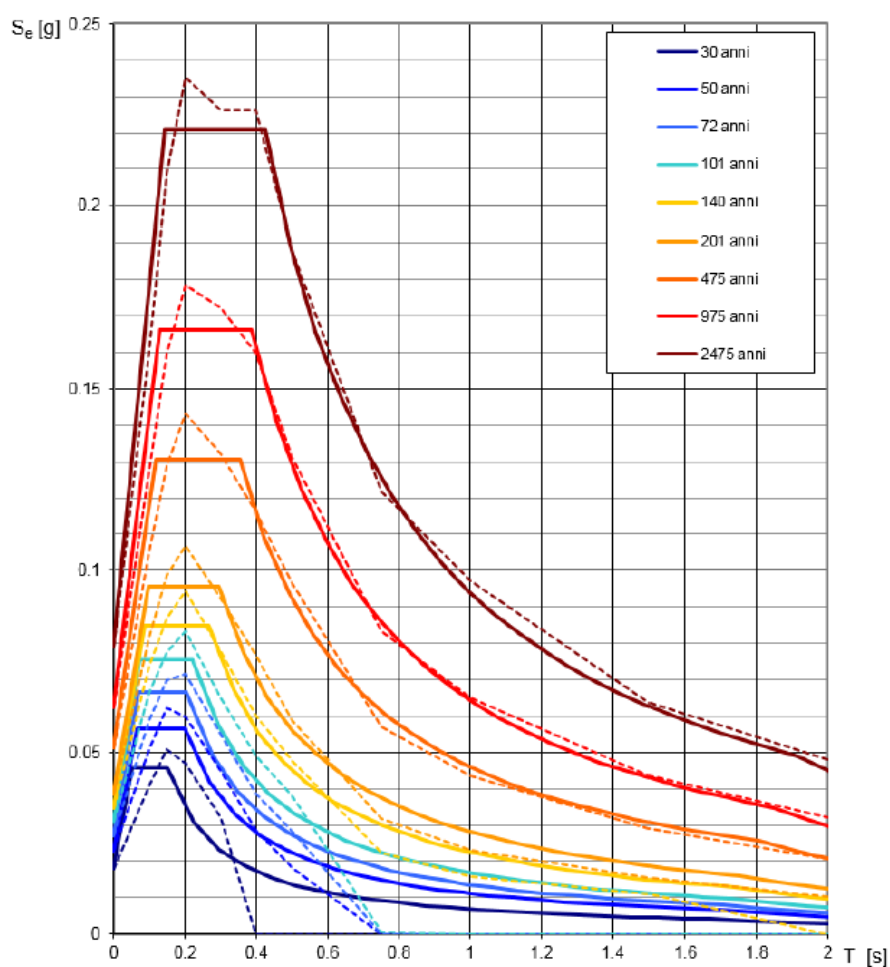
NOTA:  
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 67: Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno TR di riferimento - Comune di Bressanone.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>
PROGETTAZIONE:		
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IBOU 1BEZZ RG GE0000001 C 93 di 190	

TR [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c^*$
30	0.018	2.542	0.150
50	0.023	2.445	0.198
72	0.027	2.458	0.204
101	0.031	2.444	0.222
140	0.035	2.451	0.265
201	0.039	2.478	0.294
475	0.051	2.549	0.353
975	0.063	2.658	0.387
2475	0.079	2.794	0.426

Tabella 16: Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno TR di riferimento per il Comune di Velturmo.



NOTA:

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

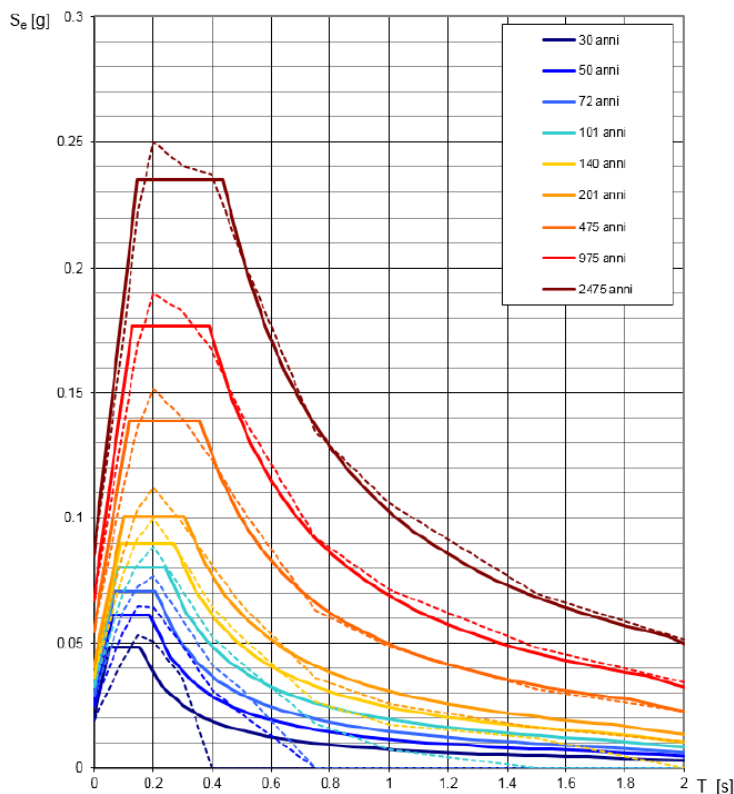
Fig. 68: Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno TR di riferimento - Comune di Velturmo.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 94 di 190

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 17: Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno TR di riferimento per il Comune di Funes.



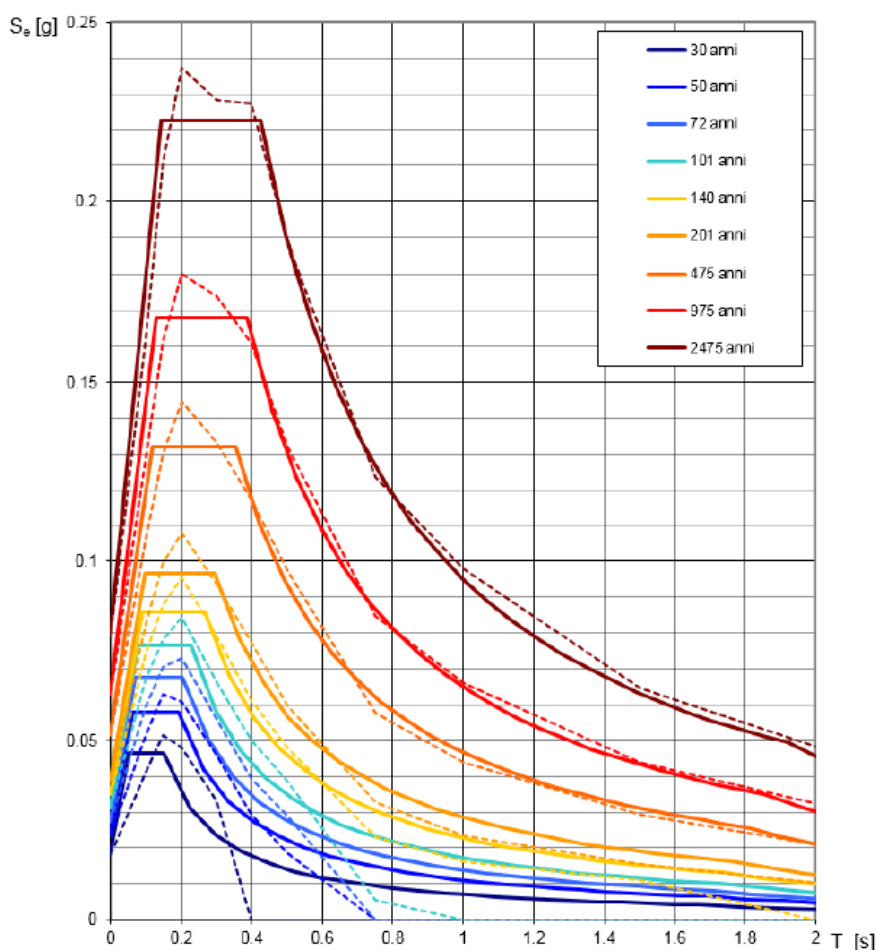
NOTA:  
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 69: Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno TR di riferimento (Comune di Funes - WBS GA06.A – Imbocco Finestra di Funes).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>
PROGETTAZIONE:		
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO. IB0U 1BEZZ RG GE0000001 C 95 di 190	

TR [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c^*$
30	0.018	2.539	0.152
50	0.023	2.470	0.191
72	0.028	2.462	0.205
101	0.031	2.448	0.227
140	0.035	2.460	0.266
201	0.039	2.484	0.295
475	0.052	2.553	0.353
975	0.063	2.658	0.387
2475	0.080	2.790	0.426

Tabella 18: Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno TR di riferimento per il Comune di Chiusa.



NOTA:

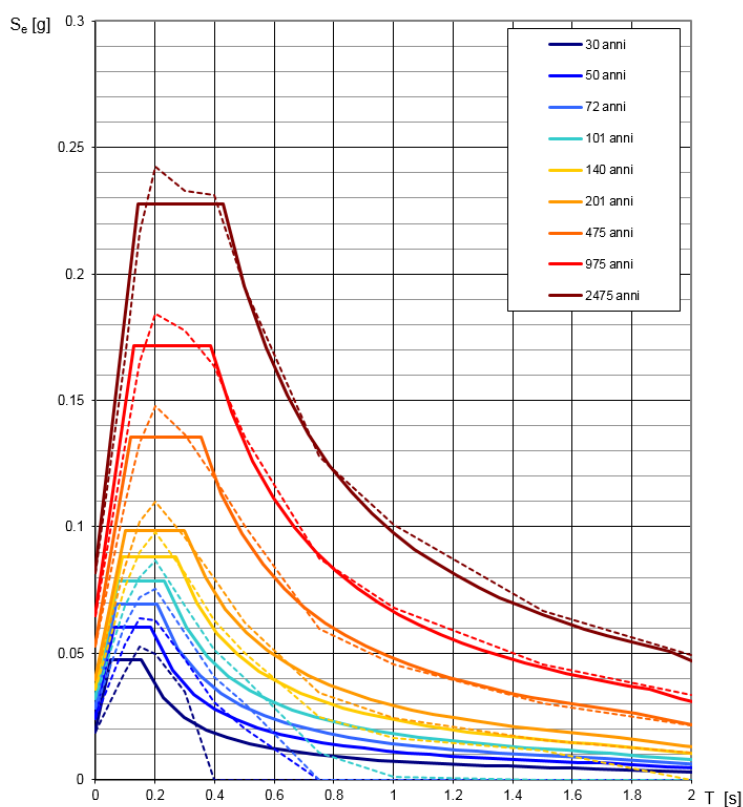
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 70: Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno TR di riferimento - Comune di Chiusa.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 96 di 190

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 19: Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno TR di riferimento per il Comune di Laion.



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

Fig. 71: Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno TR di riferimento - Comune di Laion.

## 9.5 SORGENTI SIMOGENETICHE

La versione aggiornata (3.3.0) del "Database of Individual Seismogenic Sources (DISS): A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas" (DISS Working Group,



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandatario:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 97 di 190

2021; <http://diss.rm.ingv.it/diss/>), contiene sorgenti sismogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare grandi terremoti.

Obiettivo del Database è quello di rendere quanto più possibile completa l'informazione sulle sorgenti sismogenetiche potenziali del territorio nazionale; per questa ragione, oltre ad un numero maggiore di sorgenti individuali, viene proposta una forma di rappresentazione e caratterizzazione di tutte le aree che, pur essendo certamente in grado di generare forti terremoti, sono ancora poco comprese. È stata pertanto istituita una nuova categoria di aree sismogenetiche per le quali, in analogia con quanto proposto dalla zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004), viene fornita la localizzazione geografica, la stima del meccanismo di fagliazione, la profondità efficace e la magnitudo massima attesa.

Nel database non sono presenti sorgenti sismogenetiche composite che interessino direttamente l'area di progetto; le più vicine all'area di intervento, sono le sorgenti Western Periadriatic (ATCS010) e Brenner (ATCS012) (Fig. 72). Più a sud si trova invece la sorgente sismogenetica delle Giudicarie (ITCS048), visibile a SW di Trento: le principali informazioni di riferimento per le sorgenti sono riportate nel seguito e riassunte in Fig. 74, Fig. 73 e Fig. 75.

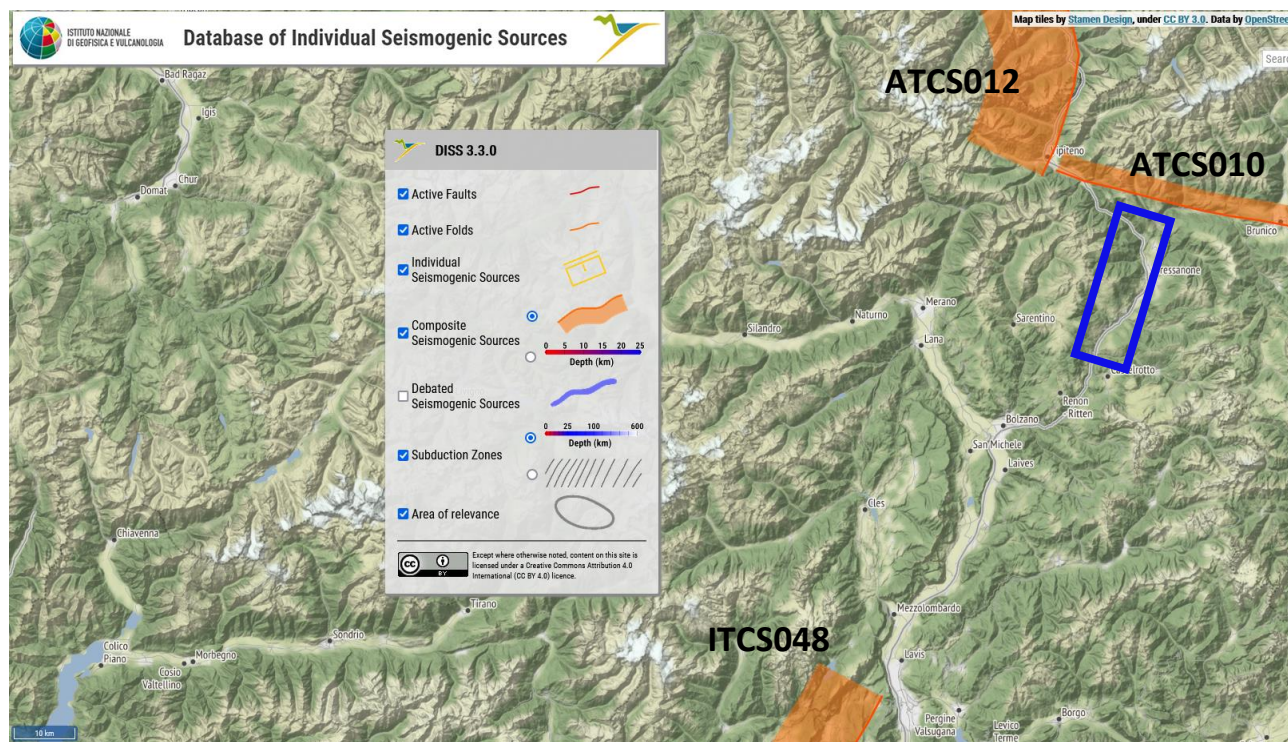


Fig. 72: Sorgenti sismogenetiche contenute nel DISS 3.3.0 (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>) per l'area in oggetto indicata con il rettangolo azzurro.

La sorgente sismogenetica Western Periadriatic (ATCS010) corrisponde alla parte sismogenetica della Faglia Periadriatica (PFZ). La PFZ è correlata alla zona di contatto litosferico indentata Adriatico-Eurasiatica almeno a partire dal Miocene. È anche il confine tettonico tra le Alpi Meridionali con la loro zona di sovrascorrimenti

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA <b>IBOU</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GE0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO. <b>98 di 190</b>

e pieghe sud vergenti e il resto delle Alpi che hanno subito metamorfismo e deformazione in età Cretacica e Terziaria.


Le età geocronologiche non mostrano evidenze di movimenti tettonici precedenti alla metà del Miocene lungo la PFZ, tranne lungo il sistema di sovrascorrimenti delle Giudicarie dove i tassi di esumazione sono aumentati a partire dal Messiniano (Martin et al., 1998; Müller et al., 2001). L'analisi dei marker geomorfologici lungo la sezione occidentale della Faglia Periadriatica ha rivelato traslazioni destre di incisioni fluviali coerenti con il tipo di movimento previsto lungo la struttura (Garcia et al., 2010) e le condizioni geodinamiche generali nella zona (es. Vrabec et al., 2006).

La deformazione a grande scala diminuisce da Sud verso Nord a partire dai settori meridionali della pianura friulana e della Slovenia occidentale verso la Faglia Periadriatica, sebbene la zona della PFZ presenti valori di deformazione più elevati rispetto alle aree circostanti (Serpelloni et al., 2016). L'attività sismica strumentale registrata lungo la PFZ è bassa, ma questa faglia è una delle possibili strutture che possono aver originato il terremoto del 1348, uno degli eventi sismici più forti della regione.

L'intervallo di profondità minimo-massimo è stato stabilito considerando le condizioni geologiche e i dati sismici (Willingshofer & Cloetingh, 2003; Lüschen et al., 2004). La direzione della sorgente sismogenetica è stata definita sulla base di mappe strutturali e geologiche (es. Linzer et al., 2002), mentre l'inclinazione della struttura è basata sui profili sismici di Lüschen et al. (2004). L'angolo di *rake* è stato dedotto dalla geologia strutturale regionale e dalle impostazioni geodinamiche. Lo *slip rate* è stato dedotto considerando la modellazione regionale ad elementi finiti (Kastelic & Carafa, 2012) e i tassi di deformazione geodetica (Serpelloni et al., 2016).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 99 di 190

## GENERAL INFORMATION

<b>DISS-ID</b>	ATCS010
<b>Name</b>	Western Periadriatic
<b>Compiler(s)</b>	Kastelic V.(1), Burrato P.(1)
<b>Contributor(s)</b>	Kastelic V.(1), Burrato P.(1), Garcia Moreno D.(2), Decker K.(3), Camelbeeck T.(2)
<b>Affiliation(s)</b>	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Royal Observatory of Belgium; Seismology; 3 Avenue Circulaire, 1180 (Uccle), Brussels. Belgium 3) Center for Earth Sciences; Departament for Geodynamics and Sedimentology; UZA II - Universitätszentrum Althanstrasse. Althanstrasse 14, 1090 Vienna, Austria
<b>Created</b>	28/05/2010
<b>Updated</b>	23/05/2016
<b>Display map</b>	
<b>Related sources</b>	

## PARAMETRIC INFORMATION

	Parameter	Quality	Evidence
<b>Min depth [km]</b>	0.0	EJ	Assumed from geomorphology.
<b>Max depth [km]</b>	15.0	LD	Based on seismic data (Willingshofer & Cloetingh, 2003; Lüschen et al., 2004).
<b>Strike [deg] min... max</b>	280...300	LD	Based on structural and geological maps (e.g. Linzer et al., 2002).
<b>Dip [deg] min... max</b>	70...85	EJ	Inferred from seismic profiles from Lüschen et al. (2004).
<b>Rake [deg] min... max</b>	130...170	EJ	Inferred from regional structural geology and geodynamic settings.
<b>Slip Rate [mm/y] min... max</b>	0.1500... 0.5000	EJ	Inferred from geodynamic and strain rate constraints.
<b>Max Magnitude [Mw]</b>	7.6	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

Fig. 73: Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Western Periadriatic (ATCS010).


APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
<u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 100 di 190

La sorgente sismogenetica composita Brenner (ATCS012) interseca il settore compreso tra le finestre tettoniche dell'Engadina (a ovest) e dei Tauri (a est) appena a nord dell'indenter delle Dolomiti e della Faglia Periadriatica nelle Alpi orientali tra l'Italia e l'Austria.

I cataloghi storici e strumentali (Grünthal et al., 2009) mostrano una sismicità sparsa ancorché moderata in questa regione. I principali eventi sismici nella zona si sono verificati il 17 luglio 1670 (Mw 5,6) e il 22 dicembre 1689 (Mw 5,3), interessando l'intera regione del Tirolo e la città di Innsbruck.

La direzione e l'immersione di questa sorgente sismogenetica si basano su dati geologici, sismologici e geomorfologici. Il *rake* è rappresentativo di un movimento normale (*dip-slip*) ed è desunto dai dati sismologici. La profondità minima e massima è stata in parte dedotta e in parte basata su dati sismologici. Lo *slip rate* è stato dedotto dalle osservazioni regionali.

#### GENERAL INFORMATION

<b>DISS-ID</b>	ATCS012
<b>Name</b>	Brenner
<b>Compiler(s)</b>	Garcia Moreno D.(1), Decker K.(2), Camelbeeck T.(1)
<b>Contributor(s)</b>	Kastelic V.(3), Burrato P.(3)
<b>Affiliation(s)</b>	1) Royal Observatory of Belgium; Seismology; 3 Avenue Circulaire, 1180 (Uccle), Brussels. Belgium 2) Center for Earth Sciences; Departament for Geodynamics and Sedimentology; UZA II - Universitätszentrum Althanstrasse. Althanstrasse 14, 1090 Vienna, Austria 3) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
<b>Created</b>	07/07/2010
<b>Updated</b>	23/05/2016
<b>Display map</b>	
<b>Related sources</b>	



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 101 di 190

### PARAMETRIC INFORMATION

Parameter	Quality	Evidence	
<b>Min depth [km]</b>	3.5	EJ	Inferred from earthquake data collected by Reiter et al. (2005).
<b>Max depth [km]</b>	15.0	LD	Based on earthquake data collected by Reiter et al. (2005).
<b>Strike [deg] min... max</b>	110...170	LD	Based on structural and geological maps (Linzer et al.,2002; Reiter et al.,2006)
<b>Dip [deg] min... max</b>	30...50	LD	Based on geomorphological maps and earthquake data (Reiter et al., 2005).
<b>Rake [deg] min... max</b>	260...280	EJ	Inferred from earthquake data collected by Reiter et al. (2005).
<b>Slip Rate [mm/y] min... max</b>	0.0200... 0.1100	LD	Calculated from geodynamic and strain rate constraints.
<b>Max Magnitude [Mw]</b>	7.2	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

Fig. 74: Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composita Brenner (ATCS012).


La sorgente sismogenetica delle Giudicarie (ITCS048) si trova nella zona compresa tra le città di Salò (a sud-ovest) e Trento (a nord-est) e appartiene al sistema di sovrascorrimento delle Giudicarie alpine meridionali. Si tratta di un sovrascorrimento sepolto SE-vergente, ritenuto una rampa attiva del sistema di faglie delle Giudicarie, e rappresentativo di uno dei fronti di sovrascorrimento più a sud delle Alpi. Il ruolo e la geometria complessiva di questa sorgente si basa su dati geologici regionali (Cavallin et al., 1988; Castaldini & Panizza, 1991).

I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una distribuzione sparsa ma significativa della sismicità intermedia (Mw ca. 4) lungo la direzione nel settore centrale di questa regione, fino all'alta valle del Fiume Sarca. Per quanto riguarda gli eventi sismici correlabili a questa sorgente sismogenetica, il 30 ottobre 1901 si è verificato un terremoto di riferimento (Mw 5,7, Salò), seguito, circa un secolo dopo e praticamente nella stessa zona, da un ulteriore evento avvenuto il 24 novembre 2004 (Mw 5,2). Un altro terremoto distruttivo si è verificato a sud-est di questa sorgente sismica il 3 gennaio 1117 (Mw 6.6, Veronese; Magri & Molin, 1986; Guidoboni & Comastri, 2005).

La direzione della struttura sismogenetica è stata definita sulla base dell'orientamento generale delle strutture tettoniche mappate, oltre che dei parametri strumentali dei terremoti di Salò del 2004. L'inclinazione è stata dedotta da considerazioni geologiche regionali relative alle superfici di sovrascorrimento. Si presume, sulla base di considerazioni geodinamiche generali, che l'angolo di *rake* sia rappresentativo di semplice compressione (*dip slip*). La profondità minima e massima valutata è basata sulla geologia del sottosuolo, la profondità focale del terremoto di Salò del 2004 e sull'incertezza relativa alla profondità alla quale è radicata la spinta attiva. Lo *slip rate* è stato dedotto dai dati geodinamici regionali.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 102 di 190

#### GENERAL INFORMATION

<b>DISS-ID</b>	ITCS048
<b>Name</b>	Giudicarie
<b>Compiler(s)</b>	Burrato P.(1)
<b>Contributor(s)</b>	Burrato P.(1)
<b>Affiliation(s)</b>	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
<b>Created</b>	08/01/2005
<b>Updated</b>	28/05/2015
<b>Display map</b>	
<b>Related sources</b>	<a href="#">ITIS069</a>

#### PARAMETRIC INFORMATION

	Parameter	Quality	Evidence
<b>Min depth [km]</b>	5.0	OD	Based on geological and seismological data.
<b>Max depth [km]</b>	12.0	OD	Based on geological and seismological data.
<b>Strike [deg] min... max</b>	205...265	OD	Based on geological and seismological data.
<b>Dip [deg] min... max</b>	25...35	OD	Based on geological and seismological data.
<b>Rake [deg] min... max</b>	70...100	EJ	Inferred from geological and seismological data.
<b>Slip Rate [mm/y] min... max</b>	0.1000... 0.5000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
<b>Max Magnitude [Mw]</b>	6.8	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

Fig. 75: Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Giudicarie (ITCS048).

## 9.6 CATEGORIE SISMICHE DI SOTTOSUOLO DELL'AREA DI PROGETTO

La determinazione del tipo di sottosuolo, secondo normativa applicabile al presente progetto (NTC 2008), può essere basata sulla stima dei valori della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità del sottosuolo ( $V_{s,30}$ ), ovvero sul numero medio di colpi NSPT<sub>30</sub> ottenuti da prove penetrometriche dinamiche nei terreni granulari ovvero sulla coesione non drenata media  $c_{u,30}$  nei terreni coesivi.

Facendo riferimento alle indagini geofisiche realizzate nel corso delle diverse campagne d'indagine eseguite per le varie fasi di progettazione precedenti (2012-13 e 2017-18) e integrative eseguite nella presente fase di progettazione esecutiva (prove Re.Mi., MASW, linee sismiche a rifrazione, prove in foro tipo Down Hole e Cross Hole) per le aree relative alle principali opere esterne incluse nella fase B, imbocchi delle gallerie di

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica		IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	103 di 190

linea, delle Interconnessioni di Ponte Gardena e per il viadotto sull'Isarco, sono state individuate le categorie di sottosuolo sintetizzate nella successiva tabella.

Località	Opera di riferimento	Nome prova	Vs30 (m/s)	Categoria di sottosuolo
Fortezza	Tratta all'aperto Fortezza	Res1	430	B
Fortezza	Tratta all'aperto Fortezza	Res1b	431	B
Fortezza	Imbocco Nord Galleria Scaleres	CH-D2	1000	A
Fortezza	-	R07	710	B
Fortezza	-	R08	690	B
Forch	Finestra Forch – A22	R04	475	B
Forch	Finestra Forch – A22	R05	465	B
Forch	Finestra Forch – A22	DH-S21/3	522	B
Albes	Imbocco ex Finestra Albes	R03	540	B
Isarco	Imbocco Sud Galleria Scaleres – rilevato viabilità di accesso – Viadotto Isarco	R09	845	E
Funes - Isarco	Viadotto Isarco	Res5	392	B
Funes - Isarco	Viadotto Isarco	Res18	373	B
Funes - Isarco	Viadotto Isarco	R10	850	E
Funes - Isarco	Viadotto Isarco	Res20	766	E
Funes	Viabilità NV043	Res6	295	C
Ponte Gardena	Interconnessione BP – A22	R02	660	B
Ponte Gardena	Interconnessione BD – A22	R01	520	B
Ponte Gardena	Interconnessione BP – A22	Res9	619	B
Ponte Gardena	Interconnessione BP – A22	Res9b	604	B
Ponte Gardena	Interconnessione BD – A22	Res16	514	B
Ponte Gardena	Interconnessione BD – A22	Res16b	502	B
Ponte Gardena	Interconnessione BD – A22	Res17	714	B
Ponte Gardena	Interconnessione BD	Res17b	930	A
Ponte Gardena	Imbocco Interconnessione BD	Res23	490	B

Tabella 20: Categorie di sottosuolo definite per le parti d'opera esterne in base alle risultanze delle indagini geofisiche.

Per quanto riguarda l'imbocco Sud della Galleria Scaleres, la categoria E della prova R09 è verosimile in quanto quest'ultima è stata eseguita nel piazzale sottostante la parete d'imbocco, dove il sondaggio vicino (EO13) individua il substrato roccioso sotto una copertura di depositi antropici (rilevato) di 6 m circa. Tuttavia, l'indagine non è rappresentativa del contesto dell'imbocco della Galleria Naturale, che avviene in parete circa 25-30 m più in alto ed è completamente in roccia, per entrambi i binari pari e dispari. Qualitativamente e in assenza di indagini eseguite direttamente nella posizione esatta degli imbocchi si può assumere ragionevolmente per queste opere la categoria A. Si ritiene che l'indagine eseguita, che definisce una

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	104 di 190

categoria E, possa essere considerata rappresentativa per il rilevato della viabilità di accesso al piazzale di imbocco.

## 9.7 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 21).

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 21: - Categorie topografiche ai sensi delle NTC<sub>2008</sub>, Tab. 3.2.III.

Vista la configurazione altimetrica delle zone di interesse delle opere esterne in progetto relative alla parte B della progettazione esecutiva, si possono assumere le seguenti categorie secondo la Tab. 3.2.III - NTC2008:

Opera / località	Categoria topografica Tab. 3.2.IV NTC2008
Imbocco interconnessione Ponte Gardena BP	T1
Imbocco interconnessione Ponte Gardena BD	T2
Imbocco nord Galleria Gardena	T2
Ponte Isarco - Spalle	T2
Ponte Isarco - Pile	T1
Imbocco sud Galleria Scaleres	T2
Imbocco ex Finestra Albes	T2
Imbocco nord Galleria Scaleres (Fortezza)	T1

Tabella 22: Categorie topografiche definite per le opere esterne della parte B.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	105 di 190

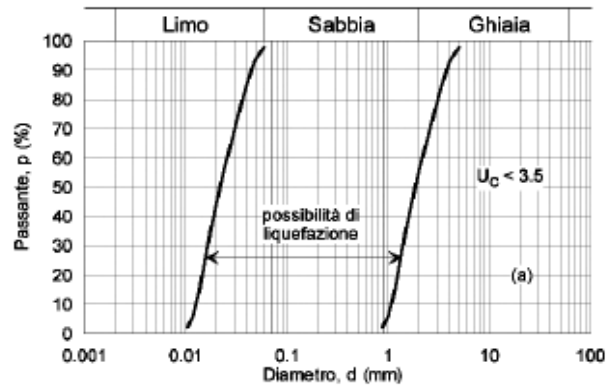
## 9.8 CONSIDERAZIONI SULLA LIQUEFAZIONE

Il contesto geologico in cui si sviluppano le opere in progetto, che interessano prevalentemente terreni sciolti granulari 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.

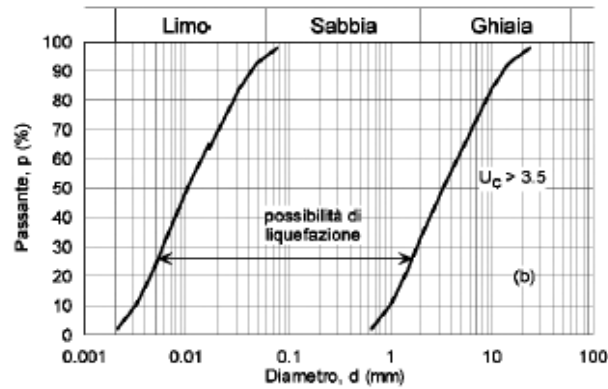
Secondo la normativa la verifica può essere omessa nel caso in cui si manifesti almeno una delle circostanze elencate nella tabella che segue:

<b>1</b>	Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g	<b>Verificata in tutta l'area di progetto</b>
<b>2</b>	Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali	<b>Non verificabile in tutte le aree di progetto esterne, in particolare per il Viadotto Isarco e per gli imbocchi delle Interconnessioni di Ponte Gardena</b>
<b>3</b>	Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ 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 $q_{c1N}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa	NON VALUTABILE
<b>4</b>	Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 76(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 76 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$	<b>Verosimilmente verificabile per i depositi granulari presenti nelle aree di progetto esterne principali</b>

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 106 di 190



a)



b)

Fig. 76 – Fusi granulometrici suscettibili di liquefazione (Fig. 7.11.1, NCT2008).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	107 di 190

## 10. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

### 10.1 LINEA FERROVIARIA PRINCIPALE

Di seguito viene illustrato l'assetto geologico ricostruito per la tratta ferroviaria principale, includendo quindi le gallerie di linea (Galleria Scaleres - GN01 e Galleria Gardena – GN01), compreso il dettaglio degli imbocchi e le tratte esterne di Fortezza e del Viadotto Isarco (VI01).

Come anticipato in premessa la soluzione progettuale cui si riferisce il modello geologico descritto di seguito considera una modifica del tracciato derivata dall'individuazione in località Tiles di un diverso contesto geologico. In particolare, sia rispetto al progetto definitivo che rispetto alle precedenti emissioni del progetto esecutivo, l'asse ferroviario nella galleria Scaleres in prossimità della pk 9+570 (posizione dei sondaggi S21/10 e S21/10A) è traslato di circa 340 metri verso Ovest, più all'interno della montagna, dove si ha una maggior confidenza di posizionarsi al di fuori del deposito fluvio-glaciale, considerato una formazione geologica critica per lo scavo meccanizzato della galleria a queste profondità ed in tali condizioni idrauliche. In questa tratta sono previste ed in corso di esecuzione indagini geognostiche integrative i cui risultati preliminari sono descritti nel seguito.

La descrizione fa riferimento agli elaborati di Progetto Esecutivo, in particolare, per quanto riguarda le gallerie naturali e la tratta all'aperto di Fortezza, al profilo geologico longitudinale in asse al binario dispari con schema geologico esteso al binario pari (rappresentato in 9 tavole, elaborati IB0U1BEZZFZGE0001001A, IB0U1BEZZFZGE0001002B, IB0U1BEZZFZGE0001003B, IB0U1BEZZFZGE0001004C, IB0U1BEZZFZGE0001005B, IB0U1BEZZFZGE0001006B, IB0U1BEZZFZGE0001007C, IB0U1BEZZFZGE0001008B, IB0U1BEZZFZGE0001009B – cfr Fig. 77). Per i dettagli degli imbocchi e la tratta del Viadotto Isarco gli elaborati di riferimento sono i plano-profili geologici relativi, che saranno citati nei paragrafi che seguono.

Il profilo geologico longitudinale della linea è stato mutuato dal corrispondente elaborato di Progetto Definitivo (in scala 1:5000) e rappresentato in una scala di maggior dettaglio (1:2500), con le modifiche e gli adattamenti dettati localmente dall'approfondimento delle conoscenze geologiche sulla base delle nuove indagini eseguite (cfr. paragrafo 5) e delle verifiche mediante rilevamento geologico di terreno eseguite in particolare nelle aree di imbocco e nelle zone interessate dalle principali strutture deformative fragili (zone di faglia). Per quanto riguarda le faglie, è stata inoltre condotta una analisi critica, svolta incrociando i dati oggettivi disponibili dal rilevamento superficiale di terreno di PD, da quello svolto nella presente fase di PE, le evidenze morfologiche e fotogeologiche e i risultati delle indagini geognostiche, finalizzata a ridefinire il grado di affidabilità dell'esistenza e dell'andamento geometrico delle faglie rappresentate lungo il profilo.

Per quanto riguarda il modello geologico di partenza, ossia il profilo geologico del Progetto Definitivo, esso costituisce una ricostruzione interpretativa basata su dati di terreno integrati dai risultati delle indagini geognostiche eseguite nella campagna 2012-13 e delle indagini più recenti condotte durante il 2017-18. In assenza di indagini, l'estrapolazione del dato superficiale nel sottosuolo è generalmente affetta da un livello di incertezza che tende a crescere in relazione alla complessità geologica e all'aumentare della profondità cui il dato viene proiettato. In quest'ottica il profilo deve essere letto come una immagine del sottosuolo che ne esprime ragionevolmente e attendibilmente le caratteristiche, con un margine di indeterminazione che si incrementa all'aumentare degli spessori coinvolti nella ricostruzione, della complessità della stessa ed in relazione alla distanza e al numero dei punti di indagine disponibili.

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA <b>IB0U</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GE0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO. <b>108 di 190</b>

I criteri generali adottati per la revisione del modello geologico relativo alle faglie, che ha portato all'elaborazione del profilo geologico di riferimento per il Progetto Esecutivo sono i seguenti:

- Sono state considerate "certe" e rappresentate con linee continue sul profilo le faglie intercettate dai sondaggi e/o rilevate fisicamente su affioramenti superficiali con misure di giacitura dei piani di deformazione disponibili (in fase di PD e/o di PE);
- Sono state considerate "incerte" e rappresentate con linee tratteggiate sul profilo, le faglie per le quali non sono disponibili dati da indagini geognostiche e osservazioni dirette di terreno, ma solo evidenze morfologiche, quali incisioni, o presenza di fotolineamenti. Le faglie incerte interpretate solo su basi fotogeologiche sono distinte in profilo con il colore blu;
- Il grado di affidabilità della ricostruzione geometrica delle faglie, sia per quelle certe che per quelle incerte, dipende dalla giacitura della faglia e dalla distanza di proiezione in profilo (verticale e orizzontale in funzione dell'inclinazione della struttura) rispetto al punto di affioramento superficiale o di intersezione da parte dei sondaggi.

I risultati dell'analisi sopra descritta sono riportati in forma tabellare nei paragrafi di descrizione delle varie tratte di linea che seguono, facendo riferimento alla numerazione delle faglie (per ciascuna galleria naturale) riportata nei profili geotecnici delle Gallerie Naturali Scaleres, Gardena e delle gallerie di interconnessione di Ponte Gardena.

In Fig. 77 è riportata la pianta chiave di inquadramento del profilo geologico in scala 1:2.500.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 109 di 190

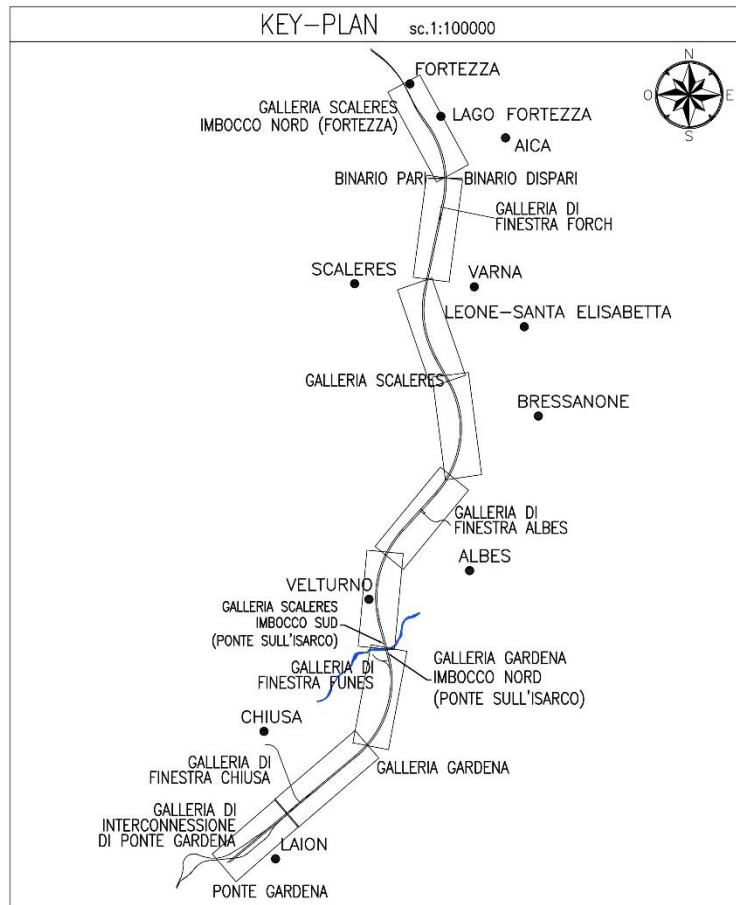


Fig. 77 – Pianta chiave di inquadramento del profilo geologico in scala 1:2.500.

### 10.1.1 Tratta da pk 0+000 a pk 0+530 circa

In questa tratta il tracciato di progetto si sviluppa all'aperto, interessando depositi superficiali quaternari sciolti di natura grossolana, rappresentati dai depositi alluvionali terrazzati di primo ordine (at1). A fine tratta è localizzato l'imbocco nord della Galleria Scaleres, in corrispondenza degli affioramenti di granito afferenti al corpo intrusivo di Bressanone. La tratta in questione è rappresentata nel profilo geologico sulla Tavola 1 (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001001A).

Per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici di questa tratta e del settore dell'imbocco si segnala una condizione generalizzata di pericolosità per caduta massi e possibili debris flow lungo il versante vallivo soprastante. Per i dettagli delle analisi di tale pericolosità e delle simulazioni di caduta massi eseguite come base di partenza della progettazione delle opere di protezione dell'imbocco si rimanda al paragrafo 8.4.1.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
SWS Engineering S.p.A.	Mandanti:	<b>PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria</b>				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	110 di 190

## 10.1.2 Tratta da pk 0+530 circa a pk 3+200 circa

### 10.1.2.1. Imbocco Scaleres Nord

L'imbocco Nord della Galleria Scaleres è ubicato all'altezza della pk 0+535 circa di entrambi i binari Pari e Dispari (in questo punto le pk di progetto dei due binari differiscono di circa 1 m), al passaggio tra l'area pianeggiante a monte della linea ferroviaria storica e la base del versante destro della Valle Isarco. Al piede del versante si osservano direttamente affioramenti estesi del basamento roccioso costituito dai Graniti di Bressanone (γbi). La pk di imbocco è riferita all'inizio della galleria naturale.

La direzione del tracciato dei due binari pari rispetto all'andamento generale del versante roccioso in cui sono posizionati i due imbocchi forma un angolo di circa 30-35°, quindi l'imbocco è molto angolato e la galleria esterna rispetto al versante (binario dispari) entra completamente in roccia più avanti rispetto alla galleria del binario pari. Tuttavia, all'altezza dell'imbocco, la morfologia del versante mostra una rientranza che mitiga in parte l'angolatura tra le gallerie e la parete rocciosa. Ciononostante, le opere di progetto prevedono la realizzazione di una protesi in calcestruzzo contenuta da un muro di sostegno per permettere l'attacco frontale dello scavo su entrambe le canne.

Il modello geologico di dettaglio dell'imbocco è rappresentato nel plano-profilo (elaborato IB0U1BEZZL7GE0001002A) mediante carta geologica, sezioni longitudinali lungo i due binari e sezione trasversale all'altezza dell'imbocco della galleria naturale.

Sulle due sezioni longitudinali si osserva come l'entrata a sezione piena del binario pari (lato monte) avviene poco meno di un metro oltre la posizione dima di attacco, mentre per il binario dispari (lato valle) avviene circa 11-12 metri più avanti. Sulla sezione trasversale (posizionata circa 4-5 m oltre la dima) si può apprezzare la differenza tra le sue sezioni di scavo: il binario pari è scavato completamente in roccia con una copertura di circa 5 m in calotta, mentre il binario dispari è ancora con una parte significativa (3-4 m in calotta) di scavo nella protesi.

L'andamento del limite del substrato roccioso al di sotto dei depositi alluvionali, in mancanza di indagini dirette in corrispondenza della sezione di attacco della galleria naturale, è stato ipotizzato proiettando in profondità la geometria del versante locale (sia lungo le sezioni longitudinali che in sezione trasversale). Sulla sezione longitudinale del binario pari si è tenuto conto anche della stratigrafia del sondaggio C2, realizzato al piede del versante, circa all'altezza della pk 0+516, e posto fuori asse di circa 6 m verso il piede del versante. Il sondaggio mostra il passaggio alla roccia a circa 2 m di profondità, quindi, ipotizzando una inclinazione del limite di 45° sul profilo il basamento è stato proiettato a 7 m di profondità da p.c. (Fig. 78)

La ricostruzione eseguita, in particolare per quanto riguarda l'andamento della roccia lungo la sezione trasversale, presenta dunque un certo margine di indeterminatezza. In fase di scavo per la realizzazione della fondazione del muro di contenimento della protesi sarà necessario verificare l'effettivo andamento del limite.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 111 di 190

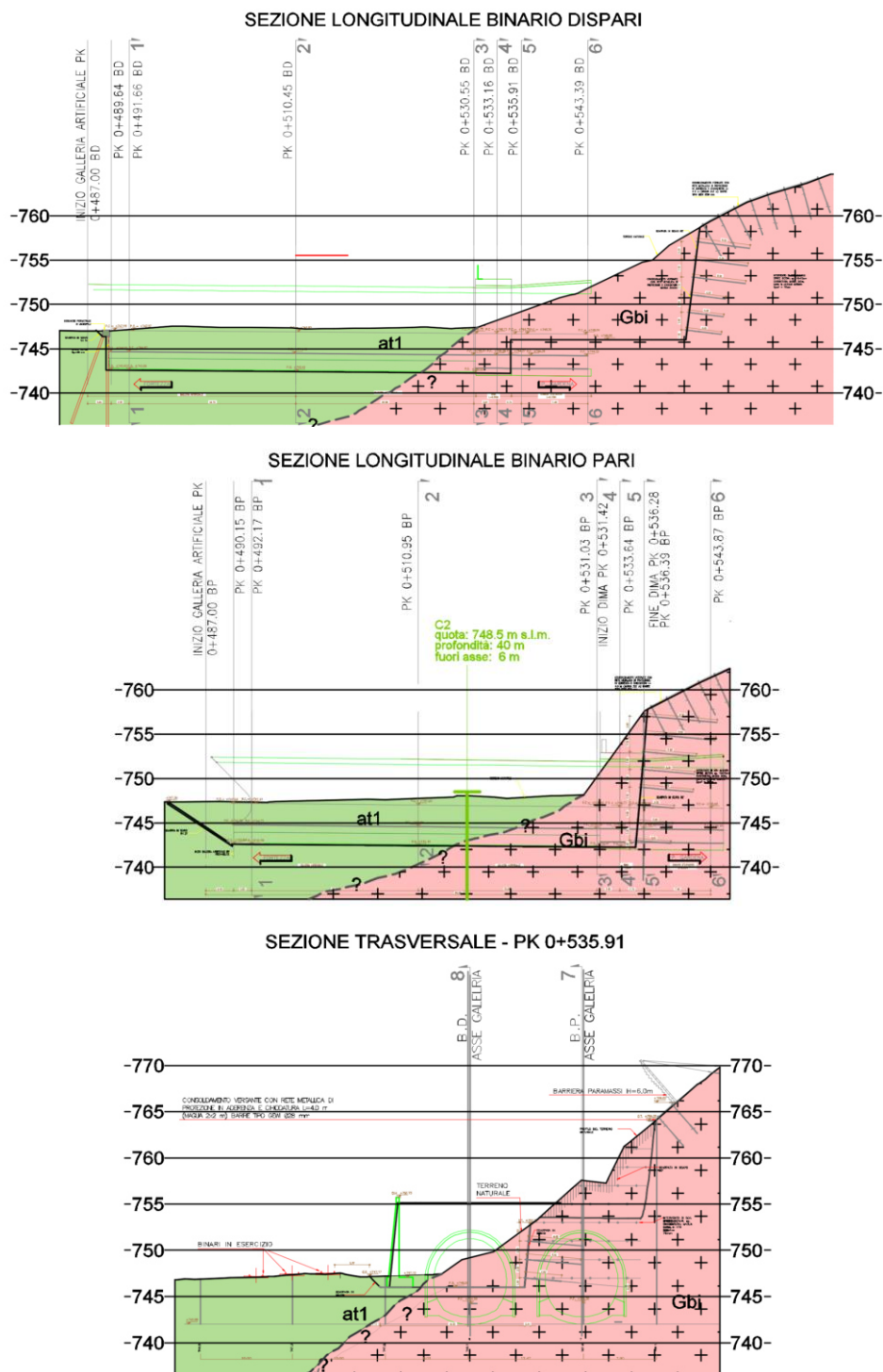


Fig. 78 – Stralcio del planoprofilo dell’imbocco Scaleres Nord (elaborato IBOU1BEZZL7GE0001002A), con le sezioni longitudinali lungo i due binari e la sezione trasversale in corrispondenza della pk di inizio della galleria naturale.

Per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici del settore dell’imbocco si segnala una condizione generalizzata di pericolosità per caduta massi e possibili debris flow lungo il versante vallivo soprastante. Per

APPALTATORE:			<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>			
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 112 di 190

i dettagli delle analisi di tale pericolosità e delle simulazioni di caduta massi eseguite come base di partenza della progettazione delle opere di protezione dell'imbocco si rimanda al paragrafo 8.4.1.

#### 10.1.2.2. Galleria Naturale

La Galleria Naturale Scaleres inizia all'imbocco nella massa intrusiva del Granito di Bressanone ove permane, secondo la ricostruzione effettuata, sino alla pk 3+000 circa, all'altezza della quale si ipotizza l'attraversamento dell'aureola metamorfica di contatto (MPC).

I limiti dell'aureola metamorfica, tracciati piuttosto netti per semplicità di rappresentazione, sono in effetti sfumati verso le filladi, ove il risentimento della temperatura del batolite si attenua con l'incremento della distanza dallo stesso. Risulta quindi complesso stabilire uno spessore medio dell'aureola metamorfica nonché interpretarne lo sviluppo profondo anche per via delle generali irregolarità che caratterizzano i contatti intrusivi.

Di conseguenza il passaggio in questione, peraltro sotto coperture di diverse centinaia di metri, deve essere considerato affetto da un margine di naturale incertezza. Dato che il progetto prevede lo scavo di questa tratta in tradizionale, con avanzamento verso l'imbocco di Fortezza, l'incertezza sulla posizione di questo limite non dovrebbe costituire fonte di criticità di scavo.

Tuttavia, se necessario verificare con precisione maggiore il passaggio tra le filladi, l'aureola di contatto e il granito, potranno essere previsti sondaggi orizzontali in avanzamento durante lo scavo delle gallerie.

Per quanto concerne l'assetto tettonico, il tracciato attraversa diverse faglie ad alto angolo, in alcune zone piuttosto ravvicinate. Da osservazioni di terreno, queste discontinuità non presentano generalmente zone di danneggiamento particolarmente sviluppate (al massimo qualche decina di metri). Localmente le zone di disturbo tettonico si presentano come dei canali di intensa deformazione con giunti ad elevata persistenza ravvicinati. La zona tra pk 1+000 e 1+600, secondo osservazioni di superficie condotte lungo il Rio Chiusa, appare quella maggiormente interessata dagli effetti di tale danneggiamento tettonico.

Si segnala inoltre la possibilità di intercettare corpi filoniani di limitato spessore (qualche metro): tali filoni sono stati osservati sul letto del Rio Chiusa durante il rilevamento di terreno di PD.

Le coperture topografiche di questa tratta raggiungono un massimo di 620 m circa, nell'intorno della pk 2+650.

Di seguito si riporta la tabella illustrante i risultati dell'analisi condotta sulle faglie, come anticipato nel paragrafo 10.1.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOLGIO. 113 di 190	

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
1	0+630	Granito	SI - Incisione rettilinea	Evidenze da PD: dati stop 1187 Evidenze da PE: verificato presenza canale di deformazione impostato su giunti ad elevata persistenza immergenti a NW di 80° circa	NO	certa	buona
2	0+850	Granito	NO a grande scala, possibile a piccola scala	Evidenze da PD: dati stop 1179 Evidenze da PE: verificato presenza canale di deformazione	NO	certa	media
3	1+170	Granito	NO	Evidenze da PD: dati stop 952 - osservati piani di faglia a spaziatura metrica con alterazione del granito e inclinazione 70° verso Nord Evidenze da PE: verificata la presenza di piani di taglio immergenti ad alto angolo verso Nord	S2: possibile zona di faglia tra 115 e 127 m con zone a basso RQD (30-40%), piani di taglio subverticali e inclinati di 70° localmente alterati. Tra 151 a 159 m porzione fratturata, alterata e degradata con locale scadimento dell'RQD al 30% (155-158)	certa	media
4	1+300	Granito	SI - locale corrispondenza con bordi incisione	Evidenze da PD: dati stop 947 -948-949-950 - impluvio coincide con canale di faglia bordato da piani verticali ma senza zona di danneggiamento. Misurati nell'incisione piani di faglia immergenti a N-NE (10/50 - 10/70 - 40/45 - 0/40 - 10/50 - 10/60) spazati di 5-10 m Evidenze da PE: verificato presenza canale di deformazione della larghezza alla base fino a 10 m ca.	NO	certa	bassa

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	114 di 190

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
5	1+400	Granito	NO	Evidenze da PD:_dati stop 945-946 - descritti piani di faglia con giacitura 130/70 e 10/70 che però non sono coerenti con la traccia riportata in carta. Evidenze da PE: nessuna (si veda la precisazione nel prosieguo del paragrafo dopo la presente tabella)	NO	incerta	bassa
6	1+520	Granito	NO	Evidenze da PD:_dati stop 944-953 - descritti piani di faglia con giacitura 10/70 coerenti con le tracce riportate in carta. Non vi sono però indicazioni su spessore zone di faglia. In relazione si indica che la tratta tra pk 1+000 e 1+600 è quella maggiormente interessata dal danneggiamento lungo le faglie Evidenze da PE: nessuna	NO	certa	media
7	1+850	Granito	NO x traccia 0/80  SI per traccia 315/80 allineata lungo impluvio	Evidenze da PD:_dati stop 931 lineamento certo con piani di faglia multipli e 954 - descritti piani di faglia con giacitura 0/80 e 315/80 coerenti con le tracce riportate in carta. Non vi sono però indicazioni su spessore zone di faglia (dalle foto stop 931 si evince qualche metro) Evidenze da PE: nessuna	NO	certa	media
8	2+210	Granito	SI - incisione rettilinea - fotolineamento parallelo alla traccia 315/80 della faglia 7	Evidenze da PD:_dati stop 933-936-937 genericamente indicata faglia in impluvio (no giaciture) Evidenze da PE: confermato fotolineamento e presenza piani di taglio subverticali immergenti a NW	NO	incerta	media
9	3+000	MPC	SI - Fotolineamento poco evidente	Evidenze da PD: stop 876 in cui viene indicata genericamente una linea di faglia ma senza giacitura Evidenze da PE: nessuna	NO	Foto-interpretata	bassa

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 115 di 190	

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
10	3+150	MPC	SI - Fotolineamento -allineamento di incisioni a grande scala	Evidenze da PD: stop 873-874-875: canale di faglia largo 20-30 m con giacitura 340/85 cui è associata una sorgente (stop 875) Evidenze da PE: confermato fotolineamento e presenza canale di deformazione con altri piani di taglio coniugati immergenti a medio/alto angolo verso SW	NO	incerta	media

Tabella 23: - Analisi di affidabilità delle faglie nella tratta 0+530 – 3+200 della Galleria Scaleres (la numerazione delle faglie corrisponde a quella riportata sui profili geotecnici).

Per quanto riguarda il punto 5 della precedente Tabella 23, si evidenzia che la traccia di superficie indicata nella cartografia di PD (tav. 1/6 – elaborato IBL11BD69G5GE0101001B) della faglia che sul profilo longitudinale interseca la galleria a pk 1+400, per come interseca la topografia locale, sarebbe compatibile con una faglia inclinata ad alto angolo (>70-80°) che immergesse all'incirca verso N340°E. La giacitura dei piani di faglia rilevati negli stop 945-946 di PD sono tuttavia 130/70 e 10/70, incompatibili con l'andamento della traccia di superficie.

Dal punto di vista geomorfologico nella tratta in questione non si mettono in evidenza fenomeni che possano interferire con lo scavo della galleria.

La tratta in questione è rappresentata nel profilo geologico in gran parte sulla Tavola 1 (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001001A) ed in parte sulla Tavola 2 (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001002B).

### 10.1.3 Tratta da pk 3+200 a pk 6+300 circa

La galleria in questa tratta abbandona le intrusioni permiane per spingersi all'interno del basamento metamorfico ercinico. Come detto in precedenza, il passaggio tra i due domini non è netto ma sfumato in quanto il processo termo-metamorfico che ha trasformato le filladi in cornubianiti (aureola di contatto, MPC) che in questa zona in superficie si presentano significativamente dure e resistenti, non è omogeneo.

In termini più generali, applicabili non solo alla tratta in questione, ma anche al settore della Finestra di Forch di ingresso nel basamento roccioso descritto al paragrafo 10.2.1 si evidenzia che, in merito alla natura e geometria dell'aureola metamorfica del Granito di Bressanone, i dati dei rilievi integrativi di terreno, oltre all'analisi dei risultati del sondaggio integrativo S12-4, hanno permesso di verificare che, oltre alla fascia di cornubianiti massicce, caratterizzate da elevata durezza e abrasività, visibili in affioramento a diretto contatto con il Granito di Bressanone e nelle sue vicinanze, è presente una graduale transizione dalle cornubianiti

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA <b>IB0U</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GE0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO. <b>116 di 190</b>

massicce, a cornubianiti scistose fino a scisti cornubianitici per poi sfumare gradualmente nelle filladi non modificate dal metamorfismo termico.

Dal punto di vista geometrico, per questo motivo, l'aureola di contatto, intesa come l'insieme di tutte le rocce interessate in diversa misura del metamorfismo termico, presenta un'estensione areale in superficie ed uno spessore maggiore rispetto a quello rappresentato sul profilo longitudinale di PD, che è congruente con la fascia di cornubianiti massicce e cornubianiti scistose, che data la loro maggiore trasformazione e ricristallizzazione presentano anche caratteristiche geomeccaniche differenti rispetto alle filladi non trasformate o a quelle con minore impronta termo-metamorfica, in particolare sono più dure e abrasive, almeno in misura paragonabile ai graniti.

Una volta oltrepassate le cornubianiti il tracciato si sviluppa all'interno delle Filladi a granato (BSS). La scistosità delle filladi risulta generalmente immergente a medio angolo (circa 50°) verso SSW (scistosità S2 regionale). Nella previsione di scavo in tradizionale della prima tratta (fino alla Finestra di Forch), dalla stessa finestra verso l'imbocco di Fortezza, la scistosità sarebbe disposta a franapoggio rispetto al fronte di scavo e con direzione all'incirca ortogonale e comunque molto trasversale rispetto all'asse di scavo. Oltre l'innesto della Finestra di Forch, ove è previsto l'inizio dello scavo con TBM verso l'imbocco Sud, la scistosità è disposta in modo opposto (a reggiopoggio sul fronte) rispetto alla tratta precedente.

Le principali strutture tettoniche che caratterizzano la tratta sono date dalle faglie normali presenti tra la pk 3+600 e la pk 3+900 in prossimità dell'innesto della Finestra di Forch, e dalla faglia cartografata in corrispondenza del Rio Spelonca (pk 4+750 circa) interpretata come prosecuzione verso sud della faglia di Rio Bianco (quest'ultima intercettata durante lo scavo condotto da BBT del cunicolo esplorativo di Aica). La presenza di tale elemento tettonico è stata ricostruita su base morfologica e foto-interpretativa, a causa delle coperture detritiche presenti lungo il Rio Spelonca che mascherano gli affioramenti. Durante il rilevamento di terreno eseguito nella presente fase di PE è stata verificata (stop 219-220) la presenza di un affioramento di dimensioni decametriche di fillade presso il fondovalle del Rio Spelonca, poco a monte del tracciato, che potrebbe rappresentare un litone roccioso più sano inglobato nella faglia. Circa 300-400 m a valle del tracciato, nell'alveo del Rio Spelonca, è stata invece verificata la possibile presenza di una zona di taglio ad alto/medio angolo con spessore massimo di 5 m circa. A monte di questa zona la traccia della faglia in carta è stata fatta terminare come risulta dalla carta geologica di PD. Per questi motivi sul profilo la faglia è stata considerata come incerta.

Oltre il sottopasso della Valle di Spelonca e nella tratta successiva di circa 1,5 km di lunghezza, la galleria si sviluppa in filladi interessate da strutture minori: ciò fino alla pk 6+200 ove è ubicato un importante lineamento a basso angolo, impostato in prossimità del Rio Scaleres (letto di faglia).

La tratta termina con l'attraversamento della faglia di Rio Scaleres, che rappresenta uno dei principali elementi strutturali dell'area di progetto. Lo spessore rappresentato della zona di danneggiamento è stato mantenuto uguale a quello previsto nel modello geologico del Progetto Definitivo. Questo sulla base delle verifiche di terreno eseguite nella fase di progettazione esecutiva. Negli stop eseguiti lungo affioramenti a base versante destro della valle (stop 26-27 e 230) non sono state osservate evidenze di strutture di taglio a basso angolo importanti se non di spessore decimetrico, generalmente parallele alla scistosità o che la tagliano a medio angolo (giacitura 205/54). Tuttavia, nell'alveo del Rio Scaleres il substrato non è mai chiaramente affiorante, quindi non si può escludere la presenza della struttura. Saranno quindi fondamentali per la caratterizzazione della geometria di questa faglia le risultanze della campagna di indagini geognostiche



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 117 di 190	

integrative (sondaggi S22/2 e S22/3) in corso di svolgimento al momento della redazione della presente relazione.

Alla luce dei dati e delle osservazioni finora disponibili è da attendersi in prossimità del lineamento un ammasso roccioso degradato, caratterizzato dalla presenza di diversi piani di spessore decimetrico con roccia di faglia (breccia e gouge a matrice argillosa), che separano litoni di roccia da molto a moderatamente fratturata.

In questa tratta l'entità delle coperture topografiche è compresa tra un minimo di 100 m circa (Val Scaleres) ed un massimo di 540 m circa (pk 4+250).

Di seguito si riporta la tabella illustrante i risultati dell'analisi condotta sulle faglie, come anticipato nel paragrafo 10.1.

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
11	3+310	Fillade (BSS)	SI - Incisione rettilinea	Evidenze da PD: stop 877 e 1039, descritto impluvio con faglia Evidenze da PE: verificata presenza canale di deformazione lungo incisione rettilinea (pressi ubicazione sondaggio V4 - 2006)	NO	incerta	media
12	3+600	Fillade (BSS)	NO (bordo DGPV?)	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	NO	incerta	bassa
13	3+900	Fillade (BSS)	NO (bordo DGPV?)	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	NO	incerta	bassa
14	4+660	Fillade (BSS)	SI - incisione Val Spelonca	Evidenze da PD: dati stop 869 - linea di faglia riempita di detrito. In relazione questa faglia - lineamento - viene interpretato come prosecuzione verso sud della Faglia di Rio Bianco, con uno spessore della zona di danneggiamento di 50 m. Evidenze da PE: dati stop 219-220: verificata presenza di affioramento decametrico di fillade presso il fondovalle a monte del tracciato - potrebbe essere un litone roccioso più sano inglobato nella faglia. Circa 300-400 m a valle del tracciato, nell'alveo del Rio Spelonca, verificata possibile zona di taglio con spessore max di 5 m circa. In questa zona la faglia in carta termina.	NO	incerta	media
15	5+330	Fillade (BSS)	SI - Fotolineamento	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	NO	Foto interpretata	media

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 118 di 190

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
16	5+490	Fillade (BSS)	SI - Impluvio	Evidenze da PD: dati stop 114 - fratturazione sistematica con giac. 160/40 (non coerente con traccia faglia in carta) Evidenze da PE: nessuna	NO	incerta	bassa
18	6+200	Fillade (BSS)	SI - lungo incisione Val Scaleres	Evidenze da PD: dati stop 108-109-111 - superfici di taglio 216/40 e zone con giunti a basso angolo correlabili con zona di faglia nell'incisione. Evidenze da PE: dati stop 26-27 e 230 lungo affioramenti a base versante destro del PE non si sono osservate evidenze di strutture di taglio a basso angolo importanti se non di spessore decimetrico, generalmente parallele o che tagliano medio angolo la scistosità (giac. 205/54). Tuttavia, nell'alveo del Rio Scaleres il substrato non è mai chiaramente affiorante, quindi non si può escludere la presenza della struttura.	NO	certa	media

Tabella 24: - Analisi di affidabilità delle faglie nella tratta 3+200 – 6+300 della Galleria Scaleres (la numerazione delle faglie corrisponde a quella riportata sui profili geotecnici).

Dal punto di vista geomorfologico nella tratta in questione si segnala che la galleria sottopassa la frana o DGPV di Varna, come visibile sul profilo geologico. Il settore di sottopasso di tale fenomeno gravitativo si estende all'incirca tra le pk 3+500 e 4+100. La base della frana si trova tuttavia ad una quota di almeno 350 m al di sopra della galleria; pertanto, non è possibile alcuna interferenza della frana con lo scavo della galleria. La tratta in questione è rappresentata nel profilo geologico sulla Tavola 2 (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001002B) e sulla Tavola 3 (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001003B).

#### 10.1.4 Tratta da pk 6+300 a pk 10+950 circa

In questa tratta la galleria si sviluppa all'interno delle Filladi a granato; l'inclinazione media della scistosità tende a diminuire sino a circa 20-30°, mentre l'immersione si mantiene simile a quella ipotizzata per la tratta precedente, ossia verso SSE. Rispetto all'avanzamento dello scavo con TBM verso l'imbocco Sud, la scistosità si mantiene a reggipoggio sul fronte, come nel tratto precedente.

Tra la pk 9+050 e la pk 9+200 circa si ipotizza che la galleria intercetti il filone granodioritico-dioritico affiorante lungo Rio Tiles (Granodioriti di Tiles) a cui è associata una porzione di brecce filladiche cementate (Brecce di intrusione, BDI). Per quel che concerne i limiti dell'intrusione va segnalato che in relazione alle sue modalità di messa in posto, la geometria del filone può essere articolata ed è possibile che esistano apofisi rappresentate da altri corpi filoniani di minore spessore.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 119 di 190

Tra la pk 9+200 e la pk 10+700 circa il tracciato corre parallelamente, e ad ovest, alla rottura di pendenza che delimita verso monte il terrazzo glaciale di Pinzago. La presenza dei depositi quaternari che caratterizzano questo settore non ha però alcuna ricaduta sulle gallerie di linea essendo queste posizionate ad una profondità di circa 260 m rispetto al contatto tra i depositi quaternari e le filladi all'interno delle quali saranno scavate le gallerie. Il sondaggio integrativo S22/1, ancora in corso di esecuzione, è stato pensato con lo scopo di andare ad indagare la proprio la profondità del contatto tra depositi quaternari e substrato e verificare le condizioni geomeccaniche dell'ammasso roccioso a quota galleria. Al momento della stesura della presente relazione è stata raggiunta la profondità di 135 m da p.c., campionando i seguenti orizzonti:

- Da p.c. a 5 m circa: detrito di versante costituito da un deposito monogenico ghiaioso-sabbioso sciolto caratterizzato da clasti filladici da angolosi a sub-arrotondati, di dimensioni millimetrico-centimetriche e immersi in una matrice sabbiosa medio-fine. A partire dalla profondità di 1,7 m circa da p.c. aumenta la frazione grossolana che si presenta anche sottoforma di trovanti decimetrici;
- Da 5 a 27,55 m circa: depositi fluvio-glaciali costituiti da ghiaie sabbiose poligeniche a clasti di natura principalmente filladica e granitica, dimensioni variabili da millimetriche a decimetriche e forma da arrotondata (nella parte alta dell'intervallo) a spigolosa (verso il contatto basale con il sottostante basamento; Figura 79). Fino alla profondità di 15 m circa, i clasti sono immersi in una matrice sabbiosa e sabbioso-limosa che può risultare talora predominante rispetto alla frazione grossolana (e.g. tra 11,70 e 14 m). A partire dai 15 m di profondità permangono unicamente i clasti mentre la matrice fine risulta sostanzialmente assente. Il deposito, ad esclusione di alcuni localizzati intervalli di spessore decimetrico verso il contatto con il substrato, si presenta sciolto. Da 25 m sino al contatto litologico con le filladi del basamento posto a 27,55 m si rinvencono spezzoni decimetrici di deposito ghiaioso debolmente consolidato in cui si riconoscono i clasti poligenici precedentemente descritti immersi in una matrice fine grigio-verdastra composizionalmente identica ai clasti che ingloba (Figura 79);



Figura 79 - Contatto litologico tra i depositi fluvio-glaciali ed il substrato filladico alla profondità di circa 27,55 m da pc (cassa 6, prof. 25-30 m).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 120 di 190

- Da 27,55 a 56,30 m circa: filladi da fratturate a fortemente destrutturate in cui difficilmente si percepisce l'andamento della foliazione; le fratture presentano sempre una patina di alterazione che varia in colore dall'ocra al rosso-bruno e isolano spezzoni di carota che difficilmente superano i 15 cm circa di lunghezza (Figura 80). Localmente si rinvenivano vene di potenza anche centimetrica di quarzo disposte circa ortogonalmente all'asse del sondaggio;



Figura 80 – Filladi fortemente fratturate; si noti l'alterazione ocra-bruno-rossastra delle superfici dei giunti (cassa 11, prof. 50-55).

- Da 56,30 a 58,25 m circa: filladi caratterizzate da tessitura cataclastica localizzata lungo piani di taglio variamente inclinati rispetto all'asse del foro che isolano litoni di roccia talora intatta. Il contatto tra questi e le fasce cataclastiche si presenta sia netto che transizionale;
- Da 58,25 a 67 m circa: filladi da mediamente a scarsamente fratturate in cui si riconoscono localmente vene centimetriche a quarzo. La notevole presenza di fratture perpendicolari all'asse del sondaggio è verosimilmente da ricondurre alle manovre di perforazione;
- Da 67 a 89 m circa: filladi fortemente fratturate e cataclase (Figura 81). All'aumentare dello stato di fratturazione corrisponde anche un aumento del grado di alterazione delle superfici di frattura. Laddove la deformazione è più spinta, come nell'intervallo 72-79,5 m, la roccia si presenta come una cataclaste. Per quanto mantenga una sostanziale coerenza, l'ammasso mostra diffusi network di piani di taglio cataclastici dalla geometria anastomosata che interessano pervasivamente il volume di roccia recuperato. Tali piani isolano litoni di fillade da molto fratturati a brecciati. Le fasce cataclastiche sono caratterizzate da una drastica riduzione della grana della roccia qui costituita da elementi filladici angolosi di dimensioni da millimetriche a submillimetriche immersi in un gouge biancastro risultato dalla disgregazione meccanica della roccia. Infine, l'intervallo 81-82 m, oltre all'elevato grado di fratturazione, è caratterizzato da vene di quarzo di spessore anche decimetrico orientate ad alto angolo rispetto alla verticale del sondaggio;



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 121 di 190



Figura 81 – Orizzonte cataclastico di potenza plurimetrica all'interno delle filladi (cassa 16, prof. 75-80 m).

- Da 89 a 135 m circa: filladi sane, poco fratturate caratterizzate da vene di quarzo di potenza centimetrica orientate circa parallelamente a quelle descritte in precedenza. Si riconoscono lungo tutto l'intervallo indagato 3 sistemi di giunti principali; ciononostante la qualità dell'ammasso roccioso risulta buona e sembra migliorare nettamente con la profondità (Figura 82).



Figura 82 – Filladi poco fratturate localmente caratterizzate dalla presenza di vene di quarzo (cassa 24, prof. 115-120 m).

Dal punto di vista tettonico, tra pk 7+600 circa e 8+950 circa si prevede l'attraversamento di due sovrascorrimenti alpini ricostruiti considerati come faglie certe sulla base dei dati di terreno del PD; tra pk 8+950 e fine tratta si ipotizza l'intersezione con la faglia diretta alla pk 9+350, quest'ultima ipotizzata al di sotto della tratta con i depositi quaternari profondi, oltre ad un'ulteriore faglia subverticale alla pk 11+000 circa.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 122 di 190	

Le coperture topografiche in questa tratta variano tra un minimo di 240 m circa (pk 10+700 ca) un massimo di 850 m, a pk 7+500, il quale rappresenta il punto di massima copertura di tutta la Galleria Scaleres.

Di seguito si riporta la tabella illustrante i risultati dell'analisi condotta sulle faglie, come anticipato nel paragrafo 10.1.

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
19	7+600	Fillade (BSS)	NO	Evidenze da PD: dati stop 100-101 - damage zone di faglia con superfici di taglio 224/43. Evidenze da PE: nessuna - Traccia in carta PE e intersezione terreno sul profilo PE modificate perché su carta PD non coerente con la giacitura rilevata in PD (si veda la precisazione nel prosieguo del paragrafo dopo la presente tabella)	NO	certa	media
21	8+635	Fillade (BSS)	SI canalone su versante Est verso Valle Isarco	Evidenze da PD: dati stop 96-97-98 - zona di thrust con giacitura 200/30 e damage zone decametrica. Evidenze da PE: nessuna - Traccia in carta PE e intersezione terreno sul profilo PE modificate perché su carta PD non coerente con la giacitura rilevata si veda la precisazione nel prosieguo del paragrafo dopo la presente tabella) <sup>18/03/2022</sup>	NO	certa	media
20	9+350	Fillade (BSS)	SI - incisione rettilinea - ma non coerente con la proiezione della faglia a b.a. sul profilo	Evidenze da PD: dati stop 1059: giacitura faglia lungo rio 350/80 no basso angolo Evidenze da PE: verificata presenza di piani di taglio a basso angolo con giacitura 220/20 - Traccia in carta PE modificata perché su carta PD non coerente con la giacitura rilevata (si veda la precisazione nel prosieguo del paragrafo dopo la presente tabella)	NO	certa	bassa
22	9+350	Fillade (BSS)	SI - incisione Rio Tiles	Evidenze da PD: dati stop 1075-1076-1077: faglia lungo rio giacitura 330/80, ammasso molto disturbato Evidenze da PE: verificata presenza piani di faglia nell'incisione ma non paralleli alla stessa	NO	incerta	media

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 123 di 190

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
26	10+700	Fillade (BSS)	SI - incisione Rio dell'Orso	Evidenze da PD: dati stop 1062: lungo rio immergente a N45E Evidenze da PE: dati stop 262: verificata presenza di zona di fratturazione in alveo del rio con giacitura 5/70 con giunti a spaziatura 10-15 cm, no vera e propria faglia	EP2: zona di intensa fratturazione a quota 186-192, sotto livello galleria, eventualmente correlabile ad una faglia ad alto angolo	incerta	media

Tabella 25: - Analisi di affidabilità delle faglie nella tratta 6+300 – 11+500 della Galleria Scaleres (la numerazione delle faglie corrisponde a quella riportata sui profili geotecnici).

Per quanto riguarda il punto 19 della Tabella 25, si precisa che la traccia di superficie nella cartografia di PD (tav. 2/6 – elaborato IBL11BD69G5GE0101002B), della faglia che sul profilo longitudinale interseca la galleria a pk 7+600 è orientata, lungo la parte alta del versante destro della Val Scaleres, con direzione all'incirca N230E e segue le isoipse, salendo di quota di circa 60 m tra l'intersezione del tracciato e la sua terminazione di SW, al limite di un corpo di frana inattiva. Tale traccia di superficie non è compatibile con la giacitura dei piani di faglia misurati negli stop di PD n. 100-101 (224/43). Con tale giacitura, la traccia di superficie della faglia dovrebbe scendere rapidamente di quota lungo lo stesso versante citato in precedenza e non salire di quota come rappresentato sulla carta geologica di PD.

In merito al punto 21 della Tabella 25 si precisa che, in modo del tutto analogo a quanto riportato per il punto 19, la traccia di superficie nella cartografia di PD (tav. 2/6 – elaborato IBL11BD69G5GE0101002B) della faglia che sul profilo longitudinale interseca la galleria a pk 8+625 è orientata, lungo la parte alta del versante destro della val Scaleres, con direzione all'incirca N230E e segue le isoipse, salendo di quota di circa 30 m tra l'intersezione della cresta montuosa e la sua terminazione di SW, al limite di un corpo di frana inattiva. Tale traccia di superficie non è compatibile con le giaciture dei piani di thrust misurate negli stop di PD n. 96-97-98 (200/30). Ipotizzando l'intersezione di un piano avente tale giacitura con la superficie topografica, la traccia cartografica del thrust dovrebbe scendere sensibilmente di quota lungo lo stesso versante citato in precedenza e non salire di quota come rappresentato sulla carta geologica di PD.

Per quanto attiene, infine, il punto 22 della Tabella 25, si fa osservare che la traccia di superficie rappresentata sulla cartografia di PD (tav. 3/6 – elaborato IBL11BD69G5GE0101003B), avente direzione circa N250-260E è coerente con la giacitura della zona di faglia rilevata nello stop 1059 – Tale faglia sul profilo geologico di PD viene tuttavia rappresentata a basso angolo. Le verifiche di terreno hanno svolte in fase di PE hanno messo in evidenza la presenza di piani di taglio a basso angolo con giacitura 220/20 (simili a quelli misurati negli stop di PD 96-97-98 citati al punto precedente, per cui sul profilo di PE la faglia è stata rappresentata a basso angolo in coerenza con il profilo di PD.

Dal punto di vista geomorfologico nella tratta in questione non si mettono in evidenza fenomeni che possano interferire con lo scavo della galleria.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	124 di 190

La tratta in questione è rappresentata nel profilo geologico sulla Tavola 3 (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001003B) e sulla Tavola 4 (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001004C).

### 10.1.5 Tratta da pk 10+950 a pk 14+400 circa

In questa tratta la Galleria Scaleres si sviluppa interamente nelle Filladi quarzifere (BSSa), al cui interno non è da escludere il rinvenimento di lenti di porfiroidi o di filoni basici, tuttavia di limitato spessore. Tale possibilità viene segnalata in seguito all'osservazione sul terreno, durante i rilevamenti di PD, di alcuni corpi di porfiroidi e di alcuni filoni andesitici e basaltici a direzione circa NW-SE nell'intorno della vetta di Monte Cane (ubicato ad Ovest del tracciato di progetto). Nel sondaggio EP4 (proiettato alla pk 13+975) si è osservata inoltre la presenza di livelli metrici/decametrici di filladi nerastre.

Le principali zone di faglia che si ipotizza di intercettare sono poste nel settore tra pk 12+000 e 12+800. Tali faglie sono state ipotizzate in particolare come due strutture di sovrascorrimento alpine, tagliate da due faglie dirette più recenti; sono state osservate sul terreno e sono state intercettate dai fori di sondaggio EP3 e S8. Le strutture di sovrascorrimento sono rappresentate da piani di spessore decimetrico con gouge a matrice argillosa con superfici S-C interne che separano litoni di roccia più o meno deformata.

In merito all'assetto geometrico delle strutture presenti in questa tratta, per l'elaborazione del modello geologico di PE è stata eseguita una reinterpretazione delle zone cataclastiche intercettate dai sondaggi, in quanto le tracce in carta dei sovrascorrimenti, per gran parte interpretative già in sede di PD, non risultavano coerenti con la loro rappresentazione sui profili di linea. Il problema risiedeva in particolare nel fatto che i sovrascorrimenti, rappresentati come a basso angolo sui profili di linea presentavano in carta delle tracce interpretate non compatibili, perché tipiche perlopiù di faglie ad alto angolo o sostanzialmente sub-verticali. Pertanto, tenendo fissi i punti di intersezione sui sondaggi con zone di taglio cataclastiche, si è proceduto ad una reinterpretazione più conforme a geometrie realistiche dei sovrascorrimenti.

Alla pk 13+750 circa si prevede l'attraversamento di una ulteriore discontinuità tettonica in corrispondenza dell'incisione del Rio Snodres, ricostruita sulla base dei dati ricavati dal sondaggio EP4.

Le coperture topografiche nella tratta risultano comprese tra un minimo di 200 m circa (pk 11+500 - inizio tratta) e un massimo di 420 m circa (pk 13+230 ca).

Di seguito si riporta la tabella illustrante i risultati dell'analisi condotta sulle faglie, come anticipato nel paragrafo 10.1.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 125 di 190	

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
27	11+020	Fillade quarzitica (BSSa)	SI - incisione rettilinea non su massima pendenza versante	Evidenze da PD: dati stop 607-608: specchi di faglia multipli con presenza core zone dm e damage zone di alcuni metri. Zona di fratturazione associata. Stop 1064 - faglie 270/85 e 210/85 Evidenze da PE: dati stop 62 e 64: misurati piani di faglia con giacitura 229/75 e 240-245/70 con associata zona di fratturazione, compatibili con zona di faglia nell'incisione	NO	certa	media
28	12+010	Fillade quarzitica (BSSa)	NO (localmente breve tratto in impluvio)	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: dati stop 395, misurato evidente faglia con giacitura 200/74	EP3, a fondo foro: Presenza di un intervallo di cataclite/fault gouge tra 284,50 - 287,70 m	certa	media
28a	12+1750	Fillade quarzitica (BSSa)	SI - Fotolineamento - impluvio rettilineo	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	NO	Foto interpretata	media
28b	12+450	Fillade quarzitica (BSSa)	SI - incisione rettilinea	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: morfologica	NO	incerta	media
29	12+500	Fillade quarzitica (BSSa)	NO	Evidenze da PD: dati stop 816-817 dati stop 1185: misurato piano a basso angolo con riempimento plastico 269/23, come scistosità Evidenze da PE: dati stop 49-59: misurato piano di thrust con gouge argilloso ed evidenti piani S-C interni, spessore decimetrico (fino a 30 cm) e giacitura 205/24.	EP3: intervalli metrici di breccia tettonica cementata tra 83,55 - 84,54 m e tra 85,49 - 86,50 m. tratta non recuperata tra 86,5 e 99 m, scistosità inclinata tra 20 e 25°. S8: tratta con RQD<20 tra 23 m e 26 m e tra 39 m e 43 m (sondaggio molto fuori asse)	certa	medio/basso

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 126 di 190	

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
30	12+770	Fillade quarzítica (BSSa)	NO	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	NO	incerta	medio/ basso
32	13+775	Fillade quarzítica (BSSa)	SI - Incisione Rio Snodres	Faglia Rio Snodres Evidenze da PD: dati stop 1068 con faglia subverticali nel rio giacitura 60/80 (coniugata rispetto a traccia profilo?) Evidenze da PE: nessuna	EP4: tra 215 e 260 m circa di profondità vari settori tettonizzati con RQD < 20% e numerosi passaggi cataclastici di spessore decimetrico-pluridecimetrico con core zones argillose cm-dm - In tutta questa tratta presenti livelli metrici/decametrici di filladi nerastre	certa	bassa

Tabella 26: - Analisi di affidabilità delle faglie nella tratta 11+500 – 14+600 della Galleria Scaleres (la numerazione delle faglie corrisponde a quella riportata sui profili geotecnici).

Dal punto di vista geomorfologico nella tratta in questione non si mettono in evidenza fenomeni che possano interferire con lo scavo della galleria.

La tratta in questione è rappresentata nel profilo geologico sulla Tavola 5 (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001005B) e sulla Tavola 6 (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001006B).

## 10.1.6 Tratta da pk 14+400 a pk 15+700

### 10.1.6.1. Galleria Naturale

In questa tratta, l'opera in progetto abbandona il substrato filladico entrando nell'aureola termo-metamorfica associata all'intrusione delle Dioriti di Chiusa ( $\delta$ ). Il passaggio al corpo intrusivo è ipotizzato nell'intorno della pk 14+700. Tale ricostruzione deriva dal fatto che il corpo intrusivo sembra essere allungato in direzione NW-SE e dal rilievo in superficie di una notevole quantità di rocce termo-metamorfosate in corrispondenza di Col Rotondo (tra la Valle Isarco e l'abitato di Velturmo).

Si segnala la presenza di una zona di faglia rilevata sul terreno (orientata circa NE- SW), tra la pk 15+150 e 15+400; in superficie le filladi termo-metamorfosate si mostrano ossidate, da fortemente fratturate a caotiche, spesso con giacitura sub-verticale (vedi stop 1241, 1245, 1246 e 1247). Superata la zona fratturata la galleria si sviluppa nel corpo intrusivo in condizioni di normale fratturazione, perforato dal sondaggio C6. Come evidenziato dai dati di sondaggio e dai rilievi geostrutturali eseguiti nei pressi dell'imbocco sud, lo stato di fratturazione delle dioriti è decisamente elevato, per la presenza di numerose famiglie di discontinuità sia con giaciture ad alto angolo che a basso angolo. I volumi rocciosi unitari medi osservati sul terreno sono pari ad alcuni decimetri cubi, con blocchi di dimensioni massime pluridecimetriche.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 127 di 190	

Lungo questa tratta le coperture topografiche variano da zero all'altezza dell'imbocco fino ad un massimo di circa 260 m ad inizio tratta (pk 14+400 al di sotto dell'abitato di Velturmo).

Di seguito si riporta la tabella illustrante i risultati dell'analisi condotta sulle faglie, come anticipato nel paragrafo 10.1.

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
33	14+450	Cornubianite	SI - fotolineamento allineamento contropendenza e colle	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	NO	Foto interpretata	media
34	14+510	Diorite	SI - Fotolineamento incisione Velturmo	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	NO	Foto interpretata	media
35	15+250	Diorite	SI, allineamento incisioni a monte e a valle e colle a Est di zona sportiva Velturmo - Col Rotondo	Z.F. Col Rotondo Evidenze da PD: dati stop 82-83: rio inciso su faglia estensionale impostata lungo foliazione MPC, giac. 138/58 - 140/50; stop 1240-1241 zona molto fratturata collegata a zona di taglio Evidenze da PE: stop da 89 a 107: verificata presenza zone di fratturazione collegata a zone di taglio ma non necessariamente alla faglia in questione	NO	certa	media
35a	15+680	Diorite	NO	Evidenze da PD: stop 627-628-629: misurate faglie immergenti a Est subverticali, che però non intersecano il tracciato Evidenze da PE: stop 111: misurata faglia metrica giac. 122/81	NO	certa	buona

Tabella 27: - Analisi di affidabilità delle faglie nella tratta 14+600 – 15+860 della Galleria Scaleres (la numerazione delle faglie corrisponde a quella riportata sui profili geotecnici).

Dal punto di vista geomorfologico nella tratta in questione non si mettono in evidenza fenomeni che possano interferire con lo scavo della galleria.

APPALTATORE:					
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C FOGLIO. 128 di 190

La tratta in questione è rappresentata nel profilo geologico sulla Tavola 6 (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001006B).

#### 10.1.6.2. Imbocco Scaleres Sud

L'imbocco sud della Galleria Scaleres è collocato in corrispondenza di una parete rocciosa molto inclinata di circa 80-85 m di altezza, affacciata sulla Valle Isarco, in destra idrografica tra le quote di 550 m slm (piazzale di ex cava a base parete) e 635 m (sommità della parete). La quota degli imbocchi, oltre i quali inizia il viadotto di attraversamento della Valle Isarco, è di circa 567 m (piano del ferro).

La morfologia della parete, con una direzione angolata rispetto al tracciato, è tale per cui gli imbocchi delle due gallerie dei binari pari e dispari risultano sfalsati di circa 20 m lungo le pk della linea, con l'imbocco del binario pari più avanti rispetto a quello del binario dispari.

Data l'altezza rispetto alla base parete dei due imbocchi (circa 17 m), risulta che l'attacco di entrambe le gallerie avverrà direttamente in roccia (Fig. 84), senza interessare i depositi superficiali presenti alla base del versante (per entrambi gli imbocchi si tratta di depositi antropici di accumuli e depositi di materiale vario presenti nel piazzale di cava sottostante la parete).

L'ammasso roccioso è costituito per quanto riguarda l'imbocco della galleria binario pari dalla sola diorite di Chiusa, mentre l'imbocco della galleria binario dispari avviene nelle Dioriti di Chiusa al contatto con la relativa aureola termo-metamorfica costituita da scisti cornubianitici.

Lungo il binario dispari, alla pk 15+700 circa è presente una faglia a direzione circa NE-SW (orientamento simile alla discontinuità principale presente nella tratta precedente della galleria naturale). Tale faglia, di spessore metrico, pone a contatto le dioriti con gli scisti cornubianitici dell'aureola metamorfica in corrispondenza dell'imbocco. Il modello geologico di dettaglio è illustrato nel planoprofilo relativo all'imbocco (elaborato IB0U1BEZZL7GE0001003B).

L'ammasso roccioso in corrispondenza degli imbocchi è stato caratterizzato con la realizzazione, nella presente fase di progettazione esecutiva, di 4 nuove stazioni di rilievo geostrutturale ai piedi della parete rocciosa d'imbocco (ST-07, ST-08, ST-09 e ST-10 – cfr. elaborato IB0U1BEZZRHGE0000005A), mettendo in evidenza la presenza da 4 a 6 set di discontinuità sistematici sia inclinati ad alto angolo e sia inclinati a basso angolo (Fig. 84), che suddividono l'ammasso in blocchi di forma prismatica aventi dimensioni da decimetriche a pluridecimetriche e volume mediamente variabile tra 0,1 e 0,3 m<sup>3</sup>.

La parete rocciosa era stata inoltre caratterizzata a grande scala mediante un rilievo con UAV e restituzione della morfologia della parete e delle giaciture delle discontinuità che la compongono, durante la fase di progettazione definitiva. I dati giaciture di tale rilievo corrispondono a quelli di alcune delle principali famiglie di discontinuità inclinate a medio/alto angolo che interessano l'ammasso roccioso mentre sono scarsamente evidenziati i giunti a basso angolo, che tuttavia sono importanti perché delimitano inferiormente o superiormente i diedri rocciosi prismatici potenzialmente instabili definiti dall'intersezione delle discontinuità ad alto angolo.

Date le suddette condizioni morfologiche e strutturali all'imbocco si deve tenere conto della potenziale evenienza di fenomeni di rilascio blocchi e caduta massi dalla parete. Tutta la parete rocciosa sovrastante gli imbocchi è infatti classificata a rischio crolli nel piano delle zone di pericolo del Comune di Velturmo ed è



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	129 di 190

altresì segnalata nell'Inventario nazionale dei fenomeni franosi (IFFI) con tale tipologia di dissesto. Durante i sopralluoghi di rilevamento e verifica delle condizioni geologiche dell'area dell'imbocco, è stata verificata la presenza, in particolare nell'area a Sud-Ovest dell'imbocco della galleria binario pari, di blocchi caduti dalla parete delle dimensioni citate in precedenza. La parete rocciosa risulta già in parte protetta dal distacco di blocchi mediante la locale installazione di pannelli di rete di funi e di rete metallica a doppia torsione su una superficie più estesa. Si ritiene che tale intervento, mediante il completamento delle pannellature sulle parti di parete che ne sono sprovviste, impedendo fisicamente il distacco di blocchi dalle potenziali aree sorgenti, sia adeguato a ridurre la pericolosità geomorfologica per caduta massi nei confronti delle opere di imbocco in progetto e del ponte sottostante.

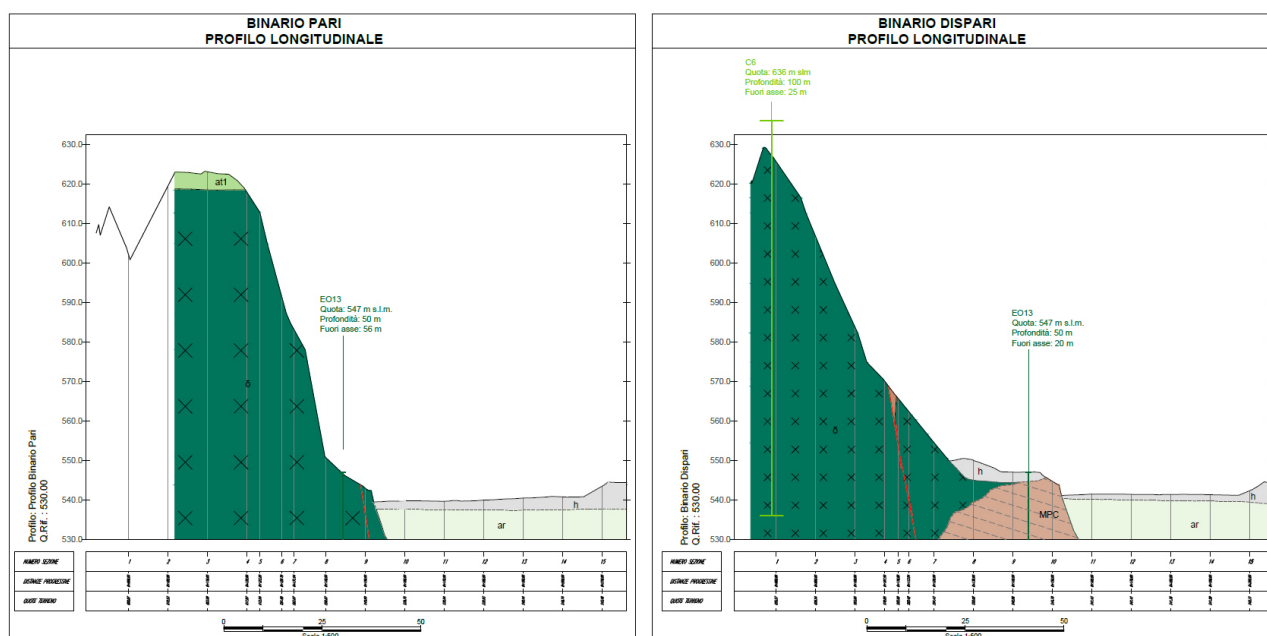


Fig. 83 – Stralcio del planoprofilo dell'imbocco Scaleres Sud (elaborato IBOU1BEZZL7GE0001003B), con i profili longitudinali lungo i due binari.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 130 di 190



Fig. 84 – Ammasso roccioso di Dioriti di Chiusa in corrispondenza della stazione di rilievo geostrutturale ST-10, eseguita in prossimità dell'imbocco della galleria binario dispari.

#### 10.1.7 Tratta da pk 15+700 a pk 15+960 circa – Attraversamento della valle Isarco.

Nella tratta in esame l'opera in progetto interessa, in viadotto, terreni sciolti di origine alluvionale di riempimento della Valle Isarco. È prevista la realizzazione di due viadotti separati per i due binari pari e dispari. In ragione della morfologia della valle, in particolare del versante destro, come già accennato nel paragrafo precedente relativo all'imbocco Sud della Galleria Scaleres, il viadotto del binario dispari è più lungo di 120 m rispetto a quello del binario pari.

I depositi alluvionali sono sostanzialmente granulari e in prevalenza costituiti da ghiaie in matrice sabbiosa, con locali settori a blocchi di dimensioni pluridecimetriche. Il substrato litoide sottostante i depositi superficiali alluvionali è stato intercettato dai sondaggi di progetto definitivo C7, C8, C22 ed EO14, a profondità variabili da 20 a 52 m circa da piano campagna.

Nel dettaglio il substrato roccioso è costituito, a partire dal versante destro, inizialmente dalle Dioriti di Chiusa con la relativa aureola metamorfica (scisti cornubianitici, MPC). Sul lato destro idrografico il substrato arriva alle profondità maggiori (52 m circa indagati dal sondaggio C7) per la verosimile presenza di una paleo-incisione. In questo settore al passaggio tra le cornubianiti e le successive filladi ricche in quarzo (BSSa) è stata ipotizzata la presenza di una faglia subverticale, legata ad un possibile lineamento tettonico allineato lungo il fondovalle. Al centro della valle la morfologia del substrato presenta una evidente risalita fino alla profondità di circa 20-25 m indagata dai sondaggi C22 ed EO14. Nella metà sinistra del fondovalle la profondità del substrato è stata ipotizzata dell'ordine di grandezza dei 15-20 m, con una graduale risalita verso la base del versante sinistro, dove il sondaggio C8 individua una profondità del substrato sotto i depositi superficiali di 7-8 m circa. In prossimità del lato sinistro della valle la litologia del substrato passa ai porfiroidi, estesamente affioranti a base versante. La scistosità del substrato immerge generalmente verso Sud con angolo di inclinazione medio-basso.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 131 di 190

Per quanto riguarda le spalle, il modello geologico prevede un appoggio in roccia (dioriti di Chiusa e cornubianiti) per quelle del lato destro della valle, mentre sul lato sinistro il modello geologico ipotizza la presenza di una copertura detritica di versante dello spessore di 7-10 m al di sopra del substrato roccioso costituito dai porfiroidi, con un settore corticale caratterizzato da un maggiore grado di fratturazione rispetto all'ammasso roccioso ordinario.

Il modello geologico di dettaglio dei due viadotti (binario pari e binario dispari) è illustrato nel planoprofilo relativo (elaborato IB0U1BEZZL7GE0001008C) di cui si riporta uno stralcio nella successiva Fig. 85.

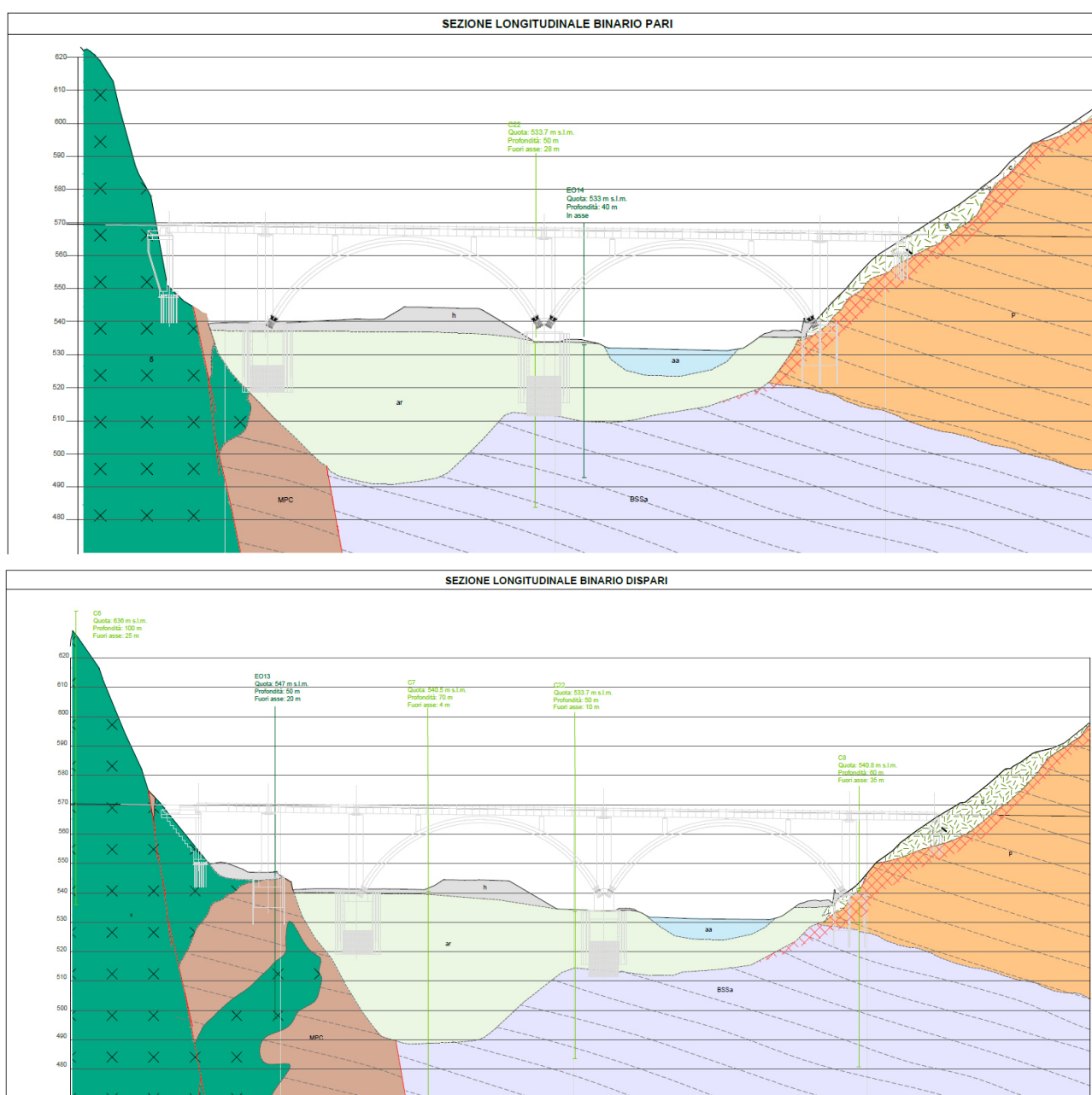


Fig. 85 – Stralcio del planoprofilo di dettaglio dell'attraversamento della Valle Isarco, (elaborato IB0U1BEZZL7GE0001008C) con le due sezioni longitudinali lungo il binario pari (in alto) e lungo il binario dispari (in basso).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandataria:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica		IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	132 di 190

Per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici, per le spalle si rimanda rispettivamente a quanto indicato nel precedente paragrafo 10.1.6.2 relativo all'imbocco Sud della Galleria Scaleres per la spalla lato destro e al successivo paragrafo 10.1.8.1, relativo all'imbocco Nord della Galleria Gardena, per la spalla lato sinistro. Le pile centrali del viadotto, sono ubicate nei pressi del margine destro dell'alveo attivo dell'Isarco, quindi possono presentare interferenze con la dinamica fluviale, per le quali il progetto prevede opportune sistemazioni idrauliche di difesa.

## 10.1.8 Tratta da pk 15+960 a pk 16+700 circa

### 10.1.8.1. Imbocco Gardena Nord

L'imbocco Nord della Galleria Gardena si imposta sul versante sinistro della Valle Isarco, all'incirca a quota 566 m (piano del ferro), ossia 30-35 m più in alto del fondovalle, nella parte medio bassa del versante locale, in una zona dove lo stesso presenta una inclinazione media di circa 34-35°. La morfologia locale del versante, insieme alla direzione del tracciato, fa sì che vi sia uno sfalsamento lungo le pk della posizione dei due imbocchi del binario pari e dispari, di circa 11 m con il dispari più avanti rispetto al pari.

Il modello geologico prevede, all'altezza di entrambi gli attacchi delle gallerie naturali, la presenza del substrato roccioso costituito dai porfiroidi (p) ricoperti da una coltre detritica di spessore ipotizzato di circa 7-12 m. I rilevamenti geologici di dettaglio eseguiti mettono in evidenza, nell'area rappresentata nella carta geologica in scala 1:1000 del plano-profilo allegato (elaborato IBOU1BEZZL7GE0001004C), la presenza discontinua di affioramenti del basamento roccioso (costituito in quest'area dalla formazione dei porfiroidi – p – facente parte dell'Unità di Bressanone) diffusi in particolare nella fascia alla base del versante ed a monte di entrambi gli imbocchi BD e BP della Galleria Gardena, a partire, lungo l'asse di progetto, da una quota di circa 10-12 m più alta rispetto alla paratia d'imbocco del Binario Pari e di circa 24-25 m rispetto alla paratia d'imbocco del Binario Dispari. Gli affioramenti del substrato sono fratturati, ma non evidenziano la presenza di alterazione spinta nella massa rocciosa, con solo patine di alterazione superficiali. Inoltre, la morfologia della porzione sommitale degli affioramenti permette di ipotizzare spessori di un eventuale strato di alterazione non superiore a qualche metro. La presenza della copertura detritica è stata verificata dai dati di terreno acquisiti durante il rilevamento eseguito nella presente fase di progettazione esecutiva. A tale proposito si rimanda al rapporto delle attività di campagna di PE (elaborato IBOU1BEZZRHGE0000008B) nel quale sono contenuti i dati degli stop di rilevamento geologico eseguiti nell'area. Gli stop di interesse per l'imbocco Gardena Nord sono i seguenti: 373, 374-550, 375, 376-549, 377-378-548, 543, 544, 403-545, 546 e 547.

Per l'ubicazione degli affioramenti rocciosi nella carta di dettaglio in scala 1:1000 presente nel plano-profilo citato più avanti, ci si è dunque affidati principalmente ai nuovi rilievi topografici celerimetrici eseguiti nella zona d'imbocco che consentono di individuare agevolmente i settori della superficie topografica con maggiore inclinazione occupati dagli affioramenti rocciosi. Questo criterio è stato adottato in particolare per la fascia di affioramenti presente a monte dell'imbocco del binario pari (cfr. stop 374-550), che sono i più vicini ai portali. L'affioramento roccioso presente a monte dell'imbocco del binario dispari non è invece coperto dal rilievo topografico di dettaglio, che non arriva a coprire la zona di parete subverticale ed in parte strapiombante dell'affioramento roccioso. Per l'ubicazione di questo affioramento si è fatto quindi riferimento ai punti GPS rilevati nel periodo invernale (febbraio 2022) corrispondenti agli stop 548 e 549.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandataria:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 133 di 190

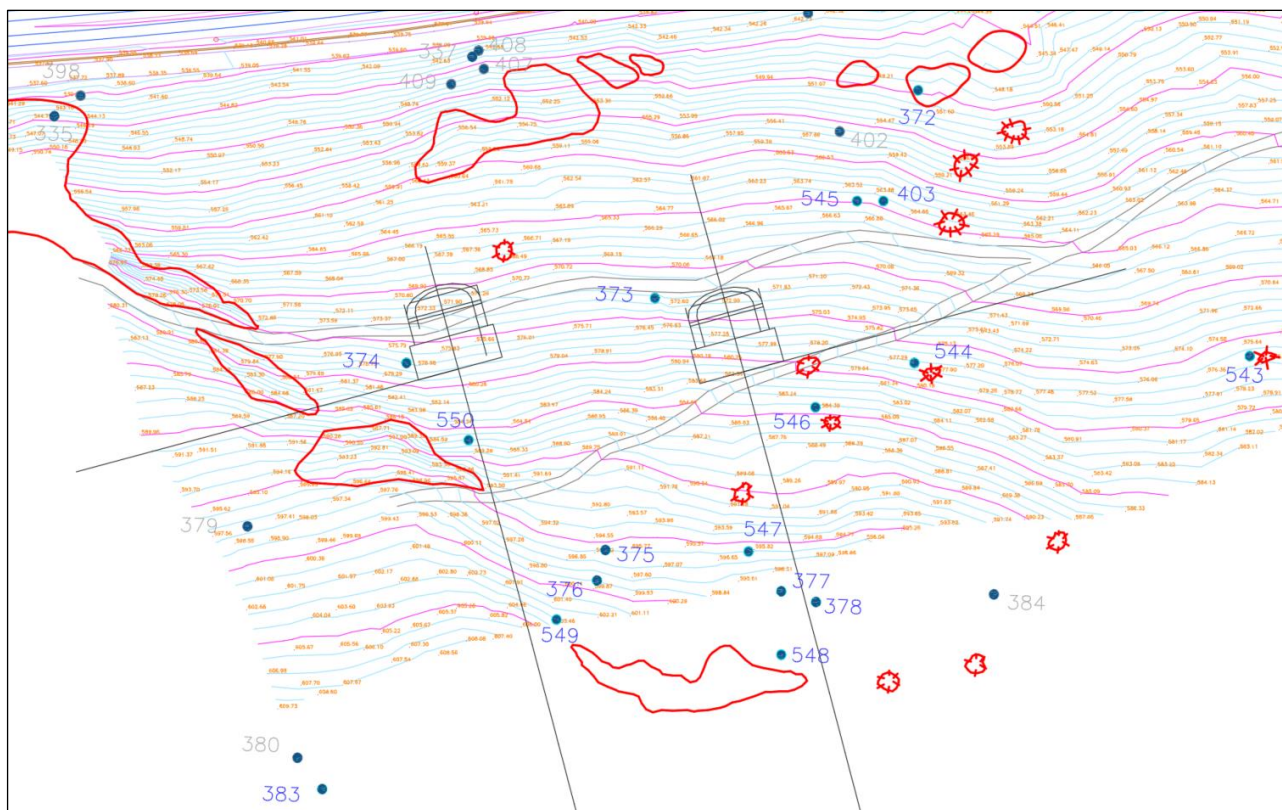


Fig. 86 – Stralcio planimetrico della topografia di dettaglio dai nuovi rilievi eseguiti per il PE nella zona dell’imbocco Gardena Nord. Sono rappresentati in rosso i contorni degli affioramenti rocciosi rappresentati sul piano-profilo dell’imbocco (i poligoni con i trattini che ne intersecano il contorno rappresentano invece i principali blocchi plurimetrici osservati) e gli stop di rilevamento geologico (con il testo etichetta blu quelli integrati nel rapporto attività di campagna e la posizione schematica delle opere d’imbocco).

Lo spessore del detrito è stato ipotizzato sulla base dei risultati di due linee sismiche tomografiche a rifrazione (TS05 e TS06), eseguite trasversalmente agli assi di progetto dei due binari, a quote prossime a quelle degli imbocchi. Entrambe le linee sismiche individuano uno strato superficiale con velocità di propagazione delle onde P minore di 1500 m/s, di spessore variabile appunto tra 7 e 12 m circa, che può corrispondere al detrito sciolto con locali grossi blocchi, sovrapposto ad un secondo strato con velocità delle onde P variabile tra 1500 e 2500 m/s., interpretabile come la porzione corticale del substrato roccioso molto fratturata e alterata; la parte più profonda, con velocità delle onde P maggiore di 2500 m/s, può essere ascrivibile al substrato roccioso in condizioni di fratturazione ordinaria. Il dato delle indagini indirette è stato supportato anche dalle osservazioni morfologiche, e sulla base della stratigrafia del sondaggio di PD C8 che, seppur eseguito al piede del versante, in corrispondenza della stradina posta tra la ferrovia e l’inizio del pendio, ha indagato uno spessore di depositi superficiali di 7,5 m, ed è fuori asse verso NE rispetto al binario dispari di circa 40 m. La fascia di versante più bassa in corrispondenza dei due binari è più acclive, con inclinazione media di 40-50° e presenta affioramenti rocciosi discontinui, mentre in corrispondenza della posizione degli imbocchi, ed a partire da circa 555-560 m di quota, l’inclinazione si riduce fino ad un valore simile all’angolo di attrito presumibile per il deposito detritico di versante.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 134 di 190

L'assunzione del limite a 1500 m/s di velocità delle onde P per il limite tra il deposito detritico sciolto e il sottostante substrato alterato e fratturato, è stata fatta in coerenza con quanto si è osservato in situazioni simili nello stesso progetto ma dove, oltre all'indagine sismica a rifrazione, è disponibile un sondaggio di taratura, come ad esempio nel caso dell'area in cui era previsto l'imbocco della Finestra di Albes. In tale sito erano disponibili già tra le indagini di PD due linee sismiche a rifrazione, una longitudinale all'asse della galleria (Pes 17) e una trasversale (Pes 18). Nell'ambito delle indagini integrative di PE è stato realizzato un sondaggio orizzontale lungo l'asse della galleria (S21/15 di 40 m di lunghezza). Nelle figure che seguono si riportano uno stralcio del piano-profilo dell'imbocco della ex Finestra di Albes (elaborato IB0U1BEZZL7GE0001007A) con l'ubicazione planimetrica delle indagini citate e una sovrapposizione della stratigrafia del sondaggio (il quale ha attraversato circa 27 m di depositi sciolti per poi entrare nel basamento roccioso fratturato), sulla sezione sismica longitudinale Pes 17.

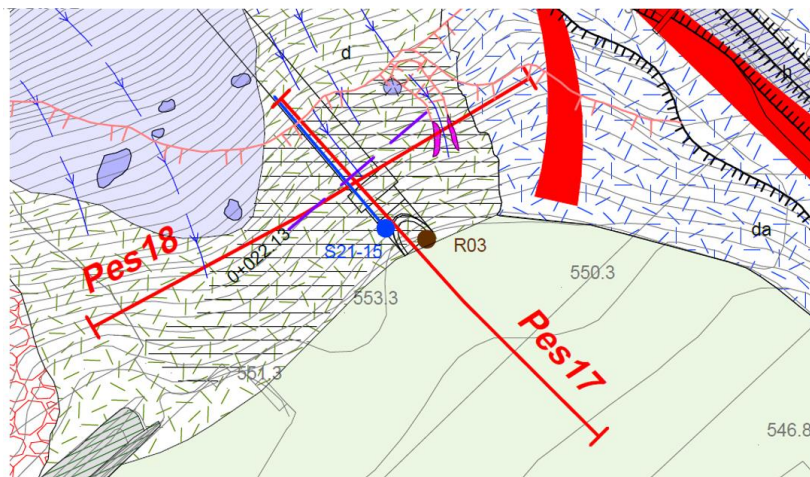


Fig. 87 – Stralcio planimetrico dell'elaborato BOU1BEZZL7GE0001007A (piano-profilo dell'imbocco ex Finestra di Albes) con l'ubicazione delle linee sismiche di PD e del sondaggio integrativo S21/15.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 135 di 190

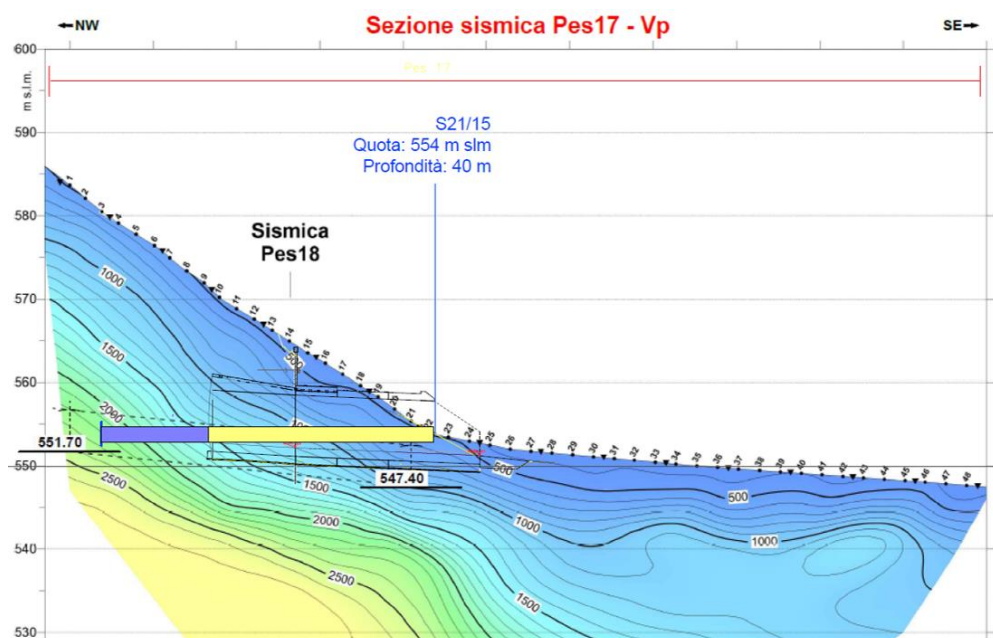


Fig. 88 – Sezione sismica tomografica di PD Pes17 con sovrapposizione della stratigrafia sintetica del sondaggio S12/15 (giallo: depositi di versante sciolti; azzurro: roccia molto fratturata).

Come si può chiaramente osservare dalla sezione sismica longitudinale con sovrapposizione della stratigrafia del sondaggio S21/15, il passaggio dal detrito sciolto (di colore giallo lungo il carotaggio S21/15) al basamento roccioso fratturato (di colore azzurro nel sondaggio) corrisponde ad una  $V_p$  di 1500 m/s. Non si osserva alcun incremento di gradiente delle  $V_p$  al passaggio depositi/substrato in quanto la roccia immediatamente al contatto con i depositi sciolti è molto fratturata. Il sondaggio fino a fondo foro ha poi infatti carotato roccia fortemente fratturata.

L'eventuale ipotesi alternativa di interpretazione delle sezioni sismiche realizzate nell'area di imbocco Gardena Nord (TS05 e TS06) che prevede un profilo di alterazione molto più spinto del basamento roccioso, quindi con un graduale passaggio da roccia molto alterata e decomposta (per la quale si potrebbe ipotizzare una velocità  $V_p$  anche minore di 1500 m/s) fino al basamento sano (per il quale è ipotizzabile verosimilmente una  $V_p$  maggiore di 2500 m/s) non è congruente in generale con il contesto Alpino in cui si trova l'opera e, più in dettaglio, con le condizioni locali di alterazione del substrato roccioso verificabili in sito, come descritte in precedenza.

A titolo di esempio per chiarire quanto sopra affermato, si riporta di seguito la sezione tomografica sismica TS06, eseguita circa 10 m a monte della paratia di imbocco del Binario dispari, con evidenziate le isolinee di  $V_p$  1000 m/s (che potrebbe essere, nell'ipotesi alternativa citata sopra, l'inizio della roccia alterata/molto alterata e quindi rappresentare la base del deposito sciolto superficiale), 1500 m/s e 2500 m/s (quest'ultima rappresentativa del passaggio alla roccia in condizioni ordinarie di fratturazione e alterazione). Nello schema è evidenziata la posizione dell'asse del Binario Dispari.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA <b>IBOU</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GE0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO. <b>136 di 190</b>

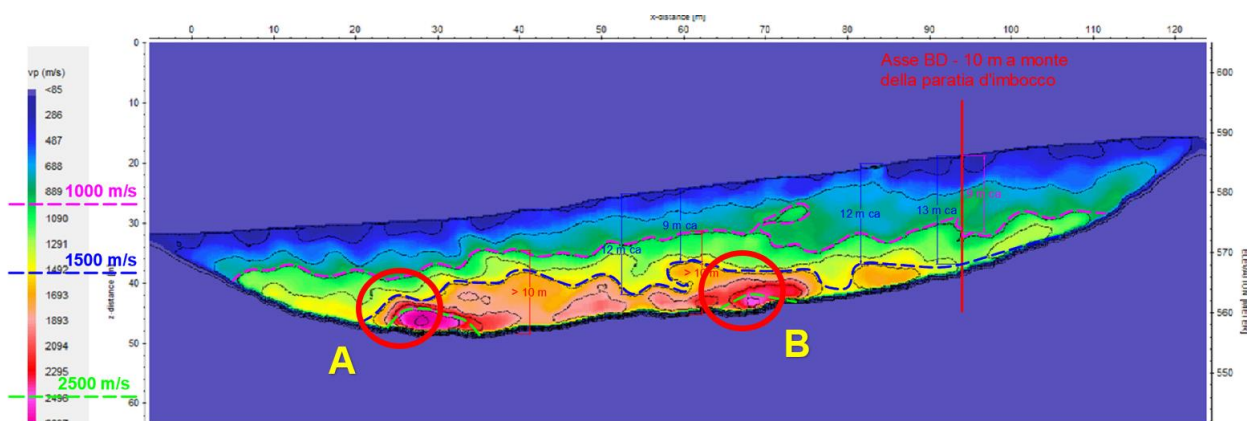


Fig. 89 – Profilo sismico a rifrazione TS06.

Dallo schema soprastante si evince, nell'ipotesi che la fascia Vp 1000-2500 m/s possa rappresentare lo strato di alterazione del substrato roccioso, che questo dovrebbe avere spessori di oltre 10 m. Un tale spessore di alterazione, nel contesto geologico-geomorfologico locale, specialmente per litotipi competenti come i Porfiroidi non è assolutamente verosimile. Inoltre, la tomografia sismica rappresentata nella figura soprastante evidenzia un sensibile incremento del gradiente di Vp tra i valori di 1500 e 2500 m/s nei settori del profilo sismico in cui vengono raggiunti i massimi valori di Vp >2500 m/s (A e B in Fig. 89).

In merito al riferimento ai risultati della linea geoelettrica L21 citata in codesta osservazione, si fa notare che l'elevata resistività del sottosuolo può essere legata a molteplici situazioni, quali, oltre ovviamente alla presenza di substrato roccioso poco fratturato, anche a depositi sciolti insaturi specie se grossolani, detrito a grossi blocchi senza matrice o con vuoti, per cui si ritiene che in contesti come quello in oggetto le indagini elettriche siano addirittura meno dirimenti rispetto alla sismica a rifrazione. La linea geoelettrica citata, inoltre, è ubicata circa 120 m a Est del tracciato del binario dispari, in una zona del versante dove non si osserva alcun affioramento roccioso, ma solo diffusi blocchi plurimetrici di fillade sparsi ed immersi nel detrito di versante, in un contesto geologico compatibile con i valori di alta resistività riscontrati.

Sulla base delle evidenze sopra esposte e per i motivi descritti, il progettista geologo ritiene che il modello geologico di PE degli imbocchi sia adeguato all'elaborazione del conseguente modello geotecnico e per la progettazione delle opere d'imbocco.

In merito al settore della viabilità d'accesso NV061, tratta in salita verso il piazzale d'imbocco, la situazione verificata sul terreno, con l'assenza assoluta di affioramenti e la presenza di copertura detritica con grossi blocchi di filladi sparsi, non consente di ipotizzare la profondità del substrato roccioso a meno di 10 m da p.c., in accordo anche con quanto visibile all'estremità sinistra della sezione geofisica sopra riportata e dell'altra sezione geofisica TS05, che presenta un profilo sismostratigrafico analogo alla TS06, mostrata nella figura soprastante.

Il modello geologico di dettaglio è illustrato nel piano-profilo relativo all'imbocco (elaborato IB0U1BEZZL7GE0001004C).

L'ammasso roccioso è stato caratterizzato con l'esecuzione di alcune stazioni di misura geostrutturale, ubicate negli affioramenti di porfiroidi sottostanti e immediatamente soprastanti gli imbocchi (ST-01, ST-02,



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 137 di 190

ST-03, ST-04 e ST-06 – cfr. elaborati IB0U1BEZZRHGE00000054A e IB0U1BEZZRHGE0000005A), mettendo in evidenza la presenza da 4 a 5 set di discontinuità sistematiche sia inclinate ad alto angolo e sia inclinate a basso angolo. Nel complesso la qualità geomeccanica dell’ammasso roccioso affiorante in corrispondenza degli imbocchi è discreta.

Dal punto di vista geomorfologico, non si mettono in evidenza criticità maggiori che possano interessare la zona degli imbocchi. L’elemento geomorfologico più evidente nell’area è costituito da un orlo di scarpata di erosione antico che suddivide il versante in una zona più acclive, a valle nel settore in cui sono ubicati gli imbocchi, e in una zona a pendenza più ridotta, a monte, caratterizzata dalla presenza di depositi fluvioglaciali in posto. A valle della scarpata, che ha una direzione NW-SE ed è diagonale rispetto all’asse delle gallerie si allineano gli affioramenti rocciosi presenti a monte dei due imbocchi. In questi affioramenti le condizioni geomeccaniche dell’ammasso roccioso sono discrete seppur esso presenti un certo grado di fratturazione. Si osservano tuttavia alcuni blocchi e diedri rocciosi instabili di dimensioni decimetriche e la presenza di placche di detrito attivo immediatamente a valle degli affioramenti. Si osservano inoltre diversi blocchi tondeggianti di dimensioni da decimetriche a metriche di granito, provenienti dai soprastanti depositi fluvioglaciali (Fig. 92). Questi blocchi, in ragione della loro forma, potrebbero essere facilmente destabilizzati durante le operazioni di scavo per la realizzazione degli imbocchi. Si ritiene quindi opportuno che il progetto degli imbocchi preveda, in fase preliminare agli scavi, il disgaggio dei volumi rocciosi instabili negli affioramenti soprastanti gli imbocchi e la rimozione dei blocchi di granito visibili in superficie potenzialmente in grado di destabilizzarsi nel settore di versante compreso tra gli imbocchi e l’orlo di scarpata di versante descritto in precedenza.

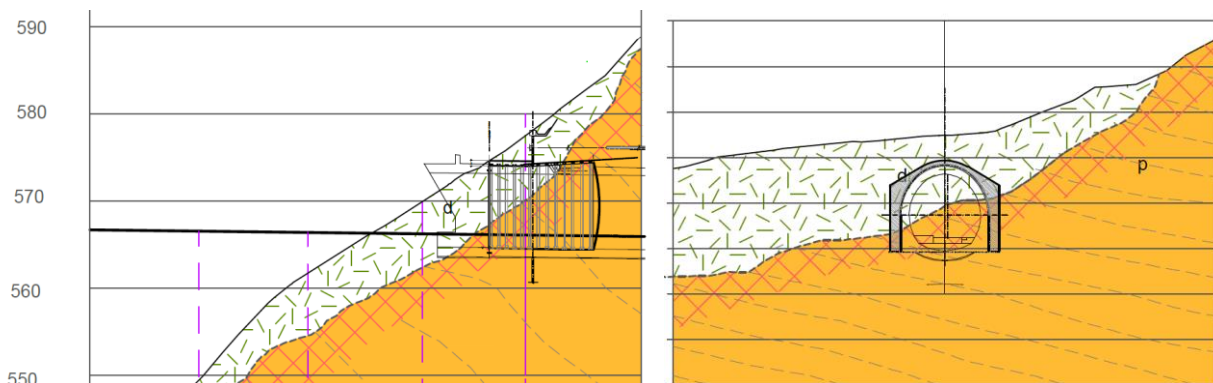


Fig. 90 – Stralcio del planoprofilo di dettaglio dell’imbocco Gardena Nord, (elaborato IB0U1BEZZL7GE0001004C) con le due sezioni longitudinale e trasversale lungo il binario pari.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA <b>IBOU</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GE0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO. <b>138 di 190</b>

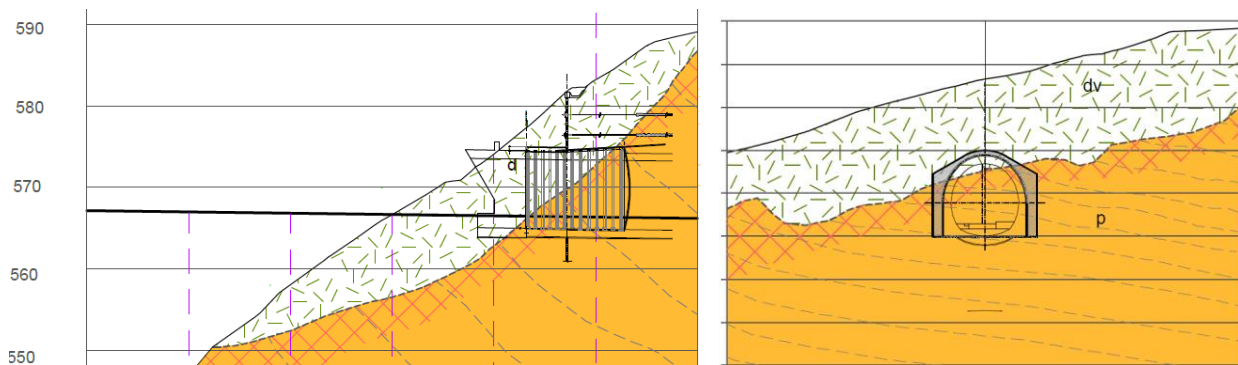


Fig. 91 – Stralci del planoprofilo di dettaglio dell'imbocco Gardena Nord, (elaborato IB0U1BEZZL7GE0001004C) con le due sezioni longitudinale e trasversale lungo il binario binario dispari.



Fig. 92 – Vista dell'affioramento di porfiroidi presente a monte dell'imbocco Nord del binario Dispari della Galleria Gardena (cfr. stop 548). Si osservano in primo piano (A) un blocco tondeggiante di granito da depositi fluvioglaciali e (B) alcuni blocchi decimetrici instabili alla base della scarpata rocciosa.

#### 10.1.8.2. Galleria Naturale Gardena

In questo primo settore la Galleria Gardena è interessata dalla presenza di un importante corpo di porfiroidi (p). I porfiroidi, roccia resistente e ricca in quarzo (mediamente tra il 60 e 70%), sono intercalati a lenti di paragneiss quarzoso-feldspatici di spessore variabile. La scistosità dei porfiroidi, seppur di giacitura molto variabile a piccola scala a causa degli intensi piegamenti subiti dall'ammasso roccioso, è in generale immergente a basso-medio angolo verso SSE e quindi nel verso delle progressive crescenti.

Attorno alla pk 16+685 si prevede che le gallerie lambiscano un filone andesitico ( $\alpha$ ) che è stato osservato in superficie in destra idrografica del Rio Funes (stop 1152). Benché i limiti di tale corpo filoniano siano in affioramento piuttosto netti, la loro trasposizione in profondità, stante la natura del corpo in questione, è

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 139 di 190	

affetta da un margine di incertezza. Nella zona di affioramento sono state inoltre osservate alcune apofisi; quindi, non è da escludere il rinvenimento di queste modeste appendici filoniane nelle vicinanze del corpo principale.

Dal punto di vista tettonico i porfiroidi sono tagliati da una faglia a basso angolo che si prevede venga intercettato circa alla pk 16+400, ipotizzata sulla base del dato stratigrafico dei sondaggi EO31 e C9. Altre due faglie subverticali ipotizzate su base fotogeologiche sono indicate rispettivamente alle pk 16+100 e 16+550.

Per questa tratta, lo spessore delle coperture topografiche raggiunge il valore massimo di 170 m circa.

Di seguito si riporta la tabella illustrante i risultati dell'analisi condotta sulle faglie, come anticipato nel paragrafo 10.1.

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
1	16+110	Porfiroidi (p)	SI - Fotolineamento	Evidenze da PD: stop 1131-1132: evidenziate scarpate di faglia in roccia, no misure di giacitura Evidenze da PE: nessuna	EO31: evidenze di faglie metriche alle profondità di 20-30-40 - 50 m circa, 111 e da 115 a 120 m	Foto interpretata -	media
2	16+440	Porfiroidi (p)	NO	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	EO31: evidenze di faglie metriche alle profondità di 40 - 50 m circa; C9 zona di faglia di alcuni metri di spessore a circa 130 m di profondità - Faglia interpolata tra questi due sondaggi	certa	bassa
3	16+550	Porfiroidi (p)	SI - Fotolineamento	Evidenze da PD: stop 1118-1119 - rilevata zona di faglia subverticale con Direzione N330, spessore 30-40 cm - damage zone 1 m. Evidenze da PE: stop 126: misurato piani di faglia con giacitura 320/86 e 280/61	NO	Foto interpretata	media

Tabella 28: - Analisi di affidabilità delle faglie nella tratta 16+120 – 16+900 della Galleria Gardena (la numerazione delle faglie corrisponde a quella riportata sui profili geotecnici).

Dal punto di vista geomorfologico nella tratta in questione non si mettono in evidenza fenomeni che possano interferire con lo scavo della galleria.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	140 di 190

La tratta in questione è rappresentata nel profilo geologico sulla Tavola 7 (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001007C).

### 10.1.9 Tratta da pk 16+700 a pk 17+600 circa – Sotto attraversamento di Rio Funes

In questa tratta la Galleria Gardena si sviluppa interamente all'interno delle Filladi ricche in quarzo (BSSa), con possibili lenti di filladi carboniose (BSSc) e porfiroidi (p) rappresentate da litoni contenuti all'interno delle due faglie principali descritte di seguito.

La galleria sottoattraversa il Rio Funes con coperture attorno ai 60 m, in una zona contraddistinta dalla presenza della faglia di Funes e delle sue zone di danneggiamento, una delle principali faglie rilevate nell'area di studio. Nell'intorno della pk 17+450 circa viene inoltre attraversato il sovrascorrimento di Gudon.

Lo spessore e la strutturazione interna della faglia di Funes sono stati ipotizzati sulla base dei dati geognostici (sondaggi C10 ed EO19 del progetto definitivo e sondaggio S21/5 della presente fase di progettazione esecutiva) e dai rilievi di superficie. Il tetto della zona di faglia è visibile come piano di faglia di spessore decimetrico lungo la strada di fondovalle in sinistra idraulica del Rio Funes (stop 1170). Le rocce di faglia associate alla faglia di Funes sono costituite da gouge argillosi, filladi sericitiche, breccie, cataclasiti, ultracataclasiti, kachiriti che dal punto di vista meccanico presentano caratteristiche decisamente scadenti. Le osservazioni di terreno di verifica eseguite nella presente fase di progettazione esecutiva hanno messo in evidenza che nel settore attraversato dalla galleria la faglia appare rappresentata da una serie di piani con intensa deformazione di spessore decimetrico con interposti litoni rocciosi di spessore plurimetrico in condizioni di fratturazione ordinaria. L'insieme dei dati di terreno e delle informazioni dei sondaggi disponibili citati in precedenza consente di ipotizzare per la zona di faglia uno spessore complessivo di circa 70-80 m, di cui solo il 40-50% circa costituito effettivamente da nuclei di roccia di faglia e zone di danneggiamento intensamente fratturate. In particolare, il sondaggio S21/5 ha messo in evidenza la presenza, all'interno della zona di faglia, di un litone bordato da superfici di taglio costituito da filladi carboniose. La giacitura media della zona di deformazione è circa 200/45, con inclinazione variabile tra 30 e 60° circa. L'ampio campo di variabilità dell'inclinazione è dovuto alla geometria particolarmente anastomosata della zona di disturbo tettonico, dove le superfici di taglio sono curve e possono localmente presentare inclinazioni sensibilmente superiori o inferiori al valore medio indicato.

I due sondaggi integrativi eseguiti nella presente fase di progettazione esecutiva S21/6a e S21/6b hanno permesso di individuare un'altra importante faglia che pone in contatto le soprastanti filladi carboniose con le sottostanti filladi ricche in quarzo. Tale faglia viene descritta nel modello geologico di riferimento come sovrascorrimento di Gudon. La struttura ha uno spessore di 15-20 m circa ed è costituita prevalentemente da breccie e gouge a matrice argillosa. Sulla base dell'interpolazione della superficie di letto tra i due sondaggi e in accordo con il quadro deformativi fragile locale, alla faglia in questione è stata attribuita una giacitura 230/20. Si tratta con buona probabilità di una struttura di riattivazione per deformazione disgiuntiva (fragile) alpina sovrimposta su una precedente zona di taglio milonitica (sviluppata in contesto deformativo duttile) di età ercinica. Nelle filladi quarzitiche a letto della faglia si osservano infatti caratteristiche strutturali di una vecchia milonite, che coinvolge sia porzioni rocciose molto ricche in quarzo e sia livelli carboniosi. In questo contesto la struttura può essere considerata come associata alla faglia di Funes, dalla quale si ipotizza che la faglia in questione rappresenti una diramazione. Nelle carote dei due sondaggi, sempre con maggiore



APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA <b>IBOU</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GE0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO. <b>141 di 190</b>

evidenza nell'ammasso roccioso a letto della faglia, si osservano tracce di una ulteriore deformazione disgiuntiva, probabilmente precedente a quella alpina, rappresentate da cataclasi brecciate scure con elevata componente grafica.

La geometria della faglia e di conseguenza la proiezione dell'intersezione con la galleria lungo il profilo, è stata ipotizzata interpolando i dati dei due sondaggi con il possibile punto di emersione in superficie della struttura. Essendo i due sondaggi molto vicini tra loro ed in mancanza di una precisa ubicazione geometrica mediante rilievo geometrico delle perforazioni (si è ipotizzato che entrambi siano esattamente verticali), la ricostruzione geometrica della faglia è affetta da una indeterminatezza, per cui il punto di intersezione potrebbe essere spostato di diverse decine di metri più avanti o più indietro rispetto a quanto raffigurato sul profilo geologico.

Per questo motivo, in particolare per questa faglia ma anche per la stessa faglia di Funes, è necessario che in fase di scavo siano previste adeguate ed accurate indagini in avanzamento che consentano di individuare in anticipo rispetto allo scavo l'esatta posizione delle faglie e possano funzionare come primo drenaggio dell'acqua eventualmente circolante all'interno delle faglie stesse. Le tratte in cui si ritiene necessaria l'esecuzione delle indagini in avanzamento sono tra le pk 16+650 e 16+800 per la faglia di Funes e tra le pk 17+400 e 17+800 per il sovrascorrimento di Gudon.

Nella tratta in esame lo spessore massimo delle coperture topografiche raggiunge i 380 m circa, al termine della tratta, corrispondente all'intersezione ipotizzata con il sovrascorrimento di Gudon.

Di seguito si riporta la tabella illustrante i risultati dell'analisi condotta sulle faglie, come anticipato nel paragrafo 10.1.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 142 di 190

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
4	16+750	Fillade qz.(BSSa) / Fillade carb. (BSSc)	SI - Incisione Val di Funes	Faglia della Val di Funes - Evidenze da PD: Stop 829-834-1170 Evidenze da PE: stop 122-125-126: rilevati numerosi piani di taglio di spessore dm-m con giacitura coerente con la faglia di Funes ma anche molti piani trasversali, che separano litoni di roccia +/- fratturata, Rilevato piano di faglia anche nell'affioramento appena a monte dell'ubicazione del sondaggio integrativo S21/5	C10: presenza di zone di faglia di spessore metrico nei primi 20 m circa e verso il fondo foro - EO19: zona di faglia/cataclaste di spessore metrico intervallate da settori di roccia fratturata nei primi 30 m circa sotto la copertura superficiale - S21/5: zona di faglia/cataclaste tra 40 e 55 m circa con litone di filladi carboniose; altre zone cataclastiche pluridm a 63 m, 67-68 m 71 m, 81 m e 85 m	certa	buona
5	17+475	Fillade qz. (BSSa) / Fillade carb. (BSSc)	SI, vallecola a Sud del rilievo di Gudon al contatto tra FMG e BSSc	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	Sondaggi S216/a e S21/6b - tra 135-140 (b) e 152-155 (a) individuata importante struttura di faglia che separa filladi carboniose a tetto da filladi molto ricche in quarzo. Spessori di circa 15 m di gouge e breccia a matrice argillosa. Giacitura ipotizzata 230/20	certa	Media/bassa

Tabella 29: - Analisi di affidabilità delle faglie nella tratta 16+900 – 17+700 della Galleria Gardena (la numerazione delle faglie corrisponde a quella riportata sui profili geotecnici).

Dal punto di vista geomorfologico nella tratta in questione non si mettono in evidenza fenomeni che possano interferire con lo scavo della galleria.

La tratta in questione è rappresentata nel profilo geologico sulla Tavola 7 (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001007C).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	143 di 190

### 10.1.10 Tratta da pk 17+600 a fine Lotto 1 Galleria Gardena (pk 21+917– BD e Pk 22+150 BP)

Nella tratta terminale della Galleria Gardena, la ricostruzione eseguita del modello geologico, in particolare l'inserimento della struttura di sovrascorrimento di Gudon descritta nel paragrafo precedente, prevede che la galleria entri nelle Filladi Carboniose (BSSc), permanendovi fino alla pk 18+600 circa, zona in cui si prevede il passaggio ad un ulteriore intervallo di filladi ricche in quarzo (BSSa). La tratta di intersezione con le filladi carboniose ha dunque una lunghezza ipotizzata di poco più di 1 km. Occorre tuttavia tener conto di quanto affermato nel paragrafo precedente sull'indeterminatezza della progressiva di inizio della tratta legata alla geometria del sovrascorrimento di Gudon.

Per le filladi carboniose sono ipotizzabili proprietà geomeccaniche decisamente più scadenti rispetto alle filladi ricche in quarzo presenti prima e dopo. Il contatto con le successive filladi ricche in quarzo viene ipotizzato di tipo tettonico, ma incerto, in quanto le verifiche di terreno eseguite nella presente fase di progetto esecutivo sugli affioramenti esistenti in prossimità del contatto nell'incisione del Rio Secco, non hanno confermato la presenza di un contatto tettonico riattivato (sovrascorrimento alpino), ma piuttosto di un contatto milonitico antico, caratterizzato da livelli di filladi carboniose intercalati nelle filladi quarzifere soprastanti. Evidenza analoga si è osservata in particolare nel sondaggio S21/6b, dove vi sono tratti chiaramente costituiti da miloniti antiche con alternanza di porzioni quarzose e di porzioni carboniose.

Da pk 18+770 fino a fine tratta, il modello prevede la presenza delle filladi ricche in quarzo (BSSa) con alcune possibili intercalazioni e lenti di porfiroidi (p), queste ultime ipotizzate sulla base dei rilievi di superficie sia di PD che di PE che hanno individuato settori di affioramento di questi litotipi, seppur di modesta estensione. Unitamente alle elevate coperture, che in questo settore raggiungono quasi 600 m, ciò non consente una definizione precisa in profondità di questi corpi. In profilo sono state dunque riportate alcune lenti di porfiroidi intersecanti la galleria con l'intento di segnalare la potenziale presenza di tali litotipi, ma senza intendere la loro reale posizione, che è dunque affetta da un margine di indeterminatezza elevato.

La scistosità della roccia, più pervasiva in BSSc piuttosto che in BBSa, è mediamente inclinata di 30° ed immergente verso sud-ovest. Rispetto all'avanzamento dello scavo verso Sud è quindi disposta a reggioggio sul fronte.

In questa tratta, le coperture topografiche variano da un minimo di circa 380 m (inizio tratta) e poco meno di 600 m circa (pk 18+800).

Di seguito si riporta la tabella illustrante i risultati dell'analisi condotta sulle faglie, come anticipato nel paragrafo 10.1.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 144 di 190

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
6	18+610	Fillade carb. (BSSc) / Fillade qz. (BSSa)	SI - Incisione Rio Secco	Evidenze da PD: dati stop 1090 - faglia nel rio ad alto angolo 220/80 (non coerente con proiezione su profilo) Evidenze da PE: Verificato contatto nel rio (stop 306 e seguenti), no evidenze certe di faglia al contatto, presenti però piani di taglio trasversali allo stesso.		incerta	bassa
7	19+460	Fillade qz.(BSSa)	SI - Fotolineamento su incisione rettilinea trasversale a max pendenza versante	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	NO	Foto interpretata	media
8	21+275	Fillade qz. (BSSa)	SI - Fotolineamento N-S molto lungo - allineamento incisione trasversale a max pendenza versante (a N) e scarpata (a S)	Evidenze da PD: dati stop da 600 a 605: in quest'ultimo affiora piano di faglia ad alto angolo Evidenze da PE: nessuna	NO	incerta	media

Tabella 30: - Analisi di affidabilità delle faglie nella tratta 17+600 – fine Lotto 1 della Galleria Gardena (la numerazione delle faglie corrisponde a quella riportata sui profili geotecnici).

Dal punto di vista geomorfologico nella tratta in questione non si mettono in evidenza fenomeni che possano interferire con lo scavo della galleria.

La tratta in questione è rappresentata nel profilo geologico sulla Tavola 7 (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001007C), sulla tavola 8 (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001008B) e sulla tavola 9 (elaborato IB0U1BEZZFZGE0001009B).



APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
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	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	145 di 190

## 10.2 PROFILI GEOLOGICI DELLE FINESTRE

### 10.2.1 Finestra di Forch

Per la descrizione in dettaglio del modello geologico dell'imbocco della Finestra di Forch si rimanda all'elaborato IB0U1AEZZRHGE0000001B, relazione geologica delle opere prioritarie comprese nella parte A della progettazione esecutiva in oggetto.

Il tracciato della galleria della Finestra di Forch, di sviluppo pari a circa 1,4 km, a partire dall'imbocco della galleria naturale posizionato alla pk 0+155 interessa fino a pk 0+260 (in calotta) i depositi fluvioglaciali (df) qui essenzialmente rappresentati da ghiaie sabbiose con blocchi di natura prevalentemente granitica e di dimensioni pluridecimetriche. Successivamente la galleria si sviluppa nei depositi deltizi-glaciolacustri (Dlt), di natura sabbiosa con ciottoli sparsi, presenti in arco rovescio dalla pk 0+165 alla pk 0+360 circa, passanti ai depositi alluvionali terrazzati antichi (at1), per circa 250 m di lunghezza della galleria (in calotta da pk 0+355 a pk 0+605 circa).

Tali terreni (at1) vengono impegnati nei sottoattraversamenti della sede autostradale e di quella ferroviaria che avvengono rispettivamente a pk 0+400 e 0+460 circa con coperture di circa 15-20 m. I depositi alluvionali terrazzati di primo ordine sono costituiti da terreni più grossolani, quali ghiaie e sabbie poligeniche, riferibili ad un ambiente fluviale a più alta energia. I depositi deltizi-glaciolacustri sono invece rappresentati da termini più fini, quali sabbie e limi.

I depositi fluvioglaciali (fg) interessati dal tracciato della Finestra di Forch sono stati indagati dai sondaggi di PD C15 e C16. I depositi deltizi-glaciolacustri (dlt) sono stati attraversato dai sondaggi di PD C15, C16 e C21. I depositi alluvionali terrazzati di primo ordine (at1) sono invece stati indagati con i sondaggi di PD C17, C18, C21 ed EO50 e con il sondaggio integrativo eseguito nella presente fase di progettazione esecutiva S21/3.

Un altro sondaggio integrativo è stato eseguito nella presente fase di PE lungo il tracciato della Finestra di Forch: si tratta del sondaggio S21/4, di 13° m di profondità, realizzato all'altezza della pk 0+620 circa, inclinato a 45° in direzione N280E, ossia nella direzione del tracciato della galleria.

I risultati di quest'ultimo sondaggio hanno permesso di aggiornare il modello geologico di PE rispetto a quello di PD.

La stratigrafia del sondaggio S21/4 proiettata lungo il tracciato della galleria permette di ipotizzare a pk 0+590 circa il passaggio a depositi detritici di conoide (cd) fino a pk 0+600 circa, seguiti nuovamente da depositi di tipo fluvioglaciale o glaciale (df), fino all'incirca a pk 0+660 dove si ipotizza il passaggio al basamento roccioso molto fratturato, alterato e disarticolato, espressione della porzione marginale della Frana o DGPV di Varna. Lo spessore lungo la galleria di basamento coinvolto nella frana è stato ipotizzato, sempre sulla base della stratigrafia del sondaggio S21/4, in circa 40-45 m, ovvero fino alla pk 0+700 circa.

Dalla pk 0+700 la galleria intercetta quindi il basamento roccioso nel quale l'opera permane fino all'innesto sulle gallerie di linea. L'ammasso roccioso è costituito inizialmente dagli scisti cornubianitici (MPC) facenti parte dell'aureola metamorfica del sottostante Granito di Bressanone indagati dal sondaggio S21/4 (Fig. 93), che sono stati interpolati tentativamente fino alla pk 0+850 – 0+860 circa, con un elevato margine di incertezza dovuto alla natura dell'aureola metamorfica che presenta un contatto sfumato con le filladi non interessate dal metamorfismo termico.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
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	IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	146 di 190

In termini più generali, applicabili non solo alla Finestra di Forch, ma anche alla Galleria Scaleres nella tratta descritta al precedente paragrafo 10.1.3 si evidenzia che, in merito alla natura e geometria dell'aureola metamorfica del Granito di Bressanone, i dati dei rilievi integrativi di terreno, oltre all'analisi dei risultati del sondaggio integrativo S12-4 citato in precedenza, hanno permesso di verificare che, oltre alla fascia di cornubianiti massicce, caratterizzate da elevata durezza e abrasività, visibili in affioramento a diretto contatto con il Granito di Bressanone e nelle sue vicinanze, è presente una graduale transizione dalle cornubianiti massicce, a cornubianiti scistose fino a scisti cornubianitici per poi sfumare gradualmente nelle filladi non modificate dal metamorfismo termico.

Dal punto di vista geometrico, per questo motivo, l'aureola di contatto, intesa come l'insieme di tutte le rocce interessate in diversa misura del metamorfismo termico, presenta un'estensione areale in superficie ed uno spessore maggiore rispetto a quello rappresentato sul profilo longitudinale di PD, che è congruente con la fascia di cornubianiti massicce e cornubianiti scistose, che data la loro maggiore trasformazione e ricristallizzazione presentano anche caratteristiche geomeccaniche differenti rispetto alle filladi non trasformate o a quelle con minore impronta termo-metamorfica, in particolare sono più dure e abrasive, almeno in misura paragonabile ai graniti.

Per quanto riguarda i dati delle carote del sondaggio S21/4, si precisa che i minerali ad evidente blastesi statica raffigurati nella foto A di Fig. 93, all'apparenza simili a granati, in realtà non lo sono, in quanto presentano un abito completamente differente da quello tipico dei granati e il colore non è rossastro ma bronzeo. Potrebbero anche essere granati ma con evidenti aloni irregolari di neoblastesi statica da parte di minerali termo-metamorfici. La foto B di Fig. 93 mostra, peraltro, blastesi di minerali scuri, sicuramente non di granati, anch'esse organizzate localmente in aloni intorno a minerali più chiari, come meglio specificato nel paragrafo 10.2.1.1 relativo alla descrizione dell'analisi petrografica in sezione sottile.

Le caratteristiche tessiturali della roccia campionata (noduli e vene di quarzo spesso ripiegati, scistosità evidente e ripiegata) sono del tutto simili a quelle delle filladi a granato perché la trasformazione termo-metamorfica non è stata tanto intensa da provocare la completa ricristallizzazione/trasformazione dei minerali costituenti la roccia e da obliterare le strutture tipiche di una roccia scistosa ricca in quarzo. Le blastesi evidenti di specie minerali tipiche del metamorfismo termico non si osservano infatti in tutta l'estensione della roccia carotata, ma solo in determinati livelli localizzati e ricchi in fillosilicati e granati, a riprova che l'impronta termo-metamorfica su tali rocce non è molto intensa.

Lo spessore degli stessi scisti cornubianitici, rappresentato in maniera ipotetica (non sono disponibili informazioni oggettive sulla posizione del limite transizionale di tetto verso le filladi a granato) sul profilo longitudinale della Finestra di Forch, è molto maggiore di quello della fascia di cornubianiti lungo il profilo della Galleria Scaleres. In primo luogo, perché i tracciati delle due gallerie sono pressoché ortogonali, quindi si tratta di due spessori apparenti che, in ragione della possibile inclinazione reale della fascia, non possono essere dello stesso ordine di grandezza. In secondo luogo, la natura stessa dell'aureola metamorfica, con geometria molto probabilmente irregolare, può giustificare variazioni significative di spessore reale anche nell'arco di distanze relativamente brevi.

Da pk 0+860 circa fino all'intersezione con le gallerie di linea e a tutta l'estensione del camerone di innesto, il basamento roccioso è rappresentato dalle filladi a granato (BSS).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 147 di 190

Dal punto di vista tettonico il tracciato della Finestra di Forch è interessato da una faglia incerta ad alto angolo all'altezza della pk 1+250 circa. Per l'analisi di attendibilità e delle incertezze al riguardo di questa faglia si rimanda alla Tabella 23 nel paragrafo 10.1.3 relativo alla tratta pk 3+200-6+300 della Galleria Naturale Scaleres, lungo la quale la faglia in questione è la n. 12.

Le coperture topografiche lungo il tracciato della Finestra di Forch sono relativamente basse nella tratta di attraversamento dei depositi quaternari, da un minimo di 10 m alla pk 0+350 ad un valore massimo di circa 65 m alla pk 0+670 circa, corrispondente al passaggio al basamento roccioso. Successivamente, nella tratta in roccia, le coperture aumentano progressivamente fino al massimo di 480 m circa al termine della galleria, oltre l'intersezione del binario pari di linea al termine del camerone di innesto.

Il profilo geologico della Finestra di Forch è rappresentato sull'elaborato IB0U1BEZZFZGE0001015A.



Fig. 93 – Dettagli di carote del sondaggio S21/4 (A: profondità 89,8-90,0; B: profondità 121,5-121,8 m) in cui è molto evidente la presenza di blastesi statica di minerali termo-metamorfici (biotite, sillimanite e probabili andalusite e cordierite), che si concentrano in particolare nelle porzioni più fillosilatiche del protolite.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 148 di 190

### 10.2.1.1. Analisi petrografica in sezione sottile campione di scisto cornubianitico

Sono state analizzate tre sezioni sottili coperte ottenute da un campione di carota del sondaggio S21/4, prelevato dalle cassette campionatrici nell'intervallo 121,5 – 121,8 (vedasi Fig. 93 – B).

Macroscopicamente, il campione presenta una tessitura massiva a grana fine ed evidente *banding* composizionale caratterizzato da: a) un dominio con porfiroblasti a forma irregolare o a losanga di colore bruno scuro/nero iridescenti immersi in matrice grigio scura a tessitura debolmente foliata; b) un dominio di colore grigio chiaro con tessitura foliata a grana fine con livelli quarzosi preponderanti su quelli micacei. La foliazione presenta una blanda crenulazione.

Il campione è definibile come quarzo-scisto con alternanze di livelli a porfiroblasti di biotite.

I punti di realizzazione delle tre sezioni sottili nel campione di roccia sono rappresentati nella successiva Fig. 94.



Fig. 94 – Campione di carota del sondaggio S21/4 con ubicazione delle sezioni sottili per analisi petrografica. Riferimenti: 0 cm = circa 121,6 m - cm = circa 121,75 m di profondità del sondaggio.

Di seguito si riportano i risultati delle analisi eseguite, in microscopia ottica in luce trasmessa polarizzata, sulle tre sezioni sottili, mettendo in evidenza le associazioni mineralogiche che permettono di inquadrare l'ambiente metamorfico di pertinenza della roccia.

Nelle sezioni n. 1 e n. 3 si osserva quanto segue:

- associazione di quarzo+mica bianca a definire la foliazione principale, con quantitativi subordinati di sillimanite (anche in aggregati fibrolitici) e biotite in matrice;



APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 149 di 190

- porfiroblasti di biotite+quarzo pseudomorfici su relitti di losanghe verosimilmente di andalusite (nei campioni osservati non è stato possibile eseguire misure ottiche a conferma del tipo di silicato di Al, tuttavia l'abito dei porfiroblasti è caratteristico dell'andalusite);
- aggregati tondeggianti microcristallini di mica bianca, clorite e opachi che suggeriscono la possibile alterazione (feltro di "pinite") di preesistente cordierite (non osservata in sezione);
- abbondanti opachi (ossidi di ferro) distribuiti sia random che orientati lungo la foliazione principale;
- accessori: titanite, zircone (?).

Nella sezione 2, rispetto alle sezioni 1 e 3 non sono presenti porfiroblasti mentre è decisamente più marcato il layering definito da livelli di quarzo granoblastico ad estinzione ondulata intercalati da sottili livelli a prevalente muscovite. Nella matrice a grana fine sono presenti dei cristalli ad alto rilievo e medio-bassa birifrangenza che potrebbero essere attribuibili sia a sillimanite incolore che a zoisite. La ridotta dimensione dei granuli non ne ha permesso la determinazione per via ottica. Non si sono osservati cristalli di plagioclasio e/o feldspato: localmente si osservano rari piccoli cristalli geminati che verosimilmente sono attribuibili a relitti di cordierite non alterata.

Dal punto di vista del grado metamorfico le associazioni mineralogiche presenti nella roccia analizzata indicano un metamorfismo di medio grado nel sistema pelitico (cordierite+biotite+andalusite/sillimanite) e successiva retrocessione termica (muscovite+quarzo+clorite).

Le caratteristiche di medio grado, in particolare di temperatura inferiore ai 600° C e le associazioni mineralogiche presenti sono compatibili con la parte più distale dell'aureola metamorfica di contatto legata al Plutone di Bressanone, dove l'intensità della trasformazione termo-metamorfica è meno intensa, come già anticipato (cfr. paragrafo 10.2.1) sulla base delle caratteristiche tessiturali della roccia osservata nel sondaggio S21/4 (conservazione della scistosità, delle vene di quarzo e del layering compositivo originario).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 150 di 190

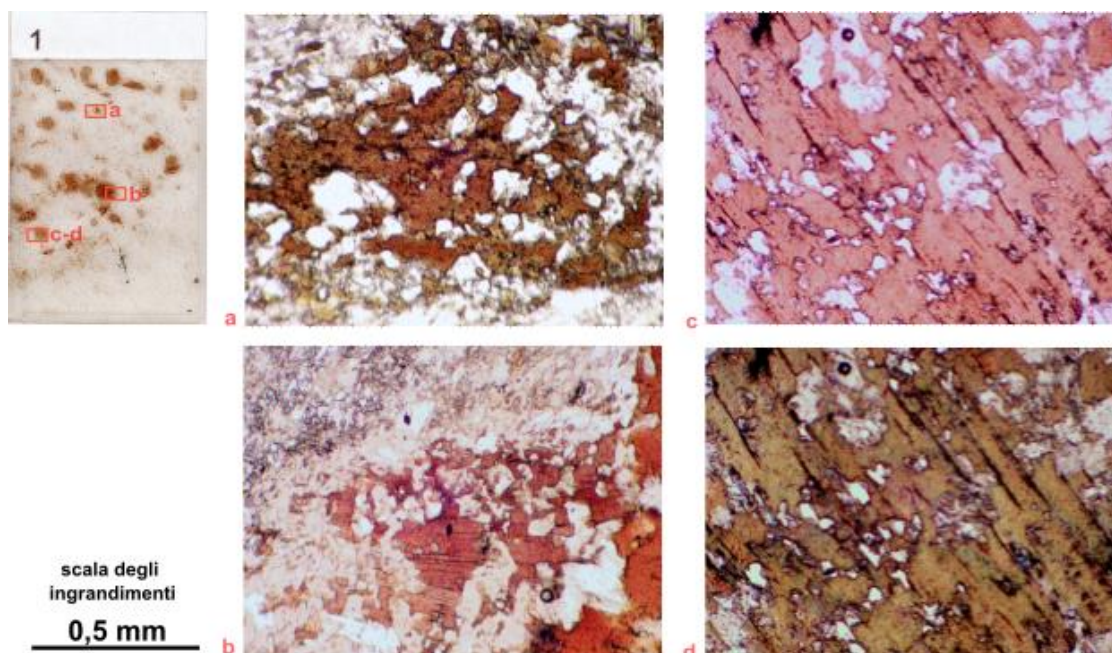


Fig. 95 – Dettagli fotografici della sezione sottile n. 1.

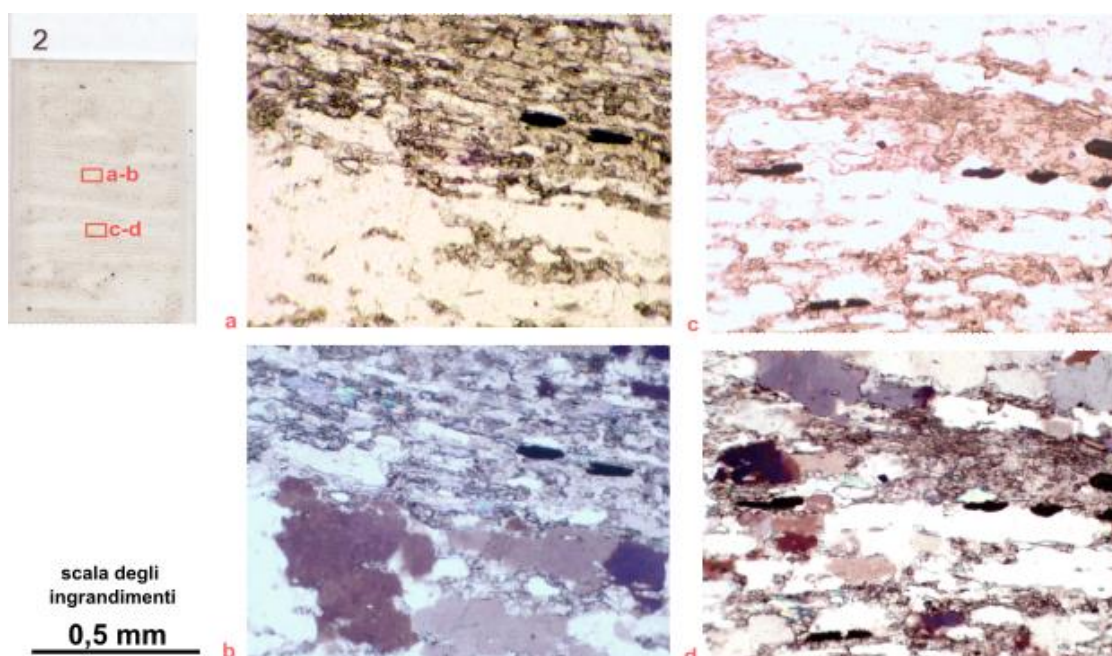


Fig. 96 – Dettagli fotografici della sezione sottile n. 2.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 151 di 190

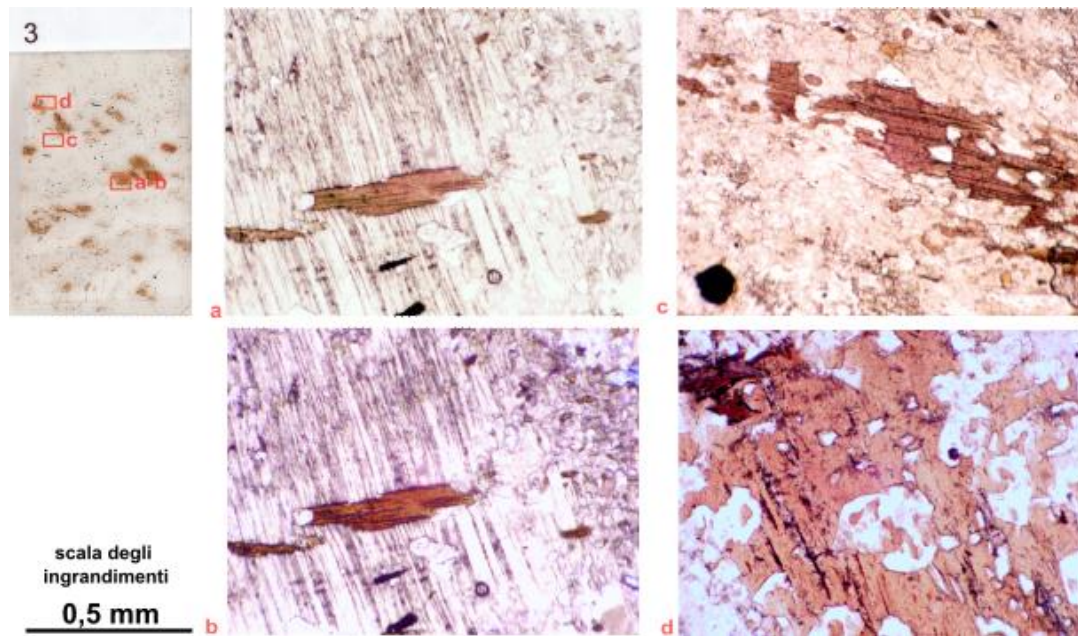


Fig. 97 – Dettagli fotografici della sezione sottile n. 3.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	152 di 190

### 10.2.2 Finestra di Funes

La Finestra di Funes (ramo principale) si configura come galleria a binario singolo, scavata con TBM EPB, sino all'innesto nel Binario Pari della Galleria Gardena all'altezza della pk 16+475 circa. Da questo punto lo scavo meccanizzato proseguirà in direzione sud mentre la tratta di collegamento al Ponte Isarco verrà scavata in tradizionale. All'altezza della pk 16+166 BD è previsto inoltre un camerone dal quale, sempre tramite scavo in tradizionale, verrà sviluppata una galleria di servizio (ramo secondario) a direzione circa E-W che collegherà le gallerie di linea al ramo principale della Finestra di Funes all'intorno della pk 0+234.

Il profilo geologico longitudinale della Finestra di Funes è rappresentato nell'elaborato IB0U1BEZZFZGE0001014B.

#### 10.2.2.1. Ramo principale - TBM (pk 0+000 – 0+682)

Per la descrizione in dettaglio del modello geologico dell'imbocco della Finestra di Funes si rimanda all'elaborato IB0U1AEZZRHGE0000001B, relazione geologica delle opere prioritarie comprese nella parte A della progettazione esecutiva in oggetto.

L'imbocco di tale galleria si localizza in corrispondenza dei materiali di riporto riferibili al rilevato della strada provinciale di Funes e dell'autostrada A22. I terreni di riporto verranno intercettati fino circa alla pk 0+037, seguirà poi un fronte misto costituito da depositi antropici, depositi alluvionali e di frana inattiva sino alla pk 0+058; successivamente si prevede che la galleria sarà scavata interamente entro depositi di frana inattiva (secondo le risultanze dei sondaggi S21/2, EO30 ed EO41) e vi permanga, almeno in corrispondenza del paramento destro, per un tratto della lunghezza di circa 60-65 m, fino alla pk 0+122.

Il rimanente tratto della finestra si svilupperà all'interno dei porfiroidi massicci e scistosi (p) della dorsale di Tiso. Tra le pk 0+409 e 0+467 circa è stato ipotizzato l'attraversamento di un filone andesitico subverticale rinvenuto in superficie durante i rilievi di terreno ed intercettato dal sondaggio EO31. In relazione alla sua natura di corpo vulcanico, l'andamento in profondità ed i limiti di tale corpo filoniano sono affetti da un margine di incertezza.

Per quanto attiene le strutture fragili, la galleria attraversa due faglie minori ad alto angolo, ipotizzate su basi fotogeologiche, all'incirca alle pk 0+130 e 0+280 oltre ad un sovrascorrimento a basso angolo, presumibilmente interferente nel tratto tra le pk 0+250-0+305 e 0+500-0+600 circa. Come osservabile nel profilo longitudinale della Finestra Funes 1, tale sovrascorrimento interseca la galleria in due punti; si precisa che questa doppia intersezione è da ricollegarsi unicamente alla variazione di andamento planimetrico del tracciato rispetto a quello del piano di faglia che si traduce quindi in una doppia intersezione della medesima struttura tettonica lungo l'asse dell'opera. La geometria arcuata del piano di faglia, e della foliazione della roccia incassante, non è pertanto da ricollegarsi agli eventi deformativi duttili che hanno caratterizzato l'evoluzione dell'area.

Per l'analisi di attendibilità e delle incertezze al riguardo di queste faglie si rimanda alla Tabella 28 nel paragrafo 10.1.8.2 relativo alla prima tratta della Galleria Naturale Gardena, lungo la quale le faglie richiamate poco sopra sono rispettivamente la n. 2 (sovrascorrimento a basso angolo), la n. 1 e la n. 3 (faglie ad alto angolo fotointerpretate).



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	153 di 190

La copertura topografica lungo il tracciato della Finestra di Funes raggiunge il valore massimo di circa 160 m nella porzione terminale della galleria, poco a N dell'innesto con il binario pari di linea. Nel tratto immediatamente successivo all'imbocco, dove la galleria attraversa i depositi antropici dei rilevati della Strada Provinciale della Val di Funes e dell'Autostrada A22, le coperture sono invece esigue: circa 4 m sotto la strada provinciale e circa 8-9 m sotto l'autostrada. Immediatamente dopo il sottopasso dell'autostrada, al piede del versante nei depositi di frana inattiva, vi è un ulteriore punto di minima copertura, con un valore di 5 m.

#### 10.2.2.2. Ramo secondario - Tradizionale (pk 0+000 – pk 0+178)

Il tratto di galleria in questione si imposta interamente all'interno dei porfiroidi massicci e scistososi (p). Come per il ramo principale, anche questa opera attraversa il filone andesitico, già descritto in precedenza, tra le pk 0+80 e 0+140 circa.

Per ciò che riguarda le strutture tettoniche non si riscontra in questa tratta la presenza di alcuna faglia alla quota del piano del ferro.

La copertura topografica lungo la tratta varia da un minimo di circa 85 m alla pk 0+000 ad un massimo di 115 m circa in corrispondenza del camerone di intersezione con le gallerie di linea.

#### 10.2.3 Finestra di Chiusa

Per la descrizione in dettaglio del modello geologico dell'imbocco della Finestra di Chiusa si rimanda all'elaborato IB0U1AEZZRHGE0000001B, relazione geologica delle opere prioritarie comprese nella parte A della progettazione esecutiva in oggetto.

L'imbocco della Finestra di Chiusa è ubicato a nord di un deposito di frana inattivo costituito da detrito filladico. In corrispondenza dell'imbocco si rinvencono terreni riconducibili a depositi fluvio-glaciali (df) e detritici che risultano in appoggio sulle filladi (BSSb) e sui porfiroidi (p) del basamento ercinico.

La galleria naturale sarà da scavare per un primo breve tratto all'interno dei depositi detritici in cui si imposta l'imbocco (fino a pk 0+045 circa), per poi proseguire nell'ammasso roccioso costituito per un breve tratto dai porfiroidi (p) e in seguito dalle Filladi (BSS). L'ammasso roccioso in cui entra la galleria è caratterizzato da una porzione corticale molto fratturata dello spessore di alcuni metri. Lo scavo interesserà le Filladi BSS fino all'incirca alla pk 0+120, all'altezza della quale si prevede l'intercettazione di un elemento tettonico a basso angolo, rappresentato da un sovrascorrimento, che mette in contatto le suddette filladi (BSSb), a tetto, con le filladi ricche in quarzo (BSSa) al letto. Questo sovrascorrimento corrisponde alla faglia del Rio della Gola, che sarà intercettata secondo il modello geologico di riferimento anche dalle Gallerie di interconnessione di Ponte Gardena. Dalla pk 0+150 circa la galleria, guadagnando progressivamente coperture più elevate, rimane all'interno delle filladi ricche in quarzo (BSSa) fino all'innesto sul camerone di collegamento dei due tunnel di linea. Anche tutto il camerone di intersezione con le gallerie di linea, rappresentato nel tratto terminale del profilo geologico, sarà scavato nell'ammasso roccioso costituito dalle filladi ricche in quarzo (BSSa).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	154 di 190

La scistosità lungo il tracciato della finestra immerge prevalentemente verso SE e localmente verso WSW, determinando una intersezione variabile tra reggipoggio e trasversale rispetto al fronte di scavo della finestra.

Dal punto di vista delle strutture tettoniche, oltre al già citato sovrascorrimento a basso angolo che, secondo la geometria ipotizzata e considerando anche la sua zona di danneggiamento, dovrebbe interessare il tracciato per una lunghezza di circa 60 m tra le pk 0+090 e 0+150, si prevede l'intersezione con una faglia ad alto angolo intorno alla pk 1+320. Quest'ultima struttura ha una direzione che forma un angolo medio-basso con l'asse di scavo per cui si prevede che potrà interessare la galleria per un tratto di almeno 20 m di lunghezza.

Per l'analisi di attendibilità e delle incertezze al riguardo di queste faglie si rimanda, per quanto riguarda il sovrascorrimento a basso angolo (Faglia del Rio della Gola), alla Tabella 31 nel paragrafo 10.3.1 relativo alle Gallerie di interconnessione di Ponte Gardena, lungo la quale la faglia è la n. 9, mentre per la successiva faglia ad alto angolo si veda la Tabella 30 al paragrafo 10.1.10 relativo all'ultima tratta della Galleria Naturale Gardena, lungo la quale la suddetta faglia è la n. 8.

La copertura topografica lungo il tracciato della Finestra di Chiusa raggiunge il valore massimo di circa 575 m al termine della galleria, oltre l'intersezione con la galleria di linea – binario dispari.

Il profilo geologico longitudinale della Finestra di Chiusa e del camerone di intersezione con le gallerie di linea è rappresentato nell'elaborato IB0U1BEZZFZGE0001016A.

## 10.3 INTERCONNESSIONI DI PONTE GARDENA

### 10.3.1 Gallerie Naturali di interconnessione

Le Gallerie di interconnessione si dipartono dalle gallerie di linea collegando la nuova opera sotterranea con la linea ferroviaria storica all'altezza della stazione di Ponte Gardena. L'inizio delle Gallerie di interconnessione è ubicato in due appositi cameroni all'altezza della pk di linea 21+448 lungo il binario dispari e della pk 21+783 lungo il binario pari.

#### 10.3.1.1. Binario Pari

Dall'origine nel camerone lungo il binario pari di linea, la Galleria di interconnessione prosegue all'interno delle filladi quarzifere (BSSa), fino all'incirca alla pk 0+460, dove, attraverso un contatto tettonico costituito da un sovrascorrimento a basso angolo, passa all'interno delle filladi indifferenziate (BSSb). Successivamente la galleria si mantiene nelle filladi (BSSb) per un lungo tratto fino al contatto tettonico a basso angolo con la formazione dei Paragneiss di Laion, all'altezza della pk 2+190 circa. La galleria continua poi nei Paragneiss di Laion fino all'uscita nei depositi quaternari a valle del sottoattraversamento del viadotto Belprato dell'A22 (cfr. paragrafo 10.3.2), all'incirca tra le pk 2+445 e 2+450. La scistosità delle filladi e dei paragneiss è in generale immergente verso S e verso SW a medio angolo, per cui, in relazione alla direzione di scavo che lungo il tracciato è molto variabile in funzione dell'andamento planimetrico dell'interconnessione, la sua orientazione rispetto al fronte di scavo varia da reggipoggio a trasversale inclinata generalmente dal paramento destro verso il sinistro.

APPALTATORE:					
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO.
Relazione geologica	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C 155 di 190

Per quanto riguarda le strutture tettoniche intersecate dalla galleria, sono prevalentemente costituite da sovrascorrimenti alpini a basso angolo, immergenti all'incirca verso la direzione di avanzamento più o meno inclinati a seconda dell'andamento planimetrico della galleria. La struttura principale è rappresentata dal sovrascorrimento della Rio della Gola, che viene attraversato all'incirca tra la pk 0+460 e la pk 0+675. La zona di faglia è presumibilmente caratterizzata dalla presenza di diverse superfici di taglio anastomosate con roccia di faglia costituita da gouge a matrice argillosa di spessore plurimetrico che separano litoni rocciosi fratturati e tettonizzati, che costituiscono la zona di danneggiamento. Una successiva struttura a basso angolo, di spessore molto minore rispetto alla prima, è ipotizzata con intersezione del tracciato tra le pk 1+380 e 1+470 circa. Verso l'uscita dal substrato roccioso in direzione di Ponte Gardena sono poi presenti altre due strutture tettoniche a basso angolo, di cui la seconda mette a contatto le filladi BSSb a letto con i Paragneiss di Laion (PRL) a tetto. Le intersezioni di queste ultimi due sovrascorrimenti avvengono rispettivamente nei tratti pk 2+060-2+085 e pk 2+185-2+250. Oltre alle prevalenti faglie a basso angolo è previsto che la galleria intersechi anche due strutture subverticali ipotizzate su base fotogeologica la cui proiezione cade all'interno della tratta di intersezione con il sovrascorrimento del Rio della Gola (pk 0+460 + pk 0+675), una faglia ad alto angolo in corrispondenza all'incirca della pk 1+830 e un'ultima struttura nei pressi del passaggio ai depositi quaternari del fondovalle Isarco, nell'area di sottopasso del Viadotto Belprato dell'autostrada A22, in corrispondenza della pk 2+410 circa. Quest'ultima faglia è stata ipotizzata sulla base dei dati dei sondaggi di PD EO23 e CBV13. La copertura topografica lungo il tracciato dell'interconnessione di Ponte Gardena – binario pari raggiunge un valore massimo di circa 580 m all'altezza della tratta 0+700-0+730, mantenendosi poi su valori superiori a 300 m fino alla pk 1+840 circa e riducendosi ad un minimo di circa 15 m in corrispondenza del sottopasso del Viadotto Belprato dell'autostrada A22.

Il profilo geologico longitudinale dell'interconnessione di Ponte Gardena – binario pari è rappresentato negli elaborati IB0U1BEZZFZGE0001010A e IB0U1BEZZFZGE0001011B.

### 10.3.1.2. Binario Dispari

Dall'origine nel camerone lungo il binario dispari di linea, la Galleria di interconnessione prosegue all'interno delle filladi quarzifere (BSSa), fino all'incirca alla pk 0+840, dove, attraverso un contatto tettonico costituito da un sovrascorrimento a basso angolo, passa all'interno delle filladi indifferenziate (BSSb). Successivamente, in modo analogo al binario pari descritto in precedenza, la galleria si mantiene nelle filladi (BSSb) per un lungo tratto fino al contatto tettonico a basso angolo con la formazione dei Paragneiss di Laion, all'altezza della pk 2+900 circa. La galleria continua poi nei Paragneiss di Laion fino all'uscita nei depositi quaternari immediatamente a monte del sottoattraversamento del rilevato dell'A22 (cfr. paragrafo 10.3.3), all'incirca tra le pk 3+110 e 3+120. La scistosità delle filladi e dei paragneiss è in generale immergente verso Sud e verso Sud Ovest a medio angolo, per cui la sua orientazione rispetto al fronte di scavo è prevalentemente a reggipoggio, solo localmente si possono ipotizzare settori in cui la scistosità si dispone trasversalmente alla direzione di avanzamento.

Per quanto riguarda le strutture tettoniche intersecate dalla galleria, sono le stesse già descritte nel paragrafo precedente per il binario pari, fatta eccezione per l'ultima vicino al passaggio ai depositi quaternari di fondovalle (pk 2+410 del BP) che non viene intercettata lungo il binario dispari. Le intersezioni lungo il tracciato del binario dispari delle strutture sopracitate sono state ipotizzate nei seguenti intervalli:

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 156 di 190

- Sovrascorrimento del Rio Della Gola: pk 0+845 – 1+045;
- Seconda faglia a basso angolo: pk 1+680 – 1+770;
- Terza faglia a basso angolo: pk 2+720 – 2+800;
- Quarta faglia a basso angolo: pk 2+900 – 2+960;
- Prima faglia subverticale fotointerpretata: all'interno della fascia di intersezione del sovrascorrimento del Rio della Gola;
- Seconda faglia subverticale fotointerpretata: pk 1+070 circa;
- Faglia ad alto angolo: pk 2+360 circa.

La copertura topografica lungo il tracciato dell'interconnessione di Ponte Gardena – binario dispari raggiunge un valore massimo di circa 595 m all'altezza della tratta 0+760-0+850, mantenendosi poi su valori superiori a 300 m fino alla pk 2+350 circa e riducendosi ad un minimo di circa 10-12 m in corrispondenza dell'uscita dall'ammasso roccioso, poco prima del sottopasso del rilevato dell'autostrada A22.

Il profilo geologico longitudinale dell'interconnessione di Ponte Gardena – binario pari è rappresentato negli elaborati IB0U1BEZZFZGE0001012A e IB0U1BEZZFZGE0001013B.

### 10.3.1.3. Analisi di attendibilità delle strutture tettoniche

Di seguito si riporta la tabella illustrante i risultati dell'analisi condotta sulle faglie, come anticipato nel paragrafo 10.1. In generale le stesse strutture vengono intersecate da entrambe le gallerie del binario pari e del binario dispari, fatta eccezione per l'ultima faglia elencata, la n. 15, che interessa solo il binario pari.

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
9	0+480 (BP) 0+900 (BD)	Fillade qz. (BSSa) / Fillade (BSSb)	SI - Localmente lungo incisione Rio della Gola	Faglia a basso angolo principale - Rio della Gola Evidenze da PD: stop 1089: indicata genericamente Faglia lungo il rio, ma dalle foto non sembra essere di notevole spessore Evidenze da PE: stop n 190. Tracce di deformazione subparallela alla scistosità ma più inclinata rispetto a struttura principale - giacitura 166/19. Nell'alveo del Rio della Gola non affiora la roccia quindi non si può escludere la presenza di una struttura deformativa.	EP6: tra 290 e 334 m di profondità indicato un intervallo fortemente tettonizzato e cataclasato, con numerosi nuclei argillosi e con grafite di spessore decimetrico. Segnalate fratture da alto angolo (70°) nei tratti più compatti	certa	molto bassa



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:						
Mandatario:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	157 di 190

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
10	0+620 (BP) 1+070 (BD)	Fillade (BSSb)	SI - Fotolinaemento - incisione NW-SE	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	NO	fotointerpretata	media
11	1+430 (BP) 1+720 (BD)	Fillade (BSSb)	NO	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	EP6: tra 107 e 116 m livelli cataclastici con core argilloso limosi da decimetrici a metrici e settore di cataclasi cementata	certa	molto bassa
12	1+830 (BP) 2+360 (BD)	Fillade (BSSb)	SI - Scarpata e ripiani sul versante allineati	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	NO	incerta	media
13	2+060 (BP) 2+760 (BD)	Fillade (BSSb)	NO	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	EP7: intervalli intensamente fratturati e cataclastici tra 316 e 322 m e tra 324 e 337 con core argilloso-limoso tra 333 e 334 m. SPG1: intervallo con struttura cataclastica tra 250 e 262 m con diversi livelli decimetrico-metrici a struttura brecciata in matrice argilloso limosa (core zones)	certa	molto bassa
14	2+190 (BP) 2+900 (BD)	Fillade (BSSb) / Paragneiss Laion (PRL)	NO	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	EP7: intervalli cataclastici tra 263 e 266 m e tra 277 e 283 con core argilloso limosi tra 264-265 e tra 279-280 m SPG1: intervallo molto fratturato tra 215 e 230 m con core di breccia in matrice argilloso limosa tra 219,30 e 221,40 oltre che tra 210-211 e 212-213m.	certa	molto bassa

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 158 di 190

N.	PK rif.	Litotipo	Evidenza geomorfologica	Affioramenti della zona di faglia in superficie	Intersezione della zona di faglia nei sondaggi	Affidabilità dell'esistenza della faglia	Affidabilità ricostruzione geometrica
15	2+410 (BP)	Paragneiss Laion (PRL)	NO	Evidenze da PD: nessuna Evidenze da PE: nessuna	CBV13: tra 29,50 e 34 m zona tettonizzata ed alterata EO23 (40): tra 35 e 42 m presenti alcuni passaggi completamente frantumati e tettonizzati	certa	media

Tabella 31: - Analisi di affidabilità delle faglie lungo le interconnessioni di Ponte Gardena – binario pari (BP) e binario dispari (BD) - (la numerazione delle faglie corrisponde a quella riportata sui profili geotecnici).

### 10.3.2 Imbocco Binario Pari e interferenza con l'autostrada A22

Il modello geologico di riferimento di dettaglio per la zona di imbocco del binario pari, esteso fino all'interferenza con l'infrastruttura autostradale dell'A22, che viene sottoattraversata in prossimità delle fondazioni delle pile 13 e 14 del viadotto Belprato (o Novale), è stato elaborato come descritto di seguito e sulla base dei dati oggettivi elencati:

- Analisi del modello geologico di PD rappresentato dalla cartografia geologica e dal profilo geologico longitudinale lungo il tracciato dell'interconnessione;
- Indagini dirette eseguite nelle campagne 2012-13 e 2017-18 del PD rappresentate da: sondaggi CBV13, C23 ed EO23 per la zona di sottopasso dell'A22, sondaggi C23, EO24 ed EO25 per il settore dell'imbocco e del sottoattraversamento della linea ferroviaria storica;
- Indagini indirette eseguite nelle campagne 2012-13 e 2017-18 del PD rappresentate dalle linee sismiche tomografiche a rifrazione P26, P27, PES10 e PES11;
- Indagini dirette eseguite nel 1959 preventivamente alla realizzazione delle fondazioni delle pile n. 13 e 14 del viadotto Belprato, costituite rispettivamente dai sondaggi denominati S59+120/1969 e S59+155/1969, messi a disposizione da A22;
- Documento di *As built* realizzato per la contabilità lavori di costruzione delle fondazioni del viadotto, messi a disposizione da A22, costituito da un profilo con gli schemi di scavo dei pozzi di fondazione delle pile;
- Indagini dirette integrative realizzate nella presente fase di progettazione esecutiva nei pressi della pila 14, rappresentate da due sondaggi a carotaggio continuo, S7 (verticale) ed S12 (inclinato).

Il modello geologico di dettaglio, costituito da una carta geologica in scala 1:1000, una sezione longitudinale estesa dalla zona di imbocco e sottopasso della linea ferroviaria storica ad oltre il sottoattraversamento della pila 13 del viadotto Belprato dell'autostrada A22 e quattro sezioni trasversali, di cui due passanti per l'asse delle due pile 13 e 14 del viadotto, è rappresentato nell'elaborato IB0U1BEZZL7GE0001005B.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
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	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	159 di 190

Partendo dalla posizione della galleria artificiale e dall'imbocco della galleria naturale tra la linea ferroviaria storica e la sponda del Fiume Isarco, ovvero dalla sezione di uscita della TBM che scaverà la Galleria di interconnessione come previsto dal progetto, i primi terreni interessati dall'opera sono i depositi alluvionali recenti terrazzati (ar) del fondovalle Isarco.

Questi depositi sono stati campionati per l'intera profondità di indagine dai due sondaggi di PD EO24 ed EO25. Nel sondaggio EO24, profondo 40 m, si tratta di prevalenti ghiaie con matrice sabbiosa debolmente limosa, con diffusi ciottoli e con rari passaggi di sabbie ghiaiose. Nel deposito sono dispersi a tutte le altezze trovanti e blocchi di micascisto di dimensioni decimetriche, puntualmente anche metriche (ad es. tra 5,5 e 6,5 – diametro attraversato 1,0 m).

Il sondaggio EO25, profondo 25 m, mostra una natura del deposito molto simile al precedente sondaggio fino a circa 12 m di profondità, intervallo nel quale sono stati campionati anche diversi trovanti e blocchi di dimensioni fino a 0,7 m (tra 6,2 e 6,9 m). Al di sotto dei 12 m e fino a fondo foro (35 m) la stratigrafia mostra un terreno prevalentemente sabbioso o sabbioso-ghiaioso, con un livello di limo e sabbia ghiaioso tra 14-17 m e un livello limoso tra 19 e 20 m circa.

Nei terreni descritti verrà eseguito lo scavo della galleria artificiale e il pozzo di uscita della TBM, oltre che il sottopasso, sempre mediante TBM, della linea ferroviaria storica, ubicato all'incirca tra le pk 2+500 e 2+540. Il sottopasso della linea storica avviene con una copertura sull'estradosso della galleria di soli 5.5-6 m.

Proseguendo verso il versante e in direzione del sottopasso del viadotto autostradale, nel tratto compreso tra le pk 2+440 e 2+500, nel modello geologico di riferimento elaborato per il PE si è ipotizzato che la sezione di scavo possa essere interessata dalla presenza di un deposito di frana inattiva (fi), costituito da grossi blocchi rocciosi, di natura filladica, in matrice detritica della stessa natura petrografica. In particolare, con riferimento alla direzione di scavo della TBM, alla pk 2+440 dove è prevista all'incirca l'uscita dal basamento roccioso, si ipotizza che i depositi grossolani di frana inattiva dovrebbero occupare l'intera sezione di scavo, per poi gradualmente ridursi alla sola porzione inferiore del cavo a partire dalla pk 2+470-2+485 e via via assottigliarsi ulteriormente fino a sparire dalla sezione di scavo all'altezza del sottopasso della ferrovia storica (pk 2+500 circa).

La presenza dei depositi di frana inattiva, ricoperti da depositi detritici di versante più superficiali, è stata ipotizzata mediante una reinterpretazione oggettiva della stratigrafia del sondaggio di PD C23, unita all'osservazione del contesto geomorfologico di superficie dell'area circostante l'opera, in particolare della porzione di versante a monte dell'autostrada in corrispondenza circa del sottopasso da parte del tracciato dell'interconnessione, ove è segnalato un accumulo di frana inattiva nella cartografia di PD, ripresa dal modello di PE.

Il sondaggio C23 di PD, realizzato in asse galleria all'altezza della pk 2+477, della profondità di 50 m, da bocca foro fino alla profondità di 12-13 m individua, al di sotto di un sottile strato superficiale di riporto, depositi detritici con locali passate di ghiaie eterometriche poligeniche. Questo intervallo di profondità indagato dal sondaggio può essere interpretato come una alternanza eteropica di depositi detritici di versante e depositi alluvionali (testimoniati dalle ghiaie poligeniche).

Al di sotto dei 13 m e fino a circa 32 m di profondità la stratigrafia del sondaggio mostra un deposito totalmente differente: vengono campionati infatti tre grossi trovanti rocciosi di cui il primo di circa 12 m (tra 12,7 e 24,4), il secondo di 1,8 m (tra 25,2 e 27,0) e il terzo di circa 4 m (tra 27,75 e 31,8). I tre trovanti sono

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA <b>IB0U</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GE0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO. <b>160 di 190</b>

separati da livelli di ghiaia in matrice sabbioso-limosa, monogenica (di natura filladica) e a clasti angolari. Questo intervallo stratigrafico può verosimilmente essere interpretato come un accumulo di una antica frana di crollo, costituito da blocchi litoidi plurimetrici immersi in una matrice ghiaioso-sabbiosa della stessa natura petrografica di quella dei blocchi. Il più grande dei tre trovanti si trova per oltre la sua metà superiore all'interno della sezione di scavo (nell'intervallo tra le pk 2+470-2+485 circa), quindi potrebbe determinare una potenziale criticità di scavo legata al fronte misto e alla presenza di grandi blocchi mobilizzabili dalla TBM.

Oltre i 32 m e fino a fondo foro la stratigrafia mette in evidenza nuovamente la presenza di passate di ghiaia poligenica con clasti da arrotondati ad angolari con evidenziati blocchi di granito, intercalate a blocchi di natura filladica, per cui l'intervallo più profondo è stato interpretato, come quello più superficiale soprastante i depositi di frana, come un'alternanza tra depositi detritici di versante e 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:	<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	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 161 di 190



Fig. 98 – Fotografie delle casse da C3 a C7 del sondaggio C23 del PD con l'intervallo 12,8 m – 31,8 m dove sono stati evidenziati i settori relativi al trovante decametrico e ai due plurimetrici (linee azzurre) e i livelli di ghiaia sabbioso limosa monogenica probabilmente costituenti la matrice del deposito di frana (linee gialle).

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
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	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	162 di 190

L'ipotesi della presenza dei depositi di frana inattiva sepolti nel settore di transizione tra il riempimento alluvionale del fondovalle Isarco e il fianco del versante in roccia, oltre che dai dati geognostici descritti in precedenza, è stata supportata anche dall'analisi del contesto geomorfologico del settore medio-basso del versante prospiciente l'area dell'imbocco del binario pari e dell'interferenza con l'autostrada A22. Nella carta geologica di PD, i cui contenuti sono stati verificati e riproposti nel presente modello di PE, è riportato un deposito di frana inattiva, delimitato a valle all'incirca dall'autostrada A22: tra questa e il fondovalle viene riportata una fascia di depositi detritici che apparentemente interrompe il deposito di frana.

L'ipotesi fatta per l'elaborazione del modello di PE è che la frana inattiva, molto antica e derivante da un possibile evento, o da più eventi di crollo avvenuti in un contesto morfologico con un fondovalle molto più profondo di quello attuale, prosegue nel sottosuolo verso l'asse vallivo e sia ricoperta nella porzione di transizione al fondovalle da depositi detritici sviluppati in seguito.

Il corpo di frana inattiva sepolto è stato messo in posto in un momento dell'evoluzione geomorfologica della Valle Isarco di molto precedente all'attuale riempimento alluvionale. Si può ipotizzare che si sia trattato di un fenomeno avvenuto in fase di ritiro del ghiacciaio della Valle Isarco o addirittura in una fase interglaciale. Si può affermare che si tratti dunque di una paleofrana. In tale contesto non è necessario che vi sia una diretta coerenza con la situazione geomorfologica attuale, né in termini di posizione della frana sepolta rispetto alla frana attualmente individuata sul versante e nemmeno per quanto concerne le argomentazioni sulle possibili direzioni di movimento del fenomeno che originò il deposito, in quanto il versante lungo il quale avvenne il distacco antico poteva avere una morfologia molto diversa dall'attuale.

La correlazione con la frana inattiva cartografata sul versante attuale è stata indicata nell'elaborazione del modello per supportare l'ipotesi che, in un sito dove attualmente si osservano evidenze di frana e un ammasso roccioso affiorante con potenziali caratteristiche predisponenti, possano essersi verificati fenomeni gravitativi importanti nel passato geologico. Come esempio di un caso tipico di paleofrana di cui non si osservano attualmente indizi morfologici nel versante soprastante si può citare il deposito di frana inattiva ipotizzato dal modello geologico di PD e confermato dal modello di PE sulla base di nuove indagini al di sotto del terrazzo glaciale di Tiles Pinzago (Galleria Scaleres pk 9+240 – 10+040).

Un dato oggettivo indiretto sulla presenza di depositi di frana al di sotto del detrito nell'area è rappresentato dai sondaggi eseguiti, all'altezza di ogni pila, precedentemente allo scavo delle fondazioni del viadotto Belprato dell'A22. I sondaggi eseguiti in corrispondenza delle pile n. 15 e n. 16, hanno infatti individuato, al di sotto di un livello superficiale di circa 7-9 m di spessore, la presenza di trovanti pluridecimetrici e depositi definito come "ammasso di frana" (Fig. 99). Per quanto riguarda il riferimento a questi due sondaggi, si chiarisce che essi sono stati considerati solo come supporto ulteriore alla presenza di un deposito di frana sepolto ma effettivamente non costituiscono un dato sufficientemente oggettivo per stabilire la natura del deposito presente nel sottosuolo. Tuttavia, si osserva anche che nessuna delle due verticali di indagine citate viene rappresentata direttamente sulle sezioni geologiche presenti nel plano-profilo allegato (elaborato IB0U1BEZZL7GE0001005B).

Altro indizio della possibile presenza del deposito di frana sepolto deriva dalle indagini dirette integrative che saranno descritte più avanti per la tratta nel basamento roccioso di sottopasso del viadotto autostradale (sondaggi S21/7 e S21/12): l'ammasso roccioso indagato presenta condizioni di fratturazione compatibili con un settore di basamento adiacente a una superficie di distacco di frana con evidenze di piani di scorrimento

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandatario:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 163 di 190

incipienti che sono stati nel tempo stabilizzati in quanto sigillati dalla deposizione degli stessi depositi di frana e dai depositi alluvionali e detritici soprastanti.

Nella tratta in cui la galleria sarà scavata nei depositi di frana inattiva e nei soprastanti depositi alluvionali recenti prima del sottopasso della linea ferroviaria storica, le coperture topografiche variano da un massimo di circa 14 m all'altezza della pk 2+446 ad un minimo di 5 m circa in corrispondenza della pk 2+493.

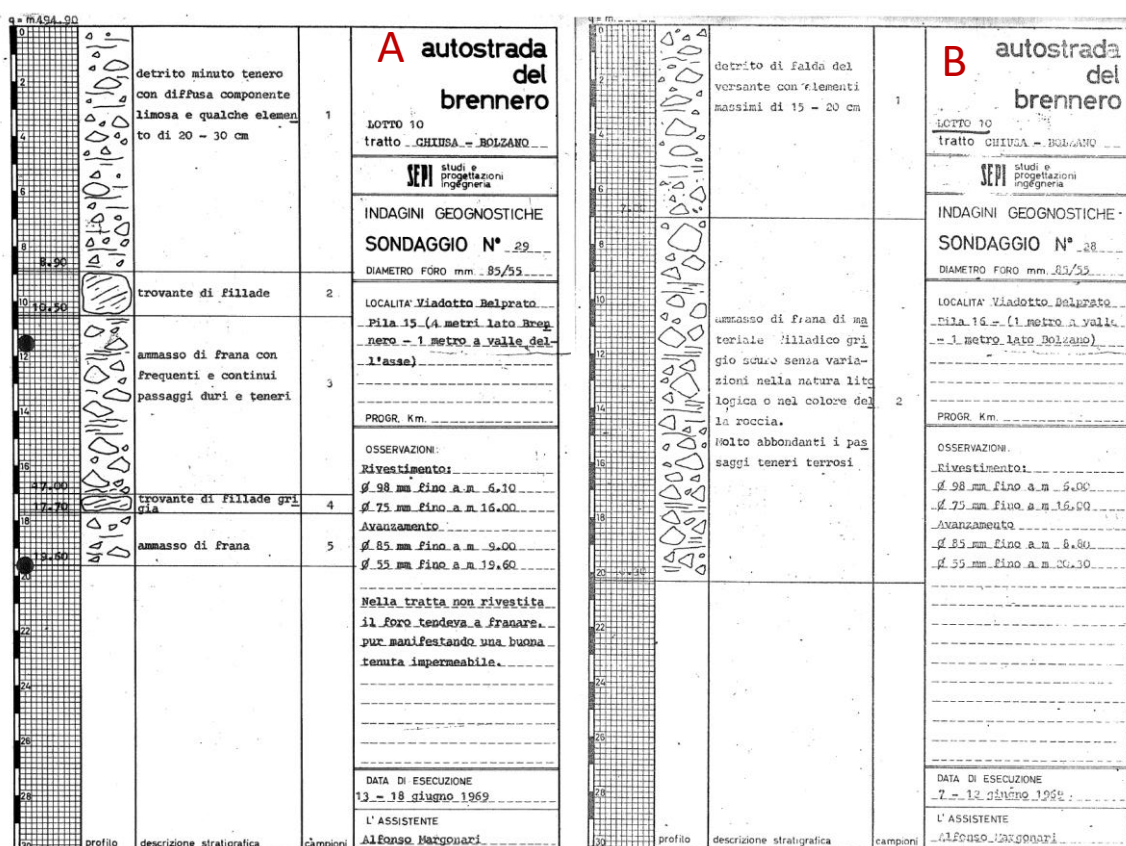


Fig. 99 – Schede stratigrafiche dei sondaggi realizzati nel 1969 prima dello scavo delle fondazioni delle pile 15 (A) e 16 (B) del viadotto Belprato (o Novale) dell’A22, che individuano trovanti filladici e depositi di frana al di sotto dei 7 – 9 m di profondità.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 164 di 190

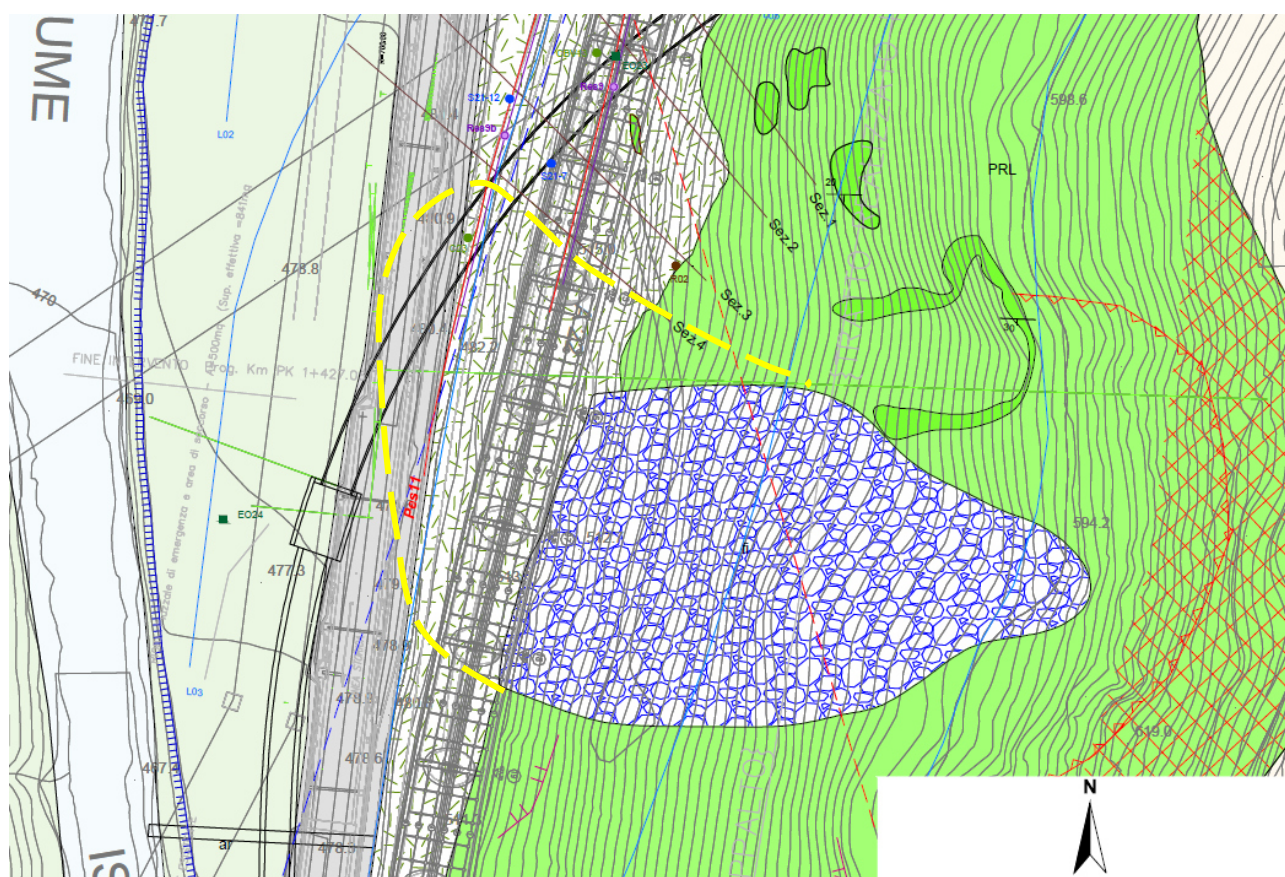


Fig. 100 – Stralcio della carta geologica contenuta nel planoprofilo di dettaglio dell’imbocco dell’interconnessione di Ponte Gardena – binario pari (elaborato IB0U1BEZZL7GE0001005B) con evidenziato l’accumulo di frana inattiva a monte dell’autostrada e la sua possibile estensione sepolta dai depositi detritici al piede del versante e dai depositi alluvionali di fondovalle (linea tratteggiata gialla).

Per quanto riguarda la tratta di galleria da scavare nella porzione terminale dell’ammasso roccioso prima del passaggio ai depositi di riempimento del fondovalle descritti in precedenza, corrispondente al sottopasso dell’infrastruttura autostradale, l’elaborazione del modello geologico di PE è stata eseguita, a partire dal modello di PD e dalle indagini di PD disponibili, sulla base delle nuove indagini dirette integrative realizzate e dei dati geognostici e di *As built* forniti da A22 relativi allo scavo delle fondazioni del viadotto.

La tratta in questione, rappresentata sul profilo longitudinale (Fig. 101) e sulle relative sezioni trasversali (Fig. 102) nel piano-profilo di dettaglio, si estende dalla pk 2+190 alla pk 2+445-60 circa, dove si è ipotizzato il passaggio ai depositi di frana inattiva. In questo settore si dispone delle seguenti indagini dirette:

- sondaggi CBV13 ed EO23 del PD, ubicati entrambi in prossimità della pila n. 13;
- sondaggi S59+120/1969 e S59+155/1969, ubicati rispettivamente nei pressi degli assi delle pile n. 13 e n. 14;
- sondaggi integrativi S21/7 (verticale) ed S21/12 (inclinato), ubicati nelle vicinanze della pila n. 14.

I sondaggi di PD CBV13 ed EO23 indagano il sottosuolo della Pila 13 del viadotto. Entrambi hanno perforato nei primi metri di profondità i terreni di riporto di copertura ed il calcestruzzo del pozzo di fondazione della pila. In particolare, il sondaggio CBV13, realizzato a circa 8 m di distanza dall’asse della pila con bocca foro a



APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	165 di 190

quota 500,4 m, individua riporto eterogeneo ed eterometrico fino a 7,4 m e calcestruzzo fino a 13,2 m di profondità, direttamente passante in profondità al substrato roccioso costituito da fillade compatta. Il sondaggio EO23, realizzato a circa 4 m di distanza dall'asse della pila con bocca foro alla stessa quota del sondaggio CBV13 (500,4 m), individua una stratigrafia analoga a quest'ultimo, con terreno di riporto fino a 7,7 m, calcestruzzo da 7,7 fino a 12,0 m, seguito da un livello di ghiaia poligenica con sabbia di colore molto simile alla matrice del cls soprastante, interpretabile come magrone o calcestruzzo poco cementato, fino alla profondità di 14,2, dove si passa al substrato roccioso di natura filladica. Sulla base di questi due sondaggi si evidenzia che la base del pozzo di fondazione della pila 13 (che viene sottopassata direttamente dalla Galleria di interconnessione) si localizza ad una quota assoluta compresa tra 486 m e 485 m circa e che la fondazione appoggia sull'ammasso roccioso, localmente con l'interposizione di uno strato di magrone o probabile cls di pulizia e livellamento della superficie di appoggio.

Nella parte in roccia dei due sondaggi sopra descritti si evidenziano settori di lunghezza plurimetrica con RQD molto basso (<30%) che sono stati interpretati come possibili zone di faglia, il che ha permesso di ipotizzare la presenza di una faglia che è stata proiettata in galleria all'incirca tra le pk 2+410 e 2+425.

Il sondaggio dell'A22 - S59+120/1969, verticale di profondità 19,6 m, realizzato secondo la scheda stratigrafica (Fig. 103) a 1 m dall'asse della pila, metteva in evidenza il substrato roccioso, costituito da filladi grigio-verdi fratturate, alla profondità di 9 m. Sulla scheda non è riportata la quota di bocca foro. Nella ricostruzione eseguita si è ipotizzato cautelativamente per questo sondaggio una quota di bocca foro analoga a quella dei due sondaggi di PD. In questo modo si evidenzia che il top del substrato roccioso, prima dello scavo del pozzo, potesse essere in asse pila a quota 491 circa, 5-6 metri più alto rispetto alla base della fondazione individuata dai due sondaggi di PD. Di conseguenza si è ipotizzato, come mostrato nelle sezioni geologiche (cfr. Fig. 101 e Fig. 102) che l'appoggio della fondazione della pila 13 sia completamente in roccia. Questa ipotesi è suffragata anche dall'analisi del documento di *As Built* fornito da A22, che contiene uno schema degli scavi per la realizzazione dei pozzi di fondazione di ciascuna pila, di cui si riporta uno stralcio, relativo alle pile 13 e 14, in Fig. 104.

Per quanto riguarda il settore di interferenza con il viadotto più spostato verso la pila 14, la cui fondazione non viene sottopassata direttamente dalla galleria, ma ad una distanza ridotta, nel punto più vicino di circa 2 m, il modello geologico è stato costruito mediante l'interpretazione dei dati del sondaggio A22 - S59+155/1969 e dei due sondaggi integrativi S21/7 ed S21/12 realizzati in fase di progettazione esecutiva.

Il sondaggio S59+155/1969 verticale di profondità 19,6 m, realizzato secondo la scheda stratigrafica (Fig. 103) circa 4 m a valle dell'asse della pila con bocca foro a quota 494,9 m, metteva in evidenza il substrato roccioso sano, costituito da fillade grigia, alla profondità di 8,5 m, al di sotto di uno strato corticale di roccia fortemente fratturate esteso per 1,7 m tra 6,8 e 8,5 m. La quota del substrato sano a valle della pila è quindi ipotizzabile a poco più di 486 m di quota, quindi all'incirca alla stessa quota della base della fondazione della pila 13.

Il sondaggio S21/7, verticale e profondo 40 m, con bocca foro a quota 495,05 è stato realizzato circa 12 m a valle dell'asse della pila 14, nei pressi del ciglio di valle della strada esistente a fianco delle pile del viadotto e sulla verticale del paramento sinistro della galleria. Il sondaggio ha individuato la seguente stratigrafia:

- Da 0,00 a 6,00 m: Pavimentazione stradale e materiale di riporto costituito da sabbia a grana medio-fine di colore grigio-biancastro con trovanti e clasti subarrotondati di  $\varnothing$  max=5-6 cm; (rilevato stradale);

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 166 di 190

- Da 6,00 a 16,10 m: Detrito costituito da ghiaia medio-grossolana con blocchi di roccia subarrotondati e subangolari di  $\varnothing_{max}=7-8$  cm.
- Da 16,10 a 40,70 m: Fillade quarzifera con tratte a diverso grado di fratturazione: poco fratturata e lievemente alterata da 16,10 a 19,00 m (RQD 53-74%); molto fratturata e alterata da 19,00 a 31,00 m (RQD 0%, localmente pari 25%, 34%, 22% e 16%); poco fratturata e lievemente alterata da 31,00 a 32,00 m (RQD 62%); molto fratturata e lievemente alterata da 32,00 a 35,00 m (RQD 15-23%); poco fratturata e lievemente alterata da 35,00 a 40,00 m (RQD 53-72%).

Il sondaggio S21/12, inclinato verso N110E di 50° rispetto alla verticale e profondo 35 m, con bocca foro a quota 485,28 è stato realizzato dal ciglio di valle dalla strada presente alla base della scarpata sottostante il viadotto e la stessa strada dove si ubica il sondaggio S21/7 a circa 15 m di distanza verso valle dall'asse della galleria. L'inclinazione e la direzione del sondaggio sono tali per cui esso ha attraversato direttamente il volume di sottosuolo interessato dalla sezione della galleria, all'incirca all'altezza delle pk 2+430-2+440.

- Da 0,00 a 1,90 m: Terreno vegetale e materiale di riporto costituito da sabbia medio-fine ghiaiosa (rilevato stradale);
- Da 1,90 a 8,30 m: detrito costituito da sabbia e sabbia fine ghiaiosa debolmente limosa, con clasti di fillade e micascisto da subangolari a subarrotondati di  $\varnothing_{max}=8-10,00$ cm, localmente più concentrati (1,9-3,8 m);
- Da 8,30 a 12,50 m: Blocchi di fillade quarzifera molto fratturate e alterata e fratturata con patine di alterazione ocracee e verdastre (porzione corticale di alterazione del substrato roccioso);
- Da 12,50 a 35,00 m: Fillade quarzifera con tratte a diverso grado di fratturazione: moderatamente fratturata e alterata da 12,50 a 20,00 m (RQD 32-48%); poco fratturata e alterata da 20,00 a 31,60 m (RQD 64-83%); molto fratturata e alterata da 31,60 a 35,00 m (RQD 12-16%).

Le stratigrafie e la documentazione fotografica dei sondaggi sopra descritti realizzati nella presente fase di progettazione esecutiva sono contenute nell'elaborato IB0U1BEZZSGGE0000001B, relativo ai sondaggi integrativi per le opere di parte B.

I risultati dei due sondaggi integrativi, proiettati sulle sezioni longitudinale e trasversali, consentono di definire meglio rispetto ai soli dati di PD l'andamento del limite depositi-substrato in profondità, evidenziando una locale riduzione dell'inclinazione del contatto, che configura la presenza di una sorta di "promontorio" sepolto del substrato che si estende verso il centro della valle all'altezza proprio delle pile 13 e 14 del viadotto. Questo promontorio delimiterebbe verso sud i depositi di frana inattiva, costituendo una sorta di "spalla" del versante sulla quale la frana si sarebbe arrestata.

Occorre anche osservare, come già anticipato in precedenza, che il grado di fratturazione a luoghi molto elevato del substrato roccioso indagato dai due sondaggi, potrebbe essere l'espressione di piani di scorrimento incipienti nella porzione più corticale del versante sepolto, che bene si inquadrano in un contesto di deformazione gravitativa di versante.

Si ipotizza nel modello geologico che il passaggio dalla roccia fratturata corticale al deposito di frana inattiva, in base alla geometria sepolta del substrato, avverrà in modo diagonale al senso di avanzamento dello scavo. All'incirca tra le pk 2+445 e 2+460 si incontrerà inizialmente il deposito nel quarto superiore destro della sezione, mentre alla fine della tratta la roccia tenderà a scomparire sul quarto inferiore sinistro.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<b>Mandatario:</b> SWS Engineering S.p.A.	<b>Mandanti:</b> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA <b>IBOU</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GE0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO. <b>167 di 190</b>

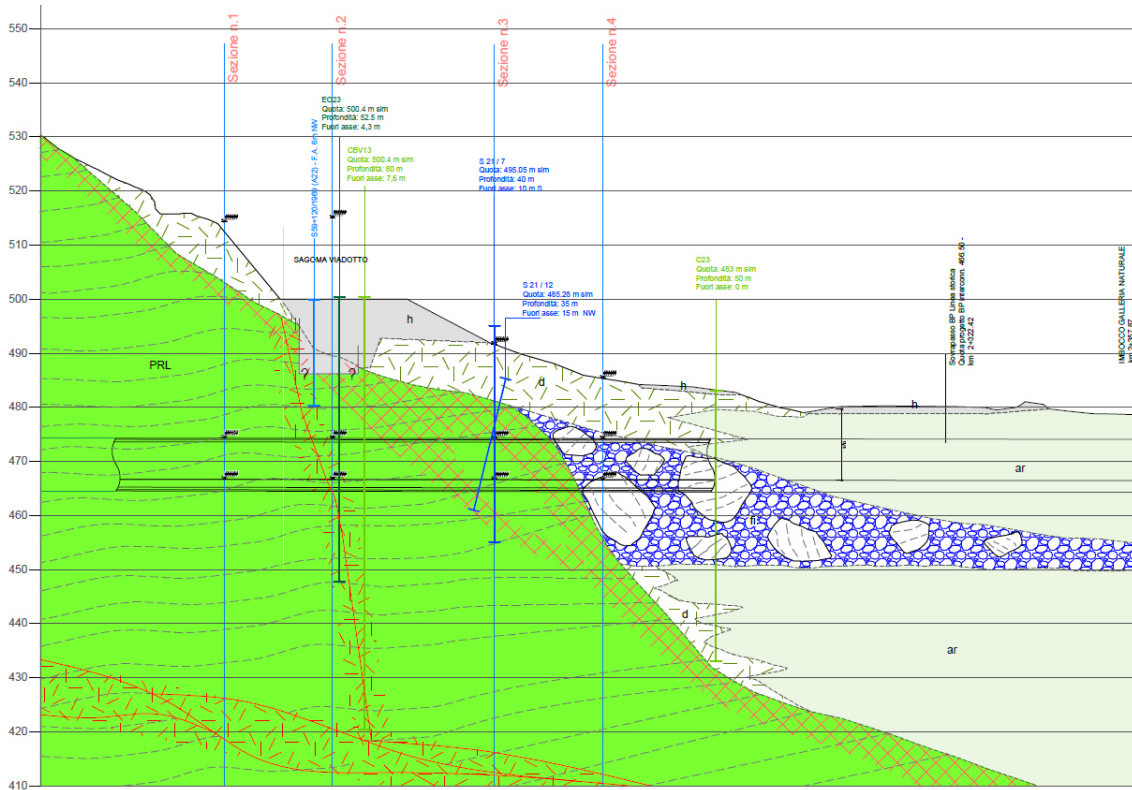


Fig. 101 – Stralcio del planoprofilo di dettaglio dell'imbotto dell'interconnessione di Ponte Gardena – binario pari con la sezione longitudinale lungo il tracciato - elaborato IBOU1BEZZL7GE0001005B.

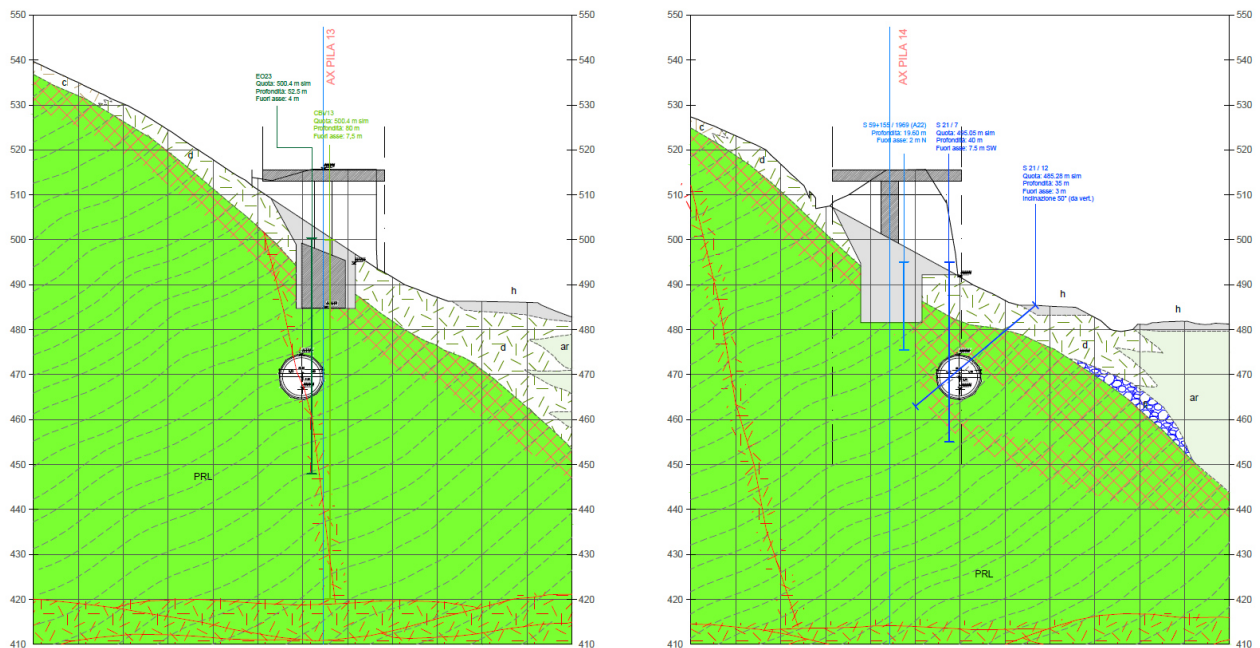


Fig. 102 – Stralcio del planoprofilo di dettaglio dell'imbotto binario pari con le due sezioni trasversali all'altezza delle pile 13 e 14 del viadotto Belprato (o Novale) dell'A22 - elaborato IBOU1BEZZL7GE0001005B.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE000001	REV. C	FOGLIO. 168 di 190

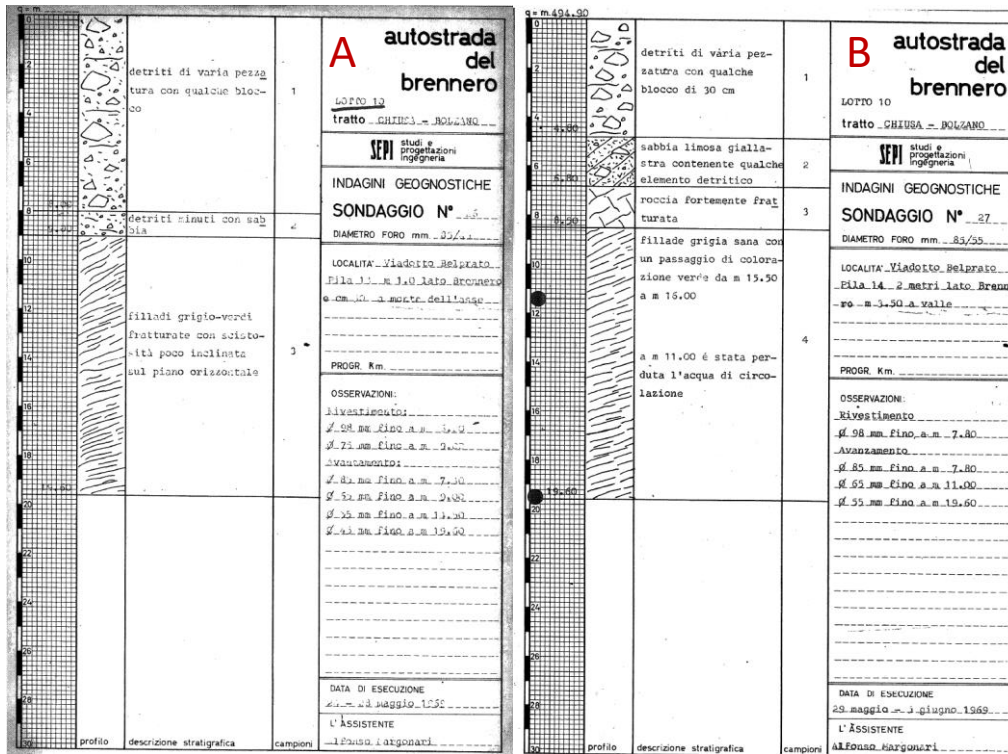


Fig. 103 – Schede stratigrafiche dei due sondaggi realizzati nel 1969 prima dello scavo delle fondazioni delle pile 13 (A) e 14 (B) del viadotto Belprato (o Novale) dell’A22.

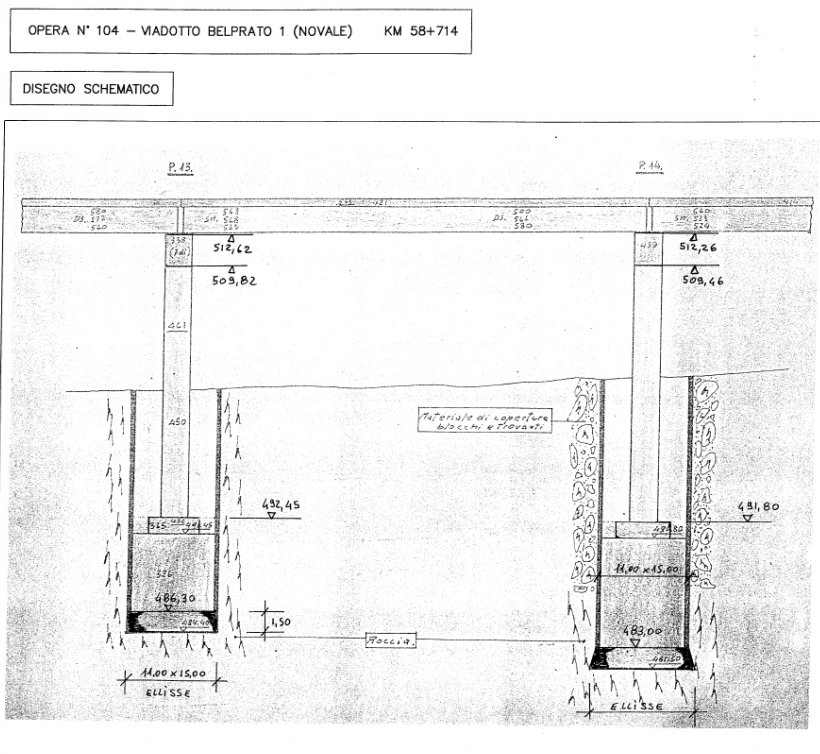


Fig. 104 – Stralcio dell’elaborato di As-Built – profilo degli scavi di fondazione delle pile del viadotto Belprato (o Novale) dell’A22.



APPALTATORE:					
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
Mandatario:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	Mandanti:	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	
		M Ingegneria			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
Relazione geologica	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C
					FOGLIO.
					169 di 190

Nella tratta di sottopasso delle fondazioni del viadotto la copertura topografica, valutata rispetto al piano della strada che costeggia le pile, è poco inferiore a 26 m. Nell'ipotesi che, come individuato dai due sondaggi di PD, la base della fondazione in calcestruzzo della pila 13 sia localizzata tra quota 485 e 486 m, la copertura rocciosa sull'estradosso della galleria sarebbe di circa 11-12 m.

Per gli aspetti geomorfologici della zona di imbocco e della galleria artificiale si faccia riferimento al successivo paragrafo 10.3.4, relativo alle tratte all'aperto delle interconnessioni di Ponte Gardena.

### 10.3.3 Imbocco Binario Dispari e interferenza con l'autostrada A22

Il modello geologico di riferimento di dettaglio per la zona di imbocco del binario dispari, esteso fino all'interferenza con l'infrastruttura autostradale dell'A22, che viene sottoattraversata nel rilevato presente a tergo della spalla Sud del viadotto Belprato (o Novale), è stato elaborato come descritto di seguito e sulla base dei dati oggettivi elencati:

- Analisi del modello geologico di PD rappresentato dalla cartografia geologica e dal profilo geologico longitudinale lungo il tracciato dell'interconnessione;
- Indagini dirette eseguite nelle campagne 2012-13 del PD rappresentate dai due sondaggi C26 e C27;
- Indagini indirette eseguite nella campagna 2017-18 del PD rappresentate dalle linee sismiche tomografiche a rifrazione PES12 e PES13;
- Indagini dirette integrative realizzate nella presente fase di progettazione esecutiva dalla zona a monte del rilevato autostradale, rappresentate da due sondaggi inclinati a carotaggio continuo, S21/9 ed S21/11.

Il modello geologico di dettaglio, costituito da una carta geologica in scala 1:1000, una sezione longitudinale estesa dalla zona di imbocco e sottopasso del rilevato dell'autostrada A22 e due sezioni trasversali eseguite attraverso il rilevato autostradale rispettivamente alle pk 3+120 e 3+163 è rappresentato nell'elaborato IB0U1BEZZL7GE0001006B.

L'imbocco in artificiale della Galleria di interconnessione si colloca tra le pk 3+215 e 3+190 circa, all'interno dei depositi alluvionali recenti terrazzati (ar), interessando presumibilmente anche una sottile copertura di depositi antropici costituiti dal rilevato della strada esistente tra la ferrovia storica ed il piede del rilevato dell'A22.

L'attacco della galleria naturale, ovvero l'uscita dello scavo con TBM, si localizza sulla verticale del piede del rilevato autostradale. In base alla stratigrafia dei sondaggi di PD C26 e C27, proiettati da fuori asse sul profilo longitudinale rispettivamente di 25 e 8 m, in accordo sostanziale con quanto previsto dal modello di PD, si ipotizza che il tratto terminale di scavo della galleria naturale avverrà quasi completamente all'interno dei depositi alluvionali (ar), con l'interessamento dei depositi antropici del rilevato autostradale solo in una ridotta porzione in calotta della sezione di scavo, di spessore inferiore al metro (Fig. 106).

La copertura topografica nel tratto di sottoattraversamento del rilevato dell'A22 parte da un minimo di circa 3 m al piede del rilevato, in corrispondenza dell'inizio della galleria naturale, per poi aumentare rapidamente fino poco più di 16 m sotto la verticale del ciglio Ovest della piattaforma+ autostradale, raggiungendo il valore massimo di circa 17-18 m all'altezza del ciglio Est, per poi diminuire nuovamente fino ad un minimo di circa 11 m in corrispondenza della verticale del contatto in galleria tra i depositi quaternari e il substrato roccioso.

APPALTATORE:			<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>			
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 170 di 190

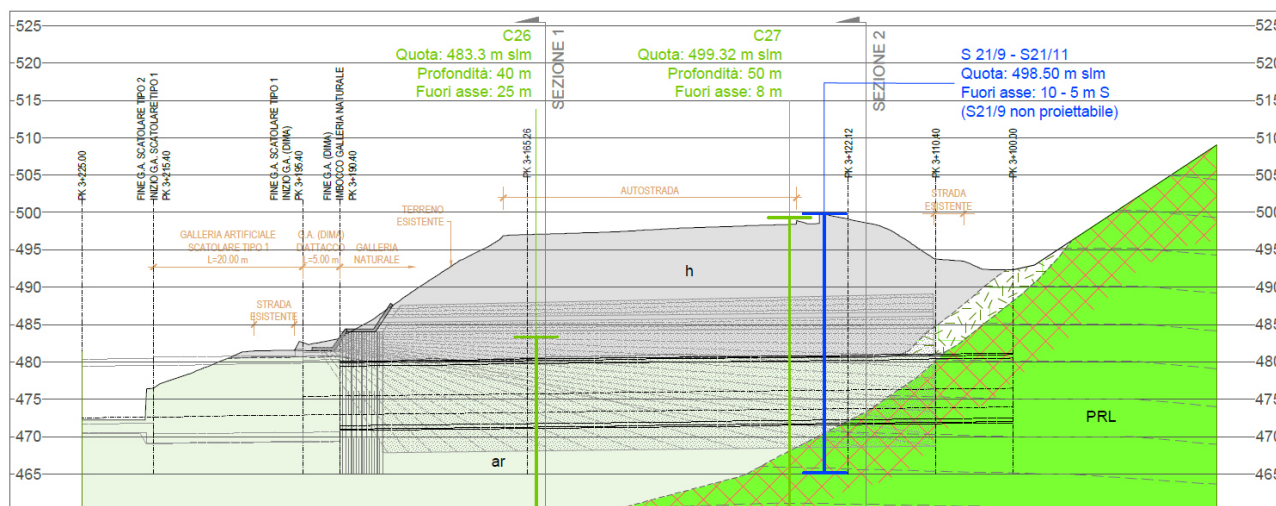


Fig. 105 – Stralcio del planoprofilo di dettaglio dell'imbocco dell'interconnessione di Ponte Gardena – binario dispari con la sezione longitudinale lungo il tracciato nel tratto di sottopasso del rilevato dell'autostrada A22- elaborato IBOU1BEZZL7GE0001006B.

La zona di passaggio dal substrato roccioso ai depositi alluvionali del fondovalle Isarco e antropici del rilevato autostradale è stata indagata con l'esecuzione dei due nuovi sondaggi integrativi S21/9 e S21/11. I due sondaggi sono stati realizzati dal ciglio del rilevato autostradale presente a monte della stessa autostrada sul lato Est della piattaforma stradale, dove inizia il versante montuoso in sinistra idrografica della Valle Isarco.

Il sondaggio S9 è inclinato di 30° rispetto alla verticale, in direzione del versante (N120E) ed è profondo 25 m; la stratigrafia campionata dal sondaggio è la seguente:

- Da 0,00 a 10,00 m: Materiale di riporto costituito da sabbia fine debolmente ghiaiosa con blocchi e clasti subarrotondati di  $\varnothing$  max = 5-7 cm (rilevato autostradale);
- Da 10,00 a 10,40 m: Blocchi di fillade quarzifera alterata e fratturata con patine di alterazione marroni rossastre e quarzo;
- Da 10,40 a 11,70 m: Limo con sabbia ghiaiosa di colore grigio scuro, addensato e successivamente di colore marrone scuro, con aumento della componente sabbiosa verso il fondo. Trovante lapideo tra 11,50 e 11,60 m;
- Da 11,70 a 15,80: filladi quarzitiche molto fratturate e alterate (patine di ossidazione sulle discontinuità), con RQD variabile da 30% a 50%;
- Da 15,80 a 25,00 m: filladi quarzitiche mediamente fratturate, con RQD variabile tra 40% e 77%.

Il sondaggio S11 è inclinato di 30° rispetto alla verticale, in direzione della piattaforma autostradale (N275E) ed è profondo 40 m; la stratigrafia campionata dal sondaggio è la seguente:

- Da 0,00 a 0,60: terreno vegetale sabbioso limoso di colore bruno scuro;
- Da 0,60 a 22,70 m: Materiale di riporto eterogeneo costituito prevalentemente da sabbia fine ghiaiosa con diffusi blocchi e clasti subarrotondati di  $\varnothing$  max = 15 cm, alla base si osserva uno strato di sabbia grossolana (rilevato autostradale);
- Da 22,70 a 25,00 m: Limo sabbioso con locali ciottoli e ghiaia sparsa, di colore marrone bruno;

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	171 di 190

- Da 25,00 a 33,50 m: Ghiaia sabbiosa con ciottoli e blocchi da subarrotondati ad arrotondati (deposito alluvionale);
- Da 33,75 a 40,00: clasti e blocchi di fillade da subangolari a spigolosi in matrice sabbiosa (possibile detrito di falda).

Le stratigrafie e la documentazione fotografica dei sondaggi sopra descritti realizzati nella presente fase di progettazione esecutiva sono contenute nell'elaborato IB0U1BEZZSGGE0000001B, relativo ai sondaggi integrativi per le opere di parte B.

Il primo sondaggio (S21/9) è stato previsto per dettagliare la posizione, laterale rispetto all'asse della galleria, del substrato roccioso costituito dai Paragneiss di Laion, qui presenti con una facies prevalentemente filladica, come verificato dal carotaggio e dai rilievi di superficie eseguiti negli affioramenti immediatamente a monte dell'autostrada. La posizione del substrato riscontrata dal sondaggio conferma a grandi linee il modello di PD, mettendo inoltre in evidenza la presenza di un settore corticale molto fratturato (RQD<50%) che nelle sezioni di dettaglio è stato disegnato con una apposita campitura.

Il secondo sondaggio invece non ha raggiunto il substrato roccioso permettendo di vincolare l'inclinazione trasversale della base dei depositi come illustrato nella sezione trasversale alla pk 3+120 (Fig. 106). La finalità di quest'ultimo sondaggio è stata però quella di permettere di caratterizzare meglio dal punto di vista geotecnico il materiale del rilevato, mediante l'esecuzione di diverse prove pressiometriche MPT.

La geometria del limite tra il substrato roccioso e i depositi alluvionali/antropici ed in particolare la giacitura della superficie di contatto rispetto all'asse di scavo, sensibilmente diagonale, è tale per cui si ipotizza che il passaggio dallo scavo in roccia a quello in depositi avverrà attraverso un settore di transizione a fronte misto, della lunghezza di 20-30 m, in cui i depositi inizieranno a comparire nel quadrante in alto a destra, all'incirca alla pk 3+105-110, per poi gradualmente estendersi a tutta la sezione di scavo all'incirca alla pk 3+130-135, con la roccia che scomparirà dalla sezione nel quadrante in basso a sinistra. La stessa transizione graduale avverrà prima del passaggio ai depositi con l'entrata nella porzione corticale maggiormente fratturata del substrato roccioso. Lo scavo a sezione piena nei depositi proseguirà successivamente con la sezione a breve distanza dalla roccia che si troverà sul lato sinistro della galleria (Fig. 107).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 172 di 190

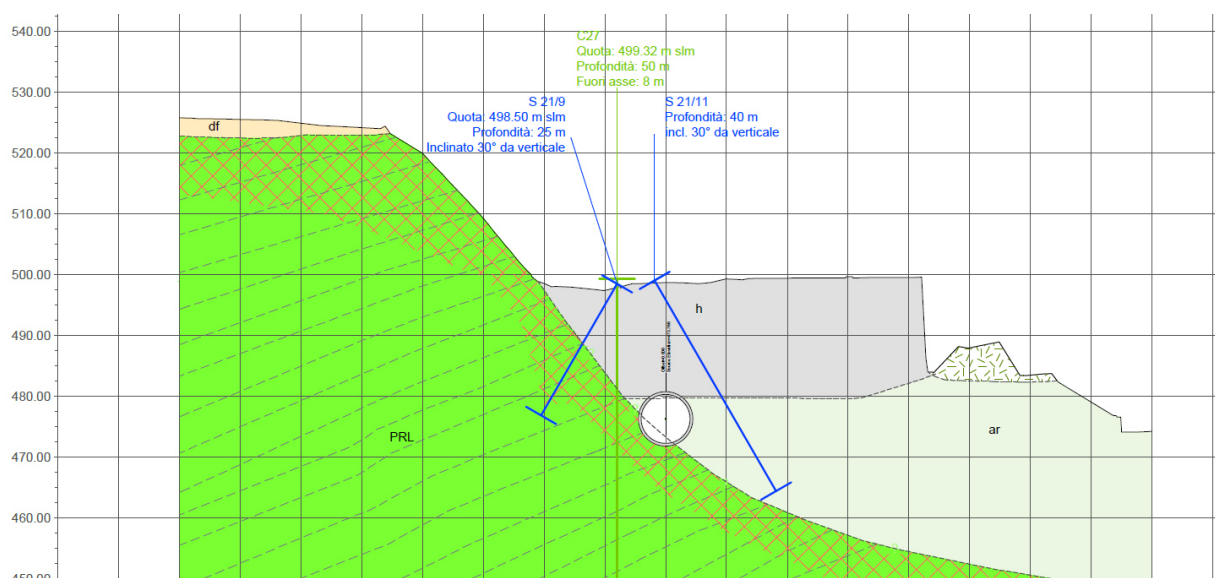


Fig. 106 – Stralcio del planoprofilo di dettaglio dell'imbocco binario dispari con la sezione trasversali all'altezza delle pk 3+120 attraverso il rilevato dell'autostrada A22- elaborato IBOU1BEZZL7GE0001006B.

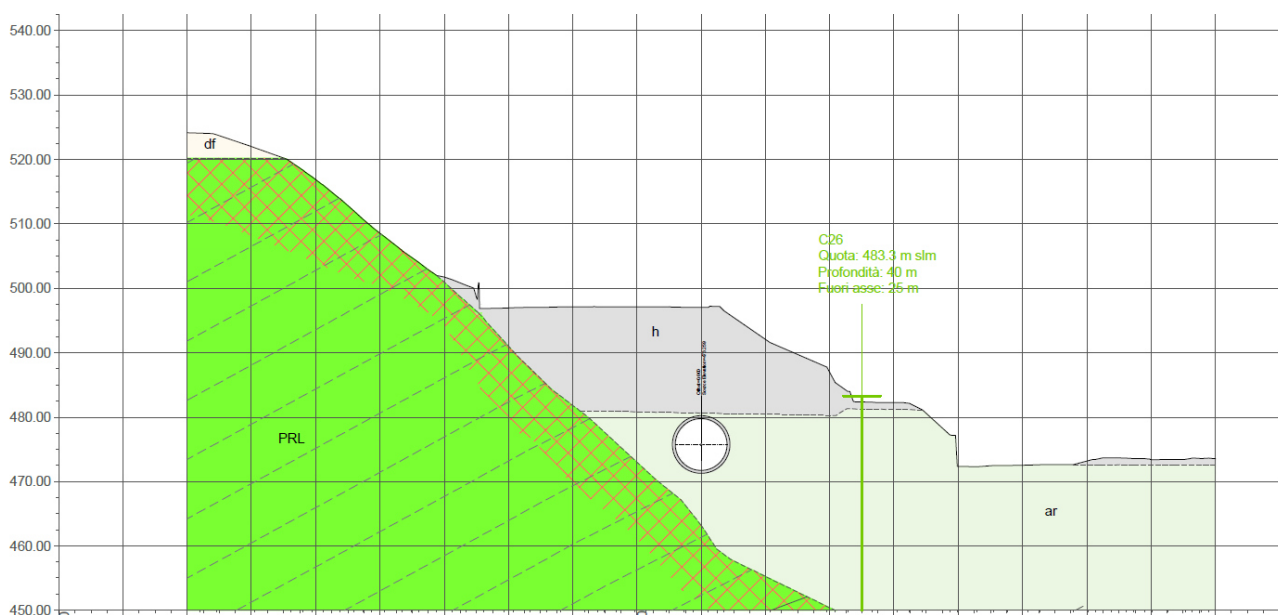


Fig. 107 – Stralcio del planoprofilo di dettaglio dell'imbocco binario dispari con la sezione trasversale all'altezza delle pk 3+163 attraverso il rilevato dell'autostrada A22- elaborato IBOU1BEZZL7GE0001006B.

Per gli aspetti geomorfologici della zona di imbocco e della galleria artificiale si faccia riferimento al successivo paragrafo 10.3.4, relativo alle tratte all'aperto delle interconnessioni di Ponte Gardena.

#### 10.3.4 Tratte all'aperto dagli imbocchi alla stazione di Ponte Gardena (Binario Pari e Binario Dispari)

Dall'imbocco della Galleria di interconnessione di Ponte Gardena – binario pari verso Sud, fino alla Stazione di Ponte Gardena il tracciato della nuova linea ferroviaria interessa per circa 890 m i terreni sabbioso-ghiaiosi



APPALTATORE:					
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
Mandatario:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	Mandanti:	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	
		M Ingegneria			
05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
Relazione geologica	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C
					FOGLIO.
					173 di 190

dei depositi alluvionali terrazzati recenti (ar) perforati nei sondaggi EO24, EO25 ed EO28. Per quanto riguarda la descrizione litologica dei depositi campionati dai sondaggi EO24 ed EO25 si veda il paragrafo 10.3.2 relativo alla tratta d'imbocco dello stesso binario pari.

Il sondaggio EO28, proiettato sul profilo all'altezza della pk 3+135 circa del binario pari, è ubicato 48 m fuori asse, verso il piede del versante. I terreni campionati da questo sondaggio sono prevalentemente costituiti da sabbie, sabbie con ghiaia o ghiaiose da medio/grossolane a medio/fini. Si osservano nella verticale di indagine due intervalli di ghiaie sabbiose, rispettivamente tra 0,7 e 1,8 m e tra 13,0 e 13,5 m di profondità. Tra 6,1 e 9,0 m di profondità la sabbia presenta una maggiore percentuale di limo. Un livello limoso è stato campionato tra 20,0 e 20,5 m di profondità. Non sono segnalati nella scheda stratigrafica trovanti o blocchi di grosse dimensioni, la dimensione massima dei singoli ciottoli campionati arriva a 10 cm.

Il tracciato del Binario Dispari si snoda all'aperto, dall'imbocco della galleria fino alla stazione di Ponte Gardena, per circa 420 m interessando i terreni sabbiosi riferibili ai depositi alluvionali terrazzati recenti (ar). indagati dal sondaggio EO28, descritto poco sopra e che rispetto al tracciato del binario dispari si proietta all'altezza della pk 3+290 a circa 25 m di distanza verso la base del versante.

#### 10.3.4.1. Aspetti geomorfologici

Dal punto di vista geomorfologico le tratte all'aperto, incluse le gallerie artificiali d'imbocco, si sviluppano entrambe sul fondovalle alluvionale dell'Isarco, in sinistra idrografica dello stesso corso d'acqua. In questo settore l'area pianeggiante del fondovalle compresa tra la sponda sinistra dell'Isarco e la base del versante, quest'ultima posta immediatamente a monte della linea ferroviaria storica, ha una larghezza massima di circa 90 m all'altezza della pk 2+550 – 2+560 circa del binario pari, riducendosi ad un minimo di circa 25-30 m, con il rilevato ferroviario che occupa quasi l'intera fascia di fondovalle, nella tratta compresa tra le pk 2+770 e 2+850 (sempre con riferimento al binario pari). Da questa progressiva fino a fine tratta, il tracciato di progetto è praticamente coincidente con quello della ferrovia storica, e si sviluppa in adiacenza alla sponda sinistra dell'Isarco, a monte della scarpata di erosione fluviale dell'alveo attivo sviluppata nei depositi alluvionali recenti. In questo tratto terminale lungo la sponda destra dell'Isarco sono presenti opere di difesa lineari costituite da muri di sponda e scogliere (*Geoportale Alto Adige della Rete Civica Alto Adige. Hazard Browser <https://maps.civis.bz.it/>*). Il tracciato di progetto termina poco a Nord della confluenza del Rio Gardena nell'Isarco, alla pk 3+421 per il binario pari e 3+636 per il binario dispari.

La porzione di fondovalle pianeggiante descritta si sviluppa tra la quota massima di circa 480 m dell'estremità di monte, fino a un minimo di 471 m a fine tracciato. La pendenza media longitudinale di questo settore, da monte verso valle, è circa dell'1%. Nello stesso tratto, della lunghezza di poco meno di 1 km, il fiume Isarco presenta una pendenza media dello 0,7% circa.

L'alveo ordinario dell'Isarco è delimitato verso Est, lato dove si ubicano la ferrovia storica, la stazione di Ponte Gardena e il tracciato delle nuove interconnessioni, da una scarpata di erosione fluviale abbastanza continua di altezza di circa 6-7 m, misurati tra la quota dell'alveo e la quota della piana alluvionale. La linea ferroviaria esistente si sviluppa in rilevato con piano del ferro a quota superiore di circa 2 – 2,5 m rispetto alla piana alluvionale. Il tracciato in progetto si raccorda alla quota dei binari esistenti in questa tratta.

L'elemento di pericolosità geomorfologica che potrebbe interferire con l'opera in progetto è rappresentato dalla dinamica fluviale dell'Isarco.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 174 di 190

Per la ricerca dei 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", e dei "Piani delle Zone di Pericolo (PZP)".

Per quanto riguarda il Comune di Laion, in cui si ubicano le gallerie artificiali d'imbocco e le tratte all'aperto terminali delle interconnessioni, il piano delle zone di pericolo individua sia pericoli idraulici che pericoli legati alle frane lungo il versante.

La pericolosità idraulica è presente lungo tutto l'alveo ordinario dell'Isarco, delimitato dalla scarpata di erosione fluviale di sponda (Fig. 108) e dalle difese spondali, oltre che in parte nel settore pianeggiante in corrispondenza della stazione di Ponte Gardena, dove viene individuato un livello di pericolosità medio con Grado di pericolo 1 (retino di colore giallo in Fig. 109).

Le opere in progetto interferiscono con l'area a pericolosità elevata (parte dell'alveo dell'Isarco) per quanto riguarda l'imbocco della galleria binario pari e con l'area a pericolosità media nel settore della Stazione di Ponte Gardena.

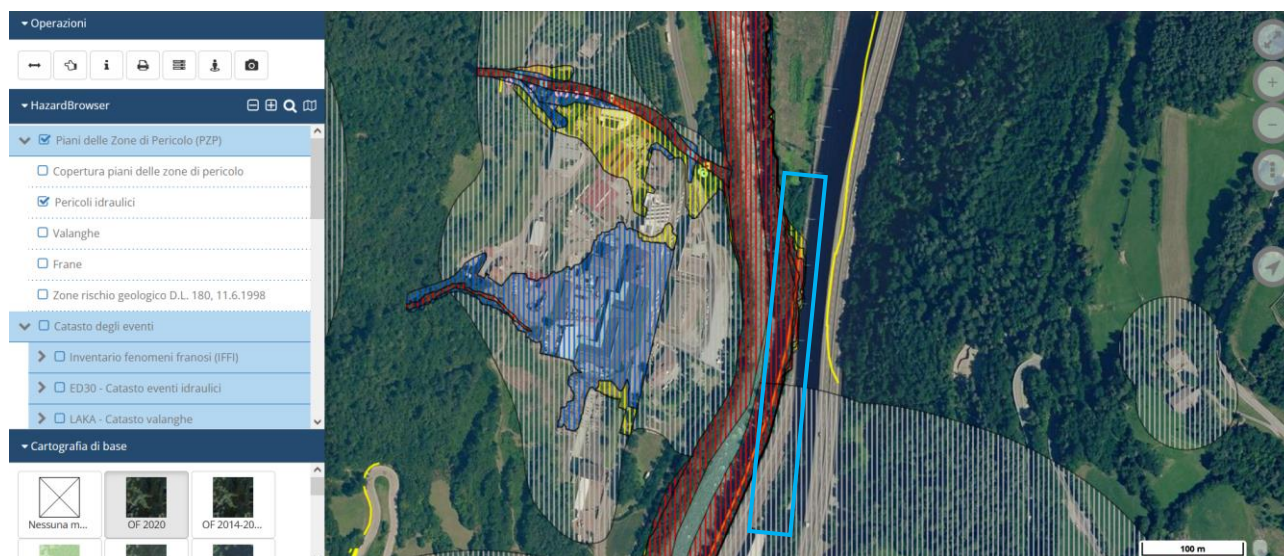


Fig. 108: *Geoportale Alto Adige*, vista dell'area tra l'imbocco della Galleria di interconnessione – binario pari e la stazione di Ponte Gardena per i tematismi relativi al catasto degli eventi e ai Piani delle Zone di Pericolo (PZP) – L'area a pericolosità elevata (retino rosso) prossima alla zona di progetto corrisponde all'alveo ordinario dell'Isarco ed è contenuta all'interno della scarpata di erosione fluviale della sponda sinistra (a destra nell'immagine). Il rettangolo azzurro identifica la tratta di progetto, con l'imbocco della galleria artificiale binario pari all'estremità nord.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 175 di 190



Fig. 109: Geoportale Alto Adige, vista dell'area della Stazione di Ponte Gardena per i tematismi relativi al catasto degli eventi e ai Piani delle Zone di Pericolo (PZP) – Pericoli idraulici. Il retino giallo individua la zona lungo la linea ferroviaria storica con pericolosità media all'altezza della stazione di Ponte Gardena. Le aree a pericolosità elevata (retino rosso) corrispondono agli alvei ordinari dell'Isarco e del Rio Gardena. Il retino grigio individua le aree che in cui è stata verificata dagli studi la non pericolosità idraulica. Le linee arancioni rappresentano le difese spondali. Il rettangolo azzurro identifica la tratta di progetto.

Il contesto di pericolosità idraulica messo in luce dal PZP è stato confermato dallo studio idraulico del Progetto Definitivo, poi ripreso e aggiornato dallo studio di PE in funzione delle modifiche progettuali apportate nella zona in oggetto. I risultati delle verifiche idrauliche su numerose sezioni comprese in un tratto di circa 2 km esteso dal settore a valle della confluenza del Rio Gardena (dal ponte di Via Isarco) fino, evidenziano tiranti idrici per le portate di progetto con TR 200 e 300 anni superiori alla quota della piana alluvionale in sinistra idrografica in corrispondenza della stazione di Ponte Gardena, coerentemente con quanto indicato dal PZP (retino di colore giallo in Fig. 109; cfr. elaborato IBL11BD26RIID1002001A – Relazione Idrologica e Idraulica). Il progetto in questa zona prevede, sia in fase di cantiere che in fase di sistemazione definitiva, la realizzazione di adeguate opere di difesa sponale per la mitigazione della pericolosità individuata sia nella la zona dell'imbocco del binario pari, che sarà molto vicino alla sponda dell'Isarco, sia per l'area della stazione di Ponte Gardena.

Per quanto riguarda la pericolosità da frana, il PZP provinciale riporta una estesa zona a pericolosità elevata su tutto il versante a monte e nella scarpata a valle dell'autostrada A22 (settore del viadotto Belprato – Novale), con locali settori a rischio medio per fenomeni di crollo. Queste aree non interferiscono con la zona dell'imbocco del binario pari, mentre interessano l'imbocco del binario dispari.



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 176 di 190

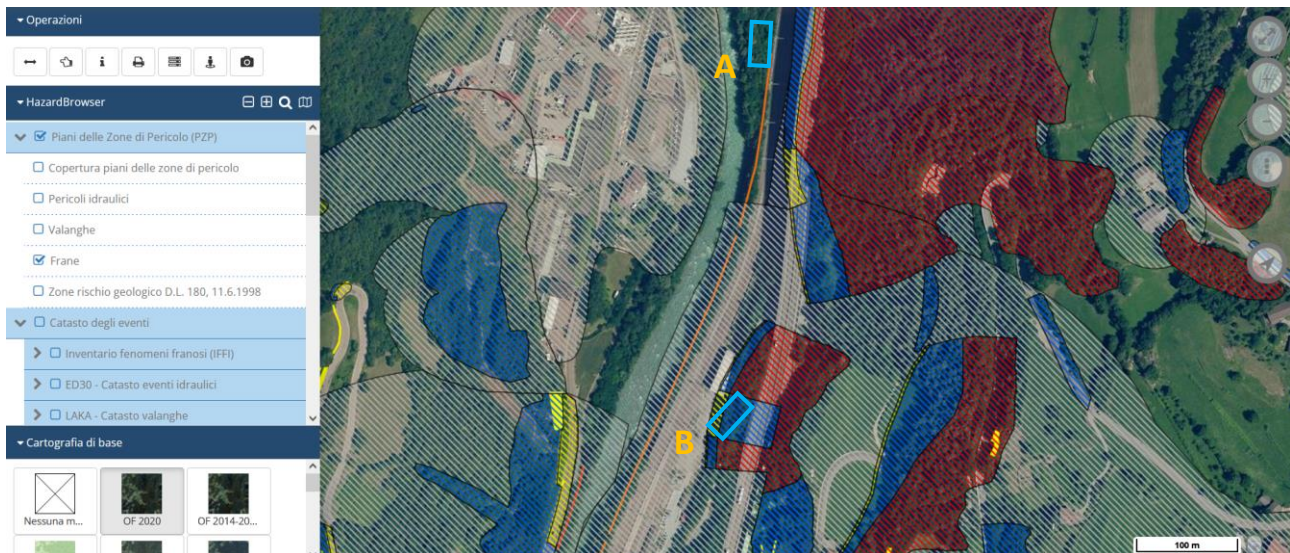


Fig. 110: Geoportale Alto Adige, vista dell'area della Stazione di Ponte Gardena per i tematismi relativi al catasto degli eventi e ai Piani delle Zone di Pericolo (PZP) – Pericolo frane. I retini rosso e blu corrispondono alle aree a pericolosità elevata, quelle rosse sono le aree con il maggior livello di studio, mentre quelle blu dispongono di studi meno approfonditi. I rettangoli azzurri identificano la posizione degli imbocchi (A: binario pari – B: binario dispari).

La consultazione dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) disponibile anche come tematismo dello stesso Geoportale Alto Adige, fornisce una informazione identica a quella del PZP, con due aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi corrispondenti alle zone di pericolosità del PZP illustrate nella precedente Fig. 110.

Per quanto riguarda le opere d'imbocco del binario dispari, si osserva che la zona di pericolo indicata dall'IFFI e dal PZP si estende sia lungo il versante naturale a monte dell'autostrada A22, sia attraverso la stessa infrastruttura autostradale, la scarpata del rilevato di valle, la strada presente al suo piede e la scarpata del rilevato di quest'ultima strada, fino a parte del piazzale della stazione dove è previsto l'imbocco. Si ritiene ragionevolmente che in questo contesto molto antropizzato, in particolare lungo la scarpata dei rilevati stradali a valle dell'A22 prospiciente la zona di imbocco, non si possano configurare reali condizioni di pericolosità per crollo e che le eventuali instabilità possano agevolmente essere mitigate dalle soluzioni progettuali di realizzazione delle opere d'imbocco.

Le verifiche di terreno eseguite nell'area permettono di confermare che non si configurano reali condizioni di pericolosità per crollo, in quanto il rilievo soprastante il punto di prevista realizzazione della struttura di imbocco presenta una significativa modificazione antropica: la base della scarpata a quota del piazzale della stazione, è protetta da un muro di sostegno in c.a. lungo tutto il suo sviluppo (Fig. 111). La scarpata di valle della strada comunale, modellata in parte in scavo nei depositi alluvionali ed in parte in riporto nella porzione superiore, presenta un profilo regolare e non ha evidenze di instabilità pregresse o in atto. Il pendio soprastante la strada e sottostante l'autostrada costituisce la scarpata esterna del rilevato autostradale. Essa è localmente protetta al piede da gabbionate in pietrame (Fig. 113) e un muro di sostegno che si collega più a nord alla spalla del Viadotto Novale (Belprato). Inoltre, la porzione di rilevato autostradale superiore, immediatamente sottostante le barriere antirumore in fregio alla carreggiata direzione Modena, è realizzata con terra rinforzata (Fig. 112). Eventuali fenomeni gravitativi che dovessero innescarsi nella parte di versante



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 177 di 190

naturale a monte della piattaforma autostradale dovrebbero limitarsi a coinvolgere quest'ultima, che presenta localmente una larghezza di circa 26-27 m.



*Fig. 111: Vista del muro di sostegno in c.a. presente alla base della scarpata in cui è previsto l'innesto della Galleria di interconnessione – binario pari. Il punto dell'imbocco è evidenziato dal rettangolo azzurro.*



APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria													
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	<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>1BEZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0000001</td> <td>C</td> <td>178 di 190</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	178 di 190
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.								
IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	178 di 190								



*Fig. 112: Parte sommitale del rilevato autostradale realizzata con terra rinforzata (evidenziate entro le due linee tratteggiate gialle). Nella porzione inferiore della scarpata si osservano le canalette trasversali di scolo acque in embrici di cls in buono stato di conservazione.*



*Fig. 113: Gabbionata di pietrame al piede del rilevato autostradale, sul lato di monte della strada comunale.*



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandataria:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica		IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	179 di 190

## 11. RADIOATTIVITÀ NATURALE

Allo scopo di caratterizzare dal punto di vista del contenuto radioattivo naturale le rocce affioranti lungo il tracciato di progetto sono state effettuate, nell'ambito delle indagini di Progetto Definitivo del 2012, delle misure e delle analisi sul contenuto di radioattività naturale presente nei litotipi all'interno dell'area indagata con l'ausilio di spettrometri gamma per la ricerca degli isotopi del potassio (40K) dell'uranio (238U) e del torio (232Th). I risultati delle suddette indagini vengono integrati tal quali nella presente relazione geologica di Progetto Esecutivo.

I contenuti di 40K, 238U e 232Th, per quanto riguarda i materiali naturali come le rocce e i suoli, possono variare considerevolmente al variare della litologia e delle caratteristiche geochimiche di questi materiali. La radioattività naturale totale dipende dal contenuto di questi isotopi all'interno delle rocce analizzate, che per l'80% dell'area di progetto sono costituite da rocce metamorfiche di tipo filladico e per il restante 20% da rocce magmatiche intrusive, in particolare graniti. L'area è stata investigata per la caratterizzazione del contenuto radioattivo delle litologie presenti lungo il tracciato di progetto attraverso l'uso di spettrometria gamma ad alta risoluzione. Le misure di radioattività naturale delle rocce affioranti sono state effettuate seguendo due metodi distinti, il primo direttamente in campagna con uno strumento portatile, particolarmente importante come "survey test", il secondo attraverso misure effettuate in laboratorio su 29 campioni raccolti all'interno dell'area indagata.

### 11.1 SURVEY TEST CON STRUMENTO PORTATILE

Le misure effettuate con lo strumento portatile hanno valore indicativo in quanto sono affette da un'incertezza significativa. Questo tipo di misura presenta comunque un ottimo risultato per quanto riguarda il survey di screening, dove con una misura veloce (5 minuti) vengono riconosciute e discriminate direttamente in campagna le litologie con un contenuto relativo più alto, rispetto alla media della crosta terrestre superiore, di radioattività.

I valori di riferimento relativi alla media della crosta terrestre superiore degli isotopi considerati sono i seguenti:

- 40K: 727 +/- 60 Bq/kg;
- 238U: 33 +/- 7 Bq/kg;
- 232Th: 43 +/- 4 Bq/kg.

Litologia	N° misure	40K ± σK [%]	238U ± σU [%]	232Th ± σTh [%]
Granito	5	3.6 ± 0.6	3.3 ± 0.4	14.4 ± 2.9
Fillade	4	1.6 ± 0.3	2.9 ± 0.5	13.5 ± 1.5
Gabbro	2	0.8 ± 0.4	0.6 ± 0.3	2.3 ± 1.4
Diorite	2	4.2 ± 0.1	4.0 ± 0.1	17.7 ± 3.1
MPC	2	2.2 ± 0.3	2.9 ± 0.2	17.8 ± 7.3
Anfibolite	2	0.7 ± 0.1	0.5 ± 0.1	1.9 ± 0.1

Tabella 32: Caratterizzazione in-situ delle abbondanze di 40K, 238U and 232Th nelle diverse litologie (K viene misurato in % di massa perché relativamente più abbondante).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandataria:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	180 di 190
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica							

Litologia	N° misure	40K ± σK (Bq/kg)	238U ± σU (Bq/kg)	232Th ± σTh (Bq/kg)
Granito	5	11.232 ± 189.6	41.3 ± 5.5	58.6 ± 11.7
Fillade	4	500.7 ± 88.6	35.4 ± 6.7	54.8 ± 5.9
Gabbro	2	262.6 ± 138.1	7.14 ± 3.2	9.4 ± 5.8
Diorite	2	1316.8 ± 44.7	49.3 ± 0.9	71.9 ± 12.8
MPC	2	691.4 ± 93.0	36.2 ± 2.2	72.3 ± 29.6
Anfibolite	2	2008.5 ± 7.5	5.8 ± 1.5	7.9 ± 0.5

Tabella 33: Caratterizzazione in-situ delle concentrazioni dell'attività media di 40K, 238U and 232Th nelle diverse litologie.

## 11.2 SPETTROMETRO GAMMA AD ALTA RISOLUZIONE

Per misurare in laboratorio la concentrazione dell'attività dei radio-elementi naturali è stata impiegata la spettrometria gamma ad alta risoluzione MCA\_Rad; questo apparato è costituito da due rivelatori affacciati al germanio iperpuro (HPGe) tipo n (60% eff. relativa), aventi una risoluzione energetica di circa 1.9 keV a 1332 keV (60Co). Grazie ad una schermatura in piombo e rame, ad un'elevata efficienza e alla geometria simmetrica, l'MCA\_Rad è in grado di realizzare misure di attività assoluta con un errore sistematico minore del 5%. Le specifiche tecniche del sistema e la procedura di analisi risultano conformi alle raccomandazioni dello standard ANSI N42.14-1999 (Radionuclidi naturali nei materiali da costruzione. Determinazione mediante spettrometria gamma ad alta risoluzione) e compatibili con la norma UNI 10797:19992. I campioni di rocce sono stati frantumati ed omogeneizzati, il contenuto è stato confezionato in un contenitore di un volume di 200 cc e lasciato chiuso per circa 4 settimane, affinché il 222Rn raggiungesse l'equilibrio secolare con 226Ra, prima di essere misurati per 1 ora.

In Tabella 34 è riassunta la concentrazione dell'attività media e l'incertezza rispettiva pesata e stimata tramite simulazione "Monte Carlo". Il metodo di Monte Carlo consiste nel ricercare la soluzione di un problema rappresentandola quale parametro di una ipotetica popolazione e nello stimare tale parametro tramite l'esame di un campione della popolazione ottenuto mediante sequenze di numeri casuali. Il metodo Monte Carlo è una procedura numerica usata in fisica per riprodurre lo stato di un sistema. In generale questo metodo permette di generare eventi secondo un'opportuna distribuzione di probabilità, quindi può essere applicato a qualsiasi fenomeno di cui si conosca la probabilità di occorrenza.

Per ottenere la deviazione standard della media, sono state generate delle matrici con 105 valori pseudo-casuali, utilizzando i parametri individuali delle misure (le misure K, U, Th e il rispettivo ± 1σ).



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandataria:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	181 di 190
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica							

Litologia	N° misure	40K ± σK (Bq/kg)	238U ± σU (Bq/kg)	238Th ± σTh (Bq/kg)
Anfibolite	3	51 ± 11 (44 - 63)	5 ± 3 (2* - 7)	2 ± 3 (< 3*)
Gabbro	4	336 ± 29 (300 - 369)	9 ± 7 (2* - 16)	12 ± 10 (4* 23)
Fillade	4	363 ± 71 (260 - 413)	34 ± 9 (24 - 45)	52 ± 3 (51 - 54)
MPC	3	521 ± 216 (354 - 764)	30 ± 3 (27 - 32)	64 ± 26 (42 - 93)
Porfiroidi	4	541 ± 56 (460 - 576)	24 ± 2 (23 - 25)	35 ± 4 (30 - 36)
Diorite	5	1071 ± 613 (135 - 1693)	33 ± 19 (2 - 51)	42 ± 23 (2* - 57)
Granito	6	901 ± 341 (360 - 1199)	37 ± 10 (22 - 47)	61 ± 13 (43 - 81)

Tabella 34: Attività specifica media ( $\pm 1\sigma$ ) e valore minimo e massimo (in parentesi) per le varie litologie studiate con il rispettivo numero di campioni analizzati. (\* valori corrispondenti all'attività minima rivelabile).

Considerando che il contenuto dell'attività media mondiale nella crosta continentale superiore è  $727 \pm 60$  Bq/kg,  $33 \pm 7$  Bq/kg e  $43 \pm 4$  Bq/kg rispettivamente per 40K, 238U e 232Th possiamo evidenziare che i valori ottenuti sono comparabili o inferiori entro  $1\sigma$ . Le anfiboliti e il gabbro mostrano valori più bassi entro  $2\sigma$  per K, U e Th.

Si evidenzia che mediamente per la media delle litologie studiate il 68.3% ( $1\sigma$ ) dei dati si trovano entro il 50% del valore medio. La larghezza di questa distribuzione è legata inoltre alla bassa statistica campionata. I valori medi misurati del potassio nelle dioriti e nel granito e di torio nelle cornubianiti, nel granito e nelle dioriti mostrano dei valori centrali più alti, comuni per le litologie di origine ignea (dioriti e granito) o metamorfiche (MPC).

Litologia	40K ± σK (Bq/kg)	238U ± σU (Bq/kg)	238Th ± σTh (Bq/kg)
Anfibolite	47 ± 3	2*	2*
Anfibolite	44 ± 6	6 ± 1	3*
Anfibolite	63 ± 6	7 ± 1	1*
Diorite	1693 ± 25	44 ± 2	54 ± 3
Diorite	1546 ± 22	51 ± 2	57 ± 3
Diorite	1017 ± 19	36 ± 2	54 ± 3
Diorite	964 ± 19	33 ± 2	42 ± 3
Diorite	135 ± 6	2 ± 1	2*
MPC	354 ± 13	30 ± 2	93 ± 3
MPC	444 ± 13	32 ± 2	42 ± 2
MPC	764 ± 16	27 ± 2	57 ± 3
Fillade quarzifera	404 ± 13	24 ± 2	51 ± 3
Fillade	413 ± 13	37 ± 2	54 ± 3
Fillade	376 ± 13	32 ± 2	52 ± 3
Fillade	260 ± 9	45 ± 2	52 ± 3
Gabbro	369 ± 13	14 ± 1	17 ± 2
Gabbro	300 ± 9	16 ± 1	23 ± 2
Gabbro	341 ± 9	2*	5 ± 1
Gabbro	335 ± 9	4 ± 1	4*
Granito	1049 ± 19	43 ± 2	56 ± 3

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IB0U	1BEZZ	RG	GE0000001	C	182 di 190

Granito	360 ± 13	22 ± 1	43 ± 3
Granito	604 ± 16	47 ± 2	81 ± 3
Granito	1199 ± 19	29 ± 2	63 ± 3
Granito	1011 ± 19	33 ± 2	58 ± 3
Granito	1180 ± 22	46 ± 2	71 ± 3
Porfiroide	557 ± 16	23 ± 2	30 ± 2
Porfiroide	460 ± 13	25 ± 2	36 ± 2
Porfiroide	570 ± 16	25 ± 2	36 ± 2
Porfiroide	576 ± 16	25 ± 2	36 ± 2

Tabella 35: Attività specifica (in Bq/kg) ed incertezza della misura per ogni campione misurato con la relativa litologia. (\* valori corrispondenti all'attività minima rivelabile).

### 11.3 VALUTAZIONE SUI MATERIALI DI ESCAVAZIONE

La Direttiva (89/106/CEE del 21 Dicembre 1988) del Consiglio d'Europa prescrive una linea guida per gli Stati Membri in modo da garantire la certificazione del marchio di conformità "CE". Nell'Allegato I, Paragrafo 3 vengono descritti i requisiti essenziali di Igiene, Salute ed Ambiente, richiedendo il controllo dell'emissione di radiazioni pericolose. La Direttiva COM 593 del 29 settembre 2011, nell'Articolo 75 "Prodotti da costruzione" definisce nel Paragrafo 2, Allegato VII, l'indice di radioattività "activity concentration index, ACI" per il controllo all'esposizione umana dai raggi gamma provenienti dai radionuclidi di origine naturale 226Ra, 232Th e 40K, utilizzando la seguente formula:

$$ACI = \frac{C_{226R}}{300Bq/kg} + \frac{C_{232Th}}{200Bq/kg} + \frac{C_{40K}}{3000Bq/kg}$$

dove le concentrazioni di attività dei radionuclidi 226Ra C, 232Th C e 40K C sono espresse in Bq/kg. In particolare, i prodotti da costruzione vengono classificati in base al loro utilizzo secondo l'indice ACI come descritto nella seguente matrice.

Categoria (dose limite corrispondente*)	Tipo di prodotto 1 Materiale utilizzato in grandi quantità "bulk" (calcestruzzo, mattoni ...)	Tipo di prodotto 2 Materiale utilizzato in quantità ristretta o superficiale (piastrella, bordi..)
A (≤ 1 mSv/y)	per ACI ≤ 1 categoria A1	per ACI ≤ 6 categoria A2
B (> 1 mSv/y)	per ACI > 1 categoria B1	per ACI > 6 categoria B2

Fig. 114 – Matrice di classificazione dei materiali da costruzione secondo l'indice ACI in funzione del loro utilizzo (\* secondo Dlgs. 17 Marzo 1995, N. 230, Allegato IV, Paragrafo 7.1 - il limite di dose efficace per gli individui della popolazione è stabilito in 1 mSv per anno solare).

In particolare, i prodotti da costruzione classificati nella categoria A sono esenti da restrizioni per quanto riguarda l'esposizione dai raggi gamma emessi negli ambienti indoor.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica		IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	183 di 190

L'Italia ha recepito in principio la Direttiva (89/106/CEE del 21 Dicembre 1988) del Consiglio Europeo con Decreto del Presidente della Repubblica N. 246 dell'Aprile 1993, senza fissare il limite relativo alla presenza di radioattività nei prodotti da costruzione.

In Tabella 36 sono rappresentati i valori di ACI calcolati per le 7 litologie con la rispettiva deviazione standard.

Litologia	ACI $\pm$ $\sigma$ ACI	Categoria
Anfibolite	0.04 $\pm$ 0.02	A1; A2
Gabbro	0.20 $\pm$ 0.06	A1; A2
Fillade	0.49 $\pm$ 0.04	A1; A2
MPC	0.59 $\pm$ 0.15	A1; A2
Porfiroidi	0.44 $\pm$ 0.03	A1; A2
Diorite	0.68 $\pm$ 0.24	A1; A2
Granito	0.73 $\pm$ 0.14	A1; A2

Tabella 36: ACI e incertezza calcolata per ogni litologia, con la rispettiva categoria.

Le litologie studiate sono classificate entro  $1\sigma$  in categoria A1 (ACI < 1) e categoria A2 (ACI < 6), esente da restrizioni per l'uso rispettivamente come materiale "bulk" e in quantità "ristretta o superficiale" per quanto riguarda l'esposizione dai raggi gamma emessi negli ambienti indoor/outdoor.

## 12. VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMIANTO

Lo scopo di tale valutazione è quello di stimare l'esistenza o meno di possibili associazioni mineralogiche di tipo amiantifero o meglio di minerali fibrosi, tenendo comunque presente che tali tipologie sono riferibili solo a precise associazioni mineralogiche, e quindi a determinate rocce e/o a determinate condizioni geologiche.

L'amianto raggruppa un insieme di fasi minerali che generalmente si presentano con struttura microcristallina ed aspetto fibroso. Appartengono alla classe chimica dei silicati e alle serie mineralogiche del serpentino (cristotilo) e degli anfiboli (amosite, antofillite, actinolite, crocidolite e tremolite).

- Crocidolite: è la varietà asbestiforme della riebeckite ed è commercialmente conosciuta come "amianto blu". Questo minerale si trova nei giacimenti caratterizzati da filoni incassanti su rocce con alto contenuto in ferro. Si forma in condizioni di bassa temperatura e pressione, comunque in condizioni di deformazione tettonica;
- Amosite: è costituita da fibre aghiformi di colore grigio-bruno, il giacimento più conosciuto e commercialmente utilizzabile si trova nelle formazioni ferrifere metamorfiche sudafricane;
- Antofillite: si tratta di amianto di colore grigio-azzurro, si forma comunemente nella zona di reazione tra corpi ultramafici (peridotiti serpentinite) e rocce incassanti. L'antofillite è un anfibolo orto rombico che, durante il metamorfismo regionale, non appare generalmente in facies di scisti verdi ma nella facies anfibolitica;
- Actinolite: è un amianto di colore grigio-olivastro ed è caratteristico di rocce ultrabasiche di metamorfismo regionale di basso grado. Questo minerale, associato ad epidoto e clorite, è un comune prodotto del metamorfismo di bassa temperatura di rocce basaltiche;

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA <b>IB0U</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GE0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO. <b>184 di 190</b>

- Tremolite: è un amianto di colore grigio-chiaro, si trova in rocce di metamorfismo di contatto e regionale. Nelle dolomie impure, sottoposte a metamorfismo termico, la tremolite si forma precocemente per reazione tra dolomite e quarzo. È, comunque, caratteristica di rocce ultrabasiche di metamorfismo regionale di basso grado, come gli scisti a tremolite-talco;
- Crisotilo: è un amianto di colore bianco e rappresenta una modificazione polimorfa, a struttura fibrosa, del serpentino. Si forma dalla trasformazione idrotermale retrograda di rocce ultrabasiche, oppure per metamorfismo progrado di una serpentinite.

Come è noto da letteratura, l'amianto è un minerale dinamo-metamorfico, ossia che si genera da prevalente metamorfismo legato a deformazione, da rocce prevalentemente serpentizzate e comunque da rocce magmatiche basiche. Si tratta di tipologie di rocce assai poco rappresentate nell'area indagata; si rinvencono in misura limitata solamente nel settore centrale, nei dintorni del paese di Gudon ove sono identificate all'interno della Formazione di Gudon. Le rocce affioranti in questo settore sono costituite da rocce basiche metamorfosate, costituite da anfiboliti, con anfibolo verde, albite, clorite ed epidoto da submillimetrici a centimetrici, e metabasalti. Dall'analisi di sezioni sottili eseguite nell'ambito del PD e dalle osservazioni alla mesoscala della roccia, si esclude la presenza di minerali fibrosi del gruppo dell'amianto e delle sue varietà mineralogiche, all'interno dei litotipi afferenti alla Formazione di Gudon.

Si segnala che oltre a quanto sopra esposto, in base al modello geologico di riferimento la Formazione di Gudon non è interessata dagli scavi delle gallerie in progetto (in particolare della Galleria Gardena).



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 185 di 190

### 13. BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. (1969). Foglio 4a - Bressanone della Carta Geologica d'Italia 1:100.000.
- AA. VV. (1969). Foglio 11 - Marmolada della Carta Geologica d'Italia 1:100.000.
- AFTES (Association Francaise des Travaux En Soutterain). Text of recommendations for a description of rock masses useful for examining the stability of underground works. Tunnel er Ouvrages Soutterains n. 117.
- ARGE Geoteam (Brandner –John – Perello) – 2006 – Rapporto di Geotecnica – Progetto Definitivo Tunnel di Base del Brennero – BBT
- Bosellini A. (1989). La storia geologica delle Dolomiti. Ed. Dolomiti.
- BBT (2006). Geologia, D0104 rapporto definitivo.
- BBT (2008). Galleria principale - Relazione tecnica G1.2a-04 – Idrogeologia. Potenziamento asse ferroviario Monaco Verona - Galleria di Base del Brennero - Geologia, Geotecnica, Idrogeologia.
- Benciolini L. (1994). Metamorphic evolution of the Silvretta gabbro and related rocks (Upper Austroalpine, Central Alps). Its bearing on the pre-Mesozoic history of the Alpine area basement. - Mem. Sci. Geol., 46: 353-371
- Benciolini L., Poli M. E., Visonà D., Zanferrari A. (2001). The Funes / Villnöss basin: an example of early permian tectonics, magmatism and sedimentation in the eastern southern Alps (NE Italy). Natura Bresciana, Ann. Mus. Civ. Sc. Nat. Brescia, monografia n.25, pp. 133-138.
- Benciolini L., Poli M. E., Visonà D., Zanferrari A. (2006). Looking inside Late Variscan tectonics: structural and metamorphic heterogeneity of the Eastern Southalpine Basement (NE Italy). Geodinamica Acta, 19/1, pp.17-32.
- Bertotti G., Siletto G. B., Spalla M. I. (1993). Deformation and metamorphism associated with crustal rifting: the Permian to Liassic evolution of the Lake Lugano - Lake Como area (Southern Alps). Tectonophysics 226, pp. 271-284.
- Birch, F. (1954). Heat from radioactivity, in H. Faul, ed., Nuclear geology; a symposium on nuclear phenomena in the earth sciences: New York, John Wiley, p. 148–174.
- Bistacchi A., Massironi M., Dal Piaz G. V., Dal Piaz G., Monopoli B., Schiavo A., Toffolon G. (2008). 3D fold and fault reconstruction with an uncertainty model: An example from an Alpine tunnel case study. Computer & Geosciences, Volume 34, Issue 4, pp. 351-372, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2007.04.002>
- Bistacchi A., Massironi M., Menegon L. (2010). Three-dimensional characterization of a crustal-scale fault zone: The Pusteria and Sprechenstein fault system (Eastern Alps). Journal of Structural Geology, 32, pp. 2022-2041, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2010.06.003>
- Bistacchi A., Massironi M., Dal Piaz G., Dal Piaz G.V., P. Baggio, De Vecchi G. P., Mezzacasa G., Fenti V., Frizzo C., Monopoli B., Schiavo A., Brandner R.. Geological map of the Brenner Pass-Fortezza transect, Italian eastern Alps (Scale 1:30.000).
- Brodie K.H., Rutter E. H. (1987). Deep crustal extensional faulting in the Ivrea Zone of Northern Italy. Tectonophysics 140, Issues 2-4, pp.193-212, Elsevier. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(87\)90229-0](https://doi.org/10.1016/0040-1951(87)90229-0)

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione geologica	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	186 di 190

- Bürgi C. (1999). Cataclastic fault rocks in underground excavations: a geological characterisation. Doctoral dissertation, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne.
- Castiglioni G.B. (1964a). Osservazioni morfologiche nella conca di Bressanone. Mem. Acc. Patavina SS.LL.AA., 76, 1-86, Padova.
- Castiglioni G.B. (1964b). Osservazioni sui depositi quaternari di Sciaves (Bressanone, Alto Adige) e su alcuni fenomeni di deformazione in strati argillosi. Studi Trentini di Scienze Naturali, 41, 3-24.
- Castiglioni G. B. (1997). The Quaternary of the Bressanone basin, revisited. Geol. Insubr., 2/2, pp. 121-127.
- Castellarin A., Cantelli L., Fesce A. M., Mercier J. L., Picotti V., Pini G. A., Selli, L. (1992). Alpine compressional tectonics in the Southern Alps. Relationships with the N-Appennines. In Annales tectonicae Vol. 6, No. 1, pp. 62-94.
- Cavazzini G., Del Moro A., Sassi F.P., Zirpoli G. (1991). New data on the radiometric age of the Southalpine basement of the Eastern Alps. In: Geologia del Basamento Italiano. Convegno in memoria di Tommaso Cocozza (Siena, 21-22 marzo 1991). Abstr. Vol., Siena: 30
- CFR – UIBK - GBA – 2005 – Rilevamento geologico strutturale e studi geologici integrativi – Studi preliminari per la progettazione del Tunnel di Base del Brennero – BBT
- Channell J. E. T. & Doglioni C. (1994). Early Triassic paleomagnetic data from the Dolomites (Italy). Tectonics, 3(1), 157-166.
- D'Ambrosi C. (1960). Il laghetto pseudocarsico di Varna presso Bressanone (Alto Adige) nel Quadro di alcune osservazioni preliminari sul morenico della bassa Pusteria e della valle del medio Isarco. Istituto di mineralogia n.8.
- Dal Piaz, G. V. (1993). Evolution of Austroalpine and Upper Penninic basement in the northwestern Alps from Variscan convergence to post-Variscan extension, in Pre-Mesozoic Geology in the Alps , edited by J. Neubauer, pp. 325–342, Springer, New York.
- Del Moro A., Sassi F.P., Zirpoli G. (1980). Preliminary results on the radiometric age of the Hercynian metamorphism in the South-Alpine basement of the Eastern Alps. N. Jb. Geol. Palaont. Mh.:707-718
- Delvaux D., Sperner B. (2003). New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program. In: New Insights into Structural Interpretation and Modelling (D. Nieuwland Ed.). Geological Society, London, Special Publications, 212: 75-100.
- Diella V., Spalla M. I., Tunesi A. (1992). Contrasted thermo-mechanical evolutions in the Southalpine metamorphic basement of the Orobic Alps (Central Alps, Italy). J. Metamorphic Geol. 10, 203-219.
- Di Paola S., Spalla M. I. (2000). Contrasting tectonic record in pre-Alpine metabasites of the Southern Alps (Lake Como, Italy). Journal of Geodynamics, 30, pp. 167-189.
- DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; doi:10.6092/INGV.ITDISS3.2.1.
- Doglioni C. & Bosellini A. (1987). Eoalpine and Mesoalpine tectonics in Southern Alps. Geologische Rundschau 76, 735-754.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandatario:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	RG	GE0000001	C	187 di 190
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica							

- Ehlers J., Gibbard P.L. (2004) -Quaternary glaciations-extent and chronology: part I: Europe – Elsevier.
- Fliri F. (1988). Die Schottergrube von Albeins bei Brixen, eine neue Schlüsselstelle zur Kenntnis der Chronologie der Würmvereisung in Südtirol. Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 24, 137-142.
- Handy MR (1987). The structure, age and kinematics of the Pogallo Fault zone; Southern Alps, northwestern Italy. Eclogae Geol Helv 80: 593–632.
- Helander D.P. (1983). Fundamentals of formation evaluation. Oil & Gas Consultants International Publications, Tulsa, OK, 332 pp.
- I.F.F.I. Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia <http://www.progettoiffi.isprambiente.it/cartanetiffi/>
- Kalvacheva, R., Sassi, F.P., Zanferrari, A. (1986). Acritarch evidence for the Cambrian age of phyllites in the Agordo area (South-Alpine basement of Eastern Alps, Italy). Rev. Palaeobot. Palynol. 48, 311-326.
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D’Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>
- Mazzoli C., Sassi R. (1988). Caratteri del metamorfismo ercinico nella fillade sudalpina ad ovest di Bressanone. Memorie di scienze geologiche, Vol XL, pp. 295-314, Padova.
- Meletti C. e Valensise G. (a cura di), 2004. Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo, <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>.
- Meli S., Klötzli U.S. (2001). Evidence for Lower Paleozoic magmatism in the Eastern Southalpine basement: zircon geochronology from Comelico porphyroids, Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 81, 147-157.
- Passchier C. W. & Trouw R. A. (1996). Microtectonics (Vol. 2, p. 82). Berlin: Springer.
- Penna D., Engel M., Mao L., Dell’Agnese A., Bertoldi G., Comiti F. (2004). Tracer-based analysis of spatial and temporal variations of water sources in a glacierized catchment. Hydrol. Earth Syst. Sci., vol.18, pp. 5271–5288.
- Piccin G., Massironi M., Trentini T., Crocitto L. (2017). Strike–slip induced cold core complexes in Western Carnic Alps. (ITA). GeoAlp 17 - Geologia ed idrogeologia di faglie locali e regionali.
- Poli M.E., Zanferrari A. (1991). La zona di taglio duttile della seconda fase ercinica nel Cristallino di Agordo (basamento Sudalpino orientale). Atti Ticinensi Sci.Terra, 34, 167-174.
- Poli M.E., Zanferrari A. (1991). Eventi plicativi nel Cristallino di Agordo (basamento Sudalpino orientale). Atti Ticinensi Sci. Terra, 34, 133-144
- Poli M.E. & Zanferrari A. (1992). The Agordo basement (NE Italy): a 500 Ma-long geological record in the Southalpine crust, IGCP No. 276, Newsletter 5, pp. 283-296.
- Pollard D. D., Aydin A. (1988). Progress in understanding jointing over the past century. Geological Society of America Bulletin, 100(8), pp. 1181-1204.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0000001	REV. C	FOGLIO. 188 di 190

- Ring U., Richter C. (1994). The Variscan structural and metamorphic evolution of the eastern Southalpine basement. *Journal of Geological Society*, Vol. 151, n. 5, pp. 755-766. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.151.5.0755>
- Rybach, L. (1986). Amount and significance of radioactive heat sources in rocks, in J. Burrus, ed., *Thermal modeling of sedimentary basins*, Collection Colloques et Seminaires 44: Paris, Editions Technip, p. 311–322
- RFI (2003). Progetto preliminare Potenziamento Asse Ferroviario Monaco – Verona, Accesso sud alla galleria di base del Brennero, Quadruplicamento della linea Fortezza – Verona, Relazione idrogeologica idrologica.
- Rofner V., Tropper P., Mair V. (2010). Petrologie, geochemie und geologie des amphibolit/metagabbro komplexes von Gufidaun (SÜDTIROL, ITALIEN). *Geo.Alp*, Vol. 7, S. 39–53, 2010
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds) (2016). CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. [doi:http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15](http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15).
- Sassi F.P., Zanferrari A., Zirpoli G. (1974). Some considerations on the South Alpine basement of the Eastern Alps. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, 10, 609-624.
- Sassi F.P. e Zirpoli G. (1989). The lithostratigraphic sequence in the Southalpine basement of the Eastern Alps. In: F.P. SASSI, A. ZANFERRARI (eds.), *Pre-Variscan and variscan events in the Alpine-Mediterranean belts: Stratigraphic Correlation Forms*, *Rend. Soc. Geol. It.*, 12,2, 403-409.
- Sassi F. P. & Spiess R. (1993). The South-alpine metamorphic basement in the Eastern Alps. In *Pre-Mesozoic geology in the Alps* (pp. 599-607). Springer Berlin Heidelberg.
- Schmidt S. M., Zingg A. Handy M. (1987). The kinematics of movement along the Insubric Line and the emplacement of the Ivrea Zone. *Tectonophysics* 135, pp. 47-66.
- Scolari A, Zirpoli G. – 1970 – Fenomeni di metamorfismo di contatto nella fillade sudalpina indotti dal massiccio "Granitico" di Bressanone (Alto Adige) – *Memorie del museo Tridentino di Scienze Naturali*.
- Sibson R. H. 1977. Fault rocks and fault mechanics. *Journal of the Geological Society*, London 133, 191-213.
- Siletto et al., (1993). Pre-Alpine structural and metamorphic histories in the Orobic Southern Alps, Italy. In: Von Raumer JF, Neubauer F (eds) *PreMesozoic Geology in the Alps*. Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 585-598.
- Spalla M.I., Gosso G. (1999). Pre-Alpine tectono-metamorphic units in the central Southern Alps: structural and metamorphic memory. *Mem. Sci. Geol.*, Volume speciale: 3rd Workshop on Alpine Geological studies, v. 3, pp. 221-229.
- Spötl C., Aufderklamm F., Sordo C., Spencer J. & Meyer M. (2007). Sediment 2007. Exkursion Nr. 4 Quartärgeologie im Brixner Becken. Universität Innsbruck, 14 pp.
- Wirsig C., Zasadni J., Christl M., Akçar N., Ivy-Ochs S. (2016). Dating the onset of LGM ice surface lowering in the High Alps. *Quaternary Science Reviews*, Volume 143, Pages 37-50, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.05.001>.



APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>05 - GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA</b> Relazione geologica	COMMESSA <b>IB0U</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>RG</b>	DOCUMENTO <b>GE0000001</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO. <b>189 di 190</b>

Visonà D., Meyzen M.C., Nimis P., Nestola F. (2018), Fossil submarine hydrothermalism in metabasalt from the Gudon (Bressanone) amphibolite (southern alpine basement, eastern Alps, NE Italy), *European Journal of Mineralogy*.

Visonà D. (1995). Polybaric evolution of calc-alkaline magmas: the dioritic belt of the Bressanone-Chiusa Igneous Complex (NE – Italy). *Mem. Sci. Geol. Padova*, Volume 47, pp. 111-124.

Wylhidal S., Thöny W. F., Tropper P., Mair V. (2010). Multi-equilibrium- and pseudosection modelling of the northernmost southern alpine basement (Brixen quartzphyllite, South-Tyrol, Italy). *Mitt. Ös Terr. Miner. Ges.* 156.

Zanferrari A., Poli M. E. (1994). Il basamento sudalpino orientale: stratigrafia, tettonica varisica e alpina, rapporti copertura basamento. *Studi Geol. Camerti*, vol. spec. (1992/2), CROP 1-1A, 299-302.