



Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben

Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee



Ausbau Eisenbahnachse München-Verona

BRENNER BASISTUNNEL

Ausführungsprojekt

Potenziamento Asse Ferroviario Monaco-Verona

GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

Progetto Esecutivo

Sub-Baulos Hauptbauwerke Eisackunterquerung Sublotto di costruzione Opere principali Sottoattraversamento Isarco

Fachbereich	Settore			
	03 – Geologia, geotecnica, idrologia			
Dokumentenart	Tema			
	Documenti generali			
Dokumentenart	Tipo documento			
	Relazione geologica			
Titel	Titolo			
	Relazione geologica			
Ausführende Unternehmen / Imprese esecutrici	Beauftragte / Mandataria:	 	 	
 			Bearbeitung des Dokuments / Elaborazione del documento Datum/Data Name/Nome	14.01.2016 D. Bonadies
Koordination/Planung/ Coordinamento/progettazione	Planer/ Progettista:	 	Geprüft / Verificato Freigegeben / Autorizzato	14.01.2016 14.01.2016 D. Bonadies N. Meistro
Ergänzungsdienstleistungen/ Integrazione prestazioni specialistiche Dott. Ing. Dino Bonadies		Gesehen BBT / Visto BBT_RUP Massstab / Scala	A. Lombardi	
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO – BRENNER BASISTUNNEL BBT SE				
Projekt-kilometer / Progressiva di progetto	von / da 54+015 bis / a 56+100 bei / al	Bau- kilometer / Chilometro opera	Status Dokument / Stato documento	
Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	
02	H71	AF	002	
Fachbereich Settore	Thema Tema	ID Numm. Num. ID	Vertrag Contratto	
03	01	001.01	B0115	
			Nummer Codice	
			00619	
			Dok.art Tipo doc.	
			RT3	
			Revision Revisione	
			03	

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione geologica

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
03	Anmerkungen BBT vom 15.12.2015 Osservazioni BBT del 15.12.2015	S. Piazzoli	14.01.2016
02	Anmerkungen BBT Osservazioni BBT	S. Piazzoli	16.11.2015
01	Aggiornamento	S. Piazzoli	06.08.2015
00	Erstversion Prima Versione	S. Piazzoli	31.07.2015

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione geologica

1		
1	INTRODUZIONE	8
1.1		
1.1	INQUADRAMENTO GENERALE	8
1.2	BBT H2 AT	
1.2	SUBLOTTI	8
2	BBT H1 AT	
2	INQUADRAMENTO GENERALE	9
2.1	BBT H2 AT	
2.1	IL LOTTO DI COSTRUZIONE "SOTTO-ATTERAVERSAMENTO ISARCO"	9
2.1.1	BBT H3 AT	
2.1.1	Opere del sublotto "Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco"	9
2.1.2	Opere del sublotto "Opere principali Sottoattraversamento Isarco"	
3		
3	RELAZIONE DI SINTESI	13
4		
4	OBIETTIVI DELLO STUDIO	14
5		
5	DATI DI BASE E RIFERIMENTI	15
6		
6	AREA DI STUDIO	16
6.1		
6.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	16
6.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	17
7		
7	GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA INDAGATA	18
7.1		
7.1	INDAGINI E DATI DI BASE	18
7.1.1		
7.1.1	Generalità	18
7.1.2		
7.1.2	Fasi di indagine	19
7.1.2.1		
7.1.2.1	Fase di indagine I: 2000/2001	19
7.1.2.2		

Fachbereich:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Thema:

Tema: Documenti generali

Dokumenteninhalt:

Contenuto documento: Relazione geologica

7.1.2.2	Fase di indagine II: 2004/2006	19
7.1.2.3		
7.1.2.3	Sondaggi corti 2009.....	20
7.1.2.4		
7.1.2.4	Sismica superficiale 2012.....	20
7.1.2.5		
7.1.2.5	Indagini 2015.....	20
7.1.3		
7.1.3	Cartografia.....	24
7.1.4		
7.1.4	Analisi delle foto aeree	24
7.1.5		
7.1.5	Indagini sulle instabilità dei versanti	24
7.1.6		
7.1.6	Rilievi geologici e geomorfologici	25
7.1.7		
7.1.7	Perforazione di pozzi.....	25
7.1.8		
7.1.8	Sismica.....	25
7.1.9		
7.1.9	Sismica 2015.....	26
7.1.10		
7.1.10	Prove di permeabilità.....	30
7.1.11		
7.1.11	Prove di laboratorio	31
7.1.12		
7.1.12	Analisi granulometriche	31
7.2	GEOMORFOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO	31
7.2		
7.3	GEOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO	32
7.2.1		
7.3.1	Costituzione dell'ammasso roccioso.....	32
7.2.2		
7.3.2	Rocce	34
7.2.2.1		

Fachbereich:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Thema:

Tema: Documenti generali

Dokumenteninhalt:

Contenuto documento: Relazione geologica

7.3.2.1	Fillade quarzifera di Bressanone	34
7.2.2.2		
7.3.2.2	Granito di Bressanone	34
7.2.3		
7.3.3	Terreni sciolti	34
7.2.3.1		
7.3.3.1	Morene	35
7.2.3.2		
7.3.3.2	Alluvioni dell'Isarco	35
7.2.3.3		
7.3.3.3	Depositi da debris flow	36
7.2.3.4		
7.3.3.4	Detrito di versante	36
7.2.3.5		
7.3.3.5	Depositi antropici	36
7.2.4		
7.3.4	Passaggi roccia-terreni sciolti	36
7.2.4.1		
7.3.4.1	Andamento della superficie del substrato a nord dell'Autostrada A22	36
7.2.4.2		
7.3.4.2	Andamento della superficie del substrato a sud dell'Isarco	37
7.2.4.3		
7.3.4.3	Andamento della superficie del substrato nella zona della galleria di collegamento 2 (interconnessione pari)	37
7.2.4.4		
7.3.4.4	Discariche e depositi abbandonati	38
7.2.5		
7.3.5	Geologia strutturale	38
7.2.5.1		
7.3.5.1	Inquadramento	38
7.2.5.2		
7.3.5.2	Settore omogeneo 1	40
7.2.5.3		
7.3.5.3	Settore omogeneo 2	41
7.4	INDAGINI ADDIZIONALI	42

Fachbereich:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Thema:

Tema: Documenti generali

Dokumenteninhalt:

Contenuto documento: Relazione geologica

7.2.6	
7.4.1	Indagini geognostiche..... 43
7.5	GAS E RADIOATTIVITÀ 44
7.2.7	
7.5.1	Gas..... 44
7.2.8	
7.5.2	Radioattività..... 44
8	RISCHIO IDROGEOLOGICO 45
7.3	
8.1	GENERALITÀ..... 45
7.4	
8.2	ALLUVIONAMENTO 45
7.5	
8.3	MOVIMENTI GRAVITATIVI..... 47
8	
9	MODELLO GEOLOGICO 48
8.1	
9.1	GENERALITÀ..... 48
8.2	
9.2	PRESENZA DI BLOCCHI..... 48
8.3	
9.3	ASSETTO, COMPOSIZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO 49
8.3.1	
9.3.1	A – Depositi di debris flow 50
8.3.2	
9.3.2	B – Detrito di versante 50
8.3.3	
9.3.3	C – Alluvioni 51
8.3.4	
9.3.4	C1 – Alluvioni a granulometria fine 52
8.3.5	
9.3.5	D – Riporti artificiali..... 53
8.3.6	
9.3.6	E – Roccia 53
8.3.7	

Fachbereich:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Thema:

Tema: Documenti generali

Dokumenteninhalt:

Contenuto documento: Relazione geologica

9.3.7	GA-BG-01.....	54
8.3.8		
9.3.8	GA-BG-02.....	54
8.3.9		
9.3.9	GA-BG-03.....	54
8.3.10		
9.3.10	GA-BQ-04.....	55
8.3.11		
9.3.11	GA-BQ-05.....	55
8.3.12		
9.3.12	GA-BQ-06.....	55
10	RACCOMANDAZIONI E CONSIDERAZIONI GEOLOGICO - COSTRUTTIVE	55
10.1	POSSIBILITÀ DI RIUTILIZZO DEL MATERIALE DI SCAVO	55
9		
11	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	56
9.1		
11.1	MODELLO GEOLOGICO, STATO DELLE INDAGINI	56
9.1.1		
11.1.1	Tratto in roccia a nord dell'autostrada A22	56
11.1.2	Settore in terreni sciolti dell'attraversamento Isarco	57
9.1.2		
11.1.3	Superficie del substrato a sud dell'Isarco	58
9.1.2.1		
11.1.3.1	Andamento della superficie del substrato nella zona della galleria di collegamento 2 (interconnessione pari)	58
9.1.3		
11.1.4	Settore in roccia a sud dell'Isarco.....	59
9.1.4		
11.1.5	Situazione della falda	59

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica

1

1.1

1 INTRODUZIONE

1.1 INQUADRAMENTO GENERALE

Il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco", costituisce la parte estrema meridionale della Galleria di Base del Brennero prima dell'accesso nella stazione di Fortezza, ed è ubicato ca. 1 Km a nord dell'abitato di Fortezza, in località Prà di Sopra, in Provincia di Bolzano.

Il lotto di costruzione comprende essenzialmente, le opere civili grezze in sotterraneo e le opere esterne che secondo il programma lavori 2010 e successivi aggiornamenti della Galleria di Base del Brennero sono da eseguire dal cantiere "Sottoattraversamento Isarco", compreso le opere connesse necessarie alla realizzazione dei lavori.

Le opere progettate costituiscono pertanto un "lotto costruttivo non funzionale" facente parte del progetto complessivo della Galleria di Base del Brennero.

I requisiti di progetto e funzionali delle opere progettate rispondono a quelli del progetto definitivo della Galleria di Base del Brennero posto a base di gara che ha ottenuto l'approvazione da parte delle autorità competenti.

Le opere progettate inoltre recepiscono le prescrizioni impartite nel corso dei diversi iter autorizzativi, le ottimizzazioni e le specificazioni di standard elaborati nell'ambito della progettazione guida transfrontaliera nonché i risultati della campagna geognostica integrativa effettuata negli anni 2010-2011, con particolare riferimento all'aggiornamento del modello idrogeologico.

Le interfacce e gli standard di costruzione definiti consentono l'integrazione delle infrastrutture e delle dotazioni impiantistiche dei diversi lotti di costruzione previsti dal programma lavori della Galleria di base del Brennero, tra i quali è compreso il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco".

1.2 BBT H2 AT

1.2 SUBLOTTI

Il lotto di costruzione "Sottoattraversamento Isarco" è suddiviso nei 2 seguenti sublotti:

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

- sublotto di costruzione “Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco”, del quale è stato elaborato il progetto esecutivo
- sublotto “Opere principali Sotto-attraversamento Isarco”

2 BBT H1 AT

2.1 BBT H2 AT

2.1.1 BBT H3 AT

2 INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 IL LOTTO DI COSTRUZIONE “SOTTO-ATTRAVERSAMENTO ISARCO”

L'ubicazione delle aree interessate dai lavori ed i limiti del lotto di costruzione sono rilevabili negli allegati progettuali ai quali si rimanda.

Ai fini della localizzazione delle opere, si stabilisce che la progressivazione delle gallerie principali utilizzata nei documenti delle progettazioni è quella generale dell'Opera, riferita per la galleria Est (binario dispari) alla stazione di Innsbruck, mentre la progressivazione delle interconnessioni sono riferite al loro punto di sfioro dei tracciati delle interconnessioni da quelle delle gallerie principali.

2.1.1 Opere del sublotto “Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco”

Le opere del sublotto “Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco”, consistono essenzialmente in:

- Variante alla S.S.12 del Brennero dal km 490 + 500 al km 491 + 500, compreso un nuovo ponte sul Rio Bianco, con spostamento dei sottoservizi interferiti e realizzazione di un accesso all'area di cantiere;
- Ponte sull'Isarco;
- Sottopasso alla linea ferroviaria del Brennero, al km 200 + 400;
- Viabilità interna di cantiere.

2.1.2 Opere del sublotto “Opere principali Sottoattraversamento Isarco”

Le opere del sublotto “Opere principali Sottoattraversamento Isarco”, che fanno parte del progetto esecutivo, consistono essenzialmente in:

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

Gallerie principali

1° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale) da pk 54+015.00 (inizio lotto) a pk 54+600.67 di cui:
 - da pk 54+015.00 a pk 54+465.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)
 - da pk 54+465.00 a pk 54+600.67 in galleria naturale di diramazione a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)
- Galleria principale ovest – binario pari - (tratto in galleria naturale) da pk 54+042.00 (inizio lotto) a pk 54+598.85 di cui:
 - da pk 54+042.00 a pk 54+440.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)
 - da pk 54+440.00 a pk 54+598.85 in galleria naturale di diramazione a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)

2° tratto (Attraversamento Fiume Isarco)

- Galleria principale est – binario dispari – (tratto galleria naturale) da pk 54+600.67 a pk 54+700.77 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
- Galleria principale ovest – binario pari – (tratto galleria naturale) da pk 54+598.85 a pk 54+711.07 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)

3° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale) da pk 54+700.77 a pk 54+968.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
- Galleria principale ovest - binario pari – (tratto in galleria naturale) da 54+711.07 a pk 54+889.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

rivestimento definitivo)

4° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria artificiale) da pk 54+968.00 a pk 55+060.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza)
- Galleria principale ovest - binario pari – (tratto in galleria artificiale) da pk 54+889.00 a pk 55+018.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza)

5° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale) da pk 55+060.00 a pk 56+100.00 (fine lotto) di cui:
 - da pk 55+060.00 a pk 55+485.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
 - da pk 55+485.00 a pk 56+100.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)

Avvertenza: Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.

- Galleria principale ovest – binario pari - (tratto in galleria naturale) da pk 55+018.00 a pk 56+190.00 (fine lotto) di cui:
 - da pk 55+018.00 a pk 55+549.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
 - da pk 55+549.00 a pk 56+190.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)

Avvertenza: Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

Interconnessioni

- Interconnessione est – binario dispari “tratto di diramazione dalla galleria principale – fine lotto” da pk 1+971.44 (pk 54+600.67 Galleria principale est – binario dispari) a pk 2+684.41 di cui:
 - da pk 1+971.44 a pk 2+069.97 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale attraversamento Isarco a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
 - da pk 2+069.97 a pk 2+270.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza)
 - da pk 2+270.00 a pk 2+525.00 Corpo stradale ferroviario a binario singolo con scavo “a vascone” (scavo e opere civili)
 - da pk 2+525.00 a pk 2+684.41 Corpo stradale ferroviario in rilevato/trincea (scavo e opere civili)

- Interconnessione ovest – binario pari “tratto di diramazione dalla galleria principale – fine lotto” da pk 1+693.13 (pk 54+598.85 Galleria principale ovest – binario pari) a pk 2+550.00 di cui:
 - da pk 1+693.13 a pk 1+795.86 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale attraversamento Isarco a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
 - da pk 1+795.86 a pk 2+550.00 in galleria naturale a binario singolo (scavo e rivestimento definitivo)

Avvertenza: Lo scavo della galleria termina in roccia; le opere di portale non sono oggetto del lotto.

Spostamento linea storica FS

- da pk 199+935 ca. a pk 200+900 ca. (binario pari) della linea ferroviaria esistente Verona Brennero, per una lunghezza di m 965 ca. (realizzazione della nuova sede ferroviaria e attrezzaggio, messa in esercizio).

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

Opere minori e accessorie

Sono comprese nel lotto di costruzione le seguenti categorie di opere comprese nel tratto oggetto dell'intervento:

- pozzi e uscite di emergenza (scavo e rivestimento definitivo)
- cunicoli trasversali di collegamento (scavo e rivestimento definitivo)
- opere di presidio in corrispondenza del tratto di linea FS spostata
- interventi di messa in sicurezza contro la caduta massi sopra la linea storica da ca. km 199+000 a ca. km 200+265
- interventi di ripristino ambientale e sistemazione finale del fiume Isarco e delle aree interessate dai lavori
- viabilità di accesso alla zona di soccorso presso il portale interconnessione pari fino alla pk 0+275 ca.

Costituiscono inoltre parte integrante del progetto del sublotto di costruzione, la realizzazione di tutte le opere accessorie e di piccole dimensioni che ricadono nel tratto oggetto dell'intervento, la cui realizzazione risulta necessaria e/o funzionale alla compiuta esecuzione delle opere.

3

3 RELAZIONE DI SINTESI

La presente relazione tratta le condizioni geologiche ed, idrogeologiche nell'area di progetto di Fortezza, la quale si estende dal Rio Bianco fino quasi alla stazione di Fortezza.

Le seguenti elaborazioni si basano principalmente sui risultati delle fasi di indagine eseguite negli anni 2005/2006 e negli anni 2009/2010, nel corso delle quali sono stati eseguiti numerosi sondaggi geognostici ed anche perforazioni per piezometri e pozzi. Sono stati condotti 12 profili sismici e un esteso programma di prove in situ e in laboratorio. Le presenti relazioni si basano inoltre sui rilevamenti e sugli studi effettuati nell'area di progetto.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

L'elaborazione geologica può essere suddivisa in tre settori:

- Settore marginale nord e tratto in roccia in zona Rio Bianco
- L'attraversamento del fiume Isarco
- Settore marginale sud e tratto in roccia adiacente.

Per quanto concerne gli aspetti tecnici della costruzione del tunnel, ulteriori zone rilevanti nel presente settore sono:

- Il sottopasso della A22
- Il sottopasso della SS12
- Il sottopasso dell'Isarco
- L'incrocio delle due canne del tunnel di base con la galleria di collegamento 2.

Il settore dell'attraversamento Isarco è costituito da terreni sciolti quaternari. Predominanti sono i depositi da debris flow e i depositi alluvionali dell'Isarco. Nelle zone marginali può essere intercalato ad essi del detrito di versante.

In quest'area di progetto si prevede che il livello della falda acquifera si trovi, secondo le condizioni morfologiche, quelle meteorologiche e la stagione, da alcuni metri fino a poche decine di metri sopra la calotta del tunnel.

Il settore in roccia a nord ed a sud dell'Isarco si sviluppa completamente all'interno del Granito di Bressanone.

Il livello della falda in quest'area di progetto è previsto a varie decine di metri sopra la calotta.

La classificazione dell' ammasso roccioso è variabile da stabile a caratterizzato da distacchi.

Lungo la faglia di Rio Bianco a nord e per brevi tratti in corrispondenza di zone di faglia a sud, il comportamento dell'ammasso è caratterizzato da sovrassollecitazioni sia nell'intorno del cavo che in profondità.

4 OBIETTIVI DELLO STUDIO

Nell'ambito dell'elaborazione del progetto definitivo per il settore sud del tunnel di base del Brennero, sono state eseguite vaste indagini geologiche, geotecniche e

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

geomeccaniche.

Per affinare il modello geologico ed idrogeologico, negli anni 2009-2010 sono stati eseguiti delle indagini e prove aggiuntive, prevalentemente di natura idrogeologica.

Nel corso dell'anno 2015, per consentire ulteriori approfondimenti, è stata eseguita una campagna di indagine geognostica di approfondimento, costituita da sondaggi geognostici e rilievi.

Nel contesto di questa attività di verifica ed approfondimento i diversi Progettisti hanno ritenuto necessario esplorare in dettaglio specifiche aree ricadenti sul tracciato e su altre strutture di progetto. Per i dettagli si rimanda al documento "Relazione sulle attività di approfondimento dello studio geologico/geotecnico" (02-H71-AF-002-03-01-001.02-B0115-00355-RT3-00).

L'obiettivo dello studio presente, basandosi sulle indagini e i dati disponibili, è quello di valutare, ai sensi delle NTC 2008, le condizioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche, delle aree su cui è prevista la realizzazione delle opere in progetto.

5

5 DATI DI BASE E RIFERIMENTI

Per la redazione della presente relazione sono stati utilizzati i seguenti dati di base:

- Relazione D0150-00670: Relazione tecnica attraversamento Isarco – Staz. Fortezza, Geologia, Idrogeologia, Geotecnica; ITE 2008;
- Consultazione delle informazioni geografiche disponibili della Prov. Auton. di Bolzano, stato agosto 2012;
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE: Decreto 14 gennaio 2008, (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - S. O. n. 30) Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) e 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;

Il settore in roccia a nord dell'Isarco è stato elaborato da BBT SE nell'ambito dell'aggiornamento dei dati di base

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

per il progetto esecutivo del lotto Mules II (lotto adiacente). I dati e le informazioni in merito sono stati utilizzati nella redazione sia della relazione geologica del progetto definitivo, che in quella della presente fase, opportunamente integrati con i risultati dei rilievi e indagini effettuate nella campagna 2015.

Il settore dell'attraversamento Isarco è stato elaborato dal punto di vista geologico e soprattutto idrogeologico dalla società SET srl rispettivamente ARCADIS Italia srl. Sono qui da menzionare in particolare l'esecuzione di prove di pompaggio a lunga durata e modellizzazioni idrogeologiche numeriche del settore. Questi lavori rappresentano la base della progettazione per la zona dell'attraversamento Isarco. I risultati sono riassunti in nelle relazioni *Prove con tracciante - Sintesi delle indagini* (elaborato 02H71AF002040400100B01152098RT500) e *Modello di filtrazione della falda - Opere per il sottoattraversamento del fiume* (elaborato 02H71AF002040400100B01152099RT500) entrambe appartenenti al settore 4.

6

6 AREA DI STUDIO

6.1

6.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di progetto si trova in Val d'Isarco nel comune di Fortezza, tra gli abitati di Fortezza e Mezzaselva, a quote comprese tra 750 e 850 m slm.

Il settore elaborato dal punto di vista geologico da ITE costituisce l'estremo settore meridionale del BBT e si estende dal Rio Bianco a nord fino a Fortezza a sud. Il corridoio del tracciato è suddiviso in due settori dal fiume Isarco con andamento NW-SE.

Trasversalmente rispetto alla direzione della valle principale si dipartono le valli del Rio Bianco, del Rio Vallaga e del Rio Riol. I fianchi ripidi della valle sono solcati inoltre da numerose altre incisioni e canali con andamento da N-S a NE-SW.

Il rilievo più pronunciato situato direttamente nell'ambito dell'area di progetto è il Monte Riol (1547 m), con il suo fianco ripido rivolto verso sud e SE noto come "Hohe Wand".

I principali abitati nella Val d'Isarco tra Fortezza e Rio Bianco sono il paese di Pra di Sopra e Fortezza stesso. Oltre a questi centri abitati si trovano, distribuiti

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione geologica

nell'area di progetto ancora alcuni masi e edifici.



Figura 1: Estratto Geobrowser, Prov. Aut. Bolzano, con evidenziata l'area di progetto

6.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico, il settore qui considerato del BBT è da ascrivere al Sudalpino.

A sud del Lineamento Periadriatico il tracciato entra nel basamento cristallino sudalpino, costituito dal Plutone granitico-grandioritico di Bressanone, dal Gabbro del Monte del Bersaglio e dalle metamorfite incassanti (filladi, micascisti granatiferi) dell'unità della Fillade quarzifera di Bressanone.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica

Il Granito di Bressanone è la roccia arealmente più diffusa nell'area di progetto. Più a sud si trova la zona di passaggio verso la Fillade quarzifera di Bressanone.

Il plutone di Bressanone (Permiano) è un corpo lentiforme con andamento est-ovest intruso a livelli crostali relativamente superficiali del margine settentrionale del basamento cristallino sudalpino. Il suo limite settentrionale ha chiaramente carattere tettonico (Linea delle Giudicarie Nord e Linea della Pusteria – Lineamento Periadriatico) mentre il suo limite meridionale è di natura intrusiva con impronta metamorfica di contatto sulle filladi e micascisti incassanti (Fillade quarzifera di Bressanone).

Oltre alle rocce menzionate, nel solco della Val d'Isarco affiorano rocce sciolte quaternarie con spessori variabili e di particolare importanza per il settore del "Sottoattraversamento Isarco".

7

7 GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA INDAGATA

7.1

7.1 INDAGINI E DATI DI BASE

7.1.1

7.1.1 Generalità

Per l'area di progetto Galleria di base del Brennero - zona di sottoattraversamento del fiume Isarco si dispone un numero elevato di indagini dirette ed indirette eseguite nell'ambito di varie fasi d'indagine.

La posizione delle indagini è rappresentata negli elaborati grafici allegati.

La documentazione delle singole indagini è riportata in allegato (su supporto digitale).

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

7.1.2

7.1.2 Fasi di indagine

7.1.2.1

7.1.2.1 Fase di indagine I: 2000/2001

Nel corso della fase I di indagine è stato eseguito un rilevamento geologico del corridoio del tracciato del BBT per la definizione del tracciato. E' stato inoltre eseguito un sondaggio nel settore di progetto di Fortezza, spinto fino ad una profondità pari a 87 m dal p.c. (Fo-B-01/00).

7.1.2.2

7.1.2.2 Fase di indagine II: 2004/2006

Nel corso della progettazione definitiva è stata condotta, nel 2005 fino ad inizio 2006, una seconda fase di indagine. Per motivi organizzativi l'area di progetto è stata suddivisa in due settori:

- Settore dell'attraversamento Isarco
- Settore di Fortezza

Il settore dell'attraversamento dell'Isarco si estende dal limite settentrionale della roccia nella zona di confluenza del Rio Bianco fino nel tratto in roccia a sud dell'Isarco. Il punto chiave dell'indagine è costituito dalla zona di attraversamento dell'Isarco e in particolare dalla costituzione litologica e dalle condizioni idrogeologiche dei terreni sciolti che costituiscono il riempimento della Val d'Isarco. E' stato inoltre necessario determinare anche l'andamento della superficie del substrato roccioso a nord dell'Isarco.

Nel corso della fase di indagine sono state eseguite le seguenti indagini:

- Rilevamento geologico-geomorfologico
- Rilevamento strutturale (elaborazione dei dati tramite il Software tectonicsFP, Reiter & Acs (1999))
- Rilevamento idrogeologico
- Valutazione del rischio di caduta massi tramite una simulazione in 3D (Software Rotomap della ditta Geo&Soft)
- Indagini dettagliate sulla stabilità dei versanti nei settori critici delle opere
- Carotaggi
- Indagini sismiche
- Prove in situ nei sondaggi
- Prove di laboratorio geotecniche e

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

geomeccaniche su terreni sciolti e roccia

- Perforazione di pozzi profondi
- Prove di pompaggio

7.1.2.3

7.1.2.3 Sondaggi corti 2009

Nel corso dell'affinamento del modello idrogeologico e soprattutto per l'esecuzione di una prova di pompaggio a grande scala come base per la progettazione dell'abbassamento della falda, è stata condotta nel periodo 2009-2010 una terza fase di indagine consistente nell'esecuzione di 4 pozzi di emungimento acqua, numerosi sondaggi geognostici integrativi ovvero piezometri, nell'esecuzione di prove di pompaggio su singolo pozzo nonché nell'esecuzione di una prova di pompaggio a grande scala.

7.1.2.4

7.1.2.4 Sismica superficiale 2012

Nell'autunno 2012 sono state eseguite indagini di sismica superficiale per la caratterizzazione sismica dei terreni.

7.1.2.5

7.1.2.5 Indagini 2015

La campagna di indagine integrativa prevista è stata realizzata nei mesi di febbraio e marzo 2015. I risultati delle indagini pervenuti sono rappresentati dai seguenti elaborati:

- Planimetria con ubicazione sondaggi
- Monografie
- Stratigrafie
- Foto cassette catalogatrici
- Analisi di laboratorio
- Relazione tecnica

La campagna di indagine integrativa effettuata nel 2015 è consistita nell'esecuzione di n. 11 sondaggi geognostici principalmente a carotaggio continuo (solo due sondaggi sono stati eseguiti a distruzione di nucleo) e in 1 indagine sismica a rifrazione, che hanno interessato l'area della valle dell'Isarco e la zona del Rio Vallaga.

La descrizione di dettaglio delle caratteristiche lito-stratigrafiche e litotecniche dei terreni carotati è

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

riportata di seguito.

I sondaggi eseguiti sono elencati di seguito.

- **BHPz-10/14** (m 25,50) installazione di piezometro – Rio Vallaga
- **BH-08/14** (m 40) nord Isarco presso sponda sinistra, zona pozzi sottoattraversamento
- **BH-07/14** (m 40) nord Isarco presso sponda sinistra, zona pozzi sottoattraversamento
- **PZ-B-01/15** (m 25) installazione di piezometro - sud Isarco presso sponda destra, prove con traccianti
- **PZ-B-02/15** (m 20) installazione di piezometro - sud Isarco presso sponda destra, prove con traccianti
- **IN-01/14** (m 20) installazione di inclinometro - sud Isarco presso sponda destra, campo prova
- **IN-02/14** (m 20) installazione di inclinometro - sud Isarco presso sponda destra, campo prova
- **BH-09/14** (m 30) sud Isarco, cunicolo soccorso; il sondaggio è stato realizzato con andamento sub-orizzontale
- **PZ-B-03/15** (m 25) installazione di piezometro - nord Isarco, monitoraggio falda
- **BHPz-01/14** (m 21) installazione di piezometro – sud Isarco, vascone
- **BHPz-02/14** (m 21) installazione di piezometro – sud Isarco, vascone

L'esame degli elaborati relativi alle indagini geognostiche integrative effettuate nel 2015, quali colonne stratigrafiche dei sondaggi e documentazione fotografica delle cassette catalogatrici (riportate in allegato alla relazione 02-H71-AF-002-03-01-001.02-B0115-00355-RT3-00), confermano sostanzialmente i dati risultanti dalle indagini eseguite per la fase progettuale definitiva.

Le sequenze litologiche attraversate dai sondaggi integrativi confermano sostanzialmente i dati stratigrafici dei sondaggi più prossimi, eseguiti nelle precedenti

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica

campagne di indagine.

Non sono state pertanto apportare modifiche al modello geologico acquisito dal progetto definitivo.

I sedimenti attraversati dai nuovi sondaggi appartengono in grande prevalenza ai depositi fluviali postglaciali (alluvioni) deposti dal Fiume Isarco e dai suoi affluenti; all'interno di essi si ritiene siano presenti, tuttavia, interdigitazioni dei depositi di debris-flow. L'esistenza di tali interdigitazioni, per il loro ridotto spessore, per la loro distribuzione sporadica nell'ammasso e per la relativa similitudine con il resto dei sedimenti presenti nella pianura, non è immediatamente riscontrabile.

Tuttavia, la loro presenza è stata correlata con quella di porzioni della sequenza dei terreni attraversati, evidenziate da un ammasso poco classato e caratterizzato da un'ampia distribuzione granulometrica (da ghiaia a limo, anche con presenza di blocchi lapidei di grandi dimensioni, finanche oltre il metro).

In generale i sedimenti alluvionali postglaciali si presentano caratterizzati da ghiaia poligenica da subangolare a subarrotondata e sabbia a luoghi debolmente limosa, con numerosi ciottoli o blocchi, di colore marrone-grigiastro. I blocchi sono in grandissima prevalenza granitici, in subordine filladici. La dimensione dei blocchi varia da 0,2 m ad 1,0 m circa.

Solo nel sondaggio BH-09/14 (m 30 sub-orizzontale) è stata intercettata l'unità del Granito di Bressanone, rappresentato da granito di colore d'insieme grigio-biancastro, da compatto con fratture singole a compatto debolmente fratturato; lungo le superfici di frattura sono stati rilevati leggeri segni di alterazione (ossidi color ruggine).

Gran parte dei sondaggi eseguiti sono ubicati in destra (sud) Isarco, mentre in sinistra (nord) Isarco sono stati eseguiti solo i sondaggi BH-07/14, BH-08/14 e PZ-B-03/15.

In particolare nel sondaggio PZ-B-03-15, in sinistra Isarco, si riscontra la presenza di riporti fino ad almeno 3,5 m di profondità, che poggiano sulle alluvioni fluvio-glaciali rappresentate prevalentemente da ghiaie in matrice sabbiosa. Sulla verticale si registra la presenza di livelli di blocchi, frammisti a sabbia, tra -9,00 m e -11,00 m, tra -19,40 m e -19,60 m e tra -24,00 m e -

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica

24,30 m, riferibili a interdigitazioni di debris-flow all'interno del corpo alluvionale, provenienti dal cono detritico-alluvionale allo sbocco dell'incisione torrentizia presente ad est.

Un particolare lito-stratigrafico emerso dalle nuove indagini, che contribuisce a confermare le assunzioni effettuate nel progetto definitivo, è la presenza nella valle dell'Isarco, al di sotto del fiume, di un corpo di alluvioni a granulometria complessivamente più fine, con prevalente frazione sabbiosa, posto ad una profondità media di circa 20 m dalla superficie, che si intercala a depositi di debris-flow e soggiace a depositi fluviali postglaciali più grossolani. Tale corpo sedimentario è stato messo in evidenza da numerosi sondaggi, i quali sono terminati tutti entro questo livello che, quindi, si estende in profondità al di sotto dei terreni indagati.

Di seguito si elencano gli intervalli di profondità, nei diversi sondaggi a carotaggio, in cui si è rilevata tale intercalazione a grana più fine.

- Pz-B-01/15 (20-24 m);
- BH-07/14 (25-40 m);
- BH-Pz-02/14 (12-21 m);
- PZ-B-03-15 (15-25 m);
- BH-08/14 (20-40 m);
- PZ-01/14 (17-21 m).

Litologicamente tale corpo alluvionale a grana complessivamente più fine è rappresentato da un maggior contenuto di sabbia e di limo e da una minore frequenza di blocchi lapidei che hanno anche una minore dimensione.

Il sondaggio BH-PZ-10/14 ha intercettato prevalentemente depositi di debris-flow (Rio Vallaga). Il sondaggio PZ-B-02/15 si è fermato più in superficie rispetto al corpo sedimentario a grana fine. Il sondaggio sub-orizzontale BH-09/14 ha attraversato esclusivamente il Granito di Bressanone.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica

7.1.3

7.1.3 Cartografia

L'area di progetto tra Rio Bianco e la stazione di Fortezza è stata rilevata ex novo in dettaglio. Nella fase di indagine II nel periodo 2004-2005 l'area di progetto è stata inquadrata dapprima tramite un rilevamento alla scala 1:10.000.

Nel corso della stessa fase è stato poi eseguito un rilevamento di dettaglio dell'area del fiume Isarco alla scala 1:2000 e nelle zone adiacenti alla scala 1:5.000.

Il rilievo è stato condotto in base ai seguenti punti di vista:

- Rilevamento geologico-geomorfologico
- Rilevamento geologico-strutturale
- Rilevamento idrogeologico
- Analisi geomeccanica dettagliata di affioramenti selezionati

7.1.4

7.1.4 Analisi delle foto aeree

L'intera l'area di progetto è stata coperta da un'analisi delle foto aeree stereoscopiche. Sono state utilizzate foto di un volo alto e di un volo basso degli anni 1977 e 2001.

- Volo alto: ca. 8000 m, b/n
 - Strisciata 3A: Foto da 231 a 235
 - Strisciata 4A: Foto da 350 a 358
- Volo basso: ca. 3000m, a colori
 - Strisciata 173: Foto da 1144 a 1157

Scopo dell'analisi delle foto aeree era l'individuazione di:

- Strutture geologiche e faglie
- Movimenti gravitativi
- Strutture geomorfologiche

7.1.5

7.1.5 Indagini sulle instabilità dei versanti

Sull'area di progetto, oltre al rilevamento geomorfologico, è stata eseguita anche una valutazione della stabilità dei versanti tramite una modellizzazione in 3D con profili di controllo 2D e sono state proposte le necessarie misure di sicurezza. I risultati della

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica

modellizzazione sono illustrati in documenti appositi all'interno del settore 8.

Oltre alla simulazione di caduta massi è stata eseguita, per le aree critiche delle opere, una valutazione dettagliata della stabilità dei versanti.

7.1.6

7.1.6 Rilievi geologici e geomorfologici

Contestualmente alle indagini geognostiche, è stato eseguito un approfondimento delle conoscenze geologiche e geomorfologiche del territorio interessato dalle opere di progetto, attraverso l'esecuzione di sopralluoghi e rilievi geologici e geomorfologici.

Inoltre, per consentire un adeguato approfondimento dello studio geologico e della caratterizzazione geomeccanica dell'area in destra Isarco, dove dovranno essere ubicate le barriere paramassi e dove dovrà avvenire lo spostamento della linea storica FS, (per il tema specifico si rimanda alla documentazione contenuta nel settore 8), sono stati eseguiti n. 4 rilievi geostrutturali del versante posto in corrispondenza dell'area suddetta.

Le attività di rilievo e caratterizzazione sono state effettuate dal Dott. Geol. Massimiliano Crini, per conto dell'R.T.I.

7.1.7

7.1.7 Perforazione di pozzi

Nella zona dell'attraversamento del fiume Isarco sono stati realizzati in totale 5 pozzi, sia a percussione che a rotazione con distruzione di nucleo con diametro di sviluppo tra 400 e 700 mm e profondità fino a 60 m

7.1.8

7.1.8 Sismica

Nelle precedenti fasi progettuali, sono stati eseguiti 12 profili sismici distribuiti nell'area di progetto. I profili sono stati stesi principalmente ai margini della valle per ottenere informazioni sull'andamento del livello del substrato in quest'area.

Sono stati utilizzati i seguenti metodi:

- Tomografia sismica
- Sismica a riflessione

Nella Tabella seguente sono riassunte le indagini sismiche eseguite.

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione geologica

Bezeichnung/ Denominazione	Bereich / Zona	Typ / Tipo	Länge [m] / Lungh. [m]
Profil/o 3	Talrand nördlich Bhf Franzensfeste Margine valle nord stazione Fortezza	Tomographie tomografia	350
Profil/o 4	Talrand nördlich Bhf Franzensfeste Margine valle nord stazione Fortezza	Tomographie tomografia	200
Profil/o 5	Talrand nördlich Bhf Franzensfeste Margine valle nord stazione Fortezza	Tomographie tomografia	200
Profil/o 6	Talflur/Talrand südlich Eisack Fondovalle/Margine valle sud Isarco	Tomographie tomografia	200
Profil/o 7	Talrand südlich Eisack Margine valle sud Isarco	Tomographie tomografia	210
Profil/o 8	Talflur/Talrand nördlich Eisack Fondovalle/Margine valle nord Isarco	Tomographie tomografia	260
Profil/o 10	Talrand südlich Eisack Margine valle sud Isarco	Reflexionsseismik Sismica a riflessione	95
Profil/o 11	Talrand südlich Eisack Margine valle sud Isarco	Reflexionsseismik Sismica a riflessione	95
Profil/o 12	Talrand südlich Eisack Margine valle sud Isarco	Reflexionsseismik Sismica a riflessione	105
Profil/o 13	Talrand südlich Eisack Margine valle sud Isarco	Reflexionsseismik Sismica a riflessione	95
Profil/o 14	Talflur südlich A12 Fondovalle sud della A12	Reflexionsseismik Sismica a riflessione	95
Profil/o 15	Talrand nördlich A12 Margine valle nord della A12	Reflexionsseismik Sismica a riflessione	100

Tabella 1 Elenco delle indagini sismiche

7.1.9

7.1.9 Sismica 2015

La campagna di indagine integrativa del 2015, oltre ai sondaggi geognostici, ha comportato l'esecuzione di una indagine sismica a rifrazione con rilievo delle Vp in prossimità del sondaggio sub-orizzontale BH-09/14, rappresentata da un profilo sismico della lunghezza di 70 m, e da una MASW nel tratto pianeggiante dello stesso profilo.

L'indagine sismica a rifrazione è rappresentata da un profilo sismico a rifrazione dello sviluppo di 70 m eseguito circa parallelamente e nelle vicinanze del cunicolo di soccorso in progetto. Il profilo ha origine in pianura, nei pressi de

I sondaggio FO-B-21/090, quindi con orientamento NNE-SSE procede verso il pendio percorrendo su di esso circa 30 m fino a quota 789 m slm circa. L'indagine

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione geologica

ha restituito una sezione sismostratigrafica con una ricostruzione del sottosuolo di profondità compresa fra 10 e 20 m circa dalla superficie (vedasi figura seguente).

La modellazione sismica indica che nel tratto di valle, fino all'affioramento roccioso a monte strada, è presente una copertura sciolta con probabili blocchi ($V_p=600\text{m/s}$). Il suo spessore cresce verso nordovest e più in profondità oltre 5-7m; le V_p aumentano verso la valle testimoniando un aumento di addensamento o la presenza di una falda a pelo libero.

A monte strada la roccia subaffiorante, in cui è stato anche impostato il sondaggio geognostico orizzontale, mostra valori di velocità V_p che in superficie varia da 1000m/s a 2000m/s.

Nella porzione sommitale (geofoni 21-24) si nota un ispessimento della copertura (3-4 m circa) mentre tra i geofoni 1 e 14 si segue bene l'immersione a relativamente debole pendenza del substrato roccioso: essa mostrerebbe una sorta di risalita intorno ai geofoni 2-4.

Non è escluso che tale risalita sia in realtà associabile alla presenza di grandi masse litoidi non radicati capaci comunque di sostenere il segnale sismico.

La roccia integra ($V_p \gg 2200\text{m/s}$) ha un comportamento molto più omogeneo e tende a risalire addentrandosi verso il versante.

Fachbereich:
Thema:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali

Dokumenteninhalt:

Contenuto documento: Relazione geologica



Figura 2 Ubicazione dello stendimento sismico

Dall'andamento dei valori di V_p si evince un detensionamento del versante. Il detensionamento non appare condizionato solo dalle strutture subverticali parallele al versante e che condizionano la morfologia dei luoghi (a monte della linea entro il bosco si notano numerose balze rocciose) ma anche da piani di discontinuità che le collegano e che appaiono in contropendenza, almeno per come la sezione taglia queste strutture.

La destrutturazione del materiale lapideo, intesa su larga scala e non confrontabile pertanto con i dati puntuali che possono risultare sondaggi, oltre che essere visibile in affioramento lungo il versante, interesserebbe quindi i primi 15 m di profondità, determinando un abbassamento delle caratteristiche meccaniche globali dell'Ammasso roccioso per i primi 30-40m di inizio cunicolo.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica

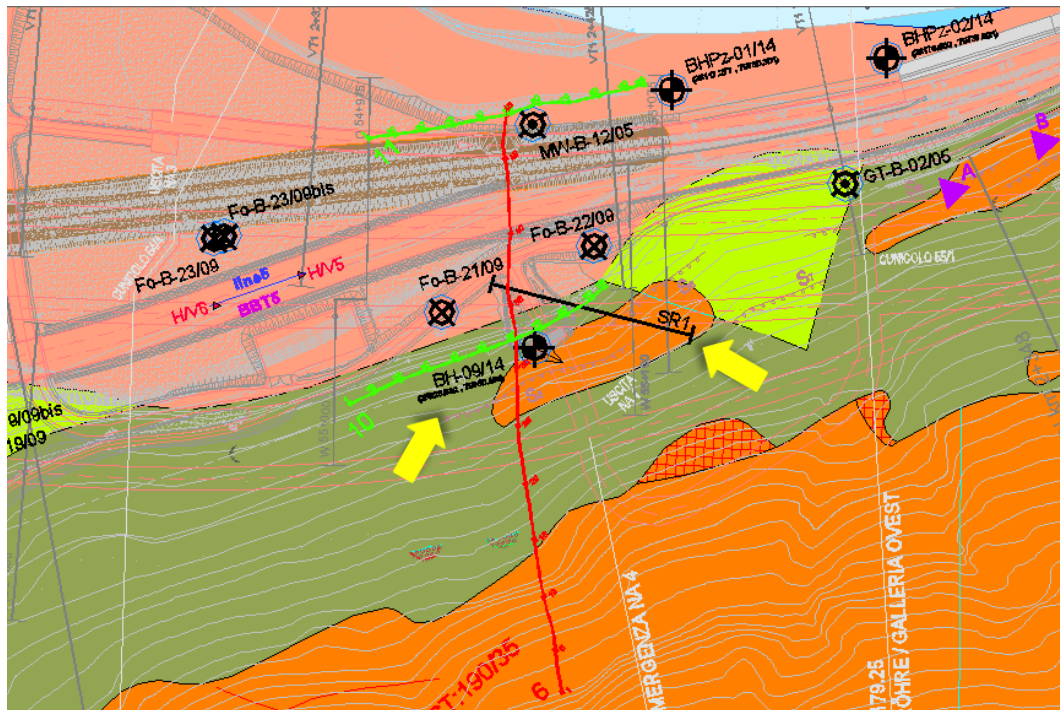


Figura 3 Stralci della carta Geologica con ubicazione delle indagini. Le frecce indicano la traccia della MASW e l'ubicazione del sondaggio BH-09/14

Il sondaggio sub orizzontale BH-09/14, restituisce in stratigrafia la presenza di materiale lapideo pressoché compatto, apparentemente in contrasto con i risultati della tomografia sismica SR1.

Dall'analisi della sezione sismica di figura seguente, nella quale è riportata la posizione del sondaggio BH-09/14, si desume come il dato sia da ritenersi di carattere puntuale, in relazione alla presenza di una superficie caratterizzata da minore velocità e presente lungo tutta la sezione.

Evidentemente la zona interessata dal sondaggio è caratterizzata da una maggior compattezza della roccia, riscontrata anche dalle velocità registrate in quel punto.

Nel tratto sub-pianeggiante si è analizzato anche il treno d'onda di superficie per la prima energizzazione esterna (2m oltre gh1) ed è stata ricavata la verticale del profilo di velocità delle onde di taglio.

Analogamente a quanto anticipato dalla sismica a rifrazione si notano una decina di m di suoli di copertura non lapidei con $200 < V_s < 450 \text{ m/s}$ appoggiati sopra a materiali più rigidi (roccia fratturata? $550 < V_s < 750 \text{ m/s}$). Oltre 20m di profondità si raggiungono velocità tipiche

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica

di un bedrock sano $V_s > 800\text{m/s}$.

Nel tratto sub-pianeggiante si è analizzato anche il treno d'onda di superficie per la prima energizzazione esterna

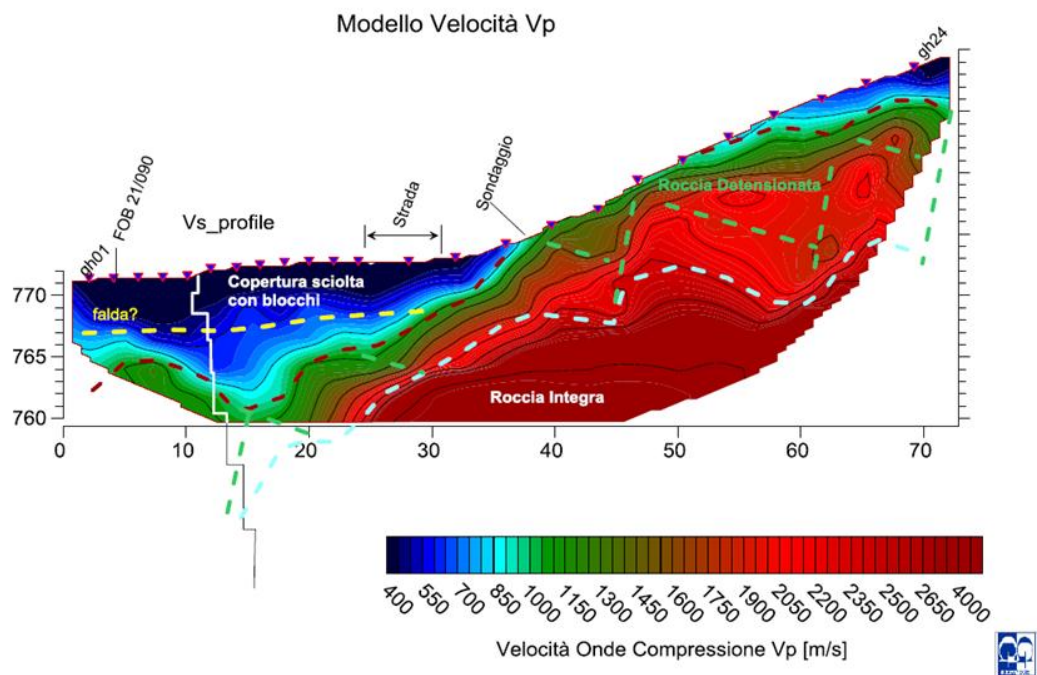


Figura 4 Modello velocità Vp sismica SR1 - 2015

7.1.10

7.1.10 Prove di permeabilità

Per valutare la conducibilità idraulica delle unità geologiche principali sono state eseguite prove di permeabilità in situ nei fori. Sono state condotte le seguenti prove:

Roccia

- Prova Lugeon

Terreni sciolti

- Prova Lefranc
- Prova di pompaggio a breve durata
- Prova di pompaggio nei piezometri
- Prove di pompaggio su singoli pozzi
- Prova di pompaggio a lunga durata

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

7.1.11

7.1.11 Prove di laboratorio

Sono state eseguite diverse prove di laboratorio di natura geologica, geotecnica e geomeccanica.

Per la classificazione geologico-stratigrafica sono di rilevanza soprattutto le analisi granulometriche.

7.1.12

7.1.12 Analisi granulometriche

Dalle carote dei sondaggi geognostici sono stati prelevati campioni di materiale per analizzare la composizione granulometrica in laboratorio.

Generalmente si tende a prelevare piuttosto tratti a grana fine delle carote dei sondaggi, elementi maggiori risultano meno considerati a seguito del diametro piccolo dei carotaggi e vengono spesso già eliminati durante il prelievo dei campioni da trasportare in laboratorio.

Per le considerazioni di carattere fisico e meccanico sui terreni analizzati, si rimanda alla relazione geotecnica.

7.2 GEOMORFOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO

La Val d'Isarco nella zona di progetto tra Mules e Fortezza è caratterizzata da una morfologia angusta e fianchi molto ripidi, in prevalenza costituiti da granito. Quasi perpendicolarmente o in ogni caso ad angolo ottuso rispetto all'andamento della valle, i fianchi ripidi della valle sono tagliati da incisioni e canali con morfologia quasi da canyon il cui andamento è da associarsi ai motivi tettonici dell'area. All'interno dell'area di progetto i più rilevanti sono le incisioni di Rio Bianco, quello della Valle di Vallaga e della Valle di Riol.

All'interno dell'area di progetto il dislivello passa da 750 m s.l.m. (nella zona della stazione di Fortezza) fino a 1550 m s.l.m. (Riol, 1547 m).

L'aspetto attuale della Val d'Isarco si è sviluppato nel più recente passato geologico ed è caratterizzato da forme d'accumulo e di erosione glaciali e fluviali. Le forme d'accumulo (conoidi di versante e da debris flow, falde detritiche a blocchi, terrazzi detritici sub- attuali e alluvioni attuali di fondovalle) sono limitate al fondovalle e nelle zone ai margini della valle. Le forme d'erosione si trovano soprattutto sui versanti e nelle zone altimetricamente più elevate. Tipiche forme sono le valli a V, i dossi montonati, strie glaciali sulla roccia, altipiani e valli sospese (Valle del Rio Riol).

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

L'area di progetto ricade nello stretto fondovalle (larghezza di ca. 300 m), racchiuso da ripide pareti rocciose. Il fondovalle risulta pianeggiante con una pendenza media longitudinale di ca. 1,3°. In mezzo si snoda il Fiume Isarco con un andamento sinuoso. Il fondovalle mostra un'impronta antropica con importanti infrastrutture su ambo i lati del fiume. In sinistra idrografica si trovano l'autostrada A22 del Brennero e la strada statale SS12, in destra la linea ferroviaria del Brennero su rilevato di alcuni metri oppure incisa nel conoide. In aggiunta sono presenti il campo sportivo di Fortezza con le strutture contigue (edificio, parcheggio), una pista ciclabile al piede del versante a monte dell'A22 e varie piazzole di sosta e di deposito di materiale lungo la SS12. Le infrastrutture nel fondovalle presentano un elevato numero di opere d'arte quali ponti, sottopassi e tomboni.

Verso NW l'area di progetto incontra due importanti affluenti laterali, il Rio Bianco in sinistra ed il Rio Vallaga in destra del Fiume Isarco. Specie il Rio Vallaga presenta un ampio conoide, mentre sul versante opposto il Rio Bianco è caratterizzato da un conoide più piccolo ed è seguito verso SE da una serie di piccole incisioni a portata periodica.

7.2

7.2.1

7.3 GEOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO

7.3.1 Costituzione dell'ammasso roccioso

Le rocce affioranti nell'area di progetto sono attribuite al basamento sudalpino. Il settore più antico dell'area di studio è costituito dalla Fillade quarzifera di Bressanone, la quale nella zona di contatto è stata trasformata in una cornubianite massiva in seguito appunto al metamorfismo di contatto. Per l'area di progetto quest'unità non è rilevante.

Il periodo rilevante dell'evoluzione geologica per l'area di progetto di Fortezza è il Permiano, con l'intrusione del Granito di Bressanone nel basamento cristallino Sudalpino a sud della Linea Periadriatica. Il Lineamento Periadriatico costituisce uno dei più importanti elementi strutturali in ambito alpino, il quale si è sviluppato già in epoca pre-alpina. Esso taglia il corridoio del BBT in corrispondenza dell'abitato di Mules e quindi non è rilevante per l'area di progetto.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica

Il magmatismo permiano del sudalpino è caratterizzato da una tipica suite calcocalina di plutoni, filoni e vulcaniti acide e intrusioni minori intermedie e basiche. La sua origine è da attribuirsi ad una fase tardo-varisica di subduzione e di orogenesi oppure ad una fase post-varisica a carattere distensivo (UIBK-GBA-CFR 2006).

Nel corso dell'orogenesi alpina il Granito di Bressanone ha subito deformazioni tettoniche polifasiche ed eteroassiali a carattere fragile. All'interno del Granito di Bressanone di conseguenza, sono predominanti sistemi di faglie alpine fragili, le quali sono associate al il Lineamento Periadriatico ad andamento E-W e al sistema di faglie Mules-Sprechenstein ad andamento NW-SE.

Il basamento sudalpino non mostra metamorfismo regionale alpino e neppure strutture di deformazione duttili (UIBK-GBA-CFR 2006). Nella Fillade quarzifera di Bressanone sono quindi evidenti l'impronta varisica e un metamorfismo di contatto a ridosso del Granito di Bressanone.

L'aspetto attuale dell'area di progetto di Fortezza si è modellato nel recente passato geologico durante varie fasi di glacialismo quaternarie. In seguito a questo la Val d'Isarco è stata profondamente incisa, sebbene la sovraescavazione si sia sviluppata diversamente a seconda delle zone.

In epoca post-glaciale la Val d'Isarco è stata riempita da terreni sciolti con vario spessore. Secondo i risultati delle indagini sui terreni sciolti essi sono costituiti soprattutto da depositi fluviali del fiume Isarco, depositi da debris flow alimentati dai canali laterali e detrito di versante. Localmente possono essere ancora conservati depositi fluvioglaciali. I depositi quaternari si interdigitano tra loro più o meno fittamente secondo la strettezza della valle e da qui deriva la locale complessità del riempimento della valle stessa.

Nel settore del Forte di Fortezza affiora il substrato sull'intera sezione della valle, quindi, sulla base del fatto che la copertura di terreni sciolti presenta uno spessore limitato, se ne può prescindere. Al contrario, nella zona del campo sportivo a nord di Pra di Sopra il substrato non è stato ancora raggiunto alla profondità di 133 m (sondaggio Fo-B-13/09).

Nel settore in corrispondenza dei fianchi della valle sono

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

presenti depositi glaciali e anche post glaciali sotto forma di morene nonché detrito di versante e da debris flow.

7.2.2

7.3.2 Rocce

7.2.2.1

7.3.2.1 Fillade quarzifera di Bressanone

Nella parte superiore della Valle di Vallaga e a sud della stazione di Fortezza affiora la Fillade quarzifera di Bressanone.

Si tratta di una sequenza di rocce in facies degli scisti verdi, le quali data la loro originaria composizione pelitico-arenitica sono ora costituite prevalentemente da filladi e filladi quarzitiche. Sono inoltre presenti subordinati paragneis, quarziti, micascisti granatiferi, scisti neri e porfiroidi.

A sud di Fortezza, la fillade quarzifera mostra una impronta metamorfica di contatto con uno spessore di parecchie centinaia di metri, che si deve ascrivere all'intrusione permiana del Granito di Bressanone. In questo settore la roccia è costituita da una cornubianite più dura e più massiva.

La fillade quarzifica non è una roccia rilevante ai fini dell'opera, poiché non affiora nella zona del tunnel.

7.2.2.2

7.3.2.2 Granito di Bressanone

Tra Mezzaselva e Fortezza affiora il Granito di Bressanone su entrambe le sponde dell'Isarco. Esso è costituito da K-feldspato, plagioclasio, quarzo e biotite e mostra grana da media a grossa. Per quanto concerne la composizione mineralogica, affiorano graniti, granodioriti e dioriti. Il Granito di Bressanone contiene corpi, filoni e vene costituiti da leucograniti, apliti e pegmatiti, xenoliti femici, nonché numerosi filoni e vene di quarzo. Di frequente sono presenti anche solfuri oppure i loro prodotti di alterazione. Nei casi in cui il granito è deformato intensamente in regime fragile, esso si presenta come una cachirite pseudo-coesiva. Queste rocce di faglia ghiaioso- argillosa presentano spesso le caratteristiche geotecniche dei terreni sciolti.

7.2.3

7.3.3 Terreni sciolti

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

Il riempimento della Val d'Isarco è costituito da depositi quaternari con spessori e composizione differenti. Di seguito sono descritti sinteticamente i diversi tipi di terreni sciolti presenti.

7.2.3.1

7.3.3.1 Morene

Lungo i fianchi della valle sono conservati localmente resti di depositi morenici pleistocenici. Solo a sud di Fortezza sono presenti diffuse morene e sedimenti terrazzati fluvio-glaciali. Normalmente essi sono mal esposti; tuttavia sono riconoscibili grazie alla presenza di estesi depositi dilavati e alla morfologia generalmente dolce del terreno.

Caratteristica delle morene è la cattiva classazione, la composizione poligenica del detrito (clasti di Granito di Bressanone e fillade quarzifica, ma anche di scisti verdi, micascisti e dolomie) e anche la presenza di "relitti di depositi".

Nell'area di progetto i depositi morenici non sono stati riscontrati e non saranno pertanto ulteriormente trattati.

7.2.3.2

7.3.3.2 Alluvioni dell'Isarco

Nella valle principale dell'Isarco si è instaurata nel postglaciale una sedimentazione fluviale. La caratteristica evidente di questi depositi è data dalla presenza di terrazzi e orli di terrazzi riconoscibili su entrambe le sponde dell'Isarco. La loro origine è da attribuirsi all'alternanza di sedimentazione ed erosione nel corso della quale il fiume ha riempito ripetutamente con sedimenti il fondovalle e successivamente ha inciso nei suoi stessi depositi.

La gamma dei litotipi presenti, corrispondentemente al regime di sedimentazione predominante, va dai sedimenti a grana fine depositati in acque tranquille, fino ai blocchi e massi depositati in regimi ad alta energia (blocchi fino a 2,5 m di diametro). La gamma dei ciottoli mostra una composizione a carattere regionale che corrisponde alla zona d'alimentazione dell'Isarco, con componenti arrotondati. Lo spessore totale di questi depositi può essere considerato sulla base dei sondaggi eseguiti localmente nell'ordine di > 100 m (Fo-B-13/09 in zona decentrata del fondovalle, superficie della roccia a 133 m profondità sotto il piano di campagna).

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

7.2.3.3

7.3.3.3 Depositi da debris flow

Dagli immissari laterali sono stati depositati conoidi da debris flow e conoidi alluvionali. Le forme di questo tipo più rilevanti sono il conoide alluvionale/di debris flow del Rio Bianco a nord dell'Isarco e i conoidi alluvionali/di debris flow del Rio Vallaga e del Rio Rioli a sud dell'Isarco. Oltre a questi conoidi principali, sono presenti numerosi altri piccoli conoidi di debris flow lungo i piedi del versante, formati in corrispondenza delle incisioni laterali con portata periodica di acqua.

Per quanto concerne la loro genesi questi depositi sono poco classati e mostrano ciottoli di provenienza locale con prevalenti frammenti a spigoli arrotondati. Blocchi e massi sono diffusi e il volume dei blocchi può raggiungere l'ordine del m³. Di contro si può avere un forte contenuto in matrice che può anche dominare

7.2.3.4

7.3.3.4 Detrito di versante

Nella parte inferiore dei fianchi ripidi della valle tra i depositi dei conoidi alluvionali è presente una copertura generalmente poco potente di detrito di versante. Essa è caratterizzata da una gamma di frammenti locali che mostrano un limitato grado di arrotondamento. Blocchi e massi sono diffusi e si possono trovare blocchi con dimensioni fino a 2,5 m di diametro.

7.2.3.5

7.3.3.5 Depositi antropici

Localmente il territorio è stato modificato da riporti di carattere antropico. Data la loro minima estensione, la rilevanza di questi, ai fini dell'opera, in profondità, è minima. D'importanza maggiore sono i terrapieni dell'autostrada e della ferrovia.

7.2.4

7.3.4 **Passaggi roccia-terreni sciolti**

7.2.4.1

7.3.4.1 Andamento della superficie del substrato a nord dell'Autostrada A22

Il passaggio tra la roccia e i terreni sciolti avviene a sud dell'incisione del Rio Bianco. Per l'indagine sull'andamento della superficie del substrato roccioso a nord dell'autostrada sono stati eseguiti parecchi sondaggi, di cui 6 sondaggi a carotaggio (ITE-B-06/05, ITE-B-08/05, Fo-B-11/09, Fo-B-12/09, Fb-B-24/09 e Fo-B-25/09) hanno raggiunto la roccia, e 3 profili sismici (Profili 8, 14 e 15).

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

Nella zona del sottopassaggio dell'autostrada i risultati forniti dalla sismica sono stati tali per cui la profondità del substrato, a seconda del metodo, risulta variare tra 15 e 45 m sotto il piano di campagna. Al contrario, il sondaggio ITE-B-01a/05 eseguito in questa zona ha attraversato fino a fondo foro, alla profondità di 75 m, solamente terreni sciolti. I risultati non soddisfacenti della sismica sono stati attribuiti ai problemi, noti per questo metodo, che si manifestano nei casi in cui i fianchi della valle sono molto ripidi o ci sono fonti di disturbo (autostrada).

Basandosi su punti fissi dei sondaggi e su altri punti selezionati lungo il limite della roccia su affioramenti in superficie, è stato ricostruito, tramite triangolazione, l'andamento della superficie del substrato rappresentato nei profili e nelle sezioni.

7.2.4.2

7.3.4.2 Andamento della superficie del substrato a sud dell'Isarco

La superficie del substrato a sud dell'Isarco è stata indagata tramite 6 profili sismici (4 tramite sismica a riflessione – profili dal 10 al 13 - e 2 tramite tomografia – profili 6 e 7). I risultati indicano, secondo il metodo, diverse profondità del substrato. In questo settore solo uno dei sondaggi eseguiti ha raggiunto il sottofondo roccioso (Fo-B-21/09).

Basandosi su tale punto fisso profondo e su altri punti selezionati lungo il limite della roccia su affioramenti in superficie, è stato ricostruito, tramite triangolazione, l'andamento della superficie del substrato rappresentato nei profili e nelle sezioni.

7.2.4.3

7.3.4.3 Andamento della superficie del substrato nella zona della galleria di collegamento 2 (interconnessione pari)

Il passaggio alla roccia nel settore della galleria di collegamento 2 a sud dell'Isarco non è stato intercettato dalle indagini eseguite. L'andamento del contatto è stato infatti ricostruito geometricamente, basandosi su punti selezionati lungo il limite della roccia in affioramenti superficiali.

Anche l'esecuzione delle indagini geognostiche integrative del 2015, effettuate con lo scopo di verificare e integrare laddove necessario le informazioni necessarie alla definizione del modello geologico, non hanno fornito informazioni sulla profondità del bedrock nel settore della galleria di collegamento 2, come si

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

evince dalla tavola "Profilo geologico longitudinale – Interconnessione binario pari".

Come già suggerito nella fase progettuale definitiva, nei casi di incerta individuazione della posizione del substrato, si suggerisce di procedere in fase di avanzamento dei lavori, mediante prospezioni sul fronte di scavo, che consentano la corretta e tempestiva individuazione del bedrock.

	Nördlich A22 nord della A22	Südlich Eisack sud dell'Isarco
BBT Gleis BBT Binario dispari	54+318	55+087
BBT Gleis BBT Binario pari	54+254	55+064
Verbindungstunnel 1 Galleria di collegamento 1 (interconnessione dispari)	1+687	-
Verbindungstunnel 2 Galleria di collegamento 2 (interconnessione pari)	1+341	2+072

Tabella 2 : Progressiva (chilometro) dell'intersezione della linea della roccia pronosticata con la gradiente della galleria in asse e lungo le diverse opere sotterranee

7.2.4.4

7.3.4.4 Discariche e depositi abbandonati

Da un esame in campagna e da indicazioni dell'Ufficio Gestione rifiuti della Provincia Autonoma di Bolzano non si hanno conoscenze di vecchie discariche o siti contaminati nell'area di progetto.

Per tutti gli approfondimenti di carattere ambientale si rimanda al Piano di Utilizzo, redatto ai sensi del D.M. 10/8/2012, n.161.

7.2.5

7.3.5 Geologia strutturale

7.2.5.1

7.3.5.1 Inquadramento

Nella restante area di studio il Granito di Bressanone è tagliato da un reticolo di faglie associate al Lineamento Periadriatico con andamento WNW- ESE. La roccia è disgregata sotto l'influenza di faglie e dell'alterazione localmente anche in profondità. Le porzioni di granito meno deformate e meno alterate mostrano un buon legame tra i grani e un'alta resistenza della roccia.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica

L'elemento geologico-strutturale più importante all'interno dell'area di progetto è rappresentato dalla zona di faglia del Rio Bianco con andamento molto inclinato in direzione NNW-SSE. Essa può essere seguita a partire dal vallone del Rio Bianco attraverso la Val d'Isarco fino alla sella a ovest di Cima Riol. Gli indicatori cinematici mostrano un senso di movimento trascorrente sinistro che ha sovraimpresso un più antico movimento di faglia normale vergente verso est.

La zona di faglia è attraversata in sbieco dal BBT all'altezza del passaggio sotto il Rio Bianco, a nord dell'Isarco ca. tra le progressive km 54,1 e 54,3. La zona di faglia è stata indagata attraverso i sondaggi Rb-B-01/05, B-02/05, ITE-B-06/05 e 08/05 inoltre attraversata dal cunicolo esplorativo di Aica. Dati più approfonditi sull'assetto geologico e sulle caratteristiche geotecniche della faglia di Rio Bianco sono stati ripresi e integrati nella progettazione del presente lotto dalla progettazione geologico – geotecnica del lotto di costruzione Mules II forniti da BBT SE, che rappresenta la continuazione verso nord del presente lotto. Per gli approfondimenti in merito si rimanda alla Relazione geotecnica.

Nel settore in roccia a sud dell'Isarco affiorano altre due faglie importanti. Si tratta della faglia con andamento NE-SW del Rio Plunger e della faglia ad andamento ENE-WSW del Canalone-Hohe-Wand. Queste faglie si caratterizzano per un movimento trascorrente destro. Gli affioramenti nei pressi di Pra di Sopra fanno supporre che anche queste faglie riattivino vecchie faglie normali.

Entrambe le faglie si manifestano in superficie con valloni molto incisi nel granito di Bressanone e si possono seguire sulle foto aeree da una parte all'altra della Val d'Isarco. In affioramento si presentano come fasce di diversi metri di spessore con un intenso grado di degradazione che talora presentano un'alterazione da spinta fino a pervasiva.

La faglia del Rio Plunger è attraversata con angolo ottuso dalle opere del BBT ca. alla progressiva 55,5. La faglia del canalone-Hohe-Wand è situata al di fuori del presente lotto.

Entrambe le faglie non sono rilevanti ai fini dell'interazione con le gallerie di collegamento (gallerie di interconnessione).

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica

Oltre alle importanti faglie appena descritte, è presente all'interno dell'area di progetto un reticolo diffuso di faglie minori e di giunti. Per questi motivi all'interno del settore in studio sono stati svolti rilevamenti dettagliati al fine di individuare gli elementi tettonici e le loro caratteristiche geomeccaniche.

Piccole faglie si manifestano in superficie e nei sondaggi, sotto forma di fasce di ammasso roccioso di spessore metrico, fortemente disgregate, caratterizzate da cataclastiti con spessori da cm a dm. Lo spessore delle cachiriti è generalmente limitato a pochi centimetri. Le discontinuità in questo settore sono prevalentemente da piane ad ondulate e da lisce a levigate.

La rilevanza tecnica ai fini della costruzione del tunnel di queste faglie è contenuta e si limita generalmente ad una più elevata tendenza ai distacchi e ad una maggiore presenza d'acqua in queste fasce.

Sulla base dell'elaborazione dei dati strutturali l'area di studio è stata suddivisa in due settori omogenei:

- Settore omogeneo 1: a nord dell'Isarco
- Settore omogeneo 2: a sud dell'Isarco

7.2.5.2

7.3.5.2 Settore omogeneo 1

Nel settore omogeneo 1 dominano essenzialmente tre sistemi di discontinuità fragili:

- Piani immergenti ad alto angolo verso ENE
- Piani mediamente inclinati immergenti da E a ENE
- Piani immergenti ad alto angolo verso NW

Oltre a questi sono presenti anche i seguenti sistemi di discontinuità minori:

- Piani immergenti ad alto angolo da W a WSW
- Piani immergenti ad alto angolo verso N

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica

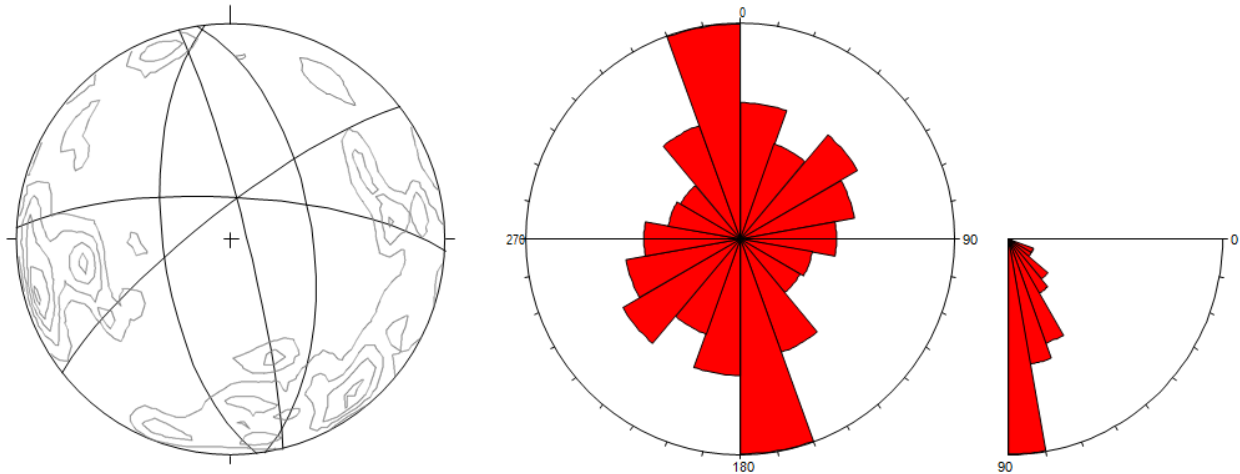


Figura 5: Rappresentazione stereografica con contourplot e diagramma a rosa delle direzioni dei giunti principali nel settore omogeneo 1.

Kluftsystem Sistema di giunti	Einfallsrichtung Direzione di immersione	Einfallswinkel Angolo di inclinazione
K1	76	84
K2	81	59
K3	322	79
K4	263	64
K5	3	74

Tabella 3 : Direzioni die giunti principali nel settore omogeneo 1 (le direzioni dei giunti sono ordinate in base alla frequenza con cui affiorano)

7.2.5.3

7.3.5.3 Settore omogeneo 2

Nel settore omogeneo 2 dominano essenzialmente tre sistemi di discontinuità fragili:

- Piani immergenti ad alto angolo verso ENE
- Piani mediamente inclinati immergenti verso NE
Piani immergenti ad alto angolo verso NNW

Oltre a queste sono presenti anche i seguenti sistemi di discontinuità minori:

- Piani mediamente inclinati immergenti verso NW
- Piani mediamente inclinati immergenti verso NNW
- Piani immergenti ad alto angolo verso SW

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione geologica

L'illustrazione seguente mostra le direzioni dei giunti principali elaborate per il settore omogeneo 2

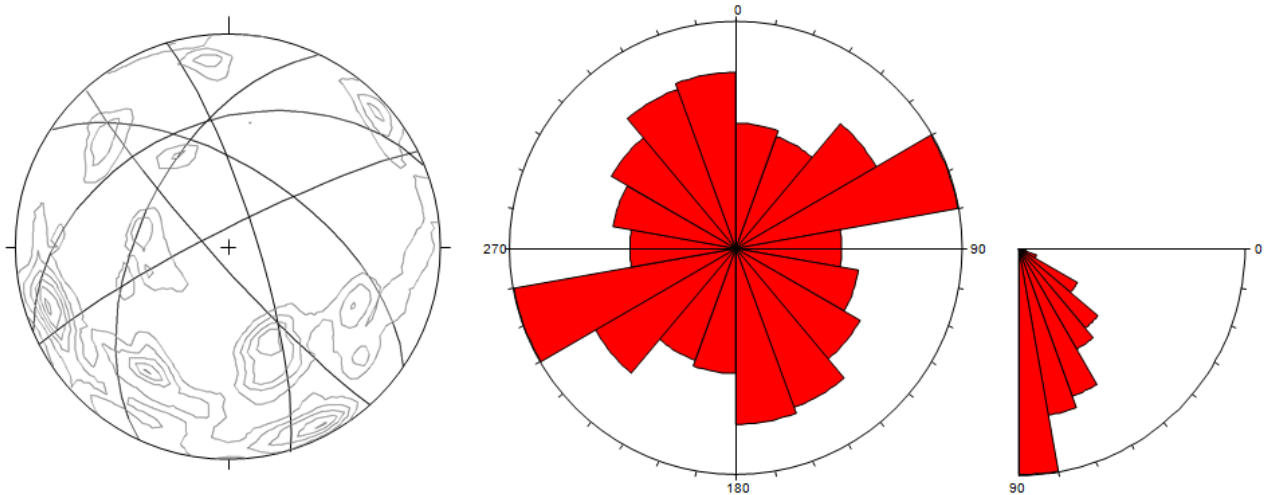


Figura 6 : Rappresentazione stereografica con contourplot e diagramma a rosa delle direzioni dei giunti principali nel settore omogeneo 2

Kluftsystem sistema di giunti	Einfallsrichtung direzione di immersione	Einfallswinkel angolo di inclinazione	Abstand spaziatura	Erstreckung persistenza	ungünstigste Rauigkeit scabrezza più sfavorevole
K1	73	79	0,2 - >2 m	<1 - 3 m	eben, glatt / piano, liscio
K2	34	59	0,2 - 2 m	<1 - 3 m	eben, glatt / piano, liscio
K3	333	83	0,2 - >2 m	<1 - 10 m	eben, glatt / piano, liscio
K4	337	40	0,2 - 2 m	<1 - 20 m	eben, poliert / piano, levigato
K5	295	55	0,2 - >2 m	<1 - 3 m	eben, glatt / piano, liscio
K6	228	84	0,2 - 2 m	<1 - 10 m	eben, rau / piano, scabro

Tabella 4: Direzioni dei giunti principali nel settore omogeneo 2 (le direzioni dei giunti sono ordinate in base alla frequenza con cui affiorano)

7.4 INDAGINI ADDIZIONALI

Nell'ambito del campo prova per la messa a punto delle tecnologie di consolidamento dei terreni per il sottoattraversamento dell'Isarco sono state condotte dalla Committente le seguenti indagini geologiche e idrogeologiche aggiuntive (2015):

- perforazione di 11 sondaggi geognostici a carotaggio continuo: No. 3 serie BH (di cui 1

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

sub-orizzontale), No. 3 serie Pz-B, No. 3 serie BH-Pz e No. 2 serie IN (inclinometri);

- realizzazione di 6 punti di misura della falda, attrezzati con piezometro a tubo aperto: No. 3 serie Pz-B e No. 3 serie BH-Pz;
- prove in foro SPT nei due sondaggi serie IN;
- esecuzione di 1 profilo di rifrazione sismica;
- analisi granulometriche con classificazione su campioni estratti dal sondaggio BH-Pz-10;
- prove con tracciante in tre (3) differenti zone: coppia di piezometri MW-B-14 - MW-B-09, zona sottoattraversamento (orografica sinistra, campo sportivo), coppia di piezometri MW-B-13 - Pz-B-01, zona sottoattraversamento (orografica destra), e coppia di piezometri Pz-B-02 - Fo-B-18, vicinanze del campo prove (nuovo ponte Isarco);
- prove di pompaggio a gradini di portata nelle 3 coppie di piezometri utilizzati per le prove con traccianti.

Le prove con tracciante e le prove di pompaggio sono descritte dettagliatamente nel successivo Cap. **Errore. 'origine riferimento non è stata trovata.**, al quale si rimanda per i necessari approfondimenti.

7.2.6

7.4.1 Indagini geognostiche

L'analisi dei profili stratigrafici degli 11 nuovi sondaggi geognostici eseguiti nel 2015 sostanzialmente conferma il quadro generale sulla genesi e distribuzione dei depositi nel fondovalle dell'Isarco ricavato dai sondaggi eseguiti nelle precedenti campagne tra gli anni 2005, 2009 e 2010 (si rimanda al Par.6.2). Tali sondaggi sono di fatto ubicati in zone già precedentemente indagate.

I sondaggi BH-08, BH-07, Pz-B-01, Pz-B-02, Pz-B-03, IN-01 e IN-02 attraversano le alluvioni del fiume e mostrano una prevalenza di ghiaie poligeniche sub-angolari o sub-arrotondate, con presenza di sabbia debolmente limosa e numerosi ciottoli/blocchi prevalentemente granitici.

Il sondaggio BH-09, realizzato sulle pendici della valle, incontra, dopo soli 0.5 m di terreno vegetale, il granito di

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

Bressanone, compatto o debolmente fratturato.

Il sondaggio BH-Pz-10, realizzato sulle pendici della valle nella conoide del Rio Vallaga, attraversa prevalentemente il deposito di conoide, composto da una granulometria mista simile alle alluvioni del fiume.

I sondaggi BH-Pz-01 e BH-Pz-02 attraversano in prevalenza le alluvioni del fiume e locali lenti di detrito di falda con sensibile presenza di blocchi granitici di notevole diametro (fino a 1 m), in particolare nei primi metri dal piano campagna.

7.5 GAS E RADIOATTIVITÀ

7.5.1 Gas

Nell'analisi dei pericoli da gas per il BBT (Geoteam 2006) è stata indagata e valutata la possibilità della presenza di gas metano, acido solfidrico, anidride carbonica, azoto e radon.

Per questo motivo i gas sono stati caratterizzati per quanto concerne le loro condizioni di origine e la loro possibile presenza, le loro caratteristiche e il pericolo che da essi può derivare.

Sulla base delle condizioni litologiche pertanto, nel settore di progetto di Fortezza si presumono semmai solo limitate quantità di gas.

In dettaglio, lo studio sul Granito di Bressanone ha fornito i seguenti risultati:

- Metano: non sono previste fuoriuscite
- Acido solfidrico: nel Granito di Bressanone sono possibili piccole fuoriuscite, che sono da prevedere soprattutto nelle zone adiacenti il Lineamento Periadriatico
- Anidride carbonica: sono possibili piccole fuoriuscite di gas soprattutto nelle vicinanze del Lineamento Periadriatico
- Radon: sono possibili piccole fuoriuscite

7.5.2 Radioattività

Secondo la relazione finale dell'associazione di ricerca per la geologia e idrogeologia (Relazione UIBK-GBA-CFR (2005)), per il tracciato del BBT si ritiene improbabile che le principali unità litologiche attraversate contengano grossi volumi di rocce con mineralizzazioni a contenuto radioattivo rilevante (U-

7.2.7

7.2.8

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica

Th). Secondo questa relazione le concentrazioni all'interno delle magmatiti e metamorfiti nella parte italiana del tunnel di base del Brennero sono insignificanti. Per il Granito di Bressanone sono stati stimati contenuti in Uranio fino a 22 ppm.

Di conseguenza, sia durante la fase di costruzione che in esercizio non si prevede di superare i livelli limite previsti dalla legge.

8 RISCHIO IDROGEOLOGICO

8.1 GENERALITÀ

L'area di studio presenta come tipica valle alpina stretta ed incisa una serie di rischi idrogeologici. Si tratta da un lato di un rischio di alluvionamento del corso d'acqua principale nel fondovalle e di eventi di alluvione torrentizia lungo valli e canali secondari. Un secondo punto è rappresentato da movimenti gravitativi che includono sia il trasporto in massa (debris flow) lungo valli e canali secondari, con possibili ripercussioni anche sulla succitata situazione alluvionale nel fondovalle (fenomeni di sbarramento), che eventi di caduta massi e altre instabilità (movimenti franosi) sui ripidi fianchi vallivi.

I rischi idrogeologici sono stati valutati in base alla situazione geomorfologica attuale ed agli studi effettuati.

Il rischio sismico è trattato nella separata Relazione sismica.

8.2 ALLUVIONAMENTO

Per il fondovalle persiste un rischio di alluvionamento in casi estremi di piena.

Nell'ambito della progettazione definitiva della Galleria di Base del Brennero è stato svolto uno studio mirato, prendendo come riferimento una piena centocinquennale (HQ150; documento 02-H71-AF-002-04-03-003.00-B0115-02051-1A7-00, Protezione dalle piene dell'Isarco Corografia generale - Rilievo dello stato di fatto).

Nella carta della situazione attuale è deducibile un rischio di inondazione.

Per gli approfondimenti sulla progettazione delle opere di protezione dalle piene si rimanda alla relazione specialistica „Relazione sulle opere di protezione dalle piene”, settore 4.

7.3

7.4

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

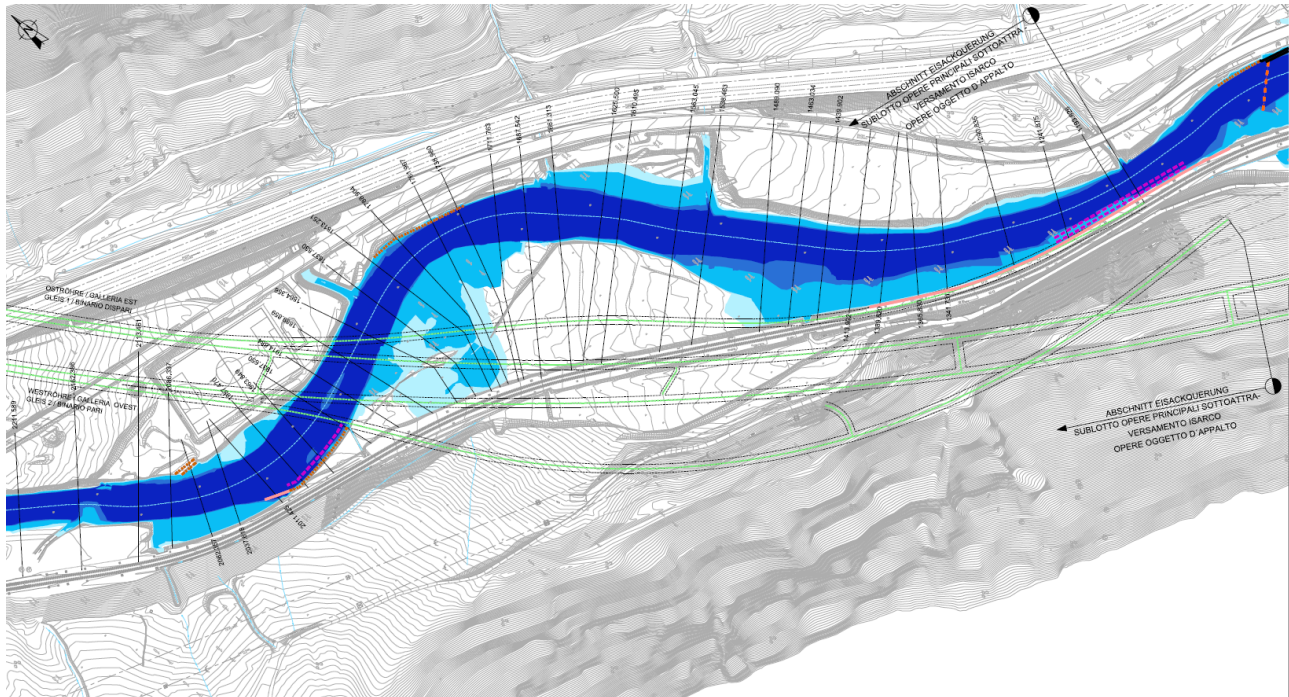
Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione geologica

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica



LEGENDE: / LEGENDA:












	150 JÄHRLICHES HOCHWASSER (700m³/s) PIENA CENTOCINQUANTENNALE (700m³/s)		STEINMAUER MÖRTELVERFUGT MURO IN MASSI CEMENTATI
	30 JÄHRLICHES HOCHWASSER (545m³/s) PIENA TRENTENNALE (545m³/s)		BETONMAUER MURO IN CEMENTO ARMATO
	5 JÄHRLICHES HOCHWASSER (159.5m³/s) PIENA QUINQUENNALE (159.5m³/s)		ZYKLOPENMAUER MURO IN MASSI CICLOPICI
	2 JÄHRLICHES HOCHWASSER (102m³/s) PIENA BIENNALE (102m³/s)		SOHLPFLASTERUNG PAVIMENTAZIONE IN PIETRA
			GROBBLOCKWURF SCOGLIERA
			EINFACHE QUERWERKE SCHWELLE MANUFATTO TRASVERSALE SEMPLICE
			FLUSSACHSE ASSE FLUVIALE

Figura 8: Estratto dalla Protezione dalle piene dell'Isarco

Corografia generale - Rilievo dello stato di fatto

7.5

8.3 MOVIMENTI GRAVITATIVI

Nel corso del rilevamento geologico l'area di progetto è stata indagata per quanto concerne i movimenti gravitativi.

Deformazioni gravitative profonde di versante ed estesi movimenti gravitativi che potrebbero compromettere il tracciato del BBT e delle gallerie di collegamento (interconnessioni) e di accesso ad esso associate, non ne sono stati osservati.

Assolutamente rilevanti per il settore del tracciato a sud dell'Isarco sono tuttavia più piccoli fenomeni gravitativi sotto forma di caduta massi, debris flow ed esondazioni, mentre nel settore a nord tutte le opere in galleria

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

artificiale si trovano a sud dell'autostrada.

Nell'area di progetto, a causa della strettezza della Val d'Isarco, sia il tracciato della ferrovia esistente che tutte le opere all'aperto del BBT si trovano a ridosso del piede del ripido versante, che presenta talora pareti di roccia costituite dal Granito di Bressanone.

In questo settore il tracciato della ferrovia esistente è stato interessato più volte da eventi di caduta massi e, talvolta, ha anche dovuto essere chiuso al traffico (dal 1966 sono stati documentati gli eventi – le dimensioni dei blocchi in questi eventi era dell'ordine di alcuni dm³).

In occasione della presente fase di studio sono stati effettuati dei rilievi e delle indagini integrative che hanno consentito di definire nel dettaglio il modello geologico dell'area. Per gli approfondimenti si rimanda al settore 8.

8

9 MODELLO GEOLOGICO

8.1

9.1 GENERALITÀ

Le caratteristiche del sottosuolo sono state studiate mediante rilievi geologico-geomorfologici e con indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo), prove in sito ed in laboratorio.

Una netta separazione stratigrafica-genetica dei terreni sciolti risulta spesso difficile in base alle indagini ed è a tratti resa possibile solo con l'interpretazione dell'ubicazione (rispetto a acque correnti, conoidi, versanti ecc.).

Inoltre, i diversi tipi di terreno sciolto possono alternarsi a piccola scala, come accade di consueto per le valli alpine.

Il modello geologico di progetto è il risultato delle interpretazioni dei documenti disponibili dalle precedenti fasi di studio, aggiornati ed integrati laddove necessario, alla luce delle risultanze delle indagini geognostiche e dei rilievi integrativi eseguiti da Rpa nel 2015.

8.2

9.2 PRESENZA DI BLOCCHI

Nei diversi tipi di terreno sciolto sono stati riscontrati nelle indagini (sondaggi, pozzi) a tratti numerosi blocchi anche di dimensione notevole fino ad un diametro di 2,5-3 m. Di conseguenza si deve prevedere soprattutto nei depositi di debris flow, nel detrito di versante e nelle

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

alluvioni dell'Isarco un elevato rischio di presenza di blocchi di varie dimensioni con distribuzione irregolare.

Siccome la presenza di blocchi rappresenta soprattutto per il tratto in galleria artificiale dell'attraversamento dell'Isarco un criterio importante (diaframmi), è stata eseguita una valutazione della distribuzione percentuale dei blocchi (> 0,2 m) lungo il profilo longitudinale del binario dispari (02-H71-AF-002-03-01-008.00-B0115-00321-0Z0-00) in base ai sondaggi eseguiti e al contenuto in blocchi.

Sulla base di tali dati di sondaggio verticali e bidimensionali è stato determinato nei sondaggi geognostici un contenuto di blocchi mediamente con valori di ca. 15 %, con valori massimi fino a ca. il 35% rispetto al volume totale.

Non è stato possibile individuare una chiara zonazione della presenza dei blocchi, tendenzialmente nel settore di tracciato tra Isarco e linea ferroviaria è stato registrato un contenuto in blocchi leggermente inferiore, ma sempre con eccezioni.

In corrispondenza del tratto in galleria artificiale si assume un contenuto in blocchi medio del 15 %; localmente si possono raggiungere tuttavia ed in dipendenza della scala di osservazione dei valori nettamente superiori.

8.3

9.3 ASSETTO, COMPOSIZIONE E CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO

In base ai rilievi si possono distinguere nell'area di progetto i seguenti tipi di terreno:

- A – Depositi (Materiale) di debris flow
- B – Detrito di versante (Cono detritico)
- C – Alluvioni (Depositi fluviali postglaciali)
- C1 – Alluvioni a granulometria mista-fine
- D – Riporti artificiali
- E – Roccia

La distribuzione dei tipi di terreni si evince dalla documentazione geologica grafica (carte, profili longitudinali, sezioni trasversali e sezioni riferite alle opere in progetto).

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

8.3.1

9.3.1 A – Depositi di debris flow

Questa unità è presente negli sbocchi del Rio Vallaga e del Rio Bianco nonché di corsi d'acqua e canali minori. Essa si estende anche ampiamente nello stretto fondovalle e si interdigita alle alluvioni dell'Isarco.

Si tratta di alternanze di depositi poco classati di debris flow a grana grossa ed a grana fine con un'ampia distribuzione granulometrica. A seguito della composizione variabile si deve tenere in considerazione una certa variazione dei parametri geotecnici derivati.

- Composizione: distribuzione da ampia a intermedia, ghiaia, ciottolosa, bloccosa, sabbiosa, più o meno limosa, spettro di clasti locale
- Tipo di terreno (sec. EN ISO 18196): GI, GW, GU, GU* e SU*; a tratti alto contenuto in ciottoli/blocchi
- Colore: grigio-bruno
- Spessore: dal metro fino a svariati decimetri
- Forma dei granuli e grado di arrotondamento (sec. EN ISO 14688): cubico, angolare fino a subarrotondato
- Stratificazione: mal definita, diamicton
- Classazione: poco classata
- Densità in sito: da alta fino a molto alta
- Peso di volume non drenato: 19-22 kN/m³
- Sensibilità all'acqua: da bassa fino ad alta
- Sensibilità al gelo (sec. EN ISO 18196): da nessuna fino a media
- Permeabilità idraulica (sec. EN ISO 18130): da bassa fino ad alta (ca. 1×10^{-3} fino a ca. 1×10^{-6} m/s)

8.3.2

9.3.2 B – Detrito di versante

Questa unità è presente nella parte bassa dei versanti, spesso a ricoprire il substrato roccioso. Alla base essa si interdigita alle alluvioni ed ai depositi da debris flow.

Questi depositi gravitativi a prevalente grana grossa sono caratterizzati da una distribuzione granulometrica da intermedia ad ampia.

- Composizione: distribuzione da ampia a

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: **Relazione geologica**

intermedia, ghiaia, sabbiosa, più o meno limosa, spettro di clasti locale

- Tipo di terreno (sec. EN ISO 18196): GI, GW, GU, e SU
- Colore: grigio-bruno
- Spessore: da metrica fino a plurimetrica
- Forma dei granuli e grado di arrotondamento (sec. EN ISO 14688): cubico, angolare in parte subangolare
- Stratificazione: mal definita, parallela al versante
- Classazione: da mediamente a poco classata
- Densità in sito: bassa
- Peso di volume non drenato γ : 19-21 kN/m³
- Sensibilità all'acqua: nessuna
- Sensibilità al gelo (sec. EN ISO 18196): nessuna
- Permeabilità idraulica (sec. EN ISO 18130): da bassa fino a molto alta (ca. 5×10^{-2} fino a ca. 1×10^{-6} m/s)

8.3.3

9.3.3 C – Alluvioni

Questa unità è ampiamente presente nel fondovalle e si interdigita ai depositi di debris flow ed al detrito di versante.

Si tratta di alternanze di depositi alluvionali di bassa e di alta energia come evidenziato dall'ampia distribuzione granulometrica con una prevalenza di terreni a ghiaio-sabbiosi. La densità in sito aumenta tendenzialmente dall'alto verso il basso (da media ad alta). A seguito della composizione variabile si deve tenere in considerazione una certa variazione dei parametri geotecnici derivati.

- Composizione: ghiaia, sabbiosa, debolmente limosa, fino a sabbia, ghiaiosa, limosa, con locali intercalazioni limose, spettro di clasti regionale

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

- Tipo di terreno (sec. EN ISO 18196): GI, GW, GU, GU*, SE, SW, SU e SU*
- Colore: grigio-bruno
- Spessore: da svariati metri fino a svariati decimetri
- Forma dei granuli e grado di arrotondamento (sec. EN ISO 14688): da cubico fino a tabulare, arrotondato fino a ben arrotondato
- Stratificazione: suborizzontale dell'ordine del dm/m
- Classazione: da mediamente a ben classata
- Densità in sito: da media ad alta
- Peso di volume non drenato γ : 19-22 kN/m³
- Sensibilità all'acqua: da moderata a nessuna
- Sensibilità al gelo (sec. EN ISO 18196): nessuna
- Permeabilità idraulica (sec. EN ISO 18130): da media fino ad alta (ca. 1×10^{-3} fino a ca. 1×10^{-5} m/s)

8.3.4

9.3.4 C1 – Alluvioni a granulometria fine

Questa sub-unità di C, è presente al centro della valle a profondità superiore a ca. 20-25 m dal piano campagna.

Si tratta di depositi alluvionali con una prevalente frazione sabbiosa ed un contenuto in materiali fini generalmente più alto. La densità in sito è ancora da considerarsi tendenzialmente in aumento dall'alto verso il basso (da media ad alta).

- Composizione: sabbia, ghiaiosa, limosa, con locali intercalazioni limose, spettro di clasti regionale
- Tipo di terreno (sec. EN ISO 18196): SE, SW, SU e SU*
- Colore: bruno-grigio
- Spessore: da svariati metri fino a svariati

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

decametri

- Forma dei granuli e grado di arrotondamento (sec. EN ISO 14688): da cubico fino a tabulare, da arrotondato fino a ben arrotondato
- Stratificazione: suborizzontale nell'ordine del dm/m
- Classazione: da mediamente a ben classata
- Densità in sito: da media ad alta
- Peso di volume non drenato γ : 19-21 kN/m³
- Sensibilità all'acqua: da moderata a bassa
- Sensibilità al gelo (sec. EN ISO 18196): da moderata a nessuna
- Permeabilità idraulica (sec. EN ISO 18130): da bassa fino ad alta (ca. 1×10^{-3} fino a ca. 1×10^{-6} m/s)

8.3.5

9.3.5 D – Riporti artificiali

Terreni sciolti a composizione non nota e variabile, presumibilmente materiale di scavo di provenienza locale. Non si possono escludere intercalazioni di materiali estranei, si presume in prevalenza una bassa densità in sito. Tendenzialmente non stratificato o stratificato parallelamente al versante, da bene fino a moderatamente permeabile; da considerare come non idoneo per fondazioni senza specifica indagine.

A seguito della presunta composizione variabile si deve tenere in considerazione un'elevata variazione dei parametri geotecnici derivati. Non si possono escludere zone con terreni non compattati o una distribuzione irregolare di materiali con relative caratteristiche geotecniche variabili.

I depositi antropici indagati sono generalmente caratterizzati da una distribuzione granulometrica da intermedia ad ampia con materiale fine in parte limoso fino a debolmente argilloso. Sono presenti le seguenti classi di terreno sec. EN ISO 18196: GI, GW, GU, SU.

8.3.6

9.3.6 E – Roccia

In base ai rilievi si possono distinguere nell'area di progetto i seguenti tipi di roccia:

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

8.3.7

9.3.7 GA-BG-01

Granito - granodiorite a fratturazione da ampia a media, da fresco a poco alterato.

- Stratificazione/scistosità: assente
- Spaziatura discontinuità: 0,2-2 m
- Superfici discontinuità: a gradini/planare, scabro
- Apertura/riempimento: Qtz, sabbia, alcuni cm
- Densità: 2,65 t/m³
- Resistenza: dura
- Sensibilità all'acqua: nessuna
- Sensibilità al gelo (sec. EN ISO 18196): nessuna
- Scavabilità (DIN 18300): Classe 7 (roccia difficilmente scavabile)

8.3.8

9.3.8 GA-BG-02

Granito - granodiorite a fratturazione da media a ravvicinata, da fresco a moderatamente alterato, in parte di colore verdastro.

- Stratificazione/scistosità: assente
- Spaziatura discontinuità: 0,06-0,6 m
- Superfici discontinuità: a gradini/planare, scabro fino a liscio, legg. fino a moderat. alterato
- Apertura/riempimento: Qtz, sabbia, alcuni cm
- Densità: 2,65 t/m³
- Resistenza: moderata a dura
- Sensibilità all'acqua: nessuna
- Sensibilità al gelo (sec. EN ISO 18196): nessuna
- Scavabilità (DIN 18300): Classe 7 (roccia difficilmente scavabile)

8.3.9

9.3.9 GA-BG-03

Granito – granodiorite a fratturazione fitta a completamente smembrato, da moderatamente a completamente alterato (roccia di faglia).

- Stratificazione/scistosità: assente

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

- Spaziatura discontinuità: < 0,06-0,2 m
- Superfici discontinuità: ondulato/planare, liscio fino a levigato, fortemente fino a completamente alterato
- Apertura/riempimento: fault gouge dal dm al m
- Resistenza: da bassa fino a carattere di terreno sciolto
- Sensibilità all'acqua: sensibile in caso di riempimento fine
- Sensibilità al gelo (sec. EN ISO 18196): sensibile in caso di riempimento fine
- Scavabilità (DIN 18300): Classe 6 (roccia facilmente scavabile)

8.3.10

9.3.10 GA-BQ-04

Cornubianite – fillade quarzifera a contatto col granito con metamorfosi di contatto, massiva e dura.

Questo tipo di roccia non è rilevante per il progetto in oggetto.

8.3.11

9.3.11 GA-BQ-05

Fillade quarzifera, basso grado metamorfico, fortemente scistosa, piegata, con fratturazione da media a ravvicinata.

Questo tipo di roccia non è rilevante per il progetto in oggetto.

8.3.12

9.3.12 GA-BQ-06

Fillade quarzifera di zona di faglia, basso grado metamorfico, fortemente scistosa, piegata, con fratturazione da media a ravvicinata, fault gouge nell'ordine del dm.

Questo tipo di roccia non è rilevante per il progetto in oggetto.

10 RACCOMANDAZIONI E CONSIDERAZIONI GEOLOGICO - COSTRUTTIVE

10.1 POSSIBILITÀ DI RIUTILIZZO DEL MATERIALE DI SCAVO

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

Riguardo alla possibilità di riutilizzo dei materiali provenienti dagli scavi si rimanda al Piano di Utilizzo, redatto ai sensi del D.M. 10/8/2012, n.161.

9

11 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

9.1

11.1 MODELLO GEOLOGICO, STATO DELLE INDAGINI

Il modello geologico nel settore del tracciato di Fortezza si basa su:

- Un rilevamento geologico-idrogeologico-geotecnico per l'intera area a scala 1:2.000
- 63 sondaggi e 5 pozzi profondi
- 14 profili sismici

Il maggior numero di sondaggi si concentra nel settore dell'attraversamento Isarco. I sondaggi sono stati condotti nel 2005 per l'indagine del sottosuolo e anche per tarare il modello idrogeologico (Relazione SET srl (2006)). Una valutazione dei sondaggi è stata redatta nell'ambito della relazione SET srl (2006). Ulteriori sondaggi sono serviti soprattutto allo studio del passaggio roccia-terreno sciolto nella zona del sottopassaggio dell'autostrada e sono stati stabiliti da ITE nel 2005. Nel 2009-10 sono stati eseguiti ulteriori sondaggi e pozzi nel settore dell'attraversamento dell'Isarco per affinare il modello geologico-idrogeologico. Nelle zone marginali la densità dei sondaggi chiaramente diminuisce.

Nel 2015 è stata eseguita da Rpa una ulteriore campagna di indagine geognostica, rappresentata da n. 11 sondaggi a carotaggio continuo (solo n. 1 sondaggio a distruzione di nucleo).

I profili sismici sono stati tutti eseguiti nella zona marginale della valle per studiare il limite roccia-terreno sciolto presente in questi settori (si veda a tal proposito il seguente capitolo). Una valutazione riguardante questo è avvenuta nella relazione della SET srl (2006).

Nei seguenti paragrafi si riportano le considerazioni conclusive, relative ai singoli settori del tracciato.

9.1.1

11.1.1 Tratto in roccia a nord dell'autostrada A22

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica

A sud del canale del Rio Bianco si osserva il passaggio tra roccia e terreno sciolto. Per l'indagine sull'andamento della superficie del substrato roccioso a nord dell'autostrada sono stati eseguiti parecchi sondaggi, di cui 6 sondaggi a carotaggio (ITE-B-06/05, ITE-B-08/05, Fo-B-11/09, Fo-B-12/09, Fb-B-24/09 e Fo-B-25/09) hanno raggiunto la roccia, e 3 profili sismici (Profili 8, 14 e 15).

Nella zona del sottopassaggio dell'autostrada i risultati forniti dalla sismica sono stati tali per cui la profondità del substrato, a seconda del metodo, risulta variare tra 15 e 45 m sotto il piano di campagna. Al contrario, il sondaggio ITE-B-01a/05 eseguito in questa zona ha attraversato fino a fondo foro, alla profondità di 75 m, solamente terreni sciolti. I risultati non soddisfacenti della sismica sono stati attribuiti ai problemi, noti per questo metodo, che si manifestano nei casi in cui i fianchi della valle sono molto ripidi o ci sono fonti di disturbo (autostrada).

Basandosi su punti fissi dei sondaggi e su altri punti selezionati lungo il limite della roccia su affioramenti in superficie, è stato ricostruito, tramite triangolazione, l'andamento della superficie del substrato rappresentato nei profili e nelle sezioni.

11.1.2 Settore in terreni sciolti dell'attraversamento Isarco

Il settore in terreni sciolti tra il Rio Bianco e l'Isarco è stato studiato estesamente attraverso i sondaggi.

Sulla base della presente densità di indagini si ritiene che sia stata determinata la gamma dei terreni sciolti di questo settore.

Dai risultati delle indagini si è dedotto inoltre che le diverse unità litologiche si intercalano alla piccola scala tra loro in base ai regimi di deposizione che variano nello spazio e nel tempo. Il dato sulla distribuzione delle unità litologiche lungo il tracciato di conseguenza può essere indicato solo a grandi linee e in pratica dalle distribuzioni percentuali determinate attraverso i risultati delle indagini.

Dal punto di vista geologico, per il settore in questione si presume una buona sicurezza di previsione per quanto concerne l'assetto stratigrafico generale.

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: Relazione geologica

La gamma dei litotipi presenti, corrispondentemente al regime di sedimentazione predominante, va dai sedimenti a grana fine depositati in acque tranquille, fino ai blocchi e massi depositati in regimi ad alta energia (blocchi fino a 2,5 m di diametro). La gamma dei ciottoli mostra una composizione a carattere regionale che corrisponde alla zona d'alimentazione dell'Isarco, con componenti arrotondati. Lo spessore totale di questi depositi può essere considerato sulla base dei sondaggi eseguiti localmente nell'ordine di > 100 m (Fo-B-13/09 in zona decentrata del fondovalle, superficie della roccia a 133 m profondità sotto il piano di campagna).

9.1.2

11.1.3 Superficie del substrato a sud dell'Isarco

La superficie del substrato a sud dell'Isarco è stata indagata tramite 6 profili sismici (4 tramite sismica a riflessione – profili dal 10 al 13 - e 2 tramite tomografia – profili 6 e 7). I risultati indicano, secondo il metodo, diverse profondità del substrato. In questo settore solo uno dei sondaggi eseguiti ha raggiunto il sottofondo roccioso (Fo-B-21/09).

Basandosi su tale punto fisso profondo e su altri punti selezionati lungo il limite della roccia su affioramenti in superficie, è stato ricostruito, tramite triangolazione, l'andamento della superficie del substrato rappresentato nei profili e nelle sezioni.

9.1.2.1

11.1.3.1 Andamento della superficie del substrato nella zona della galleria di collegamento 2 (interconnessione pari)

Il passaggio alla roccia nel settore della galleria di collegamento 2 a sud dell'Isarco non è stato intercettato dalle indagini eseguite. L'andamento del contatto è stato infatti ricostruito geometricamente, basandosi su punti selezionati lungo il limite della roccia in affioramenti superficiali.

Anche l'esecuzione delle indagini geognostiche integrative del 2015, effettuate con lo scopo di verificare e integrare laddove necessario le informazioni necessarie alla definizione del modello geologico, non hanno fornito informazioni sulla profondità del bedrock nel settore della galleria di collegamento 2, come si evince dalla tavola "Profilo geologico longitudinale – Interconnessione binario pari".

Come già suggerito nella fase progettuale definitiva, nei casi di incerta individuazione della posizione del substrato, si suggerisce di procedere in fase di

Fachbereich:
Thema:
Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia
Tema: Documenti generali
Contenuto documento: **Relazione geologica**

avanzamento dei lavori, mediante prospezioni sul fronte di scavo, che consentano la corretta e tempestiva individuazione del bedrock.

9.1.3

11.1.4 Settore in roccia a sud dell'Isarco

Date le condizioni geomorfologiche, il settore in roccia tra l'Isarco e la stazione di Fortezza è stato studiato prevalentemente nelle zone marginali.

Le caratteristiche geomeccaniche della roccia (grado di fratturazione, alterazione, compattezza variabile, possibili vuoti o fratture aperte, eventualmente con riempimenti di caratteristiche geotecniche scadenti ecc.) sono pronosticate sulla base degli affioramenti in superficie e dei dati di sondaggio disponibili.

La zona di faglia si manifesta in superficie attraverso un canale largo poche decine di metri. Dato l'andamento molto inclinato e la copertura relativamente poco potente consente una buona sicurezza nella previsione della struttura al livello del tunnel.

9.1.4

11.1.5 Situazione della falda

Riassumendo le informazioni raccolte nel corso delle precedenti campagne di indagine (2005 e 2009) e delle recenti prove con tracciante (2015) si possono trarre le seguenti conclusioni:

- il fondovalle dell'Isarco nell'area di indagine è caratterizzato da una diversità genetica e litologica di riempimenti;
- le informazioni sulla profondità della roccia di base, ricavate incrociando dalle sezioni geofisiche sui fianchi vallivi e i (pochi) sondaggi che hanno raggiunto il substrato al centro valle, hanno permesso di definire una profondità massima approssimativa dei depositi di oltre 100 m nella zona del sottoattraversamento e di circa 40 m nella zona del campo prove;
- nei depositi alluvionali del fondovalle e nei conoidi laterali è presente una falda idrica sotterranea a superficie libera. La soggiacenza della falda varia da circa 4 a 10 m sotto il piano di campagna. Il potente acquifero costituisce un flusso che accompagna il fiume Isarco e che come direzione principale corre nella stessa direzione del fiume pur rimanendo indipendente da esso;

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione geologica

- la pendenza del pelo libero della falda è, procedendo da monte verso valle, costante all'altezza delle conoidi del Rio Bianco e Rio Vallaga, aumenta sensibilmente nel tratto compreso tra le conoidi e la zona immediatamente a monte campo sportivo e si appiattisce nuovamente in corrispondenza e a valle del sottoattraversamento;
- la falda idrica è almeno a tratti in contatto idraulico con il livello dall'Isarco è in contatto con la falda nella zona a monte e a valle del sottoattraversamento (inclusa la zona del campo prove), mentre nella zona del sottoattraversamento, il livello dell'Isarco è superiore (pensile) di circa 3 m rispetto al livello della falda;
- nelle aree dove è presente un contatto idraulico, a seconda dei livelli d'acqua del fiume, è possibile che le acque dell'Isarco filtrino nella falda e, viceversa, che le acque della falda di immettano nell'Isarco a seconda del gradiente idraulico relativo tra i due corpi d'acqua. In questi tratti al di sotto dell'alveo del fiume è presumibile la presenza di una zona di transizione dove le acque del fiume interagiscono con la falda influenzandone la dinamica superficiale;
- nelle aree dove non è presente un contatto idraulico e dove il livello della falda si presenta alcuni metri sotto il livello del fiume, è possibile una costante filtrazione dell'Isarco nella falda, inizialmente attraverso la zona parzialmente satura al di sotto dell'alveo e quindi nell'acquifero. In tale tratto al di sotto dell'alveo del fiume è presente una zona di transizione all'interno della quale le acque di filtrazione presentano dinamiche complesse, con una componente di flusso verticale a gradiente unitario, di ricarica verso la falda, e orizzontale in misura non chiaramente quantificabile;
- i depositi del fondovalle mostrano una permeabilità media piuttosto omogenea nell'ordine di 2×10^{-3} m/s. All'interno dei depositi sono presenti lenti a differente permeabilità ed in particolare lenti sabbiose meno trasmissive, potenzialmente presenti in alveo o derivanti

Fachbereich:

Thema:

Dokumenteninhalt:

Settore: Geologia, geotecnica, idrologia

Tema: Documenti generali

Contenuto documento: Relazione geologica

dall'interdigitazione delle conoidi laterali, con permeabilità nell'ordine dei $8-9 \times 10^{-4}$ m/s, e lenti di sedimenti più grossolani o ciottoli più trasmissive con permeabilità nell'ordine dei 3×10^{-3} m/s. La porosità efficace dei depositi è anch'essa piuttosto omogenea e variabile tra 0.25 e 0.27 a seconda della zona indagata. La variabilità dei parametri idrodinamici è nondimeno molto ristretta;

- il confronto tra le misure di permeabilità, ottenute per mezzo delle prove con tracciante (2×10^{-3} m/s), e le stime ricavate dall'interpretazione delle prove di pompaggio a lunga durata ($2-3 \times 10^{-4}$ m/s), condotte nelle precedenti campagne (2005), mostra una differenza di risultati di circa 1 ordine di grandezza. Questa importante differenza potrebbe essere spiegata considerando che le prove di pompaggio hanno in effetti permesso di ricavare una stima della trasmissività dell'acquifero, mentre il calcolo della permeabilità è derivato in funzione dello spessore di acquifero attivamente coinvolto. Vista la struttura stratigrafica, fittamente interdigitata, dei depositi di fondovalle è presumibile che la definizione di uno spessore di acquifero attivo pari all'intero spessore dei depositi abbia condotto ad una stima della permeabilità in difetto;
- la velocità effettiva di filtrazione della falda, ovvero la velocità che rappresenta la circolazione dell'acqua nei canalicoli intercomunicanti formati dai grani, varia a seconda della zona indagata, dimostrando valori elevati nella zona del sottoattraversamento (campo sportivo), nell'ordine dei 16 m/giorno, e valori più modesti nella zona del campo prove, nell'ordine dei 2.4 m/giorno. In considerazione dei valori di permeabilità e porosità specifica piuttosto omogenei nel fondovalle, tale differenza di velocità è attribuibile in misura principale all'importante differenza di gradiente tra le due zone.