



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

### Ausführungsplanung

## POTENZIAMENTO ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA

# GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

### Progetto esecutivo

## Baulos H81 – Bahnhof Franzensfeste

### Lotto H81- Stazione Fortezza

<b>Sub-Baulos</b>	<b>Sublotto</b>
Entwässerungsstollen Riolbach	Cunicolo di drenaggio rio Riol
<b>Fachbereich</b>	<b>Settore</b>
02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE	02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA
<b>Titel</b>	<b>Titolo</b>
Geologischer und hydrogeologischer Bericht	Relazione geologica e idrogeologica

	Datum/data	Name/nome
Bearbeitet / Elaborato	28.02.2023	J. Paternoster
Geprüft / Verificato	28.02.2023	L. Cadrobbi
Freigegeben Autorizzato		
Gesehen BBT Visto BBT		

GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO - BRENNER BASISTUNNEL BBT SE

Piazza Stazione 1 • I-39100 Bolzano  
Tel.: +39 0471 0622-10 • Fax: +39 0471 0622-11

Amraser Str. 8 • A-6020 Innsbruck  
Tel.: +43 512 4030 • Fax: +43 512 4030-110  
Email: bbt@bbt-se.com • www.bbt-se.com

Projekt-kilometer / Progressiva di progetto	von / da bis / a bei / al	Bau-kilometer / Chilometro opera	von / da bis / a bei / al	Status Dokument / Stato documento
Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Dokumentenart Tipo Documento
02	H81	AF	001	RT3
				Vertrag Contratto
				Nummer Codice
				Revision Revisione
				D1538
				001021
				03

## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
03	Recepimento istruttoria BBT Umsetzung der BBT-Anfrage		28/02/2023
02	Dritteversion Terza versione		26/10/2022
03	Recepimento istruttoria BBT Umsetzung der BBT-Anfrage		28/02/2023
00	Erstversion Prima Versione		31/05/2022

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	
<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
1.1	BEZUGSNORM UND KONSULTIERTE DOKUMENTATION	
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO E DOCUMENTAZIONE CONSULTATA.....	5
1.2	ZIEL DES DOKUMENTS	
1.2	OBIETTIVO DEL DOCUMENTO.....	6
<b>2</b>	<b>ZUSAMMENFASSENDE BERICHT</b>	
<b>2</b>	<b>RELAZIONE DI SINTESI</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>ORT UND BESCHREIBUNG DER ARBEITEN</b>	
<b>3</b>	<b>UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>UNTERSUCHUNGEN</b>	
<b>4</b>	<b>INDAGINI</b> .....	<b>12</b>
4.1	INDIREKTE UNTERSUCHUNGEN	
4.1	INDAGINI DIRETTE.....	12
4.1.1	Geognostische Bohrungen	
4.1.1	Sondaggi geognostici.....	12
4.1.2	Umweltgräben und Piezometer	
4.1.2	Trincee e piezometri ambientali.....	13
<b>5</b>	<b>ALLGEMEINES GEOLOGISCHES MODELL</b>	
<b>5</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO GENERALE</b> .....	<b>15</b>
5.1	GEOLOGISCH – STRUKTURELLER RAHMEN DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES	
5.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE DELL'AREA DI STUDIO.....	15
5.2	GEOMORHOLOGISCHE FORMEN; ABLAGERUNGEN UND PROZESSE	
5.2	FORME, DEPOSITI E PROCESSI GEOMORFOLOGICI.....	16
<b>6</b>	<b>HYDROGEOLOGIE</b>	
<b>6</b>	<b>IDROGEOLOGIA</b> .....	<b>19</b>
6.1	GRUNDWASSERSTANDSÄNDERUNG IM PROJEKTGEBIET	
6.1	ESCURSIONE DELLA FALDA NELL'AREA DI PROGETTO.....	20
<b>7</b>	<b>UNTERSUCHUNGSPLAN</b>	
<b>7</b>	<b>PIANO DELLE INDAGINI</b> .....	<b>22</b>
7.1	BESTEHENDE GEOGNOSTISCHE UNTERSUCHUNGEN, DIE FÜR DIESE STUDIE VERWENDET WURDEN	
7.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE ESISTENTI UTILIZZATE PER IL PRESENTE STUDIO.....	22
7.1.1	Direkte Untersuchungen	
7.1.1	Indagini dirette.....	22
7.1.2	Indirekte Untersuchung	

7.1.2	Indagini indirette .....	27
7.2	NEUE GEOGNOSTISCHE UNTERSUCHUNGEN FÜR DIE GGST. STUDIE	
7.2	NUOVE INDAGINI GEOGNOSTICHE REALIZZATE PER IL PRESENTE STUDIO .....	28
7.2.1	Direkte Untersuchungen	
7.2.1	Indagini dirette .....	28
<b>8</b>	<b>GEOLOGISCHES REFERENZENTWURFSMODELL</b>	
<b>8</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE .....</b>	<b>31</b>
8.1	GEOLOGISCHES MODELL_ ABSCHNITT 1	
8.1	MODELLO GEOLOGICO_ TRATTO 1 .....	36
8.2	GEOLOGISCHES MODELL_ ABSCHNITT 2	
8.2	MODELLO GEOLOGICO_ TRATTO 2 .....	37
8.3	GEOLOGISCHES MODELL_ ABSCHNITT 3	
8.3	MODELLO GEOLOGICO_ TRATTO 3 .....	38
8.4	GEOLOGISCHES MODELL_ ABSCHNITT 4	
8.4	MODELLO GEOLOGICO_ TRATTO 4 .....	39
8.5	UNSICHERHEITEN IM REKONSTRUIRTEN STRATIGRAPHISCHEN MODELL	
8.5	INCERTEZZE NEL MODELLO STRATIGRAFICO RICOSTRUITO .....	40
<b>9</b>	<b>DEFINITION DER SEISMISCHEN EINWIRKUNG</b>	
<b>9</b>	<b>DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO .....</b>	<b>42</b>
9.1	LOKALE SEISMISCHE REAKTION	
9.1	RISPOSTA SISMICA LOCALE .....	44
9.2	KLASSIFIZIERUNG DES BAUGRUNDES	
9.2	CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE .....	46
9.3	TOPOGRAPHISCHE UND STRATIGRAPHISCHE VERSTÄRKUNG	
9.3	AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA E STRATIGRAFICA .....	47
<b>10</b>	<b>NACHWEIS GEGEN VERFLÜSSIGUNG</b>	
<b>10</b>	<b>VERIFICA NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE .....</b>	<b>49</b>
<b>11</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNG</b>	
<b>11</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>51</b>



## 1 EINLEITUNG

Der Brenner Basistunnel ist mit einer Länge von knapp über 55 km das Kernelement des Eisenbahnkorridors München-Verona. Dieser ist gemäß der Entscheidung Nr. 884/2004/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. April 2004 als TEN-T Skandinavien-Mittelmeer-Korridor Bestandteil der Eisenbahnverbindungen für Nord-Süd-Verkehre.

Das entsprechende Einreichprojekt wurde mit CIPE-Beschluss Nr. 71/2009 genehmigt.

Beim Bahnhof Franzensfeste, im Abschnitt zwischen dem Südportal des Brenner Basistunnels (im Folgenden BBT) und dem Nordportal des Schalderer Tunnels (viergleisiger Ausbau Franzensfeste - Verona - Los 1 Franzensfeste - Waidbruck), verläuft die neue HG/HL-Strecke oberirdisch.

In diesem Bereich sind laut Projekt eine Reihe von Nebenbauten zum Basistunnel vorgesehen, die darauf abzielen, die Konfiguration des Bahnhofs Franzensfeste zu verbessern und aufzuwerten, und zwar in Übereinstimmung mit den neuen Funktionen, die im genehmigten Einreichprojekt definiert und nachstehend beschrieben sind:

- Abfahrtsbahnhof für die Pustertaler Bahnlinie
- Durchgangsbahnhof für die neue HG/HL-Brennerlinie
- Verbindung zwischen der Bestandsstrecke und der neuen HG/HL-Brennerlinie
- Wartungsbahnhof für den Brenner Basistunnel
- Wartungsbahnhof eines Teils der Bestandsstrecke
- Notbahnhof am Südportal des Basistunnels.

Diese Bauwerke umfassen unter anderem technische Funktionsgebäude, eine Zufahrtsstraße zum Rettungsplatz im Nahbereich des Portals, wasserbauliche Maßnahmen an den Wasserläufen rechts des Eisacks und Steinschlagschutzbauten, zur

## 1 PREMESSA

La Galleria di Base del Brennero si sviluppa per una lunghezza poco superiore ai 55 Km e costituisce la parte centrale del corridoio ferroviario Monaco di Baviera – Verona. Tale tratta è inserita nel collegamento ferroviario Nord-Sud denominato TEN-T Corridoio Scandinavia Mediterraneo previsto dalla decisione n. 884/2004/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 29 aprile 2004.

Il relativo progetto definitivo è stato autorizzato con delibera CIPE 71/2009.

In corrispondenza della Stazione ferroviaria di Fortezza, nel tratto compreso tra l'imbocco sud del Galleria di Base del Brennero (nel seguito BBT) e l'imbocco nord della Galleria Scaleres (Quadruplicamento Fortezza-Verona - lotto 1 Fortezza-Ponte Gardena), la nuova linea ferroviaria AV/AC si sviluppa in esterno.

In quest'area il progetto prevede la costruzione di una serie di opere civili accessorie alla Galleria di Base volte potenziare e riqualificare la configurazione della stazione ferroviaria di Fortezza, in coerenza con le nuove funzioni definite nel progetto definitivo approvato e di seguito riportate

- Stazione di partenza per la linea ferroviaria della Val Pusteria
- Stazione di transito per la nuova linea AV/AC del Brennero
- Collegamento tra la linea esistente e la nuova linea AV/AC del Brennero
- Stazione per la manutenzione della Galleria di Base del Brennero
- Stazione per la manutenzione di parte della linea esistente
- Stazione di emergenza situata al portale Sud della Galleria di Base.

Queste opere comprendono tra l'altro fabbricati tecnici di servizio, una viabilità di accesso all'area di soccorso in prossimità dell'imbocco, opere di sistemazione idraulica dei corsi d'acqua affluenti di destra del Fiume Isarco e opere di protezione contro la caduta massi, volte alla

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geologica e idrogeologica**

Minderung des geomorphologischen Risikos auf der neuen Bahnstrecke und im gesamten Bahnhofsbereich Franzensfeste.

mitigazione del rischio geomorfologico sulla nuova linea ferroviaria e sull'intera area della stazione di Fortezza.

Ein Teil dieser Bauwerke interferiert mit den Arbeiten zur Errichtung der bahntechnischen Ausrüstung des Basistunnels und mit der Einrichtung der entsprechenden Baustellen am Bahnhof Franzensfeste bzw. dient der Vorbereitung dieser Arbeiten

Parte di queste opere è interferente e/o propedeutica con i lavori per la realizzazione dell'attrezzaggio ferroviario del tunnel di base e con l'allestimento dei relativi cantieri presso la stazione di Fortezza.

Gegenstand dieses Ausführungsprojektes ist die Errichtung des Entwässerungsstollens für den Riobach.

Il presente progetto esecutivo ha ad oggetto la realizzazione del cunicolo idraulico per il drenaggio del rio Riol.

Dieser bildet den letzten Abschnitt der wasserbaulichen Maßnahmen des Baches, die mit dem Bau der oberen Geschiebesperre durch die Autonome Provinz Bozen begannen und mit der Regulierung des Flussbettes im Abschnitt zwischen dieser Geschiebesperre und dem Bahnhofsareal fortgesetzt wurden.

Esso costituisce l'ultimo tratto della sistemazione idraulica del rio, avviata con la realizzazione, da parte della Provincia Autonoma di Bolzano, della briglia di ritenuta a monte e proseguita con la sistemazione dell'alveo nel tratto compreso tra detta briglia e l'areale di stazione.

Durch die Begradigung der bestehenden Trasse und durch Anpassung des hydraulischen Querschnitts wird das neue Bauwerk es ermöglichen, den Wasserabfluss in Richtung Eisack zu verbessern und die hydraulische Sicherheit im Bahnhofsbereich zu erhöhen.

La nuova opera, rettificando il tracciato esistente ed adeguando la sezione idraulica, consentirà di migliorare il deflusso delle acque verso il fiume Isarco, migliorando la sicurezza idraulica in corrispondenza della stazione.

Die Maßnahme besteht aus der Errichtung einer kreisförmigen Sammelleitung aus Stahlbeton mit einem Innendurchmesser von 2,85 m. Die Trasse schließt flussaufwärts an das neue, bereits angelegte Flussbett an, unterquert dann die Gleise der Strecke Verona-Brenner, das gesamte Bahngelände und die Staatsstraße SS 12 und endet an der Einmündung in den Eisack.

L'intervento consiste nella realizzazione di un collettore circolare in c.a. a pelo libero, di diametro interno utile pari a 2,85 m. Il tracciato si raccorda, a monte, al nuovo alveo già realizzato, prosegue sotto attraversando i binari della linea Verona-Brennero, tutto l'areale ferroviario e la Strada Statale 12 e termina alla confluenza con il fiume Isarco.

Die Gesamtlänge der Maßnahme beträgt rund 135 m, wovon 112 m auf die neue kreisförmige Sammelleitung aus Stahlbeton entfallen, während die restlichen Abschnitte aus den Portal- und Auslaufbauwerken bestehen.

La lunghezza complessiva dell'intervento è di 135 m, di cui m 112, sono costituiti dal nuovo collettore circolare in c.a., mentre i restanti tratti sono costituiti dalle opere di imbocco e di sbocco.

#### 1.1 BEZUGSNORM UND KONSULTIERTE DOKUMENTATION

- MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI 2018 – Testo unico – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17/01/2018

#### 1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO E DOCUMENTAZIONE CONSULTATA

- MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI 2018 – Testo unico – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17/01/2018

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: Relazione geologica e idrogeologica

- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- D.P.R. 207/2010, Sezione IV – Progetto Esecutivo, art. 33-43
- D. Lgs 163/2006, Allegato XXI, Sezione III – Progetto Esecutivo, art. 19-26
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- D.P.R. 207/2010, Sezione IV – Progetto Esecutivo, art. 33-43
- D. Lgs 163/2006, Allegato XXI, Sezione III – Progetto Esecutivo, art. 19-26

Die zur Unterstützung dieses Projekts erstellten Dokumente beziehen sich auf die folgend angeführten früheren Arbeiten:

Gli elaborati redatti a supporto del presente progetto richiamano lavori progressi di seguito riportati:

- Geologischer und hydrogeologischer Bericht – GDP consultants/P. Perello – 2016 - 02-H81-HB-2GH8FA001-GTB-D0932-00101-02
- Geotechnischer und geomechanischer Bericht - GDP consultants/P. Perello – 2016 - 02-H81-MA-2GH8FA001-GTB-D0932-00901-02
- Seismischer Bericht - GDP consultants/P. Perello – 2016 -02-H81-MA-2GH8FA001-GTB-D0932-00201-02
- Bahnhofsareal Franzensfeste – Bericht zu den durchgeführten Untersuchungen für die seismische Charakterisierung - GDP consultants/P. Perello – 2016 - 02-H81-MA-2GH8FA001-GTB-D0932-00301-02
- Relazione geologica e idrogeologica – GDP consultants/P. Perello – 2016 - 02-H81-HB-2GH8FA001-GTB-D0932-0101-02
- Relazione geotecnica e geomeccanica - GDP consultants/P. Perello – 2016 - 02-H81-MA-2GH8FA001-GTB-D0932-0901-02
- Relazione sismica - GDP consultants/P. Perello – 2016 -02-H81-MA-2GH8FA001-GTB-D0932-0201-02
- Area stazione di Fortezza – Relazione descrittiva delle indagini eseguite per la caratterizzazione sismica - GDP consultants/P. Perello – 2016 - 02-H81-MA-2GH8FA001-GTB-D0932-0301-02

## 1.2 ZIEL DES DOKUMENTS

## 1.2 OBIETTIVO DEL DOCUMENTO

Im Rahmen der Umsetzung der Ausführungsplanung für die Nebenarbeiten im südlichen Eingangsbereich des BBT wurden direkte geologische, geotechnische und hydrogeologische Untersuchungen sowie seismische Untersuchungen durchgeführt. Der Auftrag D1538, dessen Ergebnisse in diesem Bericht beschrieben werden, hat das Ziel, die Realisierung des geologisch-geotechnischen Projekts für die Arbeiten im Zusammenhang mit dem Entwässerungstollens des Flusses Riöl, das in folgende Phasen unterteilt ist:

Nell'ambito della realizzazione del progetto esecutivo delle opere accessorie alla zona di imbocco Sud del BBT sono state eseguite indagini dirette geologiche, geotecniche e idrogeologiche ed indagini sismiche. L'incarico D1538, i cui risultati sono descritti nel presente rapporto, ha come obiettivo la realizzazione del progetto geologico-geotecnico delle opere relative al cunicolo di drenaggio rio Riöl, articolato nelle seguenti fasi:

### Grundlegende Datenanalyse

### Analisi dati di base

Die Tätigkeit umfasst die Übernahme und Überprüfung vorhandener (von BBT-SE zur Verfügung gestellter) Unterlagen über das vom Bau des

L'attività comprende la presa in consegna e verifica dei documenti esistenti (messi a disposizione da BBT-SE) inerenti l'area interessata dalla realizzazione del cunicolo

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geologica e idrogeologica**

Entwässerungstollens des Flusses Riol betroffene Gebiet, einschließlich vorhandener Prospektionen (Bohrungen, seismische Profile, geologische Kartierungen usw.).

di drenaggio del rio Riol, comprensiva delle prospezioni disponibili (sondaggi, profili sismici, mappatura geologica, ecc.).

#### Vorbereitung der geologischen Dokumentation

#### Elaborazione della documentazione geologica

Die Tätigkeit umfasst die Erstellung des geologischen und hydrogeologischen Gutachtens und des seismischen Gutachtens für das von den Bauarbeiten betroffene Gebiet sowie die dazugehörigen Grafiken.

L'attività comprende la redazione della relazione geologica e idrogeologica e della relazione sismica dell'area interessata dalla realizzazione delle opere e dei relativi elaborati grafici.

Der geologische Bericht (dieses Dokument) soll auf der Grundlage der geologischen Untersuchungen (Dokumentation der von BBT-SE durchgeführten Erhebungen) die Identifizierung der auf dem Gelände vorhandenen Formationen, die Untersuchung der lithologischen Typen, die Struktur und die physikalischen Eigenschaften des Untergrunds liefern; er definiert das geologisch-technische Modell des Untergrunds; er muss die stratigraphischen, strukturellen, hydrogeologischen, geomorphologischen, lithotechnischen und physikalischen Aspekte sowie den sich daraus ergebenden Grad der geologischen Gefährdung und das Verhalten bei Abwesenheit und Anwesenheit der Arbeiten veranschaulichen und charakterisieren.

La relazione geologica (presente documento) è finalizzata a fornire, sulla base delle indagini geologiche (documentazione dei sondaggi fornita da BBT-SE), l'identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo; definisce il modello geologico- tecnico del sottosuolo; essa deve illustrare e caratterizzare gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, litotecnici e fisici, nonché il conseguente livello di pericolosità geologica e il comportamento in assenza ed in presenza delle opere.

Der seismische Bericht soll die seismischen Kategorien des untersuchten Gebietes unter Bezugnahme auf die in den geltenden Vorschriften festgelegten Makrozonen, die Angabe der bei den Überprüfungen verwendeten Auslegungskriterien und die Bezugsnorm angeben.

La relazione sismica è finalizzata a fornire e l'individuazione delle categorie sismiche della zona oggetto di intervento, con riferimento alle macrozone stabilite dalla normativa vigente; l'indicazione dei criteri di progettazione utilizzati nelle verifiche e della normativa di riferimento.

Die grafischen Zeichnungen, die zur oben beschriebenen geologischen Studie erstellt wurden, bestehen aus geologisch-hydrogeologischen Längsprofilen, geologisch-hydrogeologischen Querschnitten im Maßstab 1:200 / 1:100, einer geologischen Karte und einer geologisch-geomorphologisch-geotechnischen Planimetrie des von den Arbeiten betroffenen Gebiets mit den folgenden Codizes:

Gli elaborati grafici redatti a corredo dello studio geologico sopradescritto consistono in profili geologici – idrogeologici longitudinali, sezioni geologiche – idrogeologiche trasversali a scala 1:200 / 1:100, carta geologica e planimetria geologica – geomorfologica – geotecnica dell'area interessata dalle opere con i seguenti codici:

Rif. Doc. n°:

Rif. Doc. n°:

- Geologische Karte - 02-H81- AF-001-1A7-D1538-01020-01;

- Studio geologico - 02-H81- AF-001-1A7-D1538-01020-01;

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geologica e idrogeologica**

- Geologisch-geotechnischer und geomorphologischer Lageplan - 02-H81-AF-001-1A7-D1538-01023-02;
- Geologisch Schnitte - 02-H81- AF-001-3A9-D1538-01024-01.
- Planimetria geologica – geomorfologica e geotecnica - 02-H81-AF-001-1A7-D1538-01023-02;
- Sezioni geologiche - 02-H81- AF-001-3A9-D1538-01024-01.

## 2 ZUSAMMENFASSENDE BERICHT

Der vorliegende Bericht befasst sich mit den geologisch-geotechnischen Bedingungen des Projekts zum Bau des Entwässerungstollens für den Fluss Riol.

Er bildet den letzten Abschnitt der hydraulischen Umgestaltung des Flusses, die mit dem Bau der flussaufwärts gelegenen Staumauer durch die Autonome Provinz Bozen begann und mit der Umgestaltung des Flussbettes im Abschnitt zwischen dieser Mauer und dem Bahnhofsgelände fortgesetzt wurde.

Die folgenden Ausführungen beruhen auf der Integration der 1988 (RFI), 2009 (BBT), 2013 (BIP-Seismik), 2021 (Umweltgräben und Piezometer) durchgeführten Erkundungsphasen mit den jüngsten Erkundungen aus dem Jahr 2022, die zur Rekonstruktion des geologischen/geotechnischen Referenzmodells durchgeführt wurden

Aus geologischer Sicht ist das betreffende Gebiet durch das weit verbreitete Vorhandensein von Murgangablagerungen an der Oberfläche gekennzeichnet, die die beiden Konoide des Rio Riol im Südwesten und des Rio Hohe Wand am nördlichen Ende des Gebiets bilden. Der größte Teil des Projektgebiets wird vom Rio Riol-Konoid eingenommen. Ein wichtiges Merkmal dieser Ablagerungen für die Planung und den Bau der Arbeiten ist das diffuse Vorhandensein von vorwiegend Granitblöcken und -ablagerungen in ihnen, die von pluridezimetrisch (30-40 cm) bis zu plurimetrisch mit einem Durchmesser von 2,5 m und mehr reichen, wie die durchgeführten Vermessungen und Oberflächenmessungen belegen

Diese Ablagerungen ruhen zusammen mit Ablagerungen von Hangschutt auf dem felsigen Grundgebirge an der hydrografischen rechten Flanke des Eisacktals in Richtung Südwesten und Nordwesten. Die Decke der Sohlplatte, die auf der Grundlage, der durch die Bohrungen und seismischen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse rekonstruiert wurde, fällt mit einer Neigung von mindestens 50-60° zur Mitte des Tals hin ab. Die Sohlplatte ist aus Granit von Brixen gefertigt.

In der Mitte des Tals, etwa unterhalb des Wohngebiets von Fortezza und des Bahnhofsgeländes, gehen die Murgangablagerungen der oben genannten Konoide heteropisch in die Alluvionenablagerungen des Eisacks über, deren charakteristisches Merkmal, das in den

## 2 RELAZIONE DI SINTESI

La presente relazione tratta le condizioni geologiche-geotecniche inerenti il progetto di realizzazione del cunicolo di drenaggio del rio Riol.

Esso costituisce l'ultimo tratto della sistemazione idraulica del rio, avviata con la realizzazione, da parte della Provincia Autonoma di Bolzano, della briglia di ritenuta a monte e proseguita con la sistemazione dell'alveo nel tratto compreso tra detta briglia e l'areale di stazione.

Le seguenti elaborazioni si basano sull'integrazione delle fasi di indagini eseguite nel 1988 (RFI), 2009 (BBT), 2013 (sismiche GDP), 2021 (trincee e piezometri ambientali) con i più recenti sondaggi realizzati nel 2022, realizzati al fine di ricostruire il modello geologico/geotecnico di riferimento.

Dal punto di vista geologico, l'area in questione è caratterizzata dalla presenza diffusa in superficie di depositi di debris flow che costituiscono i due conoidi del Rio Riol a S-SW e del Rio Hohe Wand all'estremità Nord dell'area. Il conoide del Rio Riol occupa la stragrande maggioranza dell'area di progetto. Caratteristica importante di questi depositi, ai fini progettuali e costruttivi delle opere, è la presenza diffusa al loro interno di blocchi e trovanti prevalentemente granitici di dimensioni da pluridecimetriche (30-40 cm) fino a plurimetriche, 2,5 m e più di diametro, come verificato dai sondaggi eseguiti e dai rilievi di superficie

Questi depositi si appoggiano, insieme a depositi detritici di versante, al basamento roccioso sul fianco destro idrografico della Valle Isarco, verso Sud-Ovest e verso Nord-Ovest. Il tetto del basamento ricostruito in base ai vincoli posti dai sondaggi e dai rilievi sismici eseguiti immerge verso il centro della valle con un'inclinazione non inferiore a 50-60°. Il basamento è costituito dal Granito di Bressanone.

Verso il centro della valle, indicativamente al di sotto dell'abitato di Fortezza e dei piazzali dell'area ferroviaria della stazione, i depositi di debris flow dei conoidi sopracitati passano eteropicamente ai depositi alluvionali

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geologica e idrogeologica**

Stratigraphien der Sondierungen erkennbar ist, darin besteht, dass sie im Vergleich zu den Murgangablagerungen, die stattdessen kantige, nicht oder nur wenig gerundete Scherben und Blöcke aufweisen, einen höheren Abrundungsgrad aufweisen.

dell'Isarco, il cui carattere distintivo, individuabile nelle stratigrafie dei sondaggi è quello di presentare un maggior grado di arrotondamento dei clasti rispetto ai depositi di debris flow, che invece presentano clasti e blocchi angolosi, non arrotondati o con basso grado di arrotondamento.

Aus hydrogeologischer Sicht lassen sich in dem betreffenden Gebiet zwei hydrogeologische Hauptkomplexe unterscheiden. Die erste, weiterverbreitete und an der Vertikalen aller Arbeiten vorhandene, besteht aus quartären Ablagerungen (aus Murgang und Alluvionen des Eisacks) mit mittelhoher Porendurchlässigkeit (k variiert zwischen  $1,0E-03$  und  $1,0E-05$  m/s). Das zweite ist das granitische Grundgebirge, in dem die Wasserzirkulation durch das Vorhandensein von Verwerfungen und den Bruchzustand der Gesteinsmasse bedingt ist. Die allgemeine Durchlässigkeit erfolgt durch Frakturierung, wobei der Grad der Durchlässigkeit von gering (unter normalen Frakturierungsbedingungen) bis hoch variiert, entsprechend den am stärksten gebrochenen Schichten, die den Störungszonen entsprechen.

Dal punto di vista idrogeologico nell'area in oggetto possono essere individuati in sintesi due complessi idrogeologici principali. Il primo, più diffuso e presente alla verticale di tutte le opere, è costituito dai depositi quaternari (di debris flow e alluvionali dell'Isarco), con permeabilità per porosità di grado medio-elevato (k variabile tra  $1,0E-03$  e  $1,0E-05$  m/s). Il secondo è rappresentato dal basamento roccioso granitico in cui la circolazione idrica è condizionata dalla presenza di faglie e dallo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso. La permeabilità generale è per fratturazione, con grado variabile da basso (in condizioni di normale fratturazione) ad alto, in corrispondenza delle fasce più fratturate corrispondenti alle zone di faglia.

In diesem Projektgebiet dürfte der Grundwasserspiegel je nach morphologischen und meteorologischen Bedingungen sowie der Jahreszeit zwischen einigen Metern (5-7) bis etwa 17-20 m unter der Geländeoberfläche liegen. Im Allgemeinen erreicht der Grundwasserspiegel die für die meisten Bauwerke vorgesehenen Oberflächenfundamente nicht, während er von den Gründungspfählen und Mikropfählen oder den Stützen der Bauwerke, die über solche verfügen (Unterführungen und hydraulische Systeme), abgefangen werden kann.

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 (5-7) fino a circa 17-20 m al di sotto del Piano Campagna. In termini generali la falda non arriva ad interessare le fondazioni superficiali previste per gran parte delle opere, mentre può essere intercettata dai pali e micropali di fondazione o sostegno per le opere che ne sono dotate (sottopassi e sistemazioni idrauliche).

### 3 ORT UND BESCHREIBUNG DER ARBEITEN

Gegenstand der Planung sind die hydraulischen Arbeiten zur Regulierung und Entwässerung des Flusses Riol, die im Bereich des Bahnhofs Franzensfeste durchgeführt werden sollen.

Die Maßnahmen bestehen im Wesentlichen aus dem Bau eines hydraulischen Sammelkanals, der den Bereich des Bahnhofs und der S.S.12 mit Hilfe der Microtunneling-Technik unterquert. Der kreuzende Stollen wird mit einem röhrenförmigen Abschnitt gebaut; der freie Durchmesser des kreisförmigen Abschnitts wird voraussichtlich 2,85 m betragen, die Wandstärke 0,25 m

Die Arbeiten umfassen auch den Eingang (Bau einer Druckkammer) und den Ausgang des Stollens am Fluss Eisack.

### 3 UBICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'OPERA

Oggetto della progettazione sono gli interventi idraulici per la regimazione ed il drenaggio del rio Riol da eseguirsi in corrispondenza dell'areale della stazione di Fortezza.

Gli interventi consistono essenzialmente nella realizzazione di un collettore idraulico in sottoattraversamento dell'area della stazione ferroviaria e della S.S.12 mediante la tecnica del microtunneling. Il cunicolo di attraversamento verrà realizzato a sezione tubolare; il diametro libero della sezione circolare è previsto pari a 2,85 m, lo spessore della parete è pari a 0,25 m

Gli interventi comprendono inoltre le opere di imbocco (realizzazione camera di spinta) e di sbocco del cunicolo in corrispondenza del Fiume Isarco.

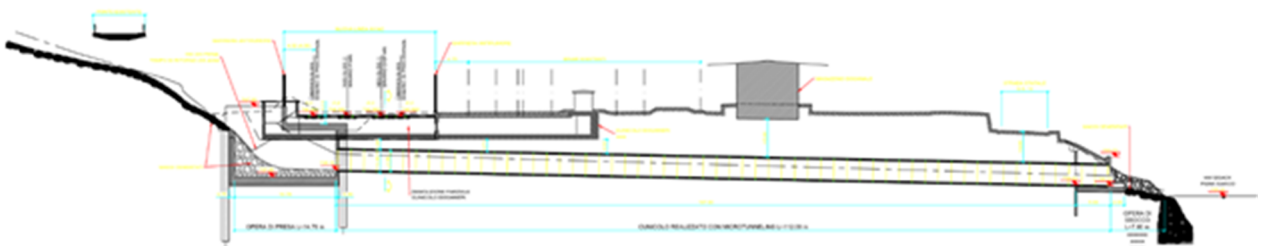


Abbildung 1 - Lage des Entwässerungsstollens des Flusses Riol und Längsschnitt des Projekts

Illustrazione 1 – Ubicazione del cunicolo di drenaggio del Rio Riol e sezione longitudinale di progetto



## 4 UNTERSUCHUNGEN

Die vorbereitende geognostische Untersuchung zur Identifizierung der geologischen Merkmale des Untergrunds für die Rekonstruktion des geologischen Referenzmodells wurde in mehreren Phasen durchgeführt, wobei sowohl direkte als auch indirekte Untersuchungen vorgenommen wurden.

Folglich werden die zwischen 1988 und 2022 durchgeführten Erhebungen berichtet.

### 4.1 INDIREKTE UNTERSUCHUNGEN

#### 4.1.1 Geognostische Bohrungen

Im gesamten Projektgebiet des Bahnhofes Franzensfeste wurden insgesamt 12 kontinuierliche geognostische Kernbohrungen mit SPT- und Lefranc-Durchlässigkeitsprüfungen sowie die Installation piezometrischer Rohrleitungen zur Grundwasserüberwachung durchgeführt, die in vier separate Kampagnen unterteilt sind:

- 3 Bohrungen im Jahr 1988 im Auftrag der RFI durchgeführt
- 2 Bohrungen im Jahr 2005 im Auftrag der BBT durchgeführt
- 5 Bohrungen im Jahr 2009 im Auftrag der BBT durchgeführt
- 5 Bohrungen im Jahr 2012 im Auftrag der Italferr durchgeführt
- 2 Bohrungen im Jahr 2022 im Auftrag der BBT durchgeführt

Für die Definition des geologischen und hydrogeologischen Modells des Sektors, in dem der Entwässerungstollen des Flusses Riöl gebaut werden soll, wurden die folgenden Sondierungen untersucht

- Bohrung Fo-2-1988 – RFI
- Bohrung Fo-B-06/09, Fo-B-07/09 e Fo-B-08/09 – BBT
- Bohrung C1 - Italferr
- Bohrung Fo-B-50/22 e Fo-B-51/22 – BBT

## 4 INDAGINI

L'indagine geognostica propedeutica per l'individuazione delle caratteristiche geologiche del sottosuolo al fine di ricostruire il modello geologico di riferimento si è svolta su più fasi eseguendo indagini sia dirette che indirette.

Di seguito sono riportate le indagini condotte tra gli anni 1988 e 2022.

### 4.1 INDAGINI DIRETTE

#### 4.1.1 Sondaggi geognostici

In tutto l'areale di progetto della stazione di Fortezza sono stati eseguiti un totale di 12 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con prove SPT e di permeabilità Lefranc ed installazione di tubazione piezometrica per il monitoraggio della falda, che sono di seguito suddivisi in quattro campagne distinte:

- 3 sondaggi eseguiti nel 1988 per conto di RFI
- 2 sondaggi eseguiti nel 2005 per conto di BBT
- 5 sondaggi eseguiti nel 2009 per conto di BBT
- 7 sondaggi eseguiti nel 2012 per conto di Italferr
- 2 sondaggi eseguiti nel 2022 per conto di BBT

Per la definizione del modello geologico ed idrogeologico del settore in cui verrà realizzato il cunicolo di drenaggio del Rio Riöl, sono stati presi in esame i seguenti sondaggi:

- Sondaggio Fo-2-1988 – RFI
- Sondaggi Fo-B-06/09, Fo-B-07/09 e Fo-B-08/09 – BBT
- Sondaggio C1 - Italferr
- Sondaggi Fo-B-50/22 e Fo-B-51/22 – BBT

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geologica e idrogeologica**

Alle Bohrungen erfolgten im Durchlaufverfahren und in Tiefen zwischen 20 und 40 m durchgeführt.

Tutti sono stati eseguiti a carotaggio continuo e spinti a profondità variabili dai 20m ai 40 m.

Stratigraphische Berichte sind im Referenzdokument 02-H81-AF-001-RT0-D1538-01030-02 zu finden.

I report stratigrafici sono consultabili nel documento di riferimento 02-H81-AF-001-RT0-D1538-01030-02.

#### 4.1.2 Umweltgräben und Piezometer

#### 4.1.2 Trincee e piezometri ambientali

Zur Bestimmung der Umweltmerkmale des Untergrunds wurden 2015 und 2021 Umweltuntersuchungskampagnen durchgeführt.

Per la definizione delle caratteristiche ambientali del sottosuolo, nel corso del 2015 e del 2021 sono state eseguite delle campagne di indagine ambientale.

Die Kampagne 2015 umfasste 15 Probenahmen mit Analysen an den Bahndämmen (M1-M15), 53 Gräben mit Analysen (T1-T54) und 2 Piezometern für Wassermonitoring.

La campagna 2015 ha previsto 15 prelievi con analisi dalle massicciate ferroviarie (M1-M15), la realizzazione di 53 trincee con relative analisi (T1-T54), e l'installazione di 2 piezometri per il campionamento dell'acqua di falda.

Die Kampagne 2021 umfasste 13 Probenahmen mit Analysen an den Bahndämmen (M16-M26), 42 Gräben mit Analysen (T55-T96) und die Installation von 2 Piezometern (Pz2bis und Pz3) in 40 m Tiefe.

La campagna 2021 ha previsto 13 prelievi con analisi dalle massicciate ferroviarie (M16-M26), la realizzazione di 42 trincee con relative analisi (T55-T96), e l'installazione di 2 piezometri (Pz2bis e Pz3) profondi 40 m.

Im konkreten Fall des Entwässerungstunnels des Flusses Riol wird auf die Gräben T53, T54, T85, T86 und T88 verwiesen.

Nel caso specifico del cunicolo di drenaggio del Rio Rioli si farà riferimento alle trincee T53, T54, T85, T86 e T88.

### INDIREKTE UNTERSUCHUNGEN

### INDAGINI INDIRETTE

#### Seismizität

#### Sismica

Unter Bezugnahme auf frühere Arbeiten (Rel. 02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00201-02) wird über die im Untersuchungsgebiet durchgeführten geophysikalischen Untersuchungen berichtet. Es wurden hauptsächlich Profile an den Talrändern erstellt, um Informationen über die Entwicklung des Untergrunds zu erhalten, und es wurden auch passive seismische Untersuchungen durchgeführt, um die Häufigkeit des Standorts zu bestimmen und die Arbeiten aus seismischer Sicht zu charakterisieren.

Con riferimento ai lavori precedenti (Rel. 02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00201-02), si riportano le indagini geofisiche eseguite nell'area di studio. I profili sono stati realizzati principalmente ai margini della valle per ottenere informazioni sull'andamento del substrato e sono stati inoltre eseguiti rilievi sismici passivi per determinare la frequenza di sito e caratterizzare le opere dal punto di vista sismico.

Die folgenden Tests wurden während der geognostischen Kampagne 2014 durchgeführt:

Nel corso della campagna geognostica del 2014 sono state le seguenti prove:

- 4 Refraktionsseismische Tomographien (Vp e Vs);
- 11 passive seismische HVSR-Untersuchungen;

- 4 tomografie sismiche a rifrazione (Vp e Vs);
- 11 indagini sismiche passive HVSR;

Zwei HVSR (H3 und H11) und die refraktionsseismische Linie L2 werden für die Charakterisierung des Untergrundes im Bereich des Rioler Entwässerungstollens herangezogen.

Per la caratterizzazione del sottosuolo dell'area di realizzazione del cunicolo di drenaggio del Rio Riol, delle prove elencate, verranno prese in esame due HVSR (H3 e H11) e la linea sismica a rifrazione L2.

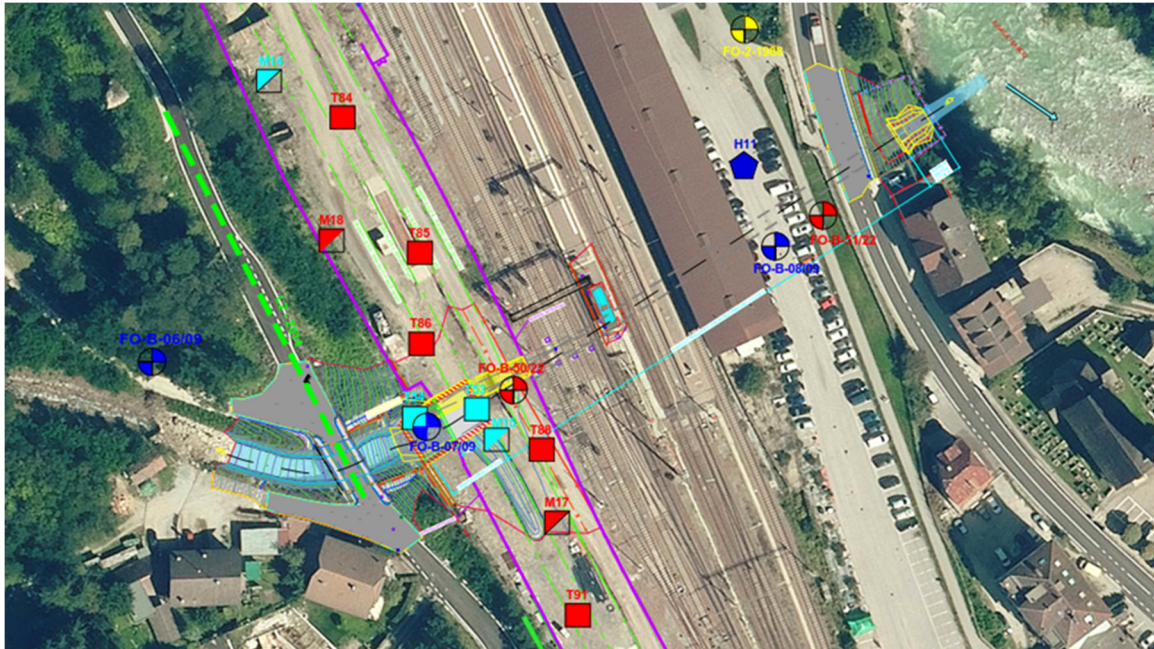


Abbildung 2 – Planimetrie mit Lage der geognostischen Untersuchungen

Illustrazione 2 – Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche

Die Lage und Beschreibung der geognostischen Untersuchungen für die Projektarbeiten sind in der nachstehenden Abbildung und in den beigefügten Tabellen (Ref.-Nr. 02-H81-AF-001-1A7-D1538-01025-02) dargestellt.

L'ubicazione e la descrizione delle indagini geognostiche di riferimento per l'opera di progetto sono riportate nella figura seguente e nelle tavole allegata (Rif.n. 02-H81-AF-001-1A7-D1538-01025-02).

## 5 ALLGEMEINES GEOLOGISCHES MODELL

## 5 MODELLO GEOLOGICO GENERALE

In Bezug auf die geologischen, hydrogeologischen und seismischen Aspekte des Gebiets wird auf die Analysen und Daten verwiesen, die bereits in den für MA-OPERE PROPEDEUTICAL erstellten Unterlagen enthalten sind:

- G- GEOLOGIE UND HYDROGEOLOGIE - Geologischer und hydrogeologischer Bericht
- G- GEOTECHNIK UND GEOMECHANIK - Geotechnischer und geomechanischer Bericht

Per quanto riguarda gli aspetti geologici, idrogeologici e sismici dell'area, si farà riferimento alle analisi e ai dati già riportati negli elaborati prodotti per MA-OPERE PROPEDEUTICHE nei documenti:

- G-GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA – Relazione geologica e idrogeologica
- G-GEOTECNICA E GEOMECCANICA – Relazione geotecnica e geomeccanica

Im Folgenden werden daher wesentliche, zielgerichtete und punktuelle Beschreibungen aus dieser Dokumentation gegeben, auf deren Grundlage das geologische, hydrogeologische und geotechnische Vorgehensmodell sowie die Erhebungen und Untersuchungen für die im Entwurf vorgesehenen spezifischen Arbeiten definiert werden.

Di seguito verranno perciò riportate descrizioni significative, mirate e puntuali ripresi da tale documentazione, in base alle quali insieme ai rilievi e alle indagini verrà definito il modello geologico, idrogeologico e geotecnico procedurale per le opere specifiche previste dalla progettazione.

### 5.1 GEOLOGISCH – STRUKTURELLER RAHMEN DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

### 5.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE DELL'AREA DI STUDIO

*Die im Projektgebiet (siehe Abb. 02-H81-AF-001-1A7-D1538-01020-00) anstehenden Festgesteine werden dem südalpinen Grundgebirge zugerechnet.*

*Le rocce affioranti nell'area di progetto (vedi tavola 02-H81-AF-001-1A7-D1538-01020-00) sono attribuite al basamento sudalpino.*

*Die für den Projektabschnitt Franzensfeste relevante geologische Entwicklung setzt im Perm mit der Intrusion des Brixner Granits in das kristalline Grundgebirge des Südalpins entlang der Periadriatischen Naht ein.*

*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 lungo la Sutura Periadriatica.*

*Der permische Magmatismus der Südalpen ist durch eine typische kalkalkalische Suite von Plutonen, Gängen und sauren Vulkaniten und wenigen intermediären und basischen Intrusionen gekennzeichnet. Seine Entstehung wird einer spätvariszischen Subduktions- und Orogenphase oder einer postvariszischen Extension zugeschrieben (UIBK-GBA-CFR (2006)).*

*Il magmatismo permiano del sudalpino è caratterizzato da una tipica suite calcalkalina di plutoni, filoni e vulcaniti acide e minori intrusioni 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)).*

*Im Zuge der alpidischen Gebirgsbildungsära wurde der Brixner Granit polyphas und heteroaxial sprödektonisch deformiert. Demzufolge dominieren im Brixner Granit spröde alpidische Störungssysteme, die mit dem E-W streichenden Periadriatischen Lineament bzw. mit dem NW-SE streichenden Maultal-Sprechenstein-Störungssystem assoziiert sind.*

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

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geologica e idrogeologica**

*Dem südalpinen Basement im Bereich Franzens feste fehlt die alpidische Regionalmetamorphose und duktile Deformationsstrukturen (UIBK-GBA- CFR (2006)).*

*Nel settore di Fortezza il basamento sudalpino non mostra metamorfismo regionale alpino e neppure strutture di deformazione duttili (UIBK-GBA-CFR (2006)).*

*Sein heutiges Erscheinungsbild hat der Projektabschnitt Franzensfeste in jüngster geologischer Vergangenheit im Zuge mehrerer quartärer Vereisungsphasen erhalten. Durch diese wurde das Eisacktal tief eingeschnitten, wobei die Übertiefung lokal unterschiedlich ausgeprägt ist.*

*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.*

*Postglazial wurde das Eisacktal mit unterschiedlich mächtigen Lockergesteinen verfüllt. Gemäß den Ergebnissen der Bodenerkundung bestehen diese im Wesentlichen aus den fluviatilen Ablagerungen des Eisacks, Murschuttablagerungen der randlichen Zubringer und Hangschutt. Lokal können auch noch fluvioglaziale Sedimente erhalten sein. Die quartären Ablagerungen verzahnen aufgrund der Enge des Tals kleinräumig miteinander, wodurch sich der bereichsweise komplexe interne Aufbau der Talfüllung ergibt.*

*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 da debris flow si interdigitano tra loro più o meno fittamente secondo l'ampiezza della valle e da qui deriva la locale complessità del riempimento della valle stessa.*

*Im Bereich der Talflanken treten sowohl glaziale als auch postglaziale Ablagerungen in Form von Moränenablagerungen sowie Hang- und Murschutt auf.*

*Nel settore in corrispondenza dei fianchi della valle sono presenti depositi glaciali e anche post-glaciali sottoforma di morene nonché detrito di versante e da debris flow.*

*Im westlichen Grenzbereich des Projektareals ist der Brixner Granit aufgeschlossen, der das Grundgebirge der quartären Talfüllungen und der seitlichen Murschutfächer bildet. In der Nähe des Hangfußes könnte das kristalline Grundgebirge von den tiefen Gründungen einiger geplanter Bauwerke erreicht werden.*

*Nel settore marginale Ovest dell'area affiora il granito di Bressanone, che costituisce il basamento del riempimento quaternario della valle e dei conoidi laterali. Nelle vicinanze della base del versante il basamento roccioso potrebbe essere raggiunto dalle fondazioni profonde di alcune delle opere in progetto.*

Der Bereich der geplanten Bauwerke ist von quartären Ablagerungen geprägt, die aus Murschuttablagerungen (Murschutfächer des Riobaches und Alluvionen des Eisack bestehen). Auf diesen Sedimenten wurden über ausgedehnte Bereiche des Untersuchungsareals künstliche Aufschüttungen abgelagert, vor allem in Form des Bahndammes der alten Brennerbahn und des Bhf Franzensfeste.

L'area delle opere in progetto relative al sottoattraversamento del Rio Riolo, è interessata dalla presenza principalmente di terreni quaternari, rappresentati da depositi di debris flow (conoide del Rio Riolo e depositi alluvionali dell'Isarco). Sopra questi terreni, in una gran parte dell'area sono diffusi i materiali antropici di riporto, in particolare quelli del rilevato ferroviario della linea storica del Brennero e della stazione di Fortezza.

## 5.2 GEOMORFOLOGISCHE FORMEN; ABLAGERUNGEN UND PROZESSE

## 5.2 FORME, DEPOSITI E PROCESSI GEOMORFOLOGICI

*Das Eisacktal im Projektumfeld zwischen Sterzing und Franzensfeste ist geprägt durch einen engen Verlauf und die angrenzenden, steilen Talflanken. Annähernd*

*La Val d'Isarco nella zona di progetto tra Vipiteno e Fortezza è caratterizzata da una morfologia angusta e fianchi molto ripidi. Quasi perpendicolarmente, o in ogni*

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geologica e idrogeologica**

senkrecht bzw. stumpfwinklig zum Talverlauf werden die Talflanken von zum Teil canyonartig tief eingegraben, und in der Regel tektonisch vorgezeichneten Gräben und Rinnen zerschnitten. Im unmittelbaren Projektgebiet sind der Weißenbachgraben, das Flaggertal sowie das Riotal die markantesten Einschnitte.

caso ad angolo ottuso rispetto all'andamento della valle, i fianchi 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.

Das heutige Erscheinungsbild des Eisacktales entwickelte sich erst in jüngster geologischer Vergangenheit und ist geprägt durch glaziale und fluviale Erosions- und Akkumulationsformen. Die Akkumulationsformen (Hang- und Murschuttfächer, Blockschutthalden, subrezente Schotterterrassen sowie rezente Talalluvionen) sind im Wesentlichen auf die Talsohle bzw. die Talrandbereiche beschränkt. Erosionsformen sind vorwiegend an den Talflanken bzw. in höheren Lagen anzutreffen. Typische Erscheinungsformen sind Kerbtäler, Rundhöcker, Gletscherschliffe Hochflächen und Hängetäler (Tal des Riolbaches).

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 (conoide 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).

Die Höhererstreckung im unmittelbaren Projektgebiet reicht von ca. 750 m MH (Bereich Bhf. Franzensfeste) bis hinauf auf rund 1550 m MH. (Riol 1547 m).

All'interno dell'area 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).

Im Detail ist die Morphologie des von den geplanten Bauwerken betroffenen Areals von zwei Murschuttfächern (Riolbach im Süden und Hohe Wand Bach im Norden) geprägt. Zwischen den beiden Murschuttfächern reicht das Festgestein von der orographisch rechten Hangseite des Eisacktales bis in die flache Talsohle.

Nel dettaglio dell'area direttamente interessata dalle opere in progetto, la morfologia è condizionata dalla presenza di due apparati di conoide principale (rio Riol a Sud, oggetto del presente studio e Rio Hohe Wand a Nord), con settori intermedi nei quali il versante roccioso del fianco destro della valle Isarco arriva a lambire la porzione pianeggiante del fondovalle.

Ein besonderes Augenmerk ist auf den Murschuttfächer des Riobaches zu legen, der von den beiden genannten Murschuttfächern der größere ist. Dieser wird nämlich auf seiner gesamten Quererstreckung von der Trasse der neuen Zufahrtsstraße zum Rettungsplatz und zum Unterwerk gekreuzt.

In particolare, il conoide del rio Riol, il più esteso dei due citati in precedenza, viene intersecato per tutta la sua estensione trasversale dal tracciato della nuova viabilità di accesso all'area di soccorso e sottostazione e dal sottoattraversamento idraulico dell'area di stazione fino all'imbocco dell'Isarco oggetto del presente studio.

Auf dem Murschuttfächer haben sich in Vergangenheit Massenbewegungen mit hoher Transportenergie (Murphänomene) ereignet. Sie erfolgten entlang des Bachlaufes und erreichten und beschädigten auch den Bahnkörper des Bhf Franzensfeste und die Ortschaft Franzensfeste, so z.B. beim Ereignis vom 26 Juli 1965 bei dem sehr große Schäden an der Eisenbahn entstanden sind, die die Sperre des Eisenbahnbetriebes für mehrere Tage zur Folge hatte.

Sul conoide si sono verificati in passato dei fenomeni di intenso trasporto di massa detritico (debris flow) lungo il corso d'acqua, che hanno anche provocato l'invasione ed il danneggiamento della sede ferroviaria nella stazione di Fortezza e dello stesso abitato di Fortezza, come nel caso dell'intenso evento avvenuto il 26 Luglio 1965, che causò enormi danni alla ferrovia, con il blocco del traffico ferroviario per diversi giorni.

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geologica e idrogeologica**

*Auf dem Murschuttflächer und entlang des Bachlaufes wurden von Seiten der Autonomen Provinz Bozen in den Jahren 2004 bis 2007 Wasserschutzbauten errichtet, u.a. ein Rückhaltebecken für Murereignisse.*

*Su questo conoide e lungo il corso d'acqua la Provincia Autonoma di Bolzano è intervenuta nel periodo tra il 2004 ed il 2007 realizzando opere di difesa idraulica, tra le quali un bacino di accumulo per i debris flow.*

*Die Morphologie des distalen Murschuttflächers wurde durch die anthropogenen Eingriffe im Zuge der Errichtung der Eisenbahnlinie Brenner und der Ortschaft Franzensfeste stark verändert. Dies führte bergseitig der Eisenbahn zur Errichtung einer beachtlichen Aushubböschung und talseitig zum Bau eines großen künstlichen Dammes in Richtung Wohngebiet.*

*La morfologia della porzione distale del conoide in questione è stata profondamente modificata dagli interventi antropici legati alla costruzione della ferrovia del Brennero e dell'Abitato di Fortezza, che hanno comportato la creazione di una evidente scarpata di scavo nella zona a monte della ferrovia e la realizzazione di un ampio rilevato artificiale nella zona di valle, verso il centro abitato.*

## 6 HYDROGEOLOGIE

Die Hydrogeologie des Lockergesteinabschnittes ist durch die Oberflächengewässer Eisack, Riobach und Graben Hohe Wand geprägt.

In den alluvialen Ablagerungen des Talbodens und in den seitlich dazu angeordneten Murschuttkegeln kommt ein Grundwasserleiter vor, welcher abschnittsweise mit dem Eisack in hydraulischem Kontakt steht. Das Vorhandensein dieses Grundwasserleiters wurde auch durch die piezometrische Überwachung der beiden im Mai 2022 durchgeführten Bohrungen bestätigt: In der Zeichnung 02-H81-AF-001-3A9-D1538-01026-00, in der der geologisch-geotechnische Abschnitt der Bohrung dargestellt ist, wird die durchschnittliche Tendenz des Grundwasserspiegels in dem Gebiet, das niedriger liegt als die Arbeiten, hervorgehoben.

Der Porenquifer ist an den Rändern und an der Basis von der Festgesteinsoberfläche des Brixner Granits begrenzt. Im Murgangkegel des Flusses Riobach kann es in Zeiten starker Regenfälle zu seitlichen Wasserzuflüssen durch ausgesetzte Hänge kommen. Aufgrund der geringen Größe der Anreicherungszone und der Retentionsräume sind diese sehr variabel und zeitlich begrenzt.

Für die Bewertung der hydraulischen Leitfähigkeit in Lockergesteinen wird auf frühere Arbeiten verwiesen, in denen einige In-situ-Untersuchungen durchgeführt wurden. Die Tabelle zeigt die aus den Tests gewonnenen Daten.

Die hydraulischen Leitfähigkeiten in lockeren Böden, die auf der Grundlage von Erfahrungen mit ähnlichen Böden im Baulos Eisack definiert wurden, werden wie folgt klassifiziert:

- $K_{\text{generale debris flow}}$  von  $5 \times 10^{-5}$  m/s bis  $1 \times 10^{-4}$  m/s
- $K_{\text{generale alluvioni}}$  von  $1 \times 10^{-4}$  m/s bis  $5 \times 10^{-4}$  m/s

Für die durchlässigsten und am wenigsten durchlässigen Ebenen werden hydraulische Leitfähigkeiten von  $K > 1,0 \times 10^{-3}$  m/s und  $K < 1,0 \times 10^{-5}$  m/s berücksichtigt.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Durchlässigkeitstests nach Lefranc, die in den Bohrungen des Projektgebiets durchgeführt wurden, die während der

## 6 IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrogeologico ci troviamo all'interno di un settore caratterizzato da terreni sciolti in particolare depositi di conoidi alluvionali del Rio Riobach e del Rio Hohe Wand, e i depositi alluvionali dell'Isarco.

Nei depositi alluvionali del fondovalle e nei conoidi da debris flow, che si trovano in posizione laterale rispetto ad essi, è presente un acquifero che in qualche settore si trova in contatto idraulico con il fiume Isarco. La presenza di tale acquifero è stata confermata anche dal monitoraggio piezometrico sui due sondaggi eseguiti nel maggio del 2022: nell'elaborato 02-H81-AF-001-3A9-D1538-01026-00 dove è riportata la sezione geologica-geotecnica del cunicolo è evidenziato l'andamento medio della falda nell'area, a quote inferiori rispetto alle opere.

L'acquifero per porosità è delimitato ai bordi e alla base dalla superficie del substrato costituito dal Granito di Bressanone. Nel conoide da debris flow del Rio Riobach possono essere presenti afflussi d'acqua laterali dovuti a piccole falde sospese nei periodi di intensa piovosità. Date le ridotte dimensioni della zona di ricarica e degli spazi di ritenzione, essi sono molto variabili e limitati nel tempo.

Per la valutazione della conducibilità idraulica nei terreni sciolti si fa riferimento a lavori pregressi in cui erano state eseguite alcune indagini in situ. In tabella sono riportati i dati ottenuti dalle prove

Le conducibilità idrauliche nei terreni sciolti, definiti sulla base dell'esperienza in terreni simili del lotto Isarco sono così classificate:

- $K_{\text{generale debris flow}}$  da  $5 \times 10^{-5}$  m/s a  $1 \times 10^{-4}$  m/s
- $K_{\text{generale alluvioni}}$  da  $1 \times 10^{-4}$  m/s a  $5 \times 10^{-4}$  m/s

Per quanto riguarda invece i livelli più permeabili e meno permeabili si considerano delle conducibilità idrauliche pari a  $K > 1,0 \times 10^{-3}$  m/s e  $K < 1,0 \times 10^{-5}$  m/s.

Nella seguente tabella, invece, sono indicati i risultati delle prove di permeabilità tipo Lefranc eseguite nei sondaggi dell'area di progetto realizzati durante la



Untersuchungen 1988 im Auftrag von RFI durchgeführt wurden (aufgelistet in Tabelle 3), die niedrigere Durchlässigkeiten (bis zu  $9,40E-07$  m/s) ergeben als die Werte für die Unterquerung des Eisack und der Bohrung C1 von Italferr von 2012 ausgewertet wurden, wo die Werte hohe Durchlässigkeiten bis zu  $1,73E-02$  m/s zeigen.

campagna 1988 per conto di RFI (elencati nella Tabella 3), che danno risultati di permeabilità più bassi (fino a  $9,40E-07$  m/s) dei valori valutati per la zona del sottopassaggio dell'Isarco e nel sondaggio C1 di Italferr del 2012, in cui i valori evidenziano permeabilità alte fino a  $1,73E-02$  m/s.

Bohrung / sondaggio	N°	Tiefe /Profondità (m)	k (m/s)
Fo-1-1988	1	9.65	$9.40E-07$
	2	11.20	$2.00E-06$
	3	18.20	$2.21E-05$
Fo-2-1988	1	9.45	$1.56E-04$
	2	17.30	$4.97E-03$
Fo-3-1988	1	9.60	$5.70E-05$
	2	18.2	$4.82E-06$
C1 - 2012	1	5.00 - 6.00	$3.35E-03$
	2	15.00 - 16.00	$3.40E-03$
	3	21.00 - 22.00	$6.44E-03$
	4	32.00 - 33.00	$1.73E-02$

Tabelle 1: Ergebnisse der Durchlässigkeitsprüfung der Bohrlöcher 1988

Tabella 1: Risultati prove permeabilità sondaggi 1988

## 6.1 GRUNDWASSERSTANDSÄNDERUNG IM PROJEKTGEBIET

## 6.1 ESCURSIONE DELLA FALDA NELL'AREA DI PROGETTO

Anhand der Überwachung von Piezometern, die im Anschluss an die geognostische Kampagne 2022 installiert wurden, konnte das Vorhandensein des Grundwassers festgestellt und seine potenzielle Ausdehnung bewertet werden.

Sulla base del monitoraggio dei piezometri installati a seguito della campagna geognostica del 2022 è stato possibile individuare la presenza della falda acquifera e valutarne la potenziale escursione.

Die Grundwasseroberfläche befindet sich in einer Tiefe von ca. 12 m über dem Grund in der Nähe der Druckkammer und in einer Tiefe von ca. 9 m über dem Grund an der Mündung des Flusses Riol in den Eisack. Im Durchschnitt schwankt die absolute Höhe des Grundwasserspiegels gemäß der hydrogeologischen Karte (Dok. 02-H81-HB-2GH8AF001-GLP-D0932-01501-00) für den Großteil der Arbeiten im Bereich des Bahnhofes Franzensfeste und entlang des Flusses Riol zwischen 735 m ü. NN und 730 m ü. NN.

La superficie della falda si colloca a ca. 12 m di profondità da p.c. in prossimità della camera di spinta e a ca. 9 m da p.c. in corrispondenza dello sbocco del Rio Riol in Isarco. Mediamente, con riferimento a quanto definito nella carta idrogeologica (rif. Doc. 02-H81-HB-2GH8AF001-GLP-D0932-01501-00) per la maggioranza delle opere presenti nell'area della stazione di Fortezza e lungo il conoide del Rio Riol, la quota assoluta della falda è variabile tra 735 m slm e 730 m slm.

Die Tiefe des Grundwasserspiegels im Projektgebiet ist so groß, dass sich die Beeinträchtigung des Grundwasserspiegels durch die Bauarbeiten auf den Anfangsbereich des Tunnels beschränken wird: In den Überwachungsdiagrammen des Piezometers Fo-B-50/22 für den Zeitraum Mai - Juni 2022 wurde ein Durchschnittswert von 730,58 m ü. NN aufgezeichnet, mit einem Minimum von 726,68 m ü. NN und einem Maximum von 737,32 m ü. NN. Diese Tendenzen weisen also auf eine starke Auslenkung des

L'entità della profondità della falda nell'area di progetto è tale per cui un'eventuale interferenza delle opere con la falda stessa sarà limitata alla zona di partenza nel cunicolo: con riferimento ai diagrammi di monitoraggio del piezometro Fo-B-50/22 per il periodo maggio – giugno 2022 si registra un valore medio pari a 730,58 m slm, con minimi fino a 726,68 m slm e massimi pari a 737,32 m slm. Questi andamenti evidenziano quindi una forte escursione della falda, pari a ca. 10 m dovuta alla ricarica del rio durante periodi particolarmente piovosi.

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geologica e idrogeologica**

Grundwasserspiegels um ca. 10 m hin, die auf die Anreicherung des Flusses in besonders regenreichen Perioden zurückzuführen ist.

Bei maximaler Belastung kann es daher zu Interferenzen mit der Sohle der Druckkammer (736,70 m ü. NN) und mit etwaigen Gründungs- oder Stützpfehlern und Mikropfehlern kommen.

Diese Situation wurde ausschließlich im Piezometer F0-B-50/22 festgestellt, aber es ist zu bedenken, dass es bei starken Regenfällen lokal zu seitlichen Wasserzuflüssen kommen kann). Angesichts der geringen Größe der Anreicherungszone und der Retentionsräume sind sie in jedem Fall sehr variabel und zeitlich begrenzt.

Was die anderen Bereiche des Stollens betrifft, so wird es keine Störungen geben. Das Piezometer F0-B-51/22 in der Nähe des Parkplatzes des Bahnhofs Franzensfeste misst den Grundwasserspiegel auf einer durchschnittlichen Höhe von ca. 723,36 m ü. M. mit maximalen Schwankungen bis zu 723,39 m ü. M., während sich die Sohle des Stollens auf ca. 737,00 m ü. M. befinden wird.

Im Allgemeinen befindet er sich jedoch in einer Höhe, die mit dem hydraulischen Gleichgewicht des Eisackflusses vereinbar ist.

Nelle condizioni di carica massima sarà quindi possibile l'interferenza con la base della camera di spinta (posta a 736,70 m slm) e con eventuali pali e micropali di fondazione o sostegno per le opere che ne sono dotate.

Tale situazione è stata rilevata esclusivamente nel piezometro F0-B-50/22, ma va tenuto comunque presente che possono manifestarsi, localmente afflussi d'acqua laterali nei periodi di intensa piovosità. Ad ogni modo, date le ridotte dimensioni della zona di ricarica e degli spazi di ritenzione, essi sono molto variabili e limitati nel tempo.

Per quanto riguarda gli altri settori del cunicolo non si avranno interferenze. Il piezometro F0-B-51/22 in prossimità del parcheggio della stazione di Fortezza rileva la falda a quote medie intorno a 723,36 con oscillazioni massime fino a 723,39 m slm dal piano campagna, mentre la base del cunicolo sarà ubicata a ca. 737,00 m slm.

Generalmente, comunque, si presenta a quote compatibili con equilibrio idraulico con l'alveo dell'Isarco.

## 7 UNTERSUCHUNGSPLAN

### 7.1 BESTEHENDE GEOGNOSTISCHE UNTERSUCHUNGEN, DIE FÜR DIESE STUDIE VERWENDET WURDEN

#### 7.1.1 Direkte Untersuchungen

Im Rahmen der geognostischen Untersuchungen von 1988 (RFI), 2009 (BBT) und 2021 wurden insgesamt 8 kontinuierliche Kernbohrungen und 42 Schürfungen durchgeführt.

Im Folgenden wird über die stratigraphischen Interpretationen und die durchgeführten Tests in Bezug auf drei spezifische Bohrungen und fünf Schürfe berichtet.

#### Bohrungen:

##### Fo – 2 – 1988 (RFI)

0.0 - 1.12	Aufschüttung
1.12 - 5.0	Grobkies, polymikt mit angular klasten und Sand, lokal Blöcke.
5.0 - 6.0	Mittelsand kiesig
6.0 - 7.15	Feinsand, gelblich, lokal schluffig. Granitische Steine.
7.15 - 9.2	Grau Sand schluffig mit Granitische Steine
9.2 - 10.3	Grau Sand schluffig mit Kies. Lokal Granitische Blöcke (dm).
10.3 - 11.5	Granitische Blöcke mit Sand und Kies ( $\varnothing > 50$ cm)
11.5 - 12.9	Sand und Kies, angular - subangular
12.9 - 15.0	Granitische Blöcke und Grobkies
15.0 - 20.0	Granitische Blöcke in sandig - kiesiger Matrix

#### Durchlässigkeitsversuche

Um die hydraulische Leitfähigkeit der geologischen Einheiten im Bohrloch F0-2-1988 zu bewerten, wurden zwei Lefranc-Tests durchgeführt:

## 7 PIANO DELLE INDAGINI

### 7.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE ESISTENTI UTILIZZATE PER IL PRESENTE STUDIO

#### 7.1.1 Indagini dirette

Nel corso delle campagne geognostiche del 1988 (RFI), del 2009 (BBT) e 2021 sono stati realizzati un totale di 8 sondaggi a carotaggio continuo e 42 trincee ambientali.

Facendo riferimento a 3 specifici sondaggi e 5 trincee ambientali, di seguito vengono riportate le interpretazioni stratigrafiche e le prove eseguite.

#### Sondaggi:

##### Fo – 2 – 1988 (RFI)

0.0 - 1.12	Materiale di riporto (massicciata ferroviaria)
1.12 - 5.0	Ghiaia poligenica grossolana e sabbia, singoli trovanti granitici. Clasti spigolosi
5.0 - 6.0	Sabbia media ghiaiosa
6.0 - 7.15	Sabbia fine giallastra, localmente limosa. Presenza di ciottoli granitici
7.15 - 9.2	Sabbia limosa grigia con ciottoli granitici
9.2 - 10.3	Sabbia limosa grigia con ghiaia. Locali trovanti granitici decimetrici
10.3 - 11.5	Trovanti granitici con sabbia e ghiaia ( $\varnothing > 50$ cm)
11.5 - 12.9	Sabbia e ghiaia. I singoli clasti presentano basso grado di arrotondamento.
12.9 - 15.0	Trovanti granitici e ghiaia grossa
15.0 - 20.0	Trovanti granitici in matrice sabbioso - ghiaiosa.

#### Prova di permeabilità

Per valutare la conducibilità idraulica delle unità geologiche nel sondaggio F0-2-1988 sono state eseguite due prove Lefranc:

Bohrung / sondaggio	N°	Tiefe /Profondità (m)	k (m/s)
Fo-2-1988	1	9.45	1.56E-04
	2	17.30	4.97E-03

Fo – B – 06/09

0.0 - 1.35	Aufschüttung aus Kies in sandig-schluffiger Matrix, braun bis grau-grünlich. Kantige Kieskomponenten, polymikt ( $\varnothing$ durchschnittlich 5 cm)
1.35 - 2.1	Granitblock
2.1 - 3.75	Kies und Steine sandig bis schwach sandig, schwach schluffig, braun - beige. Unterschiedlich große Kieselmente ( $\varnothing$ max 10 cm), polymikt, kantengerundet.
3.75 - 4.15	Granitblock
4.15 - 12.0	Kies und Steine sandig bis schwach sandig, schwach schluffig, beige-grünlich. Der Sand ist gortkörnig. Unterschiedlich große Kieselmente ( $\varnothing$ max 10 cm), polymikt, kantengerundet. Zwischen 6.50 - 8.00 m wurde die Matrix ausgewaschen.
12.0 - 15.0	Sand mit seltenen Granitsteinen ( $\varnothing$ max 10 cm)
15.0 - 20.0	Granitische Blöcke, Steine und Kies ohne Matrix. Zwischen 14.00 - 16.00 und 17.00 - 17.60 m Steine und Kies, schwach sandig, schwach schluffig, beigefarben. Unterschiedlich große Kieselmente, polymikt, angerundet bis gerundet.

Fo – B – 06/09

0.0 - 1.35	Materiale di riporto costituito da ghiaia in matrice sabbioso - limosa; colore marrone - grigiastra. La ghiaia risulta eterometrica ( $\varnothing$ medio 5 cm), poligenica, spigolosa.
1.35 - 2.1	Trovante granitico
2.1 - 3.75	Ghiaia e ciottoli, da sabbiosi a debolmente sabbiosi, a tratti debolmente limosi; colore avana - marrone. La ghiaia risulta eterometrica ( $\varnothing$ max 10 cm), poligenica, subangolare
3.75 - 4.15	Trovante granitico
4.15 - 12.0	Ghiaia e ciottoli, da sabbiosi a debolmente sabbiosi, a tratti debolmente limosi; colore avana - verdastro. La ghiaia risulta eterometrica ( $\varnothing$ max 10 cm), poligenica, subangolare. Localmente la matrice risulta dilavata.
12.0 - 15.0	Sabbia grossolana con rari ciottoli granitici ( $\varnothing$ max 10 cm)
15.0 - 20.0	Blocchi, ciottoli e ghiaia granitici privi di matrice. m 17.00 - 17.60 ciottoli e ghiaia debolmente sabbio - limosi; colore avana

Fo – B – 08/09

0.0 - 0.1	Asphalt
0.1 - 5.0	Sand, stark kiesig und steinig, mitunter Kies und Steine, stark sandig. Farbe von weißlich bis beige. Der Sand ist mittel - bis feinkörnig. Die Stein und Kieskomponenten sind vorwiegend granitisch, kantengerundet Kies, ø max 12 cm
5.0 - 14.0	Sandiger Kies, mitunter stark sandig, schwach schluffig, grau-beige. Unterschiedliche große Kieselemente, polymikt, kantengerundet bis angerundet, ø max 11 cm
14.0 - 15.0	Schluffiger Sand, schwach kiesig, braun - beige
15.0 - 20.0	Vorwiegend granitische Blöcke, Steine, Kies, kantengerundet bis angerundet ø max 60 cm)

Fo – B – 08/09

0.0 - 0.1	Asfalto
0.1 - 5.0	Sabbia con ghiaia e ciottoli e ghiaia , ciottoli e sabbia; colore avana. La sabbia è medio-fine e ghiaia prevalentemente granitica, subangolare (ø max 12 cm)
5.0 - 14.0	Ghiaia sabbiosa, debolmente limosa; colore grigio - avana. La ghiaia risulta eterometrica (ø max 12 cm), poligenica da subangolare a subarrotondata
14.0 - 15.0	Sabbia limosa debolmente ghiaiosa; colore marrone - avana.
15.0 - 20.0	Blocchi, ciottoli e ghiaia prevalentemente granitici da subangolari a subarrotondati (ø max 60 cm)

C1 - 2012

0.0 - 1.6	Aufschüttung sandig - schluffig mit Steine und Ziegelreste
1.6 - 2.2	Sand (Fein - Grob) mit Kies und Steine; angular
2.2 - 3.7	Block (Granit)
3.7 - 4.4	Sand (Fein - Grob) mit Kies
4.4 - 5.0	Block (Granit)
5.0 - 5.6	Sand (Fein - Grob) mit Steine
5.6 - 10.3	Kies polymikt mit Sand (Fein - Grob), gering schluffig, und Steine m 8.70 - 9.30 e m 9.50 - 9.60 Blöcke
10.3 - 11.0	Block (Granit)
11.0 - 13.0	Kies polymikt mit Sand (Fein - Grob), in schluffiger Matrix, und Steine m 12.20 - 12.30 e m 9.50 - 9.60 Blöcke
13.0 - 13.5	Sand (Mittel - Fein) schluffig mit Kies (Fein - Mittel) polymikt von angular bis subgerundet
13.5 - 14.0	Sand (Fein - Grob) mit Kies angular - subgerundet mit Steine
14.0 - 15.1	Block (Granit)
15.1 - 16.0	Sand (Fein - Grob) mit Steine polymikt
16.0 - 19.0	Blöcke, polymikt, mit Sand (Fein - Grob) und Steine
19.0 - 21.2	Block (Granit)
21.2 - 24.3	Sand (Fein - Grob) mit Steine und Blöcke (polymikt)
24.3 - 25.5	Block (Granit)
25.5 - 26.2	Kies polymiky subangular - subgerundet mit Sand (Mittel - Fein) und Steine
26.2 - 28.7	Sand (Fein - Grob) mit Kies polymikt, angular und Steine
28.7 - 31.9	Block (Granit) mit Steine
31.9 - 32.6	Kies polymikt, angular - subangular, in sandig - schluffiger Matrix
32.6 - 40.0	Sand (Fein - Grob), kiesig, sehr dicht

C1 - 2012

0.0 - 1.6	Terreno di riporto ghiaio - sabbioso con ciottoli e resti di laterizi
1.6 - 2.2	Sabbia da fine a grossolana con ghiaia e ciottoli angulari
2.2 - 3.7	Trovante granitico
3.7 - 4.4	Sabbia da fine a grossolana con ghiaia
4.4 - 5.0	Blocco granitico
5.0 - 5.6	Sabbia da fine a grossolana con ciottoli
5.6 - 10.3	Ghiaia poligenica con sabbia da fine a grossolana, debolmente limosa, e ciottoli m 8.70 - 9.30 e m 9.50 - 9.60 blocchi
10.3 - 11.0	Blocco granitico
11.0 - 13.0	Ghiaia poligenica con sabbia da fine a grossolana, in matrice limosa, e ciottoli m 12.20 - 12.30 e m 9.50 - 9.60 blocchi
13.0 - 13.5	Sabbia fine - media limosa con ghiaia fine media poligenica da angolare a subarrotondata
13.5 - 14.0	Sabbia da fine a grossolana con ghiaia da angolare a subarrotondata e ciottoli
14.0 - 15.1	Blocco granitico
15.1 - 16.0	Sabbia da fine a grossolana con ciottoli poligenici
16.0 - 19.0	Blocchi poligenici con sabbia da fine a grossolana e ciottoli
19.0 - 21.2	Blocco granitico
21.2 - 24.3	Sabbia da fine a grossolana con ciottoli e blocchi poligenici
24.3 - 25.5	Blocco granitico
25.5 - 26.2	Ghiaia poligenica da subangolare a subarrotonda con sabbia media - grossolana e ciottoli
26.2 - 28.7	Sabbia da fine a grossolana con ghiaia poligenica angolare e ciottoli
28.7 - 31.9	Blocco granitico con ciottoli
31.9 - 32.6	Ghiaia poligenica da angolare a subangolare in matrice sabbioso - limosa
32.6 - 40.0	Sabbia da fine a grossolana, ghiaiosa, molto addensata

Durchlässigkeitsversuche

Um die hydraulische Leitfähigkeit der geologischen Einheiten im Bohrloch C1 zu bewerten, wurden vier Lefranc-Tests durchgeführt:

Prove di permeabilità

Per valutare la conducibilità idraulica delle unità geologiche nel sondaggio C1 sono state eseguite quattro prove Lefranc:

Bohrung / sondaggio	N°	Tiefe /Profondità (m)	k (m/s)
C1 - 2012	1	5.00 - 6.00	3.35E-03
	2	15.00 - 16.00	3.40E-03
	3	21.00 - 22.00	6.44E-03
	4	32.00 - 33.00	1.73E-02

Druckversuche

Prove pressiometriche

Um die Verformbarkeit der Böden entlang der Bohrlochvertikalen zu bestimmen, wurden zwei Druckmessversuche durchgeführt, die zu folgenden Ergebnissen führten:

Per determinare la deformabilità dei terreni presenti lungo la verticale di sondaggio sono state eseguite due prove pressiometriche che hanno fornito i seguenti risultati:

Bohrung / sondaggio	N°	Tiefe /Profondità (m)	E (MPa)
C1 - 2012	1	8.00	107
	2	16.70	199

Graben:

Trincee:

T53

0.0 - 0.3	Ballast
0.3 - 0.6	Aufschüttung: Sand und Kies schwarzlich-braun mit Steine.
0.6 - 2.2	Aufschüttung: Steine und Blöcke in sandig-kiesiger Matrix, schwach schluffig mit Steine; braun.
2.2 - 2.8	Kies und Sand, schwach schluffig; hellbraun.

T53

0.0 - 0.3	Massicciata
0.3 - 0.6	Terreno di riporto: Sabbia e ghiaia nerastra-marrone con radi ciottoli
0.6 - 2.2	Terreno di riporto: Ciottoli e blocchi in matrice sabbiosa - ghiaiosa, debolmente limosa con ciottoli; marrone
2.2 - 2.8	Ghiaia e sabbia debolmente limosa; marrone chiaro

T54

0.0 - 0.2	Sand und Kies mit selten Steine; braun
0.2 - 2.0	Steine und Blöcke in sandiger Matrix; braun
2.0 - 2.4	Kies und Sand, schwach schluffig, mit selten Blöcke; braun.

T54

0.0 - 0.2	Sabbia e ghiaia con rari ciottoli; marrone
0.2 - 2.0	Ciottoli e blocchi in matrice sabbiosa; marrone
2.0 - 2.4	Ghiaia e sabbia, debolmente limosa, con rari blocchi; marrone

T85

T85

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: Relazione geologica e idrogeologica

0.0 - 0.7	Aufschüttung mit Steine; angular
0.7 - 1.2	Sand schluffig mit Steine und Blöcke

0.0 - 0.7	Materiale di riporto con ciottoli spigolosi
0.7 - 1.2	Sabbia limosa con ciottoli e trovanti

T86

0.0 - 0.7	Aufschüttung (Porphy)
0.7 - 1.7	Sand schwach schluffig

T86

0.0 - 0.7	Materiale di riporto porfirico
0.7 - 1.7	Sabbia debolmente limosa

T88

0.0 - 0.4	Aufschüttung mit Steine; angular
0.4 - 1.0	Sand schluffig mit Steine und Blöcke

T88

0.0 - 0.4	Materiale di riporto con ciottoli spigolosi
0.4 - 1.0	Sabbia limosa con ciottoli e trovanti

7.1.2 Indirekte Untersuchung

Refraktionsseismik:

Seismisches Profil L2 – 2014

Die Untersuchung zeigt oberflächliche Böden mit seismischen Wellengeschwindigkeiten von durchschnittlich 500 m/s mit einem eher unregelmäßigen Trend und mit Stärken, die im Projektgebiet progressiv zunehmen. Darunter befindet sich eine große Stärke des Untergrundes mit Geschwindigkeiten zwischen 600 und 800 m/s, die sich im Bereich des Flusses Riol nach Südosten hin auf einige Meter verjüngt. Allmählich steigen die Geschwindigkeiten auf Werte über 1800 m/s.

Auf der Grundlage der Sh-Wellenwerte konnte dann die charakteristische Geschwindigkeit Vs30 für die Definition der Untergrundkategorie am Eingang des Stollens des Flusses Riol (neuer Brückenbereich) bestimmt werden.

Vs30 = 665 m/s □ Categoria di sottosuolo B.

7.1.2 Indagini indirette

Sismica a rifrazione:

Profilo sismico L2 - 2014

L'indagine mostra terreni superficiali con velocità sismica delle onde Sh media pari a 500 m/s con un andamento piuttosto irregolare e con spessore che aumenta progressivamente in corrispondenza dell'area di progetto. Inferiormente si evidenzia uno spessore importante di sottosuolo con velocità comprese tra 600 e 800 m/s che tende ad assottigliarsi ad una potenza di pochi metri verso SE, nel settore del Rio Riol. Progressivamente le velocità aumentano in modo regolare fino a valori oltre 1800 m/s.

Sulla base dei valori delle onde Sh è stato quindi possibile determinare la velocità caratteristica Vs30 per la definizione della categoria di sottosuolo in corrispondenza dell'imbocco del cunicolo del Rio Riol (zona nuovo ponte).

Vs30 = 665 m/s □ Categoria di sottosuolo B.



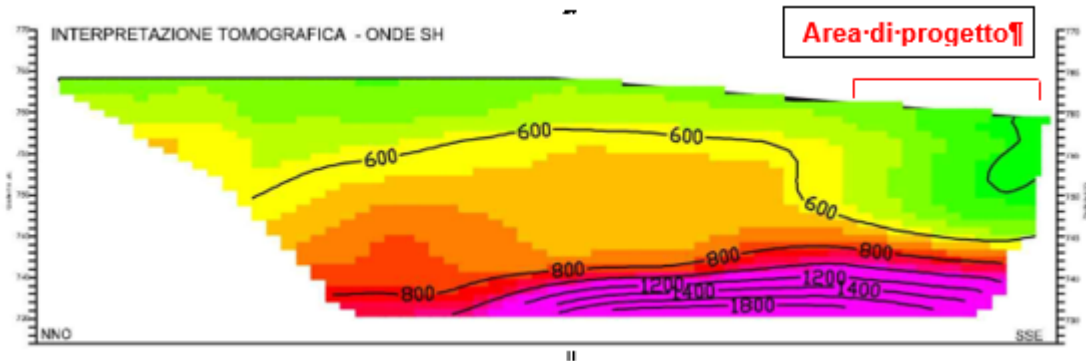


Abbildung 3 – Seismisches Profil L2

Illustrazione 3 – Profilo sismico L2

HVSR

HVSR

Zur Bestimmung der Standortresonanzfrequenz wurden 11 passive Nakamura-Tests (HVSR) durchgeführt, wobei für das Untersuchungsgebiet der Test H11 herangezogen wird. Die Resonanzfrequenz F0 mit relativer Spitzenamplitude der HVSR-Kurve ist unten dargestellt.

Per la definizione della frequenza di risonanza di sito sono state eseguite 11 prove passive di Nakamura (HVSR) e per l'area di studio si farà riferimento alla prova H11. Di seguito si riporta la frequenza di risonanza F0 con relativa ampiezza di picco della curva HVSR.

Misura HVSR / HVSR Messung	F0 (Hz)	Ampiezza / Amplitude
H11	8.91	< 3

7.2 NEUE GEOGNOSTISCHE UNTERSUCHUNGEN FÜR DIE GGST. STUDIE

7.2 NUOVE INDAGINI GEOGNOSTICHE REALIZZATE PER IL PRESENTE STUDIO

7.2.1 Direkte Untersuchungen

7.2.1 Indagini dirette

Im Mai 2022 wurde eine geognostische Untersuchungskampagne durchgeführt, die die Durchführung von 2 kontinuierlichen Kernbohrungen mit SPT-Tests und anschließend instrumentierten Piezometern umfasste.

Nel corso del maggio 2022 è stata realizzata una campagna di indagini geognostiche che ha previsto l'esecuzione di n. 2 sondaggi a carotaggio continuo con prove SPT e successivamente strumentati a piezometro.

Folgend finden Sie eine tabellarische Übersicht über die durchgeführten Untersuchungen:

Di seguito è riportata la tabella riassuntiva delle indagini eseguite:

Sondaggio / Bohrungen	Profondità / Tiefe [m]	SPT N.	Piezometro / Pegelrohr	Campioni / Proben
F0-B-50/22	20.0	2	si	-
F0-B-51/22	30.0	2	si	-

Tabelle 2: neue Untersuchung 2022

Tabella 2: nuove indagini 2022

Stratigraphische Interpretation von Untersuchungen:

Interpretazione stratigrafica dei sondaggi:

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: Relazione geologica e idrogeologica

Fo-B-50/22

0,00 – 1,40	Aufschüttmaterial: Kies in sandiger Matrix mit polygenen und subangulären Kieselsteinen
1,40 – 1,70	Geklüfteter granitischer Block
1,70 – 4,30	Leicht schluffiger, sandiger Kies mit Kieselsteinen (Ø max. 8 cm), mit überwiegend subangulären, heterometrischen Klasten. Die Ablagerung ist verdickt, von hellbrauner Farbe
4,30 – 4,80	Geklüfteter granitischer Block
4,80 – 5,40	Ockerfarbener kieseliger (mittel-feiner) sandiger Schotter
5,40 – 6,20	Grober Sand mit schwach kiesigem graubraunem Kies
6,20 – 6,50	Geklüfteter granitischer Block
6,50 – 9,00	Grober Sand mit subangulärem, gerundetem, schwach kieseligem (Ø max. 8 cm) graubraunem heterometrischem Kies. Die Ablagerung ist verdickt bis sehr verdickt.
9,00 – 10,20	Schwach kiesiger, sandiger Kies (Ø max. 8 cm), braunfarben
10,20 – 10,50	Gerundete Kieselsteine überwiegend granitischer Natur
10,50 – 10,90	Schotter mit schwach kiesigem, graubraunem Sand
10,90 – 11,50	Granitischer Block [Kernzerstörung]
11,50 – 12,60	Grober Sand mit Kies, überwiegend abgerundet, braunfarben
12,60 – 13,00	Kieselsteine [Kernzerstörung]
13,00 – 13,60	Grober Sand mit braunem Kies
13,60 – 14,00	Kieselsteine [Kernzerstörung]
14,00 – 15,50	Sand mit Kies und Geröll (Ø max. 8 cm) subangulär bis gerundet, schwach schluffig. Die Ablagerung ist stark verdickt.
15,50 – 16,00	Schwach kiesiger Sand [Kernzerstörung]
16,00 – 19,60	Überwiegend mittlerer bis feiner, schwach kiesiger Sand mit Kieselsteinen. Die Klasten sind subangulär bis abgerundet und fast immer granitischer Natur. Die Ablagerung ist stark verdickt.
19,60 – 20,00	Sand [Kernzerstörung]

Fo-B-50/22

0,00 – 1,40	Terreno di riporto: ghiaia in matrice sabbiosa con ciottoli di natura poligenica e subangolari
1,40 – 1,70	Blocco granitico fratturato
1,70 – 4,30	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa con ciottoli (Ø max 8 cm), con clasti eterometrici in prevalenza subangolari. Il deposito di presenta addensato, di colore marrone chiaro
4,30 – 4,80	Blocco granitico fratturato
4,80 – 5,40	Ghiaia sabbiosa (medio – fine) ciottolosa di colore ocreo
5,40 – 6,20	Sabbia grossolana con ghiaia debolmente ciottolosa di colore marrone grigiastro
6,20 – 6,50	Blocco granitico fratturato
6,50 – 9,00	Sabbia grossolana con ghiaia eterometrica da subangolare a subarrotondata, debolmente ciottolosa (Ø max 8 cm) di colore marrone grigiastro. Il deposito si presenta da addensato a molto addensato
9,00 – 10,20	Ghiaia con sabbia debolmente ciottolosa (Ø max 8 cm), di colore marrone
10,20 – 10,50	Ciottoli subarrotondati di natura prevalentemente granitica
10,50 – 10,90	Ghiaia con sabbia debolmente ciottolosa, marrone grigiastro
10,90 – 11,50	Blocco granitico [distruzione di nucleo]
11,50 – 12,60	Sabbia grossolana con ghiaia, prevalentemente arrotondata, di colore marrone
12,60 – 13,00	Ciottoli [distruzione di nucleo]
13,00 – 13,60	Sabbia grossolana con ghiaia di colore marrone
13,60 – 14,00	Ciottoli [distruzione di nucleo]
14,00 – 15,50	Sabbia con ghiaia e ciottoli (Ø max 8 cm) da subangolari a subarrotondati, debolmente limosa. Il deposito si presente molto addensato
15,50 – 16,00	Sabbia debolmente ghiaiosa [distruzione di nucleo]
16,00 – 19,60	Sabbia prevalentemente medio – fine debolmente ghiaiosa con ciottoli. I clasti si presentano da subangolari ad arrotondati, di natura quasi sempre granitica. Il deposito si presenta molto addensato
19,60 – 20,00	Sabbia [distruzione di nucleo]

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: Relazione geologica e idrogeologica

Fo-B-51/22

0,00 – 0,10	Pflanzenboden
0,10 – 0,30	Sandiger Kies – Auffüllmaterial
0,30 – 0,60	Sandiger Kies mit Kieselsteinen – Auffüllmaterial mit Kohle
0,60 – 4,00	Sandiger Kies – schluffig mit hellbraunen Kieselsteinen. Die grobe Fraktion ist polygen und heterometrisch ( $\varnothing$ max. 8 cm), mit subangulären Formen. Die Ablagerung ist nur schwach verdickt.
4,00 – 4,50	Subanguläre bis gerundete polygene Kieselsteine
4,50 – 5,70	Grober kiesiger Sand mit hellbraunen Kieselsteinen. Die Ablagerung ist verdickt.
5,70 – 6,50	Kies mit sandigen subangulären Klasten mit Kieselsteinen
6,50 – 9,00	Kies mit grobem, leicht kiesigem Sand von graubrauner Farbe. Die grobe Fraktion besteht aus subangulären bis gerundeten Klasten. Die Ablagerung ist verdickt.
9,00 – 9,70	Subanguläre bis gerundete Kieselsteine granitischer Natur
9,70 – 10,70	Geklüfteter Granitblock (?), kernebohrt
10,70 – 12,00	Grober Sand mit Kies und Kieselsteinen ( $\varnothing$ max 8 cm) von graubrauner Farbe mit subangulären bis gerundeten Klasten. Die Ablagerung ist verdickt bis sehr verdickt
12,00 – 13,40	Sand mit subangulärem bis gerundetem Schotter
13,40 – 14,00	Geklüfteter Granitblock (?), kernebohrt
14,00 – 14,40	Kieseliger Sand, manchmal mit Spuren von Schluff
14,40 – 15,00	Geklüfteter Granitblock (?), kernebohrt
15,00 – 18,00	Kies mit Sand, manchmal mit einzelnen Schluffsichten (< 2 dm), manchmal mit Kieselsteinen. Die grobe Fraktion besteht überwiegend aus gerundeten Klasten granitischer Natur. Die Ablagerung ist stark verdickt.
18,00 – 19,30	Mittelfeiner kiesiger Sand mit Kieselsteinen, manchmal mit Spuren von Schluff. Die Klasten haben abgerundete Kanten und eine spitz zulaufende Form
19,30 – 24,00	Blöcke und Kieselsteine granitischer Natur (ausgewaschene Matrix)
24,00 – 25,00	Intakter granitischer Block
25,00 – 27,00	Blöcke und Kieselsteine granitischer Natur (ausgewaschene Matrix)
27,00 – 30,00	(Grober) sandiger Kies mit Kieselsteinen ( $\varnothing$ max 8 cm) von dunkelbraun-grauer Farbe. Die Ablagerung ist stark verdickt.

Fo-B-51/22

0,00 – 0,10	Suolo vegetale
0,10 – 0,30	Ghiaia sabbiosa – materiale di riporto
0,30 – 0,60	Ghiaia sabbiosa con ciottoli – materiale di riporto con carbone
0,60 – 4,00	Ghiaia sabbiosa – limosa con ciottoli di colore marrone chiaro. La frazione grossolana è di natura poligenica e di dimensioni eterometriche ( $\varnothing$ max 8 cm), con contorni subangolari. Il deposito di presenta poco addensato
4,00 – 4,50	Ciottoli da subangolari a subarrotondati di natura poligenica
4,50 – 5,70	Sabbia grossolana ghiaiosa con ciottoli, di colore marrone chiaro. Il deposito si presenta addensato
5,70 – 6,50	Ghiaia con clasti subangolari sabbiosa con ciottoli
6,50 – 9,00	Ghiaia sabbiosa grossolana debolmente ciottolosa grigio – marrone. La frazione grossolana presenta clasti da subangolari a subarrotondati. Il deposito si presenta addensato
9,00 – 9,70	Ciottoli di natura granitica, da subangolari a subarrotondati
9,70 – 10,70	Blocco granitico frantumato (?), carotato a distruzione di nucleo
10,70 – 12,00	Sabbia grossolana con ghiaia e ciottoli ( $\varnothing$ max 8 cm) di colore marrone grigiastro con clasti da subangolari a subarrotondati. Il deposito di presenta da addensato a molto addensato
12,00 – 13,40	Sabbia con ghiaia da subangolare a subarrotondata
13,40 – 14,00	Blocco granitico frantumato (?), carotato a distruzione di nucleo
14,00 – 14,40	Sabbia ghiaiosa talora con tracce di limo
14,40 – 15,00	Blocco granitico frantumato (?), carotato a distruzione di nucleo
15,00 – 18,00	Ghiaia con sabbia, talora con singoli strati (< 2 dm) di limo, in parte con ciottoli. La frazione grossolana presenta clasti prevalentemente subarrotondati, di natura granitica. Il deposito si presenta molto addensato
18,00 – 19,30	Sabbia medio – fine ghiaiosa con ciottoli, talora con tracce di limo. I clasti presentano spigoli arrotondati e forma affusolata
19,30 – 24,00	Blocchi e ciottoli di natura granitica (matrice dilavata)
24,00 – 25,00	Blocco granitico intatto
25,00 – 27,00	Blocchi e ciottoli di natura granitica (matrice dilavata)
27,00 – 30,00	Ghiaia sabbiosa (grossolana) con ciottoli ( $\varnothing$ max 8 cm) di colore marrone scuro – grigiastro. Il deposito si presenta molto addensato



## 8 GEOLOGISCHES REFERENZENTWURFSMODELL

Auf der Grundlage der Ergebnisse der direkten geognostischen Untersuchungen und der durchgeführten Vermessungen wurde das geologische Referenzmodell (02-H81-AF-001-3A9-D1538-01024-02) rekonstruiert, das in Abbildung 4 in Auszügen dargestellt ist.

## 8 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

Sulla base degli esiti delle indagini geognostiche dirette e i rilievi eseguiti è stato ricostruito il modello geologico di riferimento progettuale (02-H81-AF-001-3A9-D1538-01024-02) e nell'illustrazione 4 si riporta un estratto.

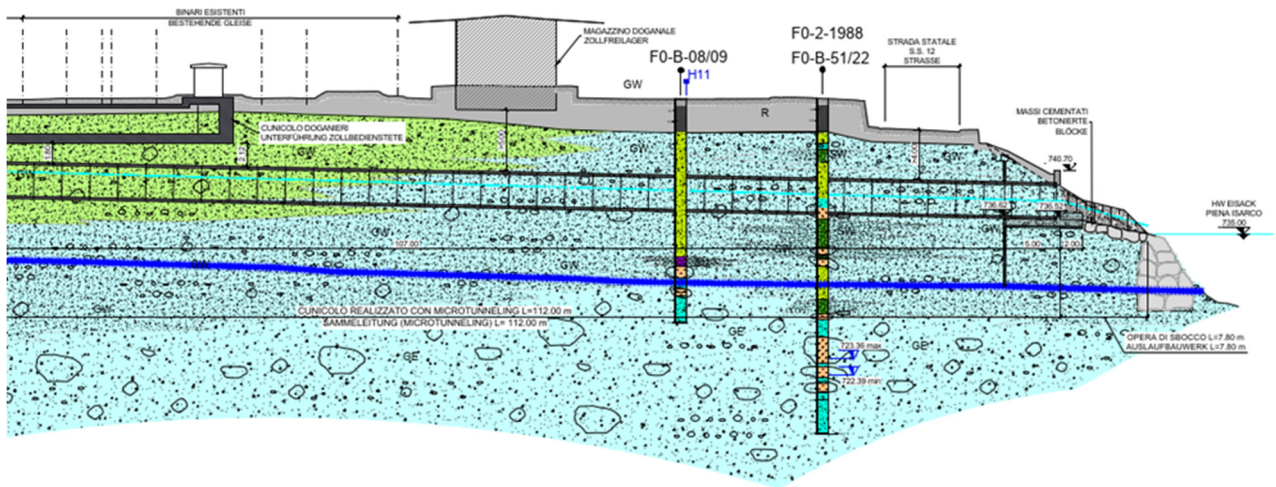
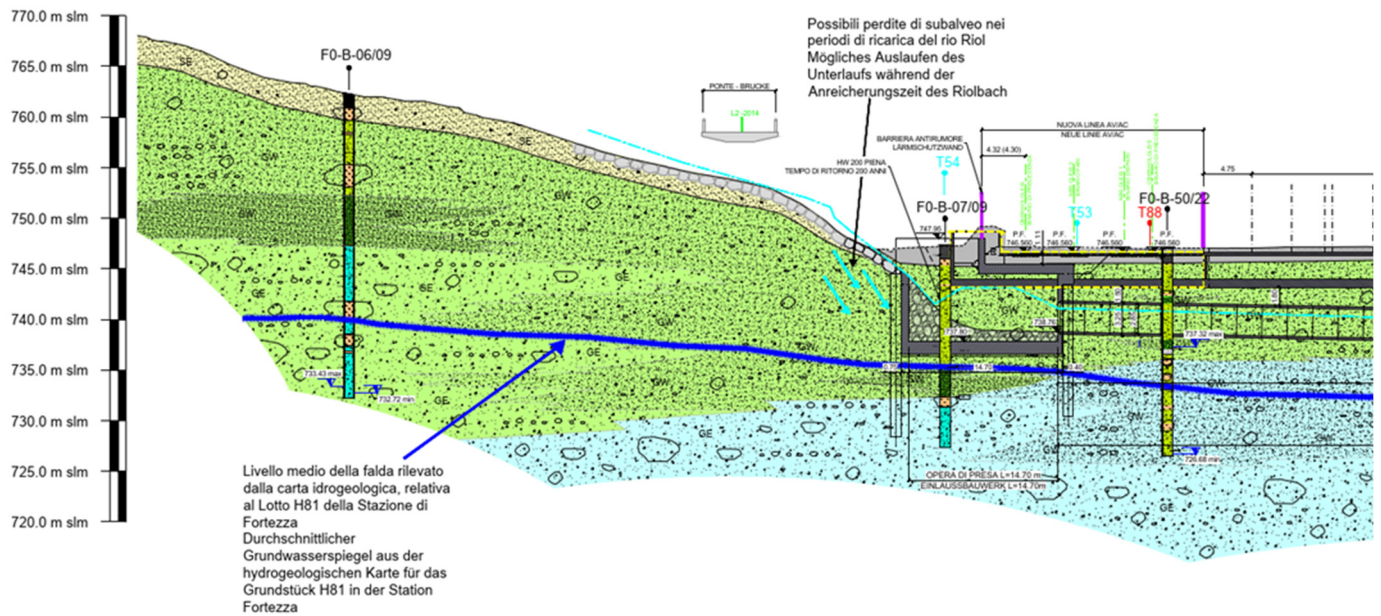


Abbildung 4 – Geologisches Bezugsmodell

Illustrazione 4 – Modello geologico di riferimento

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geologica e idrogeologica**

Die Untertunnelung des Bahnhofsgeländes bis zur Mündung des Eisacks für die hydraulische Regulierung des Riols ist mit einer Auffüllung des Eisacktals verbunden, das aus quartären Ablagerungen unterschiedlicher Stärken und Zusammensetzung besteht.

Il cunicolo di sottoattraversamento dell'area di stazione fino allo sbocco dell'Isarco per la sistemazione idraulica del Rio Riol interessa il riempimento della valle dell'Isarco costituito da depositi quaternari con spessori e composizione differenti.

#### EINHEIT' R – Anthropogene Ablagerungen

*Das Gelände im Bereich des Wohngebietes und des Bahnhofs Franzensfeste wurde durch anthropogene Eingriffe stark verändert. Künstliche Aufschüttungen sind daher weit verbreitet. Dies betrifft vor allem den Bahndamm der Brennerlinie und die Bahnanlagen.*

#### UNITA' R – Depositi antropici

*Il territorio in corrispondenza dell'abitato e della stazione ferroviaria di Fortezza è stato profondamente modificato dagli interventi antropici e sono quindi molto diffusi i depositi di riporto; in particolare quelli maggiormente rappresentati costituiscono il rilevato ferroviario della linea del Brennero ed i piazzali dell'area di stazione.*

*Die Erscheinung und der Aufbau der künstlichen Aufschüttungen sind sehr heterogen, auch wenn es sich vorwiegend um grobkörniges Material, Blöcke, Steine und Kies in sandiger Matrix, die zum Teil fehlt, oder kiesige Sande handelt. Das Material stammt vor allem aus dem Abbau der lokalen Murschuttalagerungen, die den Murschutfächer des Riobaches bilden.*

*La natura e la stratigrafia dei terreni di riporto è piuttosto eterogenea, anche se prevalentemente si tratta di materiale granulare grossolano, blocchi, ciottoli e ghiaia in matrice sabbiosa localmente assente o sabbie ghiaiose, di provenienza locale, principalmente dallo scavo del materiale di debris flow che costituisce il conoide del Rio Riol.*

Anhand der Ergebnisse der Untersuchungen zur Umweltcharakterisierung der Gräben T85, T86 und T88 und der direkten Beobachtung der Bohrlöcher können einige Überlegungen zur Umweltcharakterisierung des Verfüllmaterials angestellt werden. Obwohl in den drei Gräben, die dem Planungsbereich des Stollens am nächsten lagen, kein Deckgebirge gefunden wurde, wurde in der Bohrung Fo-B-51/22 ein Kohlenniveau zwischen 0,30 und 0,60 m Tiefe gefunden, jedoch nicht in den Bereich des Aushubes fallen.

Con riferimento agli esiti delle prove di caratterizzazione ambientale sulle trincee T85, T86 e T88 e all'osservazione diretta delle cassette dei sondaggi, si possono fare alcune considerazioni in merito alla caratterizzazione ambientale del riporto. Pur non essendo stati individuati superamenti nelle tre trincee più vicine alla zona di progetto del cunicolo, all'interno del sondaggio Fo-B-51/22 è stato rinvenuto un livello di carbone tra 0.30 e 0.60 m di profondità che però non sarà oggetto di scavo in quel tratto.

Daher kann man (vorsichtig) davon ausgehen und nicht von vornherein ausschließen, dass in den ersten 50 bis 60 cm potenziell kohlenwasserstoffbelastetes Material als Abfall behandelt wird. Unterhalb dieses Niveaus wird der verbleibende aufgefüllte/aufbereitete Boden, auch angesichts des Fehlens kontaminierter Matrices in den Gräben, als Boden behandelt (und daher gemäß der Richtlinie über Erd- und Gesteinsaushub geregelt). Einzelheiten zum Umgang von Erd- und Gesteinsaushub sowie die von den Arbeiten betroffenen Gesamtmengen sind dem beigefügten Dokument zu entnehmen.

È cautelativo quindi ipotizzare (e non escludere a priori) un livello nei primi 50 – 60 cm di materiale potenzialmente contaminato da idrocarburi che sarà trattato come rifiuto. Al di sotto di questo livello, il terreno di riporto /rimaneggiato restante, vista anche l'assenza di matrici contaminate nelle trincee, sarà trattato come terreno (e quindi normato secondo la direttiva delle Terre e Rocce da scavo). Per i dettagli in merito alla gestione delle Terre e Rocce da scavo e i volumi complessivi interessati dall'opera, si rimanda al documento allegato.

Rif. Doc.: Bericht für Aushubmaterialbewirtschaftung – 02-H81-AF-001-RT5-D1538-01091-01

Rif. Doc.: Relazione gestione dei materiali – 02-H81-AF-001-RT5-D1538-01091-01

#### EINHEIT DF – Murschuttalagerungen

#### UNITÀ DF – Depositi da debris flow

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geologica e idrogeologica**

Diese Einheit findet sich in den Mündungen des Falserbaches und des Weißenbaches sowie in kleineren Wasserläufen und Rinnen. Sie erstreckt sich auch weit in den Talboden hinein und ist mit dem Schwemmkegeln des Eisack verzahnt.

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.

Dabei handelt es sich um abwechselnd grob- und feinkörnige Murgangablagerungen mit einer breiten Korngrößenverteilung. Im Allgemeinen handelt es sich um Kiese mit sandig-schluffiger Matrix ( $M < 50\%$ ) mit Kieselsteinen und lokalen sandig-schluffigen Ebenen und lokalen kiesig-kiesigen Ebenen mit einzelnen Blöcken. Aufgrund der variablen Zusammensetzung muss eine gewisse Variation der abgeleiteten geotechnischen Parameter berücksichtigt werden.

Si tratta di alternanze di depositi poco classati di debris flow a grana grossa ed a grana fine con un'ampia distribuzione granulometrica. In generale ghiaie con matrice sabbiosa – limosa ( $M < 50\%$ ) con ciottoli e blocchi e locali livelli sabbioso – limosi e locali livelli ghiaioso – ciottolosi con singoli blocchi. A seguito della composizione variabile si deve tenere in considerazione una certa variazione dei parametri geotecnici derivati.

- Zusammensetzung: breite bis mittlere Verbreitung, kiesig, kieselig, sandig, mehr oder weniger schluffig, mit Splitterblöcken aus lokalen Klästen;
- Typ Boden (gem. EN ISO 18196): GI, GW, GE, GU e SU; stellenweise hoher Kiesel-/Blockanteil;
- Farbe: grau-braun;
- Mächtigkeit: von einem Meter bis zu mehreren cm;
- Kornform und Abrundungsgrad (nach EN ISO 14688): kubisch, eckig bis untrundet;
- Schichtung: undefiniert, diamicton;
- Klassifizierung: schlecht klassifiziert;
- Dichte in situ: hoch bis sehr hoch;
- Gewicht des nicht entwässerten Volumens: 19 – 22 kN/m<sup>3</sup>;
- Wasserempfindlichkeit: niedrig bis hoch
- Frostempfindlichkeit (nach EN ISO 1896): keine bis mittel
- Hydraulische Durchlässigkeit (nach EN ISO 18130): gering bis mittel (ca.  $1 \times 10^{-4}$  a ca.  $5 \times 10^{-5}$  m/s);
- Composizione: distribuzione da ampia a intermedia, ghiaiosa, ciottolosa, sabbiosa, più o meno limosa, con blocchi a spettro di clasti locale;
- Tipo di terreno (sec. EN ISO 18196): GI, GW, GE, GU e SU; a tratti alto contenuto di 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/m<sup>3</sup>;
- Sensibilità all'acqua: da bassa fino ad alta
- Sensibilità al gelo (sec. EN ISO 1896): da nessuna fino a media
- Permeabilità idraulica (sec. EN ISO 18130): da bassa a media (ca.  $1 \times 10^{-4}$  a ca.  $5 \times 10^{-5}$  m/s);

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geologica e idrogeologica**

Darüber hinaus ergaben die Bohrlochprüfungen (7 für Fo-B-07/09, 2 für Fo-B-50/22 und 2 für Fo-B-51/22) allesamt Ablehnungswerte (Anzahl der Treffer > 50), die auf eine starke Verfestigung des Bodens hinweisen, dessen Sedimente im Allgemeinen kompakt, auch wenn es ihnen in den gröbsten Bestandteilen an Kohäsion fehlt.

Diese Einheit neigt sich mit den alluvialen Ablagerungen des Eisacks (Einheit AL) zu überlagern, in den Bohrungen Fo-B-08/09 und Fo-B-51/22 nicht vorhanden.

Im mittleren Teil des Baches Riöl, entlang der bestehenden Straße, sind viele große Aufschlussblöcke von mehr als einem Kubikmeter Größe zu sehen. Vor allem einer erreicht beachtliche Ausmaße von mindestens 50-60 m<sup>3</sup>. Bei den durchgeführten Sondierungen, insbesondere entlang der Achse des Baches Riöl, wurden stets Kieselsteine und Granitblöcke mit einer Größe von ca. 20-30 cm bis maximal 2-3 m festgestellt. Die Referenzsondierungen, bei denen solche lithostratigraphischen Merkmale beobachtet wurden, sind Fo-B-06/09, Fo-B-07/09 und Fo-B-50/22.

Die Häufigkeit großer granitischer Blöcke ist in den vertikalen Fo-B-06/09 und Fo-B-07/09, die sich im mittleren Teil des Konusapparats befinden, größer, aber es ist nicht auszuschließen, dass es auch in den distalen Teilen große Blöcke gibt. In Fo-B-50/22 sind die vorgefundenen Blöcke zwar seltener und kleiner, aber auf der lithostratigraphischen Ebene bestätigt sich, was bereits in der vorangegangenen geognostischen Kampagne beobachtet wurde.

Um die Granitblöcke in den Murgangablagerungen zu charakterisieren, wurden die Ergebnisse der geomechanischen Tests untersucht, die im geomechanischen Bericht Mauls II - Jahr 2013 (Prof. Quick) vorgestellt wurden. Die durchgeführten Tests ermöglichten die Bestimmung der Abrasivität und der einachsigen Druckfestigkeit (UCS).

- Abrasivität: extrem abrasiv, CAI-Index im Mittel bei 4,30;
- UCS: einaxiale Druckfestigkeit durchschnittlich 139,87 MPa;

#### UNITÀ AL – Eisack Alluvionen

Inoltre, l'esecuzione di prove SPT in foro (7 per Fo-B-07/09, 2 Fo-B-50/22) hanno fornito valori tutti a rifiuto (n. colpi > 50) indice di un forte addensamento del terreno i cui sedimenti risultano quindi generalmente compatti, seppur privi di coesione negli elementi più grossolani.

Tale unità tende a sovrapporsi gradualmente con i depositi alluvionali dell'Isarco (UNITA' AL) e in corrispondenza dei sondaggi Fo-B-08/09 e Fo-B-51/22 non risulta presente.

Sul conoide del rio Riöl, nella sua porzione media lungo la strada esistente, sono visibili molti grandi blocchi affioranti di dimensioni superiori al m<sup>3</sup>. Uno in particolare raggiunge dimensioni ragguardevoli, di almeno 50-60 m<sup>3</sup>. I sondaggi eseguiti, in particolare quelli lungo l'asse del Rio Riöl, hanno sempre individuato ciottoli e blocchi granitici con dimensioni variabili da ca. 20 - 30 cm, fino ad un massimo di 2-3m. I sondaggi di riferimento su cui sono state osservate tali caratteristiche litostratigrafiche sono Fo-B-06/09, Fo-B-07/09 e Fo-B-50/22.

La frequenza dei grandi blocchi granitici risulta maggiore all'interno delle verticali Fo-B-06/09 e Fo-B-07/09, collocati nella parte mediana degli apparati di conoide, ma non si può escludere che anche nelle porzioni distali vi siano blocchi di grandi dimensioni. In Fo-B-50/22, per quanto i blocchi intercettati risultino meno frequenti e di dimensione ridotta, a livello litostratigrafico viene confermato quanto già osservato nella precedente campagna geognostica.

Al fine di caratterizzare i blocchi granitici presenti nei depositi di debris flow sono stati presi in esami i risultati di prove geomeccaniche presentati nella relazione geomeccanica Mules II – anno 2013 (prof. Quick). Le prove eseguite hanno permesso di definire l'abrasività e la resistenza a compressione uniassiale (UCS).

- Abrasività: estremamente abrasiva, indice CAI con valore medio pari a 4,30;
- UCS: resistenza a compressione uniassiale media pari a 139,87 MPa;

#### UNITÀ AL – Depositi alluvionali dell'Isarco

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geologica e idrogeologica**

Entlang des Eisacks wurden postglazial fluviatile Sedimente abgelagert. Augenscheinliches Merkmal dieser Ablagerungen sind die beidseits des Eisacks erkennbaren Terrassen bzw. Terrassenkanten. Ihre Entstehung geht auf das klimatisch gesteuerte Wechselspiel von Sedimentation und Erosion zurück, im Zuge dessen der Fluss den Talboden mehrfach aufsedimentiert und sich anschließend in seine eigenen Ablagerungen eingeschnitten hat.

Lungo l'Isarco sono stati depositati sedimenti fluviali post-glaciali. La caratteristica evidente di questi depositi è data dalla presenza di terrazzi e orli di terrazzo riconoscibili su entrambe le sponde dell'Isarco. La loro origine è da attribuirsi all'alternanza di sedimentazione ed erosione - controllata dal clima - nel corso della quale il fiume ha riempito ripetutamente con sedimenti il fondovalle e successivamente ha inciso nei suoi stessi depositi.

Das Spektrum der auftretenden Lithotypen reicht entsprechend dem vorherrschenden Ablagerungsregime von feinkörnigen Stillwasserbildungen bis hin zu hochenergetisch abgelagerten Stein- und Blocklagen (Blöcke bis zu 2,5 m Durchmesser erkundet). Das Geröllspektrum zeigt eine regionale Zusammensetzung entsprechend dem Einzugsgebiet des Eisacks mit gerundeten Komponenten. Der Zurundungsgrad der untergrundaufbauenden Lockergesteine aus der Interpretation der Bohrprofile wurde für die Erstellung des geologischen Modells als Unterscheidungskriterium der Alluvionen des Eisacks von Murschuttablagerungen herangezogen.

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 frammenti arrotondati. Il grado di arrotondamento degli elementi costituenti il deposito è stato sfruttato, nell'interpretazione delle stratigrafie dei sondaggi utilizzati per la costruzione del modello geologico, come elemento distintivo dei depositi alluvionali dell'Isarco, rispetto ai depositi di debris flow.

Auf lithostratigraphischer Ebene wurden sie als Kiese mit sandiger Matrix (<50%) mit Kiesel- und Blöcken, lokale sandige Ebenen, manchmal schluffig-tonig, und Kieselbetten mit Blöcken, mit lokaler Präsenz einer schluffig-tonigen Matrix, definiert.

A livello litostratigrafico sono stati definiti come ghiaie con matrice sabbiosa (< 50%) con ciottoli e blocchi, locali livelli sabbiosi, talvolta limoso-argilloso e banchi di ciottoli con blocchi, con locale presenza di matrice limoso-argillosa.

- Zusammensetzung: reduziert bis mittel, kiesig, kieselig, , sandig, lokal schluffig-tonig, mit Blöcken;
- Bodenart (nach EN ISO 18196): GW, GM, SW, SU; teilweise hoher Kiesel-/Blockanteil;
- Farbe: grau-braun;
- Mächtigkeit: von einem Meter bis zu mehreren Dezimetern;
- Kornform und Rundungsgrad (nach EN ISO 14688): kubisch, subangulär - subrund bis rund;
- Schichtung: schlecht definiert
- Klassifizierung: gut klassifiziert;
- Dichte in situ: hoch bis sehr hoch;
- Composizione: distribuzione da ridotta a intermedia, ghiaia ciottolosa, sabbiosa, localmente limoso – argillosa, con blocchi;
- Tipo di terreno (sec. EN ISO 18196): GW, GM, SW, SU; a tratti alto contenuto di ciottoli/blocchi;
- Colore: grigio-bruno;
- Spessore: dal metro fino a svariati decimetri;
- Forma dei granuli e grado di arrotondamento (sec. EN ISO 14688): cubico, subangolare - subarrotondato fino ad arrotondato;
- Stratificazione: mal definita
- Classazione: ben classata;
- Densità in sito: da alta fino a molto alta;



Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: Relazione geologica e idrogeologica

- Gewicht des nicht entwässerten Volumens: 19 – 22 kN/m<sup>3</sup>;
- Wasserempfindlichkeit: niedrig bis hoch
- Frostempfindlichkeit (nach EN ISO 1896): keine bis mittel
- Hydraulische Durchlässigkeit (gemäß EN ISO 18130): media (ca.  $1 \times 10^{-4}$  a ca.  $5 \times 10^{-4}$  m/s;
- Peso di volume non drenato: 19 – 22 kN/m<sup>3</sup>;
- Sensibilità all'acqua: da bassa fino ad alta
- Sensibilità al gelo (sec. EN ISO 1896): da nessuna fino a media
- Permeabilità idraulica (sec. EN ISO 18130): media (ca.  $1 \times 10^{-4}$  a ca.  $5 \times 10^{-4}$  m/s;

Wie bei den Murgangablagerungen ergaben die Bohrloch-SPT-Tests (2 Fo-B-51/22) alle als abweisende Werte (Anzahl der Schläge > 50), die auf kompakte Böden (ohne Kohäsion in den größten Bestandteilen) hinweisen.

Come per i depositi da debris flow, l'esecuzione di prove SPT in foro (2 Fo-B-51/22) hanno fornito valori tutti a rifiuto (n. colpi > 50) indice di terreni compatti (privi di coesione negli elementi più grossolani).

Dieses Niveau wird in der Bohrung Fo-B-07/09 in einer Tiefe von 15 m nachgewiesen und nimmt in Richtung Tal immer mehr zu. Die Bohrungen Fo-B-08/09 und Fo-B-51/22 zeigen in der gesamten Vertikalen vorwiegend alluviale Ablagerungen des Eisacks (Stärken von über 20 m), mit geringeren Einschaltungen von Murgangablagerungen; mit zunehmender Tiefe (über 10 m) ist eine Zunahme von Kieseln und Blöcken zu beobachten.

Le evidenze di tale livello vengono riscontrate nel sondaggio Fo-B-07/09 a 15 m di profondità da p.c. che tende progressivamente a predominare man mano che ci si sposta verso valle. I sondaggi Fo-B-08/09 e Fo-B-51/22 mostrano prevalentemente depositi alluvionali dell'Isarco (spessori superiori ai 20 m), con intercalazioni minori di depositi da debris flow; si osserva un aumento progressivo di ciottoli e blocchi con la profondità (oltre i 10 metri).

### 8.1 GEOLOGISCHES MODELL\_ ABSCHNITT 1

### 8.1 MODELLO GEOLOGICO\_TRATTO 1

Die hydraulische Anlage des Flusses Riöl umfasst den Bau einer Druckkammer flussaufwärts, um Microtunneling durchzuführen und den Entwässerungstollen zu errichten. In diesem Bereich, das im Modell in Abbildung 5 dargestellt ist, werden die Arbeiten zwischen der progressiven Linie 124,522 und 145,100 vollständig innerhalb der Murgangablagerungen der Einheit A durchgeführt, nachdem das Verfüllungsmaterial entfernt wurde, das auch aufgrund der starken Anthropisierung des Gebiets nach den Bauarbeiten der Brennerbahn unterschiedliche Stärken aufweisen wird.

La sistemazione idraulica del Rio Riöl prevede la realizzazione, a monte, di una camera di spinta per poter eseguire il microtunneling e realizzare il cunicolo di drenaggio. In questo settore, come mostrato nel modello nell'illustrazione 5, tra la progressiva 124,522 e 145,100, l'opera sarà interamente realizzata all'interno dei depositi da debris flow dell'Unità A previa rimozione dei materiali di riporto che avranno spessore variabile vista anche la forte antropizzazione dell'area a seguito dei lavori di costruzione della ferrovia del Brennero.

Bei der Auswertung der Bohrung Fo-B-07/09 wurden keine häufigen Blöcke und/oder Funde entdeckt, aber angesichts ihrer weiten Verbreitung im gesamten Gebiet kann nicht ausgeschlossen werden, dass sie während der Ausgrabungsphasen abgefangen wurden. Bezüglich der Häufigkeit von Blöcken und Funden verweisen wir auf die Ausführungen in Kapitel 8.5.

Dall'interpretazione del sondaggio Fo-B-07/09 non sono stati evidenziati frequenti blocchi e/o trovanti, ma vista la loro distribuzione diffusa in tutta l'area non si può escludere la loro intercettazione durante le fasi di scavo. In merito alle considerazioni circa la frequenza di blocchi e trovanti si rimanda a quanto descritto nel capitolo 8.5.

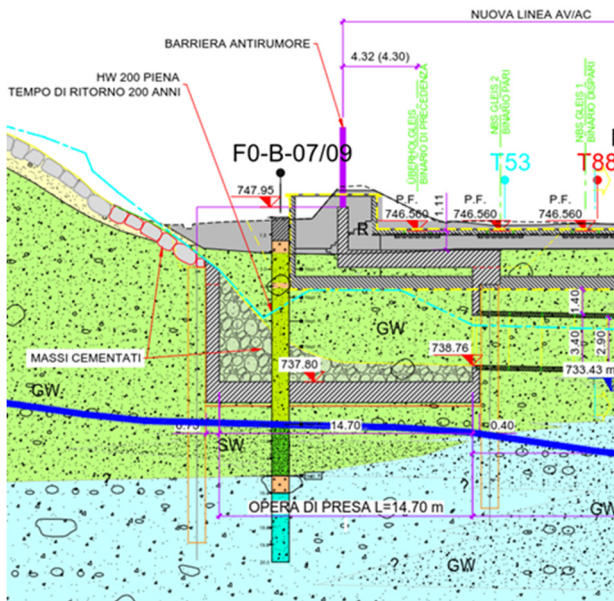


Abbildung 5 – Geologisches Modell – Längsschnitt Querschnitt der Druckkammer

Hinsichtlich der hydrogeologischen Struktur des Sektors wird auf die Ausführungen in Kapitel 6 verwiesen. Die durchschnittliche Höhe des Grundwasserspiegels liegt derzeit unterhalb des Bauwerks, aber es kann nicht ausgeschlossen werden, dass nach intensiven meteorologischen Ereignissen Wasser an der Sohle der Baugrube fließt, dass das Einzugsgebiet des Flusses Rioli auffüllt und den Grundwasserspiegel ansteigen lässt.

## 8.2 GEOLOGISCHES MODELL\_ ABSCHNITT 2

Zwischen der Progressiven 145.100 und 184.400 befinden wir uns im letzten Teil der Murgangablagerungen, in der Nähe der Verzahnung mit den Schwemmlandablagerungen des Eisacks. Im Bohrloch Fo-B-50/22 erstreckt sich die Murgangablagerung bis in eine Tiefe von bis zu 10 Metern und ist überwiegend kiesig mit sandiger Matrix, mit Kieselsteinen und einzelnen Blöcken. Jenseits von 10 Metern entwickeln sich die alluvialen Ablagerungen, die durch zahlreiche Blöcke und Funde in Kontakt mit den Murgangablagerungen gekennzeichnet sind, aber insgesamt einen guten Anteil an sandiger, manchmal schluffiger Matrix enthalten.

Die durchschnittliche Ausdehnung der anthropogenen Ablagerungen wird auf ca. 1,5 geschätzt.

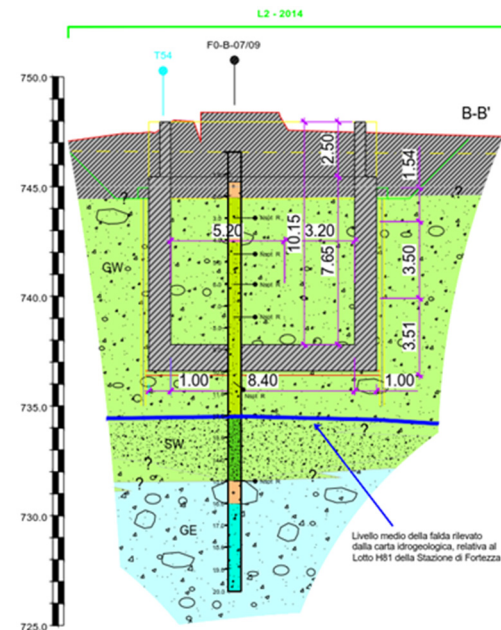


Illustrazione 5 – Modello geologico – sezione longitudinale sezione trasversale della camera di spinta

Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico del settore, si rimanda a quanto definito nel capitolo 6. La quota media della falda attualmente è posta al di sotto delle opere, ma non sono da escludere possibili venute d'acqua a fondo scavo a seguito di eventi meteorici intensi che potrebbero ricaricare il bacino del rio Rioli ed alimentare la falda acquifera.

## 8.2 MODELLO GEOLOGICO\_TRATTO 2

Tra la progressiva 145,100 e 184,400 ci troviamo nella parte finale dei depositi da debris flow, in prossimità dell'interdigitazione con i depositi alluvionali dell'Isarco. In corrispondenza del sondaggio Fo-B-50/22, il deposito detritico si estende fino a 10 metri di profondità da p.c. e risulta per lo più ghiaioso a matrice sabbiosa con ciottoli e singoli blocchi. Oltre i 10 metri si sviluppano i depositi alluvionali caratterizzati da numerosi blocchi e trovanti al contatto con i depositi da debris flow, ma complessivamente contengono una buona percentuale di matrice sabbiosa, talvolta limosa.

Si stima che i depositi antropici avranno uno sviluppo medio pari a ca. 1.5.

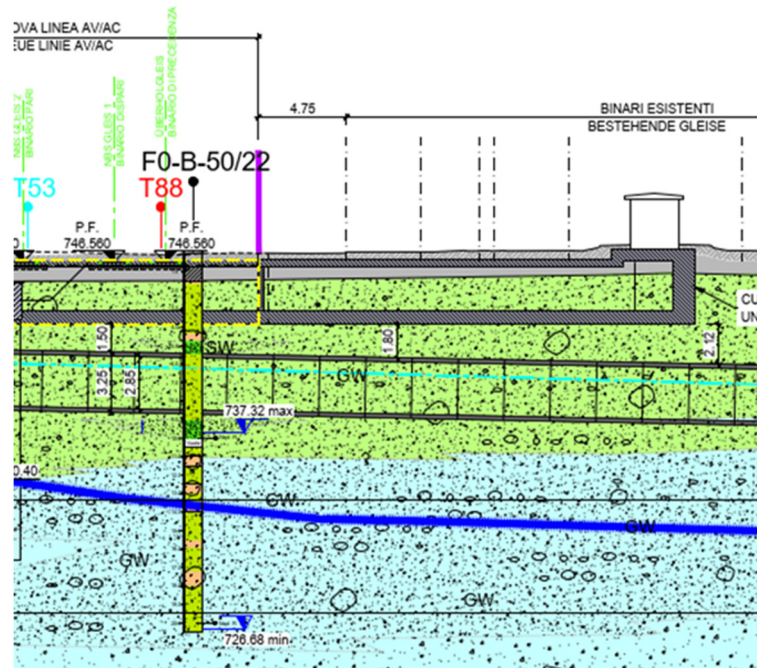


Abbildung 6 – Geologisches Modell – Längsschnitt entlang des Entwässerungsstollens

Illustrazione 6 – Modello geologico - sezione longitudinale lungo il cunicolo di drenaggio

Der Grundwasserspiegel weist keine nennenswerten Schwankungen auf und wird sich stets auf einem niedrigeren Niveau als dem des Stollens befinden, im Gleichgewicht mit dem Eisack. Einzelheiten dazu finden Sie in Kapitel 6 dieses Berichts.

La falda acquifera non mostra oscillazioni significative e sarà costantemente a quote inferiori rispetto al cunicolo, in equilibrio con il fiume Isarco. Per i dettagli si rimanda al capitolo 6 della presente relazione.

### 8.3 GEOLOGISCHES MODELL\_ABSCHNITT 3

### 8.3 MODELLO GEOLOGICO\_TRATTO 3

Die Progressiven 198.900 und 240.100 begrenzen den Abschnitt des Tunnels, der vollständig in den Schwemmsedimenten des Eisackflusses liegt. Dieser Bereich ist durch ein Oberflächenniveau (ca. 3,0 m) von Aufschüttungsmaterial gekennzeichnet, das vom Parkplatz des Bahnhofs und der Böschung der Hauptstraße herrührt. Darunter entwickeln sich, wie in den Bohrungen Fo-B-08/09 und Fo-B51/22 festgestellt wurde, alluviale Ablagerungen, die überwiegend durch Kies und Sand mit Kieselsteinen gekennzeichnet sind. Die Blöcke befinden sich in der Regel tiefer, über die Höhe des Tunnels hinaus.

Le progressive 198,900 e 240,100 delimitano il tratto di cunicolo interamente all'interno dei sedimenti alluvionali dell'Isarco. Questo settore è caratterizzato da un livello superficiale (ca. 3.0 m) di materiale di riporto, derivante dalle sistemazioni del parcheggio della stazione e della scarpata della strada statale, al di sotto del quale, così come individuato nei sondaggi Fo-B-08/09 e Fo-B51/22, si sviluppano i depositi alluvionali caratterizzati prevalentemente di ghiaie e sabbie con ciottoli. I blocchi si individuano generalmente più in profondità, oltre la quota di realizzazione del cunicolo.

Aus hydrogeologischer Sicht weist der Grundwasserspiegel keine nennenswerten Schwankungen auf und wird unterhalb des Werks im Gleichgewicht mit dem Fluss Eisack bleiben.

Dal punto di vista idrogeologico il livello di falda non mostra oscillazioni significative e rimarrà al di sotto dell'opera in equilibrio con il fiume Isarco.

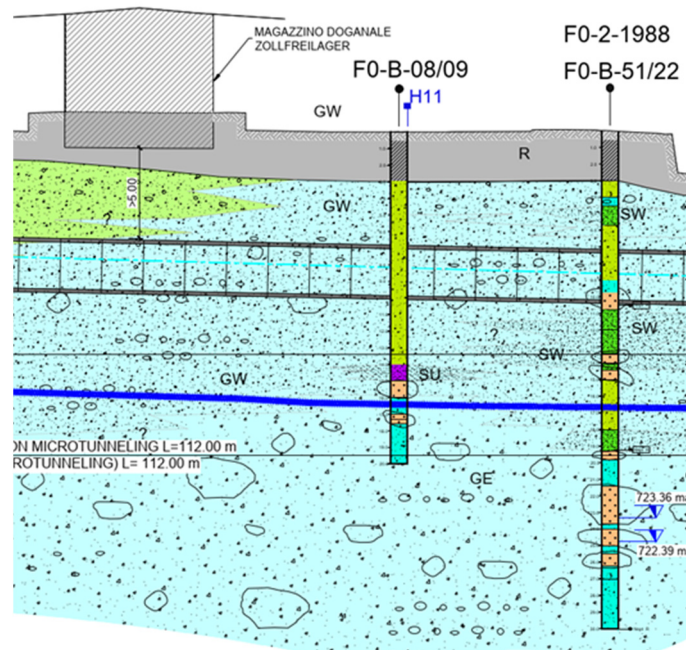


Abbildung 7 – Geologisches Modell - Längsquerschnitt und Querschnittsfläche des Eingangsbereich des Stollens

Illustrazione 7 – Modello geologico - sezione longitudinale e trasversale della zona di sbocco del cunicolo.

#### 8.4 GEOLOGISCHES MODELL\_ABSCHNITT 4

#### 8.4 MODELLO GEOLOGICO\_TRATTO 4

Die Steigungen 240,100 und 263,650 begrenzen die Mündung des Stollens in den Eisack. Dieser Bereich ist durch ein Oberflächenniveau (ca. 1,0 m) von Aufschüttungsmaterial gekennzeichnet, das aus den Dammaufschüttungen zur Stützung der Staatsstraße stammt, sowie durch Alluvialablagerungen des Eisacks.

Le progressive 240,100 e 263,650 delimitano la zona di sbocco del cunicolo nel fiume Isarco. Questo settore è caratterizzato da un livello superficiale (ca. 1.0 m) di materiale di riporto, derivante dalle sistemazioni delle scarpate a sostegno della strada statale, e dai depositi alluvionali del fiume Isarco.

In Bezug auf die hydrogeologischen Aspekte, wie sie für Abschnitt 4 definiert wurden, weist der Grundwasserspiegel keine nennenswerten Schwankungen auf und wird unterhalb des Werks im Gleichgewicht mit dem Fluss Eisack bleiben.

Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, così come definito per il tratto 4, il livello di falda non mostra oscillazioni significative e rimarrà al di sotto dell'opera in equilibrio con il fiume Isarco.



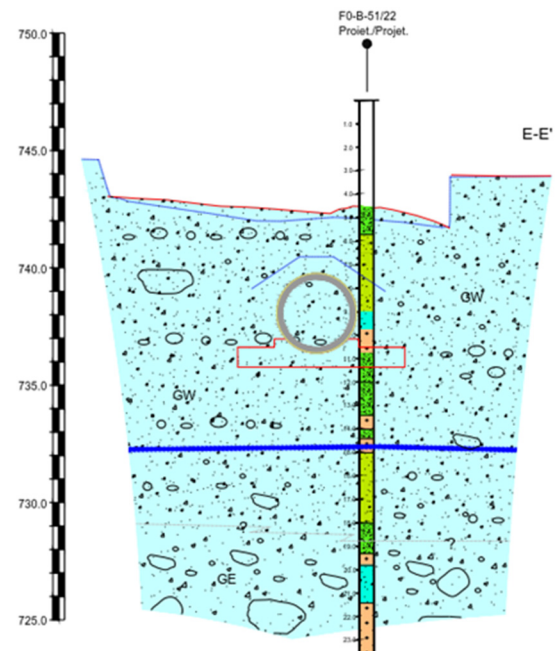
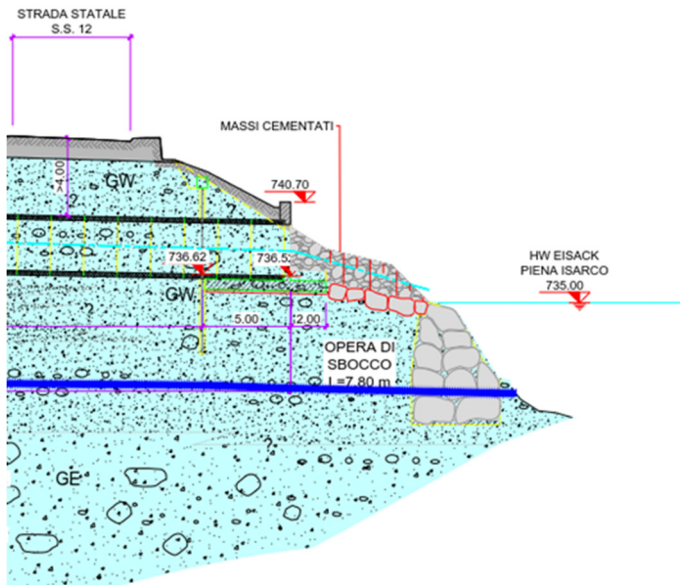


Abbildung 8 – Geologisches Modell - Längsquerschnitt und Querschnittsfläche des Eingangsbereich des Stollens

Illustrazione 8 – Modello geologico - sezione longitudinale e trasversale della zona di sbocco del cunicolo.

### 8.5 UNSICHERHEITEN IM REKONSTRUIRTEN STRATIGRAPHISCHEN MODELL

Diese Studie basiert auf geologischen Oberflächenuntersuchungen und auf den Ergebnissen der geognostischen Untersuchungskampagne, die in dem untersuchten Gebiet durchgeführt wurde, um das geologische Referenzmodell zu definieren, das eine gute allgemeine Zuverlässigkeit aufweist.

#### Felsblöcken

Angesichts der körnigen Beschaffenheit der Böden wirft das stratigraphische Schema keine besonderen Zweifel auf, abgesehen von denen, die sich auf den prozentualen Anteil von Felsblöcken und Kieselsteinen beziehen, die möglicherweise entlang der Stollentrasse vorhanden sind. Eine erste Untersuchung hat ergeben, dass entlang der Vertikalen der Bohrlöcher schätzungsweise 25-30 % grobes Material mit einem  $\varnothing > 20$  cm vorhanden ist, das sich tendenziell oberhalb einer Tiefe von 10-15 m konzentriert. Angesichts der granulometrischen Variabilität der identifizierten Einheiten und ihrer räumlichen Verteilung sollte ein Anteil von 35 % in Volumen an Kieseln und Blöcken von Brixnergranit entlang des Grabenabschnitts mit einem

### 8.5 INCERTEZZE NEL MODELLO STRATIGRAFICO RICOSTRUITO

Il presente studio si basa su rilievi geologici superficiali e sugli esiti provenienti dalla campagna di indagine geognostica condotta all'interno dell'area in esame, finalizzata alla definizione del modello geologico di riferimento che presenta una buona attendibilità generale.

#### Trovanti:

Data la natura granulare dei terreni lo schema stratigrafico non genera particolari dubbi, se non quelli relativi alla percentuale di trovanti e ciottoli potenzialmente presenti lungo il tracciato del cunicolo. Da una prima disamina, sulla verticale dei sondaggi si stima ca. un 25-30% di materiale grossolano con  $\varnothing > 20$  cm, tendenzialmente concentrato oltre i 10 - 15 m di profondità. Cautelativamente, considerando la variabilità granulometrica nelle unità individuate e nella loro distribuzione spaziale, andrà considerata una percentuale pari al 35% in volume di ciottoli e blocchi di natura granitica lungo la sezione di scavo del cunicolo con diametro superiore ai 20 cm fino ad un massimo di 2-3 metri. Tale aspetto va tenuto in

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: Relazione geologica e idrogeologica

**Durchmesser von > 20 cm bis zu einer maximalen Länge von 2-3 Metern vorsichtig geschätzt werden. Dieser Aspekt muss bei der Anwendung des Microtunneling berücksichtigt werden (Fähigkeit des Systems, die angetroffenen Durchmesser auseinander zu brechen).**

**considerazione al fine dell'utilizzo del microtunneling (capacità del sistema di disgregare i diametri incontrati).**

Was hingegen das Gesteinssubstrat betrifft, so wurde es bei den geognostischen Untersuchungen nie gefunden, sodass seine tatsächliche Tiefe ungewiss bleibt. Daher wurde es in Ermangelung bestimmter Daten nicht in den geologischen Referenzabschnitten dargestellt (Ref. Dok. 02-H81-AF-001-3A9-D1538-01026-00 e 02-H81-AF-001-3B1-D1538-01027-00).

Per quanto riguarda invece il substrato roccioso, dalle indagini geognostiche non è mai stato intercettato e quindi permane incertezza circa la sua effettiva profondità. Pertanto, in assenza di dato certo non è stato rappresentato nelle sezioni geologiche di riferimento (rif. doc. 02-H81-AF-001-3A9-D1538-01026-00 e 02-H81-AF-001-3B1-D1538-01027-00).

#### **Neutrales Druckregime:**

#### **Regime delle pressioni neutre:**

**Was die hydrogeologischen Aspekte anbelangt, gibt es in Bezug der Überwachung der bestehenden Piezometer derzeit keine Grundwasserspiegel in relevanten Höhen mit den geplanten Arbeiten. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass es in Zeiten starker Regenfälle lokal zu Wasserzuflüssen im Zusammenhang mit der Anreicherung des Flusses Riol kommen kann, was im Bereich der Druckkammer am Stolleneingang zu starken Schwankungen des Grundwasserspiegels führen kann (Schwankung von ca. 10 m zwischen Maximum und Minimum). Angesichts der geringen Größe der Anreicherungszone und der Retentionsräume sind sie sehr variabel und zeitlich begrenzt.**

**Per quanto riguarda gli aspetti idrogeologici, con riferimento ai monitoraggi sui piezometri esistenti, attualmente non si registrano livelli di falda a quote rilevanti con le opere previste. Va tenuto comunque presente che possono manifestarsi, localmente, afflussi d'acqua associati alla ricarica del rio Riol nei periodi di intensa piovosità che, nel settore della camera di spinta di imbocco del cunicolo può portare a forti escursioni dei livelli della falda (oscillazione di ca. 10 metri tra massimi e minimi). Date le ridotte dimensioni della zona di ricarica e degli spazi di ritenzione, essi sono molto variabili e limitati nel tempo.**

## 9 DEFINITION DER SEISMISCHEN EINWIRKUNG

In Bezug auf die seismische Gefährdung zeigt die Arbeitsgruppe der INGV für die Erstellung der Karte der seismischen Gefährdung (PCM-Verordnung 20.03.03 n°3274) in App. 2 zum Abschlussbericht, wie die Seismizität des Gebiets auf die doppelte Wechselwirkung zwischen der adriatischen Platte und der europäischen Platte (Alpen und Voralpen) sowie zwischen der adriatischen Platte und dem dinarischen System zurückzuführen ist. In diesem Gebiet befinden sich aktive Störungszonen, die aufgrund von Überschiebungsphänomenen (Abbildung 9) mit dem lombardisch-venetisch-friaulischen Vorgebirgsrand verbunden sind und mit dem komplexeren Entstehungssystem der Ortler-Brenner-Linie und der periadriatischen W-Linie (Villach-Bruneck/Brunico-Vipiteno-Linie) in Verbindung stehen.

## 9 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Relativamente alla pericolosità sismica Il Gruppo di Lavoro dell'INGV per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n°3274) evidenzia nell' App. 2 al rapporto conclusivo come la sismicità dell'area sia da ascrivere alla duplice interazione tra la placca adriatica e la piastra europea (Alpi e Subalpino) e tra quella adriatica ed il Sistema dinarico. In quest'ambito si collocano le zone di fagliazione attiva, legate al margine pedemontano lombardo – veneto- friuliano per fenomeni di sovra (retro) scorrimento (Illustrazione 9), e legati al sistema a genesi più complessa dato dall'Ortles- Brennero e dal Lineamento W Periadriatico (Linea Villach – Brunico – Vipiteno).

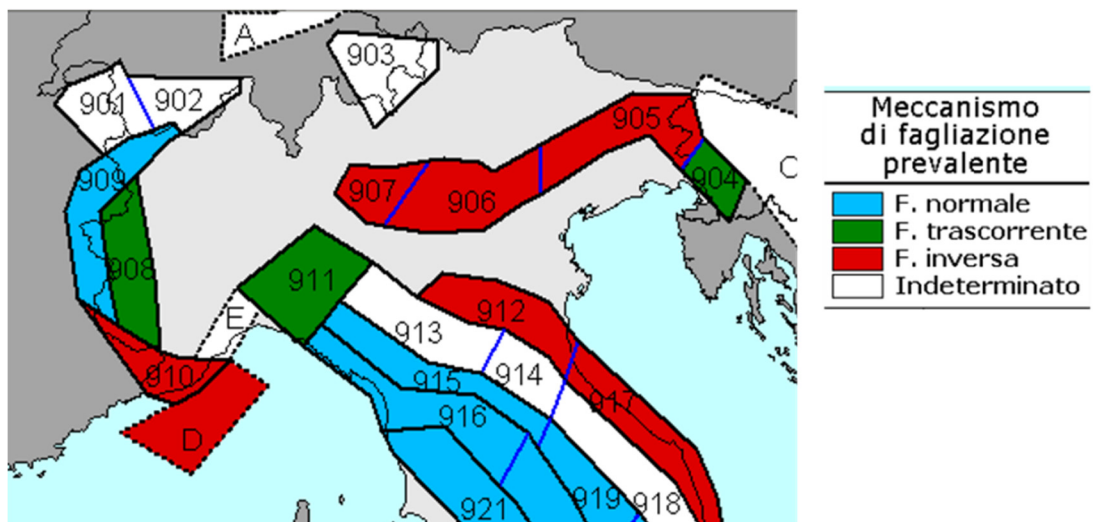


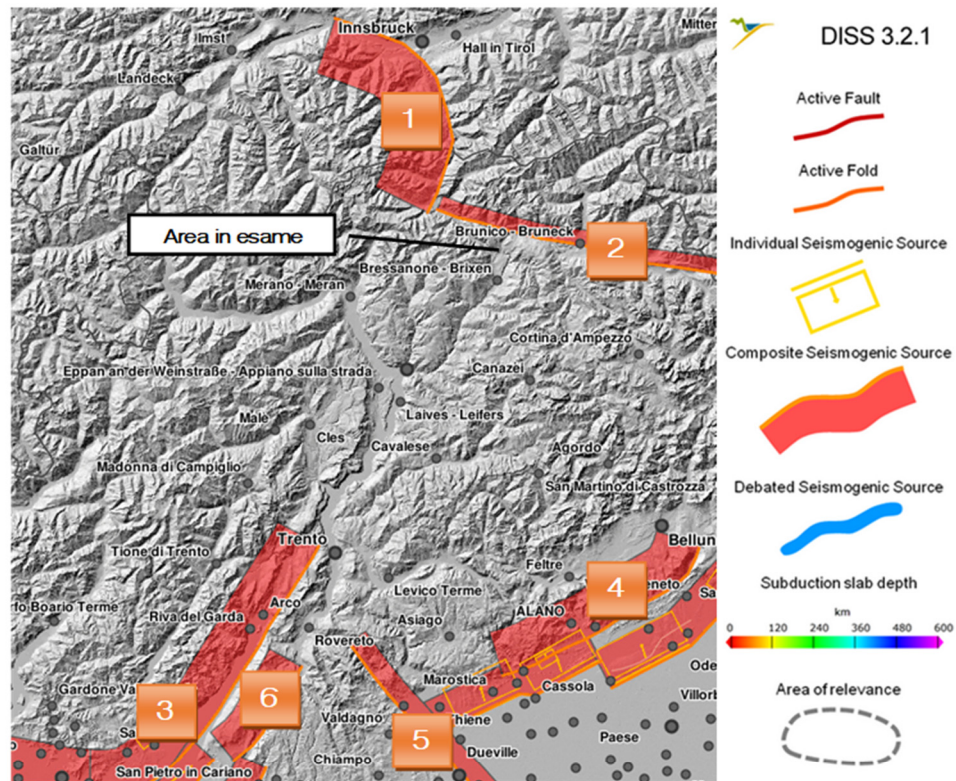
Abbildung 9 - Vorherrschende Störungsmechanismen, die für die verschiedenen anerkannten seismogenen Zonen erwartet werden

Illustrazione 9 – Meccanismo di fagliazione prevalente atteso per le diverse zone sismogenetiche riconosciute

In Abbildung 9 zeigt der Auszug aus der DISS-Datenbank einzelne und zusammengesetzte Erdbebenquellen mit vereinfachten georeferenzierten und 3D-Darstellungen von Verwerfungen (einzelne Quellen) oder Regionen, die Verwerfungen enthalten (zusammengesetzte), die in der Lage sind, Erdbeben von M 5,5 oder mehr zu erzeugen. Abbildung 10 zeigt das Potenzial, die Geometrien und die Merkmale der wichtigsten aktiven Verwerfungen in den seismogenen Gebieten in der Nähe des Standorts. Aus der Abbildung erkennt man, dass das untersuchte Gebiet außerhalb der anerkannten aktiven Störungszonen liegt,

In illustrazione 9 l'estratto del database DISS riporta le sorgenti individuali e composite di terremoti con rappresentazione georeferenziata semplificata ed in 3D di faglie (sorgenti individuali) o regioni contenenti faglie (composite) in grado di generare terremoti di M 5.5 o superiore. A riguardo in figura 10 vengono riportate le potenzialità, le geometrie e le caratteristiche delle principali faglie attive delle aree sismogenetiche più vicine al sito. Dalla figura - si nota come l'area in esame si collochi al di fuori di zone di fagliazione attiva riconosciute, pur tuttavia risentendo di possibili effetti dati al contorno da zone sismicamente attive.

obwohl es von möglichen Randeffecten seismisch aktiver Gebiete betroffen ist.



Zona sismogenetica	Profondit à min	Profondit à max	Direzione faglia	Immersione faglia	Magnitudo massima associata
1) Linea del Brennero	3.5 km	15 km	110°/170°	30°/50°	6.8
2) Linea Periadriatica (Villach-Vipiteno)	0 km	15 km	280°/300°	70°/85°	7
3) Linea delle Giudicarie	5 km	12 km	205°/265°	25°/35°	5.7
4) Linea Bassano - Vittorio Veneto	1 Km	10 km	200°/245°	30°/50°	6.5
5) Linea Schio-Vicenza	1 km	15 km	310°/330°	65°/75°	5.5
6) Area del Monte Baldo	3 km	9 km	200°/250°	25°/45°	5.5

Abbildung 10 – Aktive seismische Linien

Illustrazione 10 - Linee sismiche attive

Insbesondere wird beobachtet, dass das Gebiet flussabwärts an einer wichtigen Linie (der Periadriatischen Linie (Villach-Vipiteno)) liegt.

In particolare, si osserva come la zona sia posta a valle di un importante linea (Linea Periadriatica (Villach-Vipiteno)).

Die seismische Gefährdung dieses Gebiets ergibt sich nicht nur aus den instrumentellen Daten, sondern auch aus der historischen Seismizität, die von Chronisten aus jüngerer Zeit dokumentiert wurde.

La pericolosità sismica di tale area, oltre che da dati strumentali, deriva anche da una sismicità storica documentata dai cronisti delle epoche più recenti.

Die Aufzeichnungen wurden vom INGV gesammelt und in den parametrischen Katalog der italienischen Erdbeben (CPTI 15) aufgenommen. Abbildung 11 zeigt die homogenen parametrischen makroseismischen und instrumentellen Daten für die in der Stadt Brixen

Le testimonianze sono state raccolte dall'INGV e sono state inserite nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI 15). In figura 11 si riportano i dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali,



Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: Relazione geologica e idrogeologica

aufgezeichneten Erdbeben mit Mindestintensität > 3 im  
Zeitfenster 1700 - 2020.

relativi a terremoti registrati nella città di Bressanone con  
intensità minima > 3 nella finestra temporale 1700 - 2020.

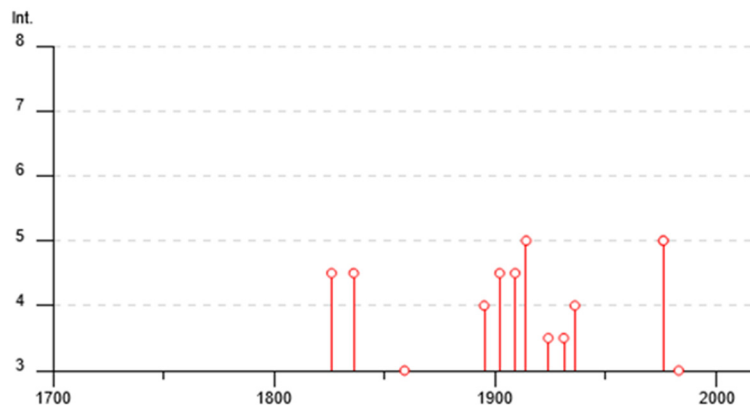


Abbildung 11 - Historische und instrumentelle Seismizität in Brixen  
aus CPTI15

Illustrazione 11 – Sismicità storica e strumentale a Bressanone da  
CPTI15

### 9.1 LOKALE SEISMISCHE REAKTION

Gemäß dem Ministerialerlass 17/1/2018 wird die seismische Einwirkung auf Gebäude ausgehend von einer "seismischen Grundgefährdung" unter idealen Standortbedingungen (starrer Boden der Kategorie A) in Abhängigkeit von drei Parametern bewertet:

- $a_g$  = maximale horizontale Bodenbeschleunigung
- $F_o$  = Höchstwert des Verstärkungsfaktors des Spektrums im Beschleunigungshorizont.
- $T^*C$  = Startperiode des Abschnitts der konstanten Geschwindigkeit des Spektrums im Beschleunigungshorizont.

Die vom NTC gelieferten Spektralformen werden durch ausgewählte Überschreitungswahrscheinlichkeiten und Referenzlebensdauern charakterisiert, die auf diese Weise ermittelt werden, um schließlich die entsprechenden seismischen Einwirkungen aus den seismischen Gefährdungsdaten zu identifizieren:

- Die VR-Referenzlebensdauer der Konstruktion (Kap. 2.4 der NTC);

Die Überschreitungswahrscheinlichkeiten in der Referenzlebensdauer, die mit jedem der betrachteten Grenzzustände verbunden sind, sind in der nachstehenden Tabelle angeführt.

### 9.1 RISPOSTA SISMICA LOCALE

Secondo il D.M. 17/1/2018 l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base" in condizioni ideali di sito (suolo rigido di categoria A), in funzione dei tre parametri:

- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del terreno
- $F_o$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in acceler. orizz.
- $T^*C$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in acceler. orizz.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento, così determinate, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica, le corrispondenti azioni sismiche:

- La vita di riferimento VR della costruzione (cap. 2.4 del NTC);

Le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate a ciascuno degli stati limite considerati, secondo la tabella di seguito riportata.

Stati limite / Grenzzustände		PVR - Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR PVR - Wahrscheinlichkeit der Überschreitung im Bezugszeitraum VR
Stati limite di Esercizio - SLE	SLO	81%
Betriebsgrenzzustände - SLE	SLD	63%
Stati limite Ultimi - SLU	SLV	10%
Grezzustände - SLU	SLD	5%

Zu diesem Zweck ist es günstig, als Parameter, der die seismische Gefährdung charakterisiert, die Wiederkehrperiode der seismischen Einwirkung TR, ausgedrückt in Jahren, zu verwenden. Sobald die Bezugslebensdauer VR festgelegt ist, lassen sich die beiden Parameter TR und PVR unmittelbar als Funktion des jeweils anderen mit Hilfe des folgenden Ausdrucks ausdrücken:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 p_i}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

A tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica TR, espresso in anni. Fissata la vita di riferimento VR, i due parametri TR e PVR sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante la seguente espressione:

Die Referenzlebensdauer VR ergibt sich für jeden Gebäudetyp durch Multiplikation der Nennlebensdauer VN mit dem Nutzungskoeffizienten CU in Abhängigkeit von der Gebäudeklasse.

La vita di riferimento VR si ricava per ciascun tipo di costruzione moltiplicando la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU dipendente dalla classe di attribuzione dell'edificio.

In unserem Fall gibt der Kunde die folgenden Daten an:

Nel nostro caso la committenza fornisce i seguenti dati:

ART DER STRATEGISCHEN ARBEITEN: Anlagen für den Transport von Strom

TIPOLOGIA DI OPERA STRATEGICA: Strutture connesse al trasporto di energia elettrica

NUTZUNGSKLASSE: IV

CLASSE D'USO: IV

NOMINALE LEBENSDAUER VN: 100 Jahre

VITA NOMINALE VN: 100 anni

NUTZUNGSKOEFFIZIENT CU = 2

COEFFICIENTE D'USO CU = 2

REFERENZZEITRAUM FÜR SEISMISCHE AKTION VR = VN x CU = 200 anni

PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA VR = VN x CU = 200 anni

Für jeden Punkt des Gebiets, der nicht zu den Knoten des Referenzgitters gehört, können die Werte der Parameter  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*C$  als gewichteter Durchschnitt der Werte berechnet werden, die diese Parameter an den vier Scheitelpunkten des Elementarnetzes des Referenzgitters annehmen, wobei die Umkehrungen der Entfernungen als Gewichte verwendet werden, und zwar gemäß der Beziehung

Per qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*C$ , possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento, utilizzando come peso gli inversi delle distanze, secondo la relazione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Die Referenzwerte der Parameter  $a_g$  (g)  $F_0$  (dimensionslos) und  $T^*C$  (ausgedrückt in Sekunden) werden unter Bezugnahme auf die geografischen Koordinaten der Strecke am Bahnhof mit Hilfe des online verfügbaren Berechnungscodes von Geostru für ein Gebäude der Klasse IV mit einer Nennlebensdauer von 100 Jahren berechnet.

I valori di riferimento dei parametri  $a_g$  (g)  $F_0$  (adimensionale) e  $T^*C$  (espresso in secondi) sono calcolati con riferimento alle coordinate geografiche della linea in corrispondenza della stazione, utilizzando il codice di calcolo della Geostru, disponibile in rete, per edificio in classe IV con vita nominale VN 100 anni.

## 9.2 KLASSIFIZIERUNG DES BAUGRUNDES

Um die Bemessungserdbebeneinwirkung festzulegen, muss die Auswirkung der lokalen Erdbebenreaktion mit Hilfe spezifischer Analysen bewertet werden, wie in § 7.11.3 der NTC-Aktualisierung angegeben.

Anhand des seismischen Referenzberichts konnte im Rahmen einer seismischen Untersuchungskampagne die seismische Kategorie des Untergrunds bestimmt werden. Für den Bereich des Stollenprojekts wurde der Baugrund anhand der detaillierten geophysikalischen Untersuchungen ermittelt, über die in den Berichten der MA-OPERE PROPEDEUTICAL - G-GEOLOGY AND HYDROGEOLOGY (02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00301-02 und 02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00201-02) berichtet wurden.

Insbesondere wurde das seismische Profil L2 aus der geophysikalischen Kampagne 2014 für die seismische Charakterisierung herangezogen (Details in den Kapiteln 4.2 und 7.1).

Auf der Grundlage der Wellenwerte  $Sh$  wurde ein charakteristischer  $Vs30$ -Wert von 665 m/s berechnet, der somit eine Untergrundkategorie vom Typ B kennzeichnet.

## 9.2 CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE

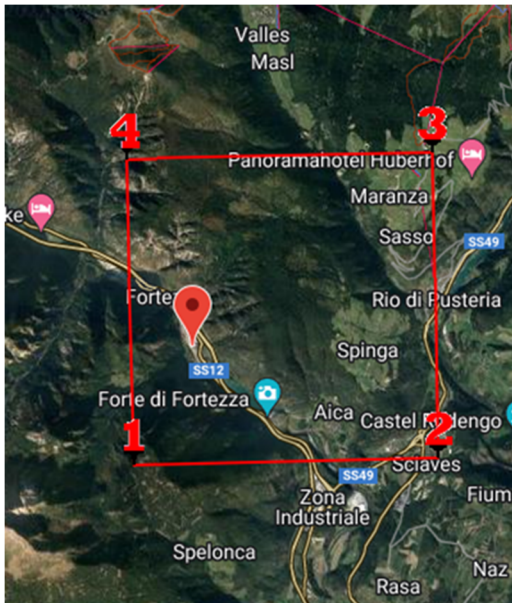
Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3 dell'Aggiornamento delle NTC.

Prendendo in esame la relazione sismica di riferimento, una campagna di indagini sismiche ha permesso di determinare la categoria sismica di sottosuolo. Per l'area di progetto del cunicolo il terreno fondazionale è stato individuato a partire dalle indagini geofisiche di dettaglio eseguite e riportate nelle relazioni MA-OPERE PROPEDEUTICHE – G-GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA (02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00301-02 e 02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00201-02).

Nello specifico, per la caratterizzazione sismica si è preso in considerazione il profilo sismico L2 realizzato nella campagna geofisica del 2014 (dettagli riportati ai capitoli 4.2 e 7.1)

Sulla base dei valori delle onde  $Sh$  è stato calcolato un valore di  $Vs30$  caratteristico pari a 665 m/s che individua quindi una categoria di sottosuolo di tipo B.

Opera / Bauwerk	Categoria sismica di sottosuolo / Seismische Baugrundklasse
	tab. 3.2.II NTC
Sistemazione idraulica rio Riol / Hydraulische Verbauungen am Rilbach	B



Stati limite		Periodo di ritorno per la definizione dell'azione sismica $T_r$ (anni)	$p_{VR}$ - probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	Accelerazione orizzontale [g]
Grenzzustände		Wiederkehrintervall sur Definition der Erdbebeneinwirkung $T_r$ (Jahre)	$p_{VR}$ - Wahrscheinlichkeit der Überschreitung im Bezugszeitraum $V_R$	Horizontale Beschleunigung [g]
Stati Limite di Esercizio - SLE	SLO	120	81%	0.030
Betriebsgrenzzustände - SLE	SLD	291	63%	0.036
Stati Limite Ultimi - SLU	SLV	1898	10%	0.068
Grenzzustände - SLU	SLC	2475	5%	0.072

Rif. n. 02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00201-02 – Relazione sismica – 2016 – A.Damiano/P.Parello

Rif. n. 02-H81-MA-2GH8AF001-GTB-D0932-00201-02 – Relazione sismica – 2016 – A.Damiano/P.Parello

### 9.3 TOPOGRAPHISCHE UND STRATIGRAPHISCHE VERSTÄRKUNG

Für die Baugrundkategorie A sind die stratigraphischen Verstärkungskoeffizienten SS und CC gleich 1. Für die Baugrundkategorien B, C, D und E können dieselben Koeffizienten in Abhängigkeit von den Werten von  $F_0$  und  $T^*c$  für die Baugrundkategorie A mit den in der folgenden Tabelle angegebenen Ausdrücken berechnet werden, wobei  $g$  die Erdbeschleunigung und die Zeit in Sekunden ausgedrückt ist.

Categoria sismica di sottosuolo / Seismische Baugrundklasse	ST	Cc
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 \cdot (a_g / g) \leq 1,20$	$1,10 \cdot (Tc)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 \cdot (a_g / g) \leq 1,50$	$1,05 \cdot (Tc)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 \cdot (a_g / g) \leq 1,80$	$1,25 \cdot (Tc)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 \cdot (a_g / g) \leq 1,60$	$1,15 \cdot (Tc)^{-0,40}$

Das Gebiet gehört zur topografischen Kategorie T2 (TABELLE 3.2.III), der einem Wert des topografischen Verstärkungskoeffizienten  $ST=1,2$  entspricht (TABELLE 3.2.V)

### 9.3 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA E STRATIGRAFICA

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti di amplificazione stratigrafica SS e CC valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E gli stessi coefficienti possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T^*c$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella tabella sottostante, dove  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

L'area appartiene alla categoria topografica T2 (TABELLA 3.2.III), cui corrisponde un valore del coefficiente di amplificazione topografica  $ST=1,2$  (TABELLA 3.2.V)

Condizioni topografiche / Topographische Verhältnisse (tab 3.2IV NTC)	ST
T4	1.4
T3	1.2
T2	1.2
T1	1.0

Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geologica e idrogeologica**

Unten sind die Werte der seismischen Koeffizienten  $K_h$ ,  $K_v$ ,  $A_{max}$  und  $\beta$  für die Konstruktion der lokalen seismischen Antwortspektren unter Beschleunigung der horizontalen und vertikalen Komponenten für Fundamente angegeben.

Qui sotto vengono forniti i valori dei coefficienti sismici  $K_h$ ,  $K_v$ ,  $A_{max}$  e  $\beta$  per la costruzione degli spettri di risposta sismica locale in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali per le fondazioni.

Alle ermittelten und angegebenen Werte müssen vom Konstrukteur bei den Fundamentnachweisen verwendet werden, die nach der Grenzzustandsmethode durchzuführen sind.

Tutti i valori ricavati ed indicati dovranno essere utilizzati dal progettista nelle verifiche fondazionali, che dovranno essere effettuate con il metodo degli Stati Limite.

	SS [-]	Cc [-]	St [-]	$K_h$ [-]	$K_v$ [-]	$A_{max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,20	1,47	1,20	0,009	0,004	0,423	0,20
SLD	1,20	1,41	1,20	0,01	0,005	0,504	0,20
SLV	1,20	11,32	1,20	0,019	0,01	0,953	0,20
SLC	1,20	1,31	1,20	0,021	0,01	1,018	0,20

Tabelle 3: Seismische Koeffizienten (Stabilität von Hängen und Fundamenten)

Tabella 3: Coefficienti sismici (Stabilità dei versanti e fondazioni).

## 10 NACHWEIS GEGEN VERFLÜSSIGUNG

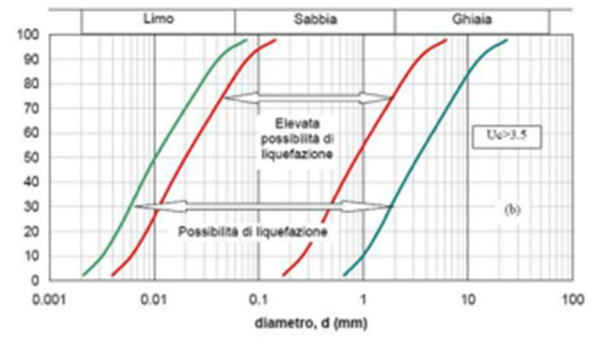
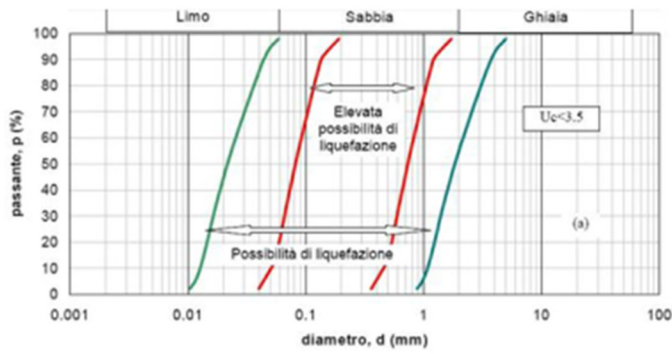
Die folgenden Tabellen zeigen die notwendigen Bedingungen für den Ausschluss von Verflüssigungsnachweisen mit Bezug auf DM 17/1/2018. Es wird auf die seismischen Beschleunigungen verwiesen, die für ein Bauwerk der Klasse II mit einer nominellen Lebensdauer des Bauwerks von 100 Jahren für den Grenzzustand des Lebenserhalts zu erwarten sind. Der Verflüssigungsnachweis gemäß DM 17/1/2018 kann entfallen, wenn mindestens einer der folgenden Gegebenheiten vorliegt:

1. Erwartete maximale Beschleunigungen auf Bodenhöhe ohne Bauwerke (Bedingungen von freiem Gebiet) unter 0,1 g für eine erwartete Tr von 2475 Jahren;
2. Jahreszeitlich bedingte durchschnittliche Tiefe des Grundwasserspiegels von mehr als 15 m über dem Boden bei subhorizontalem Boden und Bauwerken mit oberflächlicher Gründung;
3. Ablagerungen, die aus sauberen Sanden mit einem normierten penetrometrischen Widerstand  $(N1)_{60} > 30$  oder  $qc_{1N} > 180$  bestehen, wobei  $(N1)_{60}$  der Wert des in dynamischen penetrometrischen Prüfungen (Standard Penetration Test) ermittelten Widerstands ist, normiert auf eine vertikale effektive Spannung von 100 kPa, und  $qc_{1N}$  der Wert des in statischen penetrometrischen Prüfungen (Cone Penetration Test) ermittelten Widerstands ist, normiert auf eine vertikale effektive Spannung von 100 kPa;
4. Partikelgrößenverteilung außerhalb der in den Diagrammen angegebenen Bereiche bei Böden mit einem Homogenitätskoeffizienten  $U_c < 3,5$  und bei Böden mit einem Homogenitätskoeffizienten  $U_c > 3,5$ .

## 10 VERIFICA NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le condizioni necessarie per l'esclusione delle verifiche alla liquefazione con riferimento al DM 17/1/2018. Si fa riferimento alle accelerazioni sismiche previste per un'opera in classe IV, con vita nominale della struttura pari a 200 anni per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita. La verifica a liquefazione, secondo il DM 17/1/2018, può essere omessa quando sia manifesta almeno una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g per un Tr atteso pari a 2475 anni;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nei grafici in caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .



Der Nachweis kann entfallen, wenn die Gegebenheiten 2 und 4 vorliegen.

La verifica può essere omessa per la presenza delle circostanze 2 e 4.

## 11 SCHLUSSFOLGERUNG

Im Auftrag und für den Auftraggeber BBT wurde das geologische Gutachten zur Charakterisierung und geologischen Modellierung des Geländes für das Projekt zur hydraulischen Gestaltung des Flusses Riol mit Unterquerung des Bahnhofbereiches bis zur Mündung in den Eisack erstellt.

Das vorliegende Dokument wurde in Übereinstimmung mit dem Inhalt des Ministerialerlasses vom 17. Januar 2018 "Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni" erstellt und entspricht den städtebaulichen und regulatorischen Anforderungen von geologischer Relevanz, für die es ein für die Erteilung der Baugenehmigung geeignetes Planungsdokument darstellt.

Aus geomorphologischer Sicht befindet sich das Projekt in einem Geröll-Schwemmkegelsektor in seinem mittleren und entfernten Teil. Die ursprüngliche Morphologie ist durch die verschiedenen Bauphasen der Brennerbahn und des Bahnhofs Franzensfeste stark verändert und anthropisiert worden.

Die größten geomorphologischen Probleme stehen im Zusammenhang mit möglichen Murenabgängen entlang des Astes des Flusses Riol (1966 kam es zu erheblichen Schäden an der Eisenbahn und zu Felsstürzen). Der Bau des Entwässerungstollens des Flusses Riol ergab sich aus der Notwendigkeit, den Wasserlauf zu regulieren und sein Gefahrenpotenzial zu verringern.

Aus geologischer Sicht ist das Projektgebiet durch Ablagerungen von Murgängen im flussaufwärts gelegenen Teil gekennzeichnet, die sich flussabwärts mit den Anspülungen des Eisacks überschneiden. Auf der Planungsebene ist der größte kritische Punkt, die mit der körnigen Beschaffenheit der Ablagerungen zusammenhängt, durch das weit verbreitete Vorhandensein von Granitblöcken mit einer Größe von einigen Dezimetern bis zu Metern bestimmt. Angesichts der granulometrischen Variabilität der identifizierten Einheiten und ihrer räumlichen Verteilung sollte ein Anteil von 35 % in Volumen an Kieseln und Blöcken von Brixengranit entlang des Grabenabschnitts mit einem Durchmesser von > 20 cm bis zu einer maximalen Länge von 2-3 Metern vorsichtig geschätzt werden. Dieser Aspekt muss beim Microtunneling berücksichtigt werden (Fähigkeit des Systems, die angetroffenen Durchmesser

## 11 CONCLUSIONI

Su incarico e per conto del committente, BBT, è stata redatta la relazione geologica sulle indagini di caratterizzazione e modellazione geologica del sito per il progetto di sistemazione idraulica del Rio Riol con sottoattraversamento dell'area di stazione fino allo sbocco nel fiume Isarco.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni" e soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica per cui costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare.

Dal punto di vista geomorfologico l'opera in progetto si trova in un settore di conoide detritico – alluvionale, nella sua porzione mediana e distale. La morfologia originaria risulta profondamente modificata ed antropizzata a seguito delle diverse fasi di costruzione della Ferrovia del Brennero e dello scalo di Fortezza.

Le maggiori criticità geomorfologiche sono legate a possibili fenomeni di debris flow lungo l'asta del Rio Riol (nel 1966 causò ingenti danni alla ferrovia e caduta massi). La realizzazione del cunicolo di drenaggio del Rio Riol nasce dalla necessità di regimare il corso d'acqua e ridurre il potenziale pericolo.

Dal punto di vista geologico l'area di progetto è caratterizzata da depositi detritici da debris flow nella parte più a monte che vanno a sovrapporsi, verso valle, ai depositi alluvionali dell'Isarco. A livello progettuale, la maggior criticità, legata alla natura granulare dei depositi, è determinata dalla presenza diffusa di blocchi granitici di dimensioni che variano da pochi decimetri a metri. Cautelativamente, considerando la variabilità granulometrica nelle unità individuate e nella loro distribuzione spaziale, andrà considerata una percentuale pari al 35% in volume di ciottoli e blocchi di natura granitica lungo la sezione di scavo del cunicolo con diametro superiore ai 20 cm fino ad un massimo di 2-3 metri. Tale aspetto va tenuto in considerazione al fine dell'utilizzo del microtunneling (capacità del sistema di disgregare i diametri incontrati). Il substrato roccioso, affiorante lungo il versante al di sopra dell'area della



Fachbereich: 02-GEOLOGIE, GEOTECHNIK, HYDROGEOLOGIE  
Titel: Geologischer, hydrogeologischer und geotechnischer Bericht

Settore: 02-GEOLOGIA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA  
Titolo: **Relazione geologica e idrogeologica**

aufzubrechen). Der Felsuntergrund, der entlang des Hangs oberhalb des Bahnhofs Franzensfeste ansteht, besteht aus Brixengranit, der jedoch flussabwärts noch nie durchschnitten wurde und daher auf baulicher Ebene keinen Einfluss auf die Projektarbeiten haben wird.

stazione di Fortezza, è costituito dal Granito di Bressanone, ma a valle non è mai stato intercettato e pertanto, a livello costruttivo, non avrà alcuna interferenza con l'opera di progetto.

Schließlich ist die hydrogeologische Struktur des Gebiets durch Böden mit mittlerer bis hoher Durchlässigkeit gekennzeichnet, in denen ein Grundwasserspiegel vorhanden ist. Die durchschnittliche piezometrische Oberfläche befindet sich zwischen 735 m ü. NN und 730 m ü. NN von flussaufwärts nach flussabwärts in einer Tiefe von etwa 10 bis 15 Metern über dem Boden. Der bei der piezometrischen Überwachung in der Bohrung Fo-B-50/22 festgestellte kritische Punkt steht im Zusammenhang mit einer starken Grundwasserstandsauslenkung (Schwanken zwischen Maxima und Minima von ca. 10 m), die im Baubereich der Druckkammer des Stollens zu Störungen zwischen dem Wasser und dem Bauwerk führen könnte.

Infine, l'assetto idrogeologico dell'area è caratterizzato da terreni a permeabilità medio – alta all'interno dei quali è presente una falda freatica. La superficie piezometrica media è situata tra le quote 735 m s.l.m. e 730 m s.l.m. da monte verso valle, a circa 10 – 15 metri di profondità dal piano campagna. La criticità rilevata durante il monitoraggio piezometrico nel sondaggio Fo-B-50/22 è legata ad una forte escursione del livello di falda (oscillazione tra massimi e minimi di ca. 10 m) che, nel settore di realizzazione della camera di spinta del cunicolo, potrebbe portare all'interferenza tra l'acqua e l'opera.

Im Verlauf der Arbeiten muss die Übereinstimmung zwischen dem im Projekt angenommenen geologischen Referenzmodell und der tatsächlichen Situation überprüft und das geotechnische Modell und das Ausführungsprojekt entsprechend den sektoralen Vorschriften angepasst werden.

In corso d'opera si dovrà controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il modello geotecnico ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.