



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

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



Ausbau Eisenbahnachse München-Verona

BRENNER BASISTUNNEL

Ausführungsprojekt












Potenziamento Asse Ferroviario Monaco-Verona

GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

Progetto Esecutivo

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

Fachbereich 08 – Verlegung der alten Linie	Settore 08 – Spostamento linea storica
Dokumentenart Planung der Trasse und des Bauwerks	Tema Progettazione del tracciato e dell'opera
Dokumentenart Geotechnischer Bericht	Tipo documento Relazione geotecnica
Titel Geotechnischer Bericht	Titolo Relazione geotecnica

Ausführende Unternehmen / Imprese esecutrici 		Beauftragte / Mandataria: 		Bearbeitung des Dokuments / Elaborazione del documento						
Auftraggeber / Mandanti: 							Datum/Data	Name/Nome SETTORE INDUSTRIALE SETTORE DELL'INFORMAZIONE		
Koordinierung / Coordinamento 		Beauftragte / Mandataria: 		Bearbeitet / Elaborato	14.01.2016	E. Coluzzi				
Ergänzung fachmännische Dienstleistungen Integrazione prestazioni specialistiche 		Beauftragte / Mandataria: 		Geprüft / Verificato	14.01.2016	D. Bonadies				
GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO – BRENNER BASISTUNNEL BBT SE				Freigegeben / Autorizzato	14.01.2016	N. Meister				
				Gesehen BBT / Visto BBT_RUP		A. Lombardi				
				Masstab / Scala	-					
Projekt-kilometer / Progressiva di progetto		Bau- kilometer / Chilometro opera		Status Dokument / Stato documento						
Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Fachbereich Settore	Thema Tema	ID Numm. Num. ID	Vertrag Contratto	Nummer Codice	Dok.art Tipo doc.	Revision Revisione
02	H71	AF	002	08	01	004.00	B0115	00359	RT3	02

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione			
Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
02			
01	Anmerkungen BBT vom 15.12.2015 Osservazioni BBT del 15.12.2015	E. Coluzzi	14.01.2016
00	Erstversion Prima Versione	E. Coluzzi	06.08.2015

1	EINLEITUNG	
1	INTRODUZIONE	8
2	ALLGEMEINE EINORDNUNG	
2	INQUADRAMENTO GENERALE	9
2.1	DAS BAULOS "EISACKUNTERQUERUNG"	
2.1	IL LOTTO DI COSTRUZIONE "SOTTOATTRA-VERSAMENTO ISARCO".....	9
2.1.1	BAUWERKE ZUM SUB-BAULOS "VORBEREITUNGS-MAßNAHMEN EISACKUNTERQUERUNG"	
2.1.1	OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PROPEDEUTICHE SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO".....	9
2.2	BAUWERKE DES SUB-BAULOSES "HAUPTBAUWERKE EISACKUNTERQUERUNG"	
2.2	OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO".....	10
2.3	BAUWERKE DES SUB-BAULOSES "HAUPTBAUWERKE EISACKUNTERQUERUNG", DIE NICHT BESTANDTEIL DER PLANUNG SIND	
2.3	OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO" NON OGGETTO DI PROGETTAZIONE.....	13
3	KURZFASSUNG	
3	RELAZIONE DI SINTESI	15
4	RECHTSBESTIMMUNGEN	
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	20
5	GEOLOGISCHER RAHMEN	
5	QUADRO GEOLOGICO	21
5.1	GEOGRAPHISCHER RAHMEN	
5.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	21
5.2	GEOLOGISCHER RAHMEN	
5.2	CONTESTO GEOLOGICO.....	22
5.3	STRATIGRAFISCHE EINORDNUNG	
5.3	INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO.....	24
5.3.1	A – Murschutt	
5.3.1	A – Depositi di debris flow.....	24
5.3.2	B – Hangschutt	
5.3.2	B – Detrito di versante.....	25
5.3.3	C – Alluvionen	
5.3.3	C – Alluvioni.....	26
5.3.4	C1 – Alluvionen, gemischt- bis feinkörnig	
5.3.4	C1 – Alluvioni a granulometria mista-fine.....	27
5.3.5	D – Aufschüttungen	

5.3.5	D – Riporti artificiali.....	28
5.3.6	E – Festgestein	
5.3.6	E – Roccia	29
5.4	OBERFLÄCHEN- UND UNTERGRUNDGEWÄSSER	
5.4	ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE	30
6	GEOTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN	
6	INDAGINI GEOTECNICHE.....	34
6.1	VORBEMERKUNG	
6.1	PREMESSA	34
6.2	DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN	
6.2	INDAGINI ESEGUITE	37
6.3	PROBEBOHRUNGEN	
6.3	SONDAGGI	41
6.4	DYNAMISCHE PENETROMETRISCHE SPT TESTS	
6.4	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT	47
6.5	LABORTESTS	
6.5	PROVE DI LABORATORIO	70
6.6	SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN	
6.6	INDAGINI SISMICHE	76
6.7	GEOSTRUKTURELLE ERHEBUNGEN UND CHARAKTERISIERUNG DES GESTEINS	
6.7	RILIEVI GEOSTRUTTURALI E CARATTERIZZAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO.....	83
7	GEOTECHNISCHES MODELL	
7	MODELLO GEOTECNICO	102
7.1	BODENARTEN	
7.1	TIPI DI TERRENO.....	102
7.2	GEOTECHNISCHE CHARAKTERISIERUNG	
7.2	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	103
7.2.1	A – Murschutt	
7.2.1	A – Depositi di debris flow	103
7.2.2	B – Hangschutt	
7.2.2	B – Detrito di versante	103
7.2.3	C – Alluvionen	
7.2.3	C – Alluvioni	104
7.2.4	D – Aufschüttungen	

7.2.4	D – Riporti artificiali.....	104
7.2.5	E – Festgestein (GA-BG-02)	
7.2.5	E – Roccia (GA-BG-02).....	104
7.3	CHARAKTERISTISCHE RECHENWERTE	
7.3	PARAMETRI CARATTERISTICI DEI TERRENI	105
7.3.1	A – Murschutt	
7.3.1	A – Depositi di debris flow	105
7.3.2	B – Hangschutt	
7.3.2	B – Detrito di versante.....	106
7.3.3	C – Alluvionen	
7.3.3	C – Alluvioni	108
7.3.4	D – Aufschüttungen (Eisenbahndamm)	
7.3.4	D – Riporti artificiali (rilevato ferroviario).....	108
7.3.5	E – Festgestein (GA-BG-02)	
7.3.5	E – Roccia (GA-BG-02).....	109
8	GEOTECHNIK ZU DEN BAUWERKEN	
8	ASPETTI GEOTECNICI DELLE OPERE.....	110
8.1	ALLGEMEINES	
8.1	GENERALITA'	110
8.2	VERLEGUNG BESTANDSSTRECKE	
8.2	SPOSTAMENTO LINEA STORICA.....	110
8.2.1	Allgemeines	
8.2.1	Generalità.....	110
8.2.2	Aushub, Aufschüttungen	
8.2.2	Scavo, rilevati	111
8.2.3	Felsabtrag	
8.2.3	Sbancamento roccia.....	113
8.2.4	Gründungen	
8.2.4	Fondazioni.....	113
8.3	ZUFAHRTSSTRASSE NA2/NA4	
8.3	STRADA D'ACCESSO NA2/NA4	116
8.3.1	Allgemeines	
8.3.1	Generalità.....	116
8.3.2	Aushub, Aufschüttungen	

8.3.2	Scavo, rilevati	116
8.3.3	Felsabtrag	
8.3.3	Sbancamento roccia.....	118
8.3.4	Gründungen	
8.3.4	Fondazioni.....	119
8.4	EISENBAHNUNTERFÜHRUNG	
8.4	SOTTOPASSO FERROVIARIO	120
8.4.1	Allgemeines	
8.4.1	Generalità.....	120
8.4.2	Aushub, Aufschüttungen	
8.4.2	Scavo, rilevati	121
8.4.3	Gründungen	
8.4.3	Fondazioni.....	127
9	BODENAUSTAUSCH DER VERLEGEFLÄCHE	
9	BONIFICA DEL PIANO DI POSA.....	129
9.1	ALLGEMEINE TECHNISCHE AUFLAGEN	
9.1	PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI.....	129
9.2	SPEZIELLE TECHNISCHE AUFLAGEN	
9.2	PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI.....	135
9.2.1	Eisenbahndämme	
9.2.1	Rilevati ferroviari.....	135
9.2.2	Straßendamm	
9.2.2	Rilevato stradale.....	135
9.2.3	Eisenbahneinschnitte	
9.2.3	Trincee ferroviarie	136
9.2.4	Straßeneinschnitte	
9.2.4	Trincee stradali	136
9.3	KONTROLLSPEZIFIKATIONEN	
9.3	SPECIFICHE DI CONTROLLO	137
9.3.1	Kontrollen bei den Baugruben	
9.3.1	Controlli sugli scavi.....	137
9.3.1.1	Kontrolle der Geometrie	
9.3.1.1	Controllo della geometria.....	137
9.3.1.2	Kontrolle der Trockendichte	

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

9.3.1.2	Controllo della densità secca.....	138
9.3.1.3	Kontrolle des Verformungsmoduls	
9.3.1.3	Controllo del modulo di deformazione	138
9.3.2	KONTROLLEN DER AUFFÜLLUNGEN	
9.3.2	CONTROLLI SUI RINTERRI	138
9.3.2.1	Materialkontrollen	
9.3.2.1	Controlli sui materiali	138
9.3.2.2	Kontrolle der Trockendichte	
9.3.2.2	Controllo della densità secca.....	139
9.3.2.3	Kontrolle des Verformungsmoduls	
9.3.2.3	Controllo del modulo di deformazione	139
9.3.2.4	Kontrolle der Schichtdicke	
9.3.2.4	Controllo dello spessore degli strati.....	139
10	VERZEICHNISSE	
10	ELENCHI	141
10.1	TABELLENVERZEICHNIS	
10.1	ELENCO DELLE TABELLE.....	141
10.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
10.2	ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.....	141
10.3	LITERATUR UND QUELLEN	
10.3	BIBLIOGRAFIA E FONTI	143
10.3.1	Bibliographie	
10.3.1	Bibliografia.....	143
10.3.2	Quellen	
10.3.2	Fonti	145

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

1 EINLEITUNG

Das Baulos "Eisackunterquerung" bildet den südlichsten Teil des Brenner Basistunnels vor der Einfahrt in den Bahnhof Franzensfeste und liegt ca. 1 km nördlich von Franzensfeste, in der Ortschaft Oberau in der Provinz Bozen.

Das Baulos umfasst im Wesentlichen die unterirdischen Rohbauarbeiten und die Außenarbeiten, welche im Arbeitsplan 2010 und nachfolgenden Aktualisierungen des Brenner Basistunnels angegeben sind.

Die geplanten Arbeiten bilden daher "ein nicht funktionstechnisches Baulos", das zum Gesamtprojekt des Brenner Basistunnels gehört.

Die Projekt- und funktionalen Anforderungen der geplanten Bauwerke entsprechen jenen des Einreichprojektes des Brenner Basistunnels, das von den zuständigen Behörden genehmigt worden ist.

Die geplanten Bauwerke umfassen ferner die im Zuge der diversen Genehmigungsverfahren erteilten Auflagen, die Optimierungen, die detaillierte Beschreibung der im Rahmen der grenzüberschreitenden Regelplanung erarbeiteten Standards sowie die Ergebnisse der im Zeitraum 2010-2011 durchgeführten zusätzlichen Bohrkampagnen und danach im Jahr 2015 der vorbereitenden Maßnahme zur Erstellung des Ausführungsprojekts, mit besonderer Bezugnahme auf die Aktualisierung des hydrogeologischen Modells.

Festgelegte Schnittstellen und Baustandards erlauben die Einbindung von Infrastrukturen und Anlagen der unterschiedlichen Baulose nach dem Brenner-Basistunnel-Arbeitsplan, zu dem das Baulos "Eisackunterquerung" gehört.

Das Baulos "Eisackunterquerung" ist wiederum in die 2 folgenden Sub-Baulose unterteilt:

- Sub-Baulos "Vorbereitungsmaßnahmen Eisack-Unterquerung", wozu der Ausführungsplan erarbeitet worden ist

1 INTRODUZIONE

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

Il lotto di costruzione comprende essenzialmente le opere civili grezze in sotterraneo e le opere esterne individuate dal programma lavori 2010 e successivi aggiornamenti della Galleria di Base del Brennero.

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

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

Le opere progettate inoltre recepiscono le prescrizioni impartite nel corso dei diversi iter autorizzativi, le ottimizzazioni e le specificazioni di standard elaborati nell'ambito della progettazione guida transfrontaliera, nonché i risultati delle campagne geognostiche integrative effettuate negli anni 2010-2011, e successivamente nel 2015 propedeutica alla predisposizione del progetto esecutivo, con particolare riferimento all'aggiornamento del modello idrogeologico.

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

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

- sublotto di costruzione "Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco", del quale è stato elaborato il progetto esecutivo;

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

- Sub-Baulos "Hauptbauwerke Eisackunterquerung", das Gegenstand des vorliegenden Ausführungsplans ist.

- sublotto "Opere principali Sottoattraversamento Isarco" oggetto del presente progetto esecutivo.

2 ALLGEMEINE EINORDNUNG

2 INQUADRAMENTO GENERALE

2.1 DAS BAULOS "EISACKUNTERQUERUNG"

2.1 IL LOTTO DI COSTRUZIONE "SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO"

Die Lage der durch die Arbeiten betroffenen Bereiche sowie die Baulosabgrenzungen können den Projektplänen entnommen werden, auf die hiermit verwiesen wird.

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

Zur Standortermittlung wird festgehalten, dass die in den Planungsunterlagen verwendete Haupttunnelkilometrierung mit der der Gesamtwerke übereinstimmt, wobei für den Ost-Tunnel (Gleis 1) der Innsbrucker Bahnhof maßgebend ist, während sich die Verbindungstunnelkilometrierungen auf die jeweiligen Entzweigungspunkte der Verbindungstunneltrassen der Haupttunnel beziehen.

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

2.1.1 BAUWERKE ZUM SUB-BAULOS "VORBEREITUNGS-MAßNAHMEN EISACKUNTERQUERUNG"

2.1.1 OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PROPEDEUTICHE SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO"

Die Bauwerke des Sub-Bauloses "Vorbereitende Bauwerke Eisackunterquerung", die kein Bestandteil des betreffenden Ausführungsprojektes sind, umfassen im Wesentlichen:

Le opere del sublotto "Opere propedeutiche Sottoattraversamento Isarco", le quali non fanno parte del progetto esecutivo in oggetto, consistono essenzialmente in:

- Variante zur Brenner Staatsstraße Nr. 12 von km 490 + 500 bis km 491 + 500, einschl. einer neuen Brücke über dem Weißenbach, wobei die überschrittenen Unterdienststellen verlegt und eine Zufahrt zum Baustellenbereich fertiggestellt werden müssen
- Eisackbrücke
- Brenner Eisenbahnunterquerung bei km 200 + 400
- Verkehrswege innerhalb der Baustelle

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

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

2.2 BAUWERKE DES SUB-BAULOSES "HAUPTBAUWERKE EISACKUNTERQUERUNG"

Die Arbeiten zum Sub-Baulos "Hauptbauwerke Eisackunterquerung", welche zum Einreichprojekt gehören, bestehen im Wesentlichen aus:

Haupttunnel:

1. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 – (Abschnitt in bergmännischer Bauweise) von km 54+015.00 (Los-Anfang) bis km 54+600.67 wovon:
 - von km 54+015.00 bis km 54+465.00 in zweigleisiger bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
 - von km 54+465.00 bis km 54+600.67 in zweigleisigem Abzweigtunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- West-Haupttunnel – Gleis 2 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise) von km 54+042.00 (Los-Anfang) bis km 54+598.85 wovon:
 - von km 54+042.00 bis km 54+440.00 im zweigleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
 - von km 54+440.00 bis km 54+598.85 im zweigleisigen Abzweigtunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

2. Abschnitt (Eisackunterquerung)

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 – (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)
von km 54+600.67 bis km 54+700.77 (einschl. Tunnelzutrittschächte) im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- West-Haupttunnel– Gleis 2 – (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)
von km 54+598.85 bis km 54+711.07 (einschl. Tunnelzutrittschächte) im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

3. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)

2.2 OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO"

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

Gallerie principali

1° tratto

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

2° tratto (Attraversamento Fiume Isarco)

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

3° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale)

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

von km 54+700.77 bis km 54+968.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

- West-Haupttunnel- Gleis 2 – (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)

von km 54+711.07 bis km 54+889.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

da pk 54+700.77 a pk 54+968.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)

- Galleria principale ovest - binario pari – (tratto in galleria naturale)

da pk 54+711.07 a pk 54+889.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)

4. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 - (Abschnitt in offener Bauweise)

von km 54+968.00 bis km 55+060.00 im eingleisigen Tunnel in offener Bauweise (Vortrieb und Rohbau)

- West-Haupttunnel- Gleis 2 – (Abschnitt in offener Bauweise)

von km 54+889.00 bis km 55+018.00 im eingleisigen Tunnel in offener Bauweise (Vortrieb und Rohbau)

4° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria artificiale)

da pk 54+968.00 a pk 55+060.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza)

- Galleria principale ovest - binario pari – (tratto in galleria artificiale)

da pk 54+889.00 a pk 55+018.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza)

5. Abschnitt

- Ost-Haupttunnel – Gleis 1 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)

von km 55+060.00 bis km 56+100.00 (Los-Ende) wovon:

- von km 55+060.00 bis km 55+485.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- von km 55+485.00 bis km 56+100.00 im zweigleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

5° tratto

- Galleria principale est – binario dispari - (tratto in galleria naturale)

da pk 55+060.00 a pk 56+100.00 (fine lotto) di cui:

- da pk 55+060.00 a pk 55+485.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
- da pk 55+485.00 a pk 56+100.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)

Hinweis: Der Tunnelvortrieb endet im Fels. Portalbauwerke sind nicht Gegenstand dieses Loses.

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

- West-Haupttunnel – Gleis 2 - (Abschnitt in bergmännischer Bauweise)

von km 55+018.00 bis km 56+190.00 (Los-Ende), davon:

- von km 55+018.00 bis km 55+549.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)
- von km 55+549.00 bis km 56+190.00 im zweigleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

- Galleria principale ovest – binario pari - (tratto in galleria naturale)

da pk 55+018.00 a pk 56+190.00 (fine lotto) di cui:

- da pk 55+018.00 a pk 55+549.00 in galleria naturale a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
- da pk 55+549.00 a pk 56+190.00 in galleria naturale a doppio binario (scavo e rivestimento definitivo)

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

Hinweis: Der Tunnelvortrieb endet im Fels. Die Portalbauwerke sind nicht Gegenstand dieses Loses.

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

Verbindungstunnel

- Verbindungstunnel Ost – Gleis 1
- “Abzweigabschnitt vom Haupttunnel zum Los-Ende”
- von km 1+971.44 (km 54+600.67 Ost-Haupttunnel – Gleis 1) bis km 2+684.41 wovon:
 - von km 1+971.44 bis km 2+069.97 (einschl. Tunnelzutrittschächte) in bergmännischer Bauweise eingleisige Eisackunterquerung (Vortrieb und Innenschale)
 - von km 2+069.97 bis km 2+270.00 im eingleisigen Tunnel in offener Bauweise (Vortrieb und Rohbau)
 - von km 2+270.00 bis km 2+525.00 Eingleisiger Bahnkörper in Wannensbauwerk (Vortrieb und Bauarbeiten)
 - von km 2+525.00 bis km 2+684.41 Bahnkörper in Dammlage / im Einschnitt (Vortrieb und Bauarbeiten)
- West-Verbindungstunnel – Gleis 2
- “Abzweigabschnitt vom Haupttunnel zum Los-Ende”
- von km 1+693.13 (km 54+598.85 West-Haupttunnel– Gleis 2) bis km 2+550.00 wovon:
 - von km 1+693.13 bis km 1+795.86 (einschl. Tunnelzutrittschächte) in bergmännischer Bauweise eingleisige Eisackunterquerung (Vortrieb und Innenschale)
 - von km 1+795.86 bis km 2+550.00 im eingleisigen Tunnel in bergmännischer Bauweise (Vortrieb und Innenschale)

Hinweis: Der Tunnelvortrieb endet im Fels. Die Portalwerke sind nicht Gegenstand dieses Loses.

Verlagerung der historischen FS-Eisenbahntrasse

- von km 199+935 ca. bis km 200+900 ca. (Gleis 2) der vorhandenen Eisenbahntrasse Verona Brenner über eine Länge von m 965 ca. (Fertigstellung der neuen Fahrbahnbreite und Rüstung, Inbetriebnahme).

Klein- und Nebenbauwerke

Dieses Baulos umfaßt die folgenden Kleinbauwerke:

- Schächte und Notausgänge (Vortrieb und

Interconnessioni

- Interconnessione est – binario dispari
- “tratto di diramazione dalla galleria principale – fine lotto”
- da pk 1+971.44 (pk 54+600.67 Galleria principale est – binario dispari) a pk 2+684.41 di cui:
 - da pk 1+971.44 a pk 2+069.97 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in galleria naturale attraversamento Isarco a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
 - da pk 2+069.97a pk 2+270.00 in galleria artificiale a singolo binario (scavo e opera grezza)
 - da pk 2+270.00 a pk 2+525.00 Corpo stradale ferroviario a binario singolo con scavo “a vascone” (scavo e opere civili)
 - da pk 2+525.00 a pk 2+684.41 Corpo stradale ferroviario in rilevato/trincea (scavo e opere civili)
- Interconnessione ovest – binario pari
- “tratto di diramazione dalla galleria principale – fine lotto”
- da pk 1+693.13 (pk 54+598.85 Galleria principale ovest – binario pari) a pk 2+550.00 di cui:
 - da pk 1+693.13 a pk 1+795.86 (compresi pozzi di accesso alle gallerie) in gallerianaturale attraversamento Isarco a singolo binario (scavo e rivestimento definitivo)
 - da pk 1+795.86 a pk 2+550.00 in galleria naturale a binario singolo (scavo e rivestimento definitivo)

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

Spostamento linea storica FS

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

Opere minori e accessorie

Sono comprese nel lotto di costruzione le seguenti opere minori:

- pozzi e uscite di emergenza (scavo e

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

- | | |
|---|---|
| Innenschale). | rivestimento definitivo) |
| <ul style="list-style-type: none">• Querverbindungsgänge (Vortrieb und Innenschale)• zusätzliche Bauwerke am Abschnitt der verlagerten FS-Eisenbahnstrecke• Sicherheitsmaßnahmen gegen Steinschlag über der historischen Eisenbahntrasse von ca. km 199+000 bis ca. km 200+265• Umwelt-Instandsetzungsmaßnahmen und endgültige Bereinigung des Eisack-Flusses sowie der durch die Arbeiten betroffenen Bereiche.• Zufahrtsstraßen zum Erste-Hilfe-Bereich beim Verbindungsportal 2 bis km 0+275 ca. | <ul style="list-style-type: none">• cunicoli trasversali di collegamento (scavo e rivestimento definitivo)• opere complementari in corrispondenza del tratto di linea FS spostata• interventi di messa in sicurezza contro la caduta massi sopra la linea storica da ca. km 199+000 a ca. km 200+265• interventi di ripristino ambientale e sistemazione finale del fiume Isarco e delle aree interessate dai lavori• viabilità di accesso alla zona di soccorso presso il portale interconnessione pari fino alla pk 0+275 ca. |

Weiterer Bestandteil des Sub-Bauprojektes ist die Fertigstellung aller Nebenarbeiten bzw. solcher von kleinem Umfang, welche im betreffenden Bereich der Maßnahmen liegen, deren Ausführung sich zur vollständigen Werkfertigstellung als erforderlich und/oder zweckmäßig erweist.

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

2.3 BAUWERKE DES SUB-BAULOSES "HAUPTBAUWERKE EISACKUNTERQUERUNG", DIE NICHT BESTANDTEIL DER PLANUNG SIND

2.3 OPERE DEL SUBLOTTO "OPERE PRINCIPALI SOTTOATTRAVERSAMENTO ISARCO" NON OGGETTO DI PROGETTAZIONE

Die folgenden Bauwerke und Anlagen sind in vorliegender Planung nicht enthalten:

Le seguenti opere ed impianti sono escluse dalla presente progettazione:

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Bahnanlagen zur Versorgung der Haupttunnel und der Verbindungstunnel, im Wesentlichen bestehend aus:<ul style="list-style-type: none">➢ Fahrbahn➢ Erschütterungsschutzmaßnahmen➢ Anlagen für das Bahnstromsystem und die Energieversorgung➢ Fernmelde- und Überwachungssysteme➢ Steuerungs- und Sicherungssysteme➢ Maschinentechnische Anlagen (wie im Einreichprojekt 2008 angegeben)➢ Anlage zur Überwachung der Baustelle und der Positionierung der Personen.• Portalbauwerke der beiden Haupttunnel Ost und West (Gleis 1 und 2) und die ersten Strecken dieser Tunnel laut den zuvor | <ul style="list-style-type: none">• Impianti ferroviari a servizio delle gallerie principali e delle interconnessioni costituiti essenzialmente da:<ul style="list-style-type: none">➢ sovrastruttura➢ interventi per la mitigazione dalle vibrazioni➢ impianti di trazione elettrica e approvvigionamento energetico➢ sistemi di telecomunicazione e sorveglianza➢ sistemi di comando/controllo➢ impianti meccanici (come definiti nel progetto definitivo 2008)➢ impianto di sorveglianza cantiere e localizzazione delle persone.• Opere di portale delle due gallerie principali est ed ovest (binari dispari e pari) e i tratti iniziali delle medesime gallerie, secondo i limiti |
|---|--|

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

festgelegten Los-Begrenzungen.

- **Portalbauwerke des Verbindungstunnels Gleis 1** und der erste Abschnitt dieses Tunnels laut zuvor festgelegter Los-Begrenzung.
- **Bauwerke am Verbindungsportal Gleis 1** und die zugehörigen Zufahrtsstraßen von km 0+275 ca. bis km 0+400 ca. und am Rückhaltebecken Holer Graben.
- Bauwerke in bezug auf den **Bahnhofsbereich von Franzensfeste**.
- **Rückhaltebecken Holer Graben und Hohewand** mit zugehörigen Zufahrtsstraßen.

di lotto precedentemente definiti.

- **Opere di portale della galleria d'interconnessione pari** ed il tratto iniziale della medesima galleria, secondo il limite di lotto precedentemente definito.
- **Opere presso il portale d'interconnessione pari** e la relativa viabilità di accesso dalla pk 0+275 ca. alla pk 0+400 ca. ed al Bacino di ritenuta Holer Graben.
- Opere riferite all'ambito della **stazione di Fortezza**.
- **Bacini di ritenuta Holer Graben e Hohewand** e la relativa viabilità di accesso.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

3 KURZFASSUNG

Der vorliegende Bericht basiert auf dem geologischen Bericht und beschreibt die geotechnischen Verhältnisse im Projektgebiet der Verlegung der bestehenden Eisenbahnstrecke und Zufahrtsstraße zu den Notausgängen NA2/NA4, die einen Teil der Eisackunterquerung zwischen Franzensfeste und Mittewald auf der orographisch rechten Talseite darstellen.

Weiter im Detail, sind folgende Gegenstand des Dokuments:

- VERLEGUNG BESTANDSSTRECKE

Es ist eine Verlegung der bestehenden Eisenbahnlinie von km 199+935 ca. bis km 200+900 (Gleis 2) ca. der bestehenden Eisenbahnstrecke Verona-Brenner, für eine Länge von ca. 965 m vorgesehen.

Lagemäßig verschiebt sich die Trasse in Richtung Hang bzw. SW mit einem maximale Abstand von ca. 45 m.

- ZUFAHRTSSTRAÙE NA2/NA4

Von der Eisackbrücke der vorbereitenden Bauwerke ist eine Zufahrtsstraße Richtung SW bis zum Hangfuß und von dort am Hangfuß entlang einer bestehenden Feldstraße in Richtung SE geplant. Diese Straße dient als Zufahrt zu Notausgängen und Rettungspätzen.

- EISENBAHNUNTERFÜHRUNG

An der Kreuzung mit der verlegten Eisenbahnstrecke ist im Bereich der Zufahrtsstraße eine Unterführung mit entsprechender Absenkung der StraÙennivelette vorgesehen.

Das vorliegende Dokument, welches die allgemeine Kennzeichnung und Einstufung der geotechnischen Aspekte und Probleme hat, befasst sich mit folgenden Themen:

3 RELAZIONE DI SINTESI

La presente relazione si basa sulla relazione geologica e descrive le condizioni geotecniche nell'area di progetto dello spostamento della linea ferroviaria storica e della strada d'accesso alle uscite di sicurezza NA2/NA4, che fanno parte del sottoattraversamento dell'Isarco tra Fortezza e Mezzaselva in corrispondenza del versante destro della valle.

Più in dettaglio, costituiscono oggetto del documento:

- SPOSTAMENTO LINEA STORICA

Si prevede lo spostamento dell'attuale linea ferroviaria da pk 199+935 ca. a pk 200+900 ca. (binario pari) della linea storica Verona-Brennero, per una lunghezza di m 965 ca.

In planimetria il nuovo tracciato si sposta in direzione versante ovvero SW con una distanza massima di ca. 45 m.

- STRADA D'ACCESSO NA2/NA4

Dal nuovo ponte sul Fiume Isarco delle Opere Propedeutiche è prevista una strada d'accesso in direzione SW fino al piede del versante e da qui lungo una stradina campestre esistente sempre al piede del versante in direzione SE. La strada serve come accesso alle uscite di emergenza ed ai piazzali di soccorso.

- SOTTOPASSO FERROVIARIO

All'incrocio con la linea ferroviaria spostata è previsto un sottopasso della strada d'accesso con un relativo abbassamento della livelletta della strada.

Nell'ambito del presente documento, finalizzato a caratterizzare ed inquadrare da un punto di vista generale gli aspetti ed i problemi geotecnici, vengono affrontati i seguenti temi:

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

- Die Beschreibung des Programms der angestellten geotechnischen Untersuchungen und Versuche, die noch von den vorherigen Projektebenen zur Verfügung stehen und der Untersuchungen und Versuche, die in der laufenden Projektphase integriert sind;
- Analyse und Interpretation der Untersuchungen;
- Physikalische und mechanische Charakterisierung der Böden und des Gesteins und Definition der bezeichnenden Werte und der geotechnischen Parameter;
- geotechnische Modelle des Untergrunds;
- Beschreibung geotechnischer Probleme.
- descrizione del programma delle indagini e delle prove geotecniche esperite disponibili dai precedenti livelli di progettazione e di quelle integrate nell'ambito della corrente fase progettuale;
- analisi ed interpretazione delle indagini;
- caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni e delle rocce e definizione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici;
- modelli geotecnici di sottosuolo;
- descrizione dei problemi geotecnici.

Die Beschreibung der Arbeiten, Eingriffe und der typologischen Entscheidungen wird ausführlicher in den diesbezüglichen Bericht behandelt, welcher das Durchführungsprojekt unterstützt, auch wenn es sich um ein Thema handelt, welches kurz im Elaborat behandelt wurde.

La descrizione delle opere, degli interventi e delle scelte tipologiche compiute, sebbene costituisca una tematica sommariamente affrontata nell'elaborato, è inquadrata più compiutamente nelle apposite relazioni redatte a supporto del Progetto Esecutivo.

Die durchgeführten Sicherheits- und Leistungsuntersuchungen des Bodenbausystems, die Identifizierung der Grenzzustände, die Projektansätze und die Projektwerte der geotechnischen Parameter sind auch Gegenstand spezifischer Elaborate, die dem Durchführungsprojekt, auf das für eventuelle Vertiefungen verwiesen wird, beiliegen.

Le analisi svolte per la verifica della sicurezza e delle prestazioni del sistema costruzione-terreno, l'identificazione dei relativi stati limite, gli approcci progettuali ed i valori di progetto dei parametri geotecnici sono anch'essi oggetto di specifici elaborati allegati al Progetto Esecutivo, ai quali si rimanda per eventuali approfondimenti.

Die folgenden Bearbeitungen basieren hauptsächlich auf die Ergebnisse der Untersuchungsphasen, die in den Jahren 2005/2006 und 2009/2010 durchgeführt wurden, während denen ein weitreichendes Programm von Versuchen vor Ort und im Labor durchgeführt wurde, das eine sorgfältige des geotechnischen Modells im Untergrund ermöglicht hat.

Le seguenti elaborazioni si basano principalmente sui risultati delle fasi di indagine eseguite negli anni 2005/2006 e negli anni 2009/2010, nel corso delle quali è stato condotto un esteso programma di prove in situ e di laboratorio, che ha consentito un'accurata ricostruzione del modello geotecnico del sottosuolo.

Die durchgeführte geotechnische Studie bezieht sich insbesondere auf die Untersuchungsergebnisse die direkt in der Nähe der alten abgeleiteten Linie und der Zufahrtsstraße A1 durchgeführt wurden.

Lo studio geotecnico eseguito si riferisce in particolare ai risultati delle indagini direttamente ricadenti in prossimità della Linea Storica Deviata e della Strada di Accesso A1.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

In Abwesenheit von direkt quantifizierbaren Daten der "lokalen" Untersuchungen, besteht der Bezug aus dem Komplex vor Ort und im Labor durchgeführter Untersuchungen, die für das gesamte Unterlos "Hauptbauwerke Eisack-Unterquerung" angewandt werden, da diese, auf jeden Fall auf Böden durchgeführt wurden, die unter einem geotechnischem Gesichtspunkt gleichartigen sind, und somit also die Extrapolation der lithotechnischen Eigenschaften der Formation ermöglichen.

Bevor mit den richtigen Projektaktivitäten begonnen wird, wird die geologische, die geomorphologische und die hydrogeologische Dokumentation, die hauptsächlich aus den Dokumenten besteht, die während der Ausschreibung zur Verfügung gestellt wurden und für das definitive Projekt ausgestellt wurden, überprüft.

Diese erneute Überprüfung gestattet es, im Einklang mit dem, was bereits zum Zeitpunkt der Prädisposition des endgültigen Projekts, welches von den Verbesserungen betroffen ist, die in der Ausschreibung gefragt sind, die Gültigkeit und die Vollständigkeit der Dokumentation zu bestimmen, was die geologische, die hydrogeologische und die geomorphologische Kartographie anbetrifft, einschließlich der Längsprofile und der Querschnitte und außerdem der geologischen und der geotechnischen Berichte.

Im Laufe dieser Projektphase wurden außerdem ein Programm für geognostische und geotechnische, integrative Untersuchungen eingeleitet, die ausschließlich die Aufgabe haben die Projekthypothesen zu bereichern und zu verfeinern, die in den vorherigen Studienphasen angewandt wurden.

Insbesondere die programmierten Untersuchungen wurden hauptsächlich auf eine genaue Untersuchung des geologischen Modells einiger besonders interessanter Punkte ausgerichtet, in Anbetracht der, in der Ausschreibung vorgeschlagenen Varianten, ohne dabei Änderungen am geotechnischen Bezugsmodell des definitiven Projektes, das als vollständig erschöpfend gilt, vorzunehmen. Als Bestätigung hierzu wurden im Rahmen der weiteren Untersuchungen keine besonderen geotechnischen Untersuchungen vor Ort und im Labor programmiert.

In mancanza di dati direttamente quantificabili dalle indagini "locali", il riferimento è costituito dal complesso di indagini in sito ed in laboratorio attuato per l'intero Sublotto "Opere Principali Sottoattraversamento Isarco", essendo queste, in ogni caso, messe in opera su terreni affini dal punto di vista geotecnico, di fatto permettendo, dunque, l'estrapolazione delle proprietà litotecniche delle formazioni.

Prima di dare corso alle attività progettuali vere e proprie, si è operata la verifica della documentazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica redatta per il Progetto Definitivo, la quale, fondamentalmente, era rappresentata dai documenti messi a disposizione nella gara di appalto.

Tale ricontrollo, coerentemente con quanto già appurato all'atto della predisposizione del Progetto Definitivo interessato dalle migliorie richieste nel bando di gara, rende lecito decretare la validità e la completezza della documentazione per quanto concerne la cartografia geologica, idrogeologica e geomorfologica, compresi i profili longitudinali e le sezioni, nonché le relazioni geologica e geotecnica.

Nel corso della corrente fase di progettazione, inoltre, è stato predisposto un programma di indagini geognostiche e geotecniche integrative, alle quali si è affidato unicamente il compito di arricchire e affinare le ipotesi progettuali adottate nelle precedenti fasi di studio.

Le indagini programmate, in particolare, sono state finalizzate principalmente ad una verifica puntuale del modello geologico di alcuni punti di particolare interesse alla luce delle varianti proposte in sede di gara, senza, di contro, apportare modifiche al modello geotecnico di riferimento del Progetto Definitivo, considerato pienamente esaustivo. A riprova di ciò, nell'ambito delle indagini integrative non sono state programmate particolari prove geotecniche in situ ed in laboratorio.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

Die Ergebnisse der weiteren Untersuchungen haben ihrerseits eine indirekte Kontrolle der Richtigkeit und der Gültigkeit des, im definitiven Projekt erworbenen, geologischen und geotechnischen Modells ausgeübt, um so im wesentlichen die litho-stratigraphischen Sequenzen, die Lagen, etc. zu bestätigen.

I risultati dell'integrazione di indagine hanno essi stessi esercitato un controllo indiretto sulla correttezza e fondatezza del modello geologico e geotecnico acquisito nel Progetto Definitivo, confermandone sostanzialmente le successioni lito-stratigrafiche, gli assetti giacitureali, ecc..

Letztlich werden die Kriterien, nach denen die geotechnische Charakterisierung erfolgte, die im geotechnischen Bericht enthalten ist, der für das definitive Projekt (Bez. D0753-08-01-004-01-RB-00) verfasst wurde, vollständig geteilt, mit angemessenen Klarstellungen und Ergänzungen im Hinblick auf numerische Parametrierung der Böden, wie es im weiteren Verlauf des Elaborats besser erläutert wird.

In definitiva, i criteri secondo i quali è avvenuta la caratterizzazione geotecnica contenuta nella Relazione Geotecnica prodotta per il Progetto Definitivo (rif. D0753-08-01-004-01-RB-00) vengono condivisi integralmente, con opportune puntualizzazioni ed integrazioni in termini di parametrizzazione numerica dei terreni, come meglio esplicitate nel prosieguo dell'elaborato.

In Anbetracht dieser Überlegungen wird die geotechnische Charakterisierung der Böden in den wichtigsten Aspekten zusammengefasst, um der Interpretation und der Erläuterung der zusätzlichen Untersuchungen einen größeren Stellenwert zu geben.

Alla luce di tali considerazioni, la caratterizzazione geotecnica dei terreni verrà sintetizzata negli aspetti salienti, dando maggior risalto all'interpretazione e al commento delle indagini integrative.

Vengono eseguite, in ogni caso, delle elaborazioni di dettaglio, basate sui risultati delle prove in situ e sulle evidenze delle prove di laboratorio disponibili, finalizzate a fornire un ulteriore approfondimento della caratterizzazione geotecnica presentata.

Aus geotechnischer Sicht sind im Projektgebiet die Aushübe und Abträge in Fels und Lockergestein sowie Dammschüttungen für die Neutrassierungen von Belang, mitunter auch in Grundwassernähe.

Dal punto di vista geotecnico gli interventi in progetto consistono in scavi e sbancamenti in roccia e in materiale sciolto nonché in rilevati per i nuovi tracciati, talora anche in prossimità della falda.

Aus geologischer Sicht betreffen die erwähnten Bauwerke vorwiegend quartäre Lockergesteinsformationen. Es treten alluviale Sedimente des Eisack, Murschutt- und Wildbachbildungen des Flaggerbachs und Hangschuttbildungen vor. Darüber können auch lokaler Hangschutt oder künstliche Aufschüttungen vorkommen.

Dal punto di vista geologico le opere di progetto interferiscono con terreni composti da depositi sciolti quaternari. Predominanti sono i depositi alluvionali derivanti dall'Isarco e i depositi di debris flow di Rio Bianco e Rio Vallaga. Localmente possono essere intercalati ad essi del detrito di versante e riporti artificiali.

Im südlichen Projektabschnitt ist auch der Felsuntergrund betroffen, der hier aus Brixner Granit besteht.

Nell'area di progetto meridionale è interessato anche il sottofondo roccioso, che qui è costituito da Granito di Bressanone.

Im Projektabschnitt liegt ein konsistenter Grundwasserkörper vor, der Grundwasserstand schwankt in Abhängigkeit von Witterung bzw.

In quest'area di progetto è presente un acquifero consistente. Il livello della falda acquifera oscilla, secondo le condizioni meteorologiche e la portata dei

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumentinhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Wasserführung der Fließgewässser um einige Meter und liegt je nach morphologischer Situation wenige bis mehrere Meter unter GOK. In Bereichen nahe zu den Bächen wird das Grundwasser direkt und erheblich von den Wasserläufen beeinflusst.

corsi d'acqua, di alcuni metri e si trova a seconda della morfologia da pochi fino a svariati metri sotto il piano campagna. Nei settori adiacenti ai torrenti, la falda è influenzata in maniera diretta dai corsi d'acqua.

Im Bereich der Eisenbahnunterquerung liegt die Baugrube nahe dem Grundwasserspiegel.

In corrispondenza del sottopasso ferroviario gli scavi per le fondazioni si trovano nei pressi del livello di falda.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

4 RECHTSBESTIMMUNGEN

- DM 14.01.2008 - Technische Normen für Bauten
- RUNDSCHREIBEN Nr. 617 vom 02.02.2009 - Anweisungen zur Anwendung der technischen Norme für Bauwerke gemäß dem Ministerialerlass vom 14.01.2008.

In Abwesenheit spezifischer Angaben wird auf folgende Normen verwiesen:

- Strukturelle und geotechnische Eurocodes, die vom CEN veröffentlicht wurden, mit den näheren Bestimmungen die in den Nationalen Anhängen enthalten sind.
- Anweisungen RFI DTC INC CS SP IFS 001 A – Spezifikation für die geotechnische Planung der zivilen Eisenbahnbauwerke (2011).
- Technische Spezifikation der Interoperabilität für Hochgeschwindigkeitsinfrastrukturen (STI-Infrastruktur)
- Eurocode 7 – Geotechnische Planung:
 - UNI ENV 1997-1;1997 Teil 1: Allgemeine Regeln
 - UNI ENV 1997-2;2002 Teil 2: Planung mit Labor Proben
 - UNI ENV 1997-3;2002 Teil 3: Planung mit Proben in Ort
- CNR (Nationaler Forschungsrat) Amtsblatt Nr. 69 Normen für Straßenmaterial. Bodenverdichtungsversuch
- CNR Amtsblatt Nr. 146 Bestimmung des Moduls M_d und M'_d durch Belastungsprobe mit zweifachem Zyklus mit Rundscheibe
- CNR – UNI 10006 Verwendungstechnik der Böden

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- DM 14.01.2008 – Norme tecniche per le costruzioni.
- CIRCOLARE n.617 del 02.02.2009 – Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM.14.01.2008.

In mancanza di specifiche indicazioni si farà riferimento alle seguenti norme:

- Eurocodici strutturali e geotecnici pubblicati dal CEN, con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali.
- Istruzioni RFI DTC INC CS SP IFS 001 A - Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie (2011).
- Specifica tecnica di interoperabilità per l'infrastruttura Alta Velocità (STI-Infrastruttura).
- Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica:
 - UNI ENV 1997-1;1997 Parte 1: Regole generali
 - UNI ENV 1997-2;2002 Parte 2: Progettazione assistita da prove di laboratorio
 - UNI ENV 1997-3;2002 Parte 3: Progettazione assistita con prove in sito.
- CNR B.U. n° 69 Norme sui materiali stradali. Prova di costipamento di una terra
- CNR B.U. n° 146 Determinazione del modulo M_d e M'_d mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare
- CNR - UNI 10006 Tecnica d'impiego delle terre

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

5 GEOLOGISCHER RAHMEN

5 QUADRO GEOLOGICO

5.1 GEOGRAPHISCHER RAHMEN

5.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Das Projektgebiet liegt im Eisacktal in der Gemeinde Franzensfeste, zwischen den Ortschaften Franzensfeste und Mittewald, zwischen ca. 750 und 850 m Mh.

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

Der von ITE (Arbeitsgemeinschaft ILF – TAEC – EUT; Auftrag D0150) geologisch bearbeitete Bereich bildet den südlichsten Abschnitt des BBT und erstreckt sich vom Weißenbach im Norden bis Franzensfeste im Süden. Der Trassenkorridor wird durch den NW-SE verlaufenden Eisack in zwei Teile gegliedert.

Il progetto geologico elaborato dall'ITE (gruppo di lavoro ILF – TAEC – EUT; Incarico D0150) costituisce l'estremo settore meridionale del BBT e si estende dal Rio Bianco a nord fino a Fortezza a sud. Il corridoio del tracciato è suddiviso in due settori dal fiume Isarco con andamento NW-SE.

Quer zur Richtung des Haupttales verlaufen die Täler des Weißenbachs, des Flaggerbachs und des Riobachs. Daneben werden die steilen Talflanken noch von zahlreichen N-S bis NE-SW verlaufenden Gräben und Rinnen zerschnitten.

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

Die höchste Erhebung im unmittelbaren Projektgebiet ist der Riol (1547 m) mit seiner, als Hohe Wand bezeichneten, steil nach S bis SE abfallenden Flanke.

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

Die größten Ansiedlungen im Eisacktal, zwischen Franzensfeste und Weißenbach, sind der Weiler Oberau sowie die Ortschaft Franzensfeste selbst. Daneben finden sich noch einzelne Gehöfte, Gebäude über das Projektgebiet verteilt

I principali abitati nella Val d'Isarco tra Fortezza e Rio Bianco sono i paesi di Prà di Sopra e Fortezza stesso. Oltre a questi centri abitati si trovano, distribuiti nell'area di progetto ancora alcuni masi e edifici.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

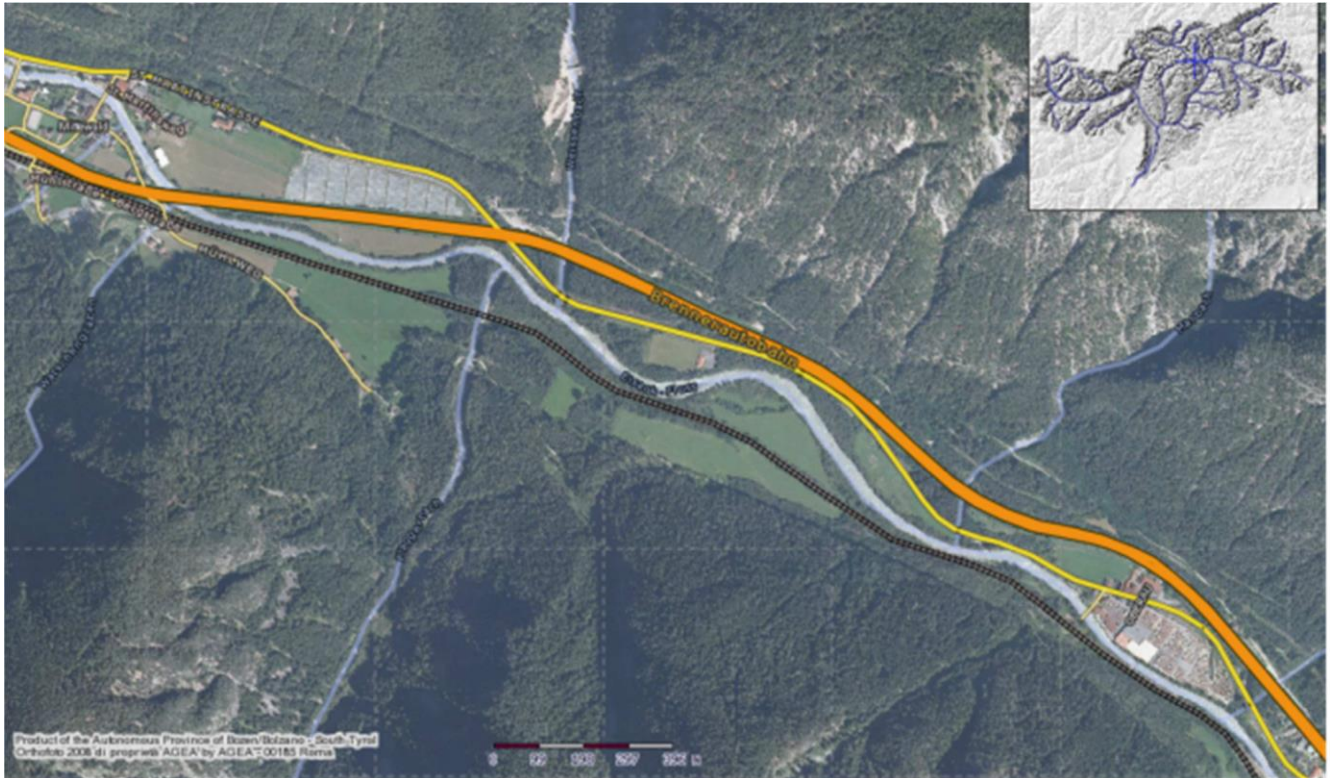


Abbildung 1: Auszug Geobrowser, Aut. Prov. Bozen, mit hervorgehobenem Projektgebiet

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

5.2 GEOLOGISCHER RAHMEN

Der betrachtete Abschnitt des BBT wird aus geologischer Sicht dem Südalpin zugerechnet

Südlich der Periadriatischen Linie tritt der Trassenkorridor in das südalpine Grundgebirge ein, bestehend aus dem granitisch-granodioritischen Pluton von Brixen, dem Gabbro des Scheibenbergs und den umhüllenden Metamorphiten (Phyllite, granatführende Glimmerschiefer) der Brixner Quarzphyllit Einheit.

Der Brixner Granit ist flächenmäßig das verbreitetste Festgestein des Projektgebietes. Gegen Süden erfolgt der Übergang zum Brixner Quarzphyllit.

Der Brixner Pluton (Perm) ist ein in Ost-West- Richtung gestreckter, linsenförmiger Körper, der in ziemlich oberflächennahes Krustenniveau am nördlichen Rand des südalpinen Grundgebirges intrudiert ist. Sein Nordrand ist eindeutig tektonischer Natur (nördliche Judikarienlinie und Pustertal Linie – Periadriatische Linie), sein Südrand ist von intrusiver Natur mit kontaktmetamorpher Überprägung auf den

5.2 CONTESTO GEOLOGICO

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

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

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

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

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

umgebenden Phylliten und Glimmerschiefern (Brixner Quarzphyllit).

metamorfica di contatto sulle filladi e micascisti incassanti (Fillade quarzifera di Bressanone).

Neben den genannten Festgesteinen treten vor allem entlang der Eisacktal-Furche quartäre Lockergesteine mit unterschiedlicher Mächtigkeit auf.

Oltre alle rocce menzionate, nel solco della Val d'Isarco affiorano rocce sciolte quaternarie con spessori variabili.

Das Untersuchungsgebiet und das Umfeld zeichnen sich insbesondere durch die Präsenz auf der Oberfläche von Böden aus, die aus den Wechseln von Murablagerungen, Hangschutt (Schuttkegel) und fluvioglazialen Überschwemmungen besteht.

L'area di studio ed il territorio circostante sono caratterizzate, in particolare, dalla presenza in superficie di terreni costituiti da alternanze di depositi di debris flow, detrito di versante (cono detritico) e alluvioni fluvioglaciali.

Eine klare stratigraphisch-genetisch Trennung der Lockergesteine ist auf Basis der Erkundungen oft schwierig und bereichsweise nur aufgrund der Interpretation der Lage (zu Fließgewässern, Kegelbereichen, Hangbereiche etc.) möglich.

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

Daneben wechseln die Lockergesteine typischerweise in diesen Alpentallagen mitunter sehr kleinräumig.

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

Mit Bezug auf die Murablagerungen handelt es sich um wenig klassifizierte Ablagerungen, welche sich durch eine umfangreiche granulometrische Verteilung auszeichnen. Es wird ein Vorwiegen von sandigem, leicht schlammigem Schotter mit Kiesel, bis hin zu schlammigem, schotterhaltigem Sand mit lokalen schlammigen Einfügungen ermittelt, welche durchschnittlich bis stark verdichtet sind.

Relativamente ai depositi di debris flow, si tratta di depositi poco classati, caratterizzati da un'ampia distribuzione granulometrica. Si riscontra la prevalenza di ghiaia con ciottoli sabbiosa debolmente limosa fino a sabbia ghiaio-limosa con locali intercalazioni limose, da mediamente a fortemente addensati.

Die Einheit des Schuttkegels, gravitativer Herkunft, ist eine kennzeichnende Anwesenheit des unteren Teils der Hänge, welche oft den unteren felsigen Substrat bedeckt und sich typischerweise mehrmals mit den Überschwemmungen und mit den Murgangablagerungen abwechselt. Auch diese zeichnet sich durch eine granulometrische, von mittelmäßige bis hin zu große, Verteilung aus.

L'unità del cono detritico, di origine gravitativa, è una presenza caratteristica della parte bassa dei versanti, spesso posta a ricopertura del substrato roccioso e tipicamente posta in ripetuta alternanza con le alluvioni e con i depositi di debris flow. Anch'essa è caratterizzata da una distribuzione granulometrica da intermedia ad ampia.

Im Hinblick auf die postglazialen Überschwemmungen des Quartärs des Flusses Eisack, handelt es sich um Flussablagerungen, die sich durch eine weitreichende granulometrische Verteilung auszeichnet, welche dem vorherrschenden Ablagerungsverhältnis entspricht. In Bezug auf die granulometrischen Eigenschaften, weisen diese Analogien mit dem, was in Bezug auf den Murgängen beschrieben wurde, vor, mit vorwiegend sandigen, leicht schlammigen Schotter mit Kiesel, bis

Per quanto concerne le alluvioni quaternarie post-glaciali del Fiume Isarco, si tratta di depositi fluviali caratterizzati da ampia distribuzione granulometrica, corrispondentemente al regime di sedimentazione predominante. In termini di sorting granulometrico, esse presentano delle analogie con quanto descritto a proposito dei debris flow, con prevalenza di ghiaia con ciottoli sabbiosa debolmente limosa, subordinatamente di sabbia ghiaio-limosa con locali intercalazioni limose,

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

hin zu schlammigen schotterhaltigen Sand mit lokalen schlammigen Einfügungen, welche durchschnittlich bis stark verdichtet sind.

da mediamente a fortemente addensati.

In den verschiedenen Lockergesteinen wurden in den Erkundungen (Bohrungen, Brunnen) mitunter zahlreiche und auch große Blöcke bis zu einem Durchmesser von 2,5-3 m erkundet. Entsprechend ist vor allem in Murschutt, Hangschutt und Eisack- Alluvionen (bis in ca. 20 m Tiefe) von einem hohen Vorkommen von verschieden großen und unregelmäßig verteilten Blöcken auszugehen.

Nei diversi tipi di terreno sciolto, nel corso delle indagini (sondaggi, pozzi), sono stati riscontrati a tratti numerosi blocchi anche di dimensione notevole, fino ad un diametro di 2,5-3 m. Di conseguenza si deve prevedere un elevato rischio di presenza di blocchi di varie dimensioni con distribuzione irregolare, soprattutto nei depositi di debris flow, nel detrito di versante e nelle alluvioni dell'Isarco.

5.3 STRATIGRAFISCHE EINORDNUNG

5.3 INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO

Auf Grundlage der Erhebungen lassen sich im Projektgebiet folgende Bodenarten unterscheiden:

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

A – Murschutt (Murmaterial)

A – Depositi (Materiale) di debris flow

B – Hangschutt (Hangschuttkegel)

B – Detrito di versante (Cono detritico)

C – Alluvionen (Postglaziale fluviatile Ablagerungen)

C – Alluvioni (Depositi fluviali postglaciali)

C1 – Alluvionen, gemischt- bis feinkörnig

C1 – Alluvioni a granulometria mista-fine

D – Aufschüttungen

D – Riporti artificiali

E – Festgestein

E – Roccia

Die Verteilung der Bodenarten ist aus den geologischen und geotechnischen graphischen Elaboraten (Karten, Profile, Abschnitte), die im §10.3.2 enthalten sind, zu entnehmen

La distribuzione dei tipi di terreni si evince dagli elaborati grafici geologici e geotecnici (carte, profili, sezioni) elencati al §10.3.2.

5.3.1 A – Murschutt

5.3.1 A – Depositi di debris flow

Diese Einheit betrifft die Ausgänge des Flaggertals sowie der kleineren Seitengraben. Sie reicht auch mitunter bis in den engen Talboden und verzahnt mit den Eisackalluvionen.

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

Es handelt sich um einen Wechsel von grob- und feinkörnigen, in der Regel schlecht sortierten Murschuttablagerungen mit einer großen Bandbreite der Korngrößenverteilung.

Si tratta di alternanze di depositi poco classati di debris flow a grana grossa ed a grana fine, con un'ampia distribuzione granulometrica.

- Zusammensetzung: weit bis intermittierend gestuft, Kies, sandig, mehr oder weniger schluffig, lokales Komponentenspektrum

- Composizione: distribuzione da ampia a intermedia, ghiaia, sabbiosa, più o meno limosa, spettro di clasti locale

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

- Bodenart (nach EN ISO 18196): GI, GW, GU, GU* und SU*
- Farbe: grau-braun
- Mächtigkeit: Meter bis mehrere Zehnermeter
- Kornform und Rundungsgrad Komponenten (nach EN ISO 14688): kubisch, kantig bis kantengerundet
- Schichtung: undeutlich, grobbankig
- Sortierung: schlecht
- Lagerung: dicht bis sehr dicht
- Natürlicher Volumenverlust γ : 19-22 kN/m³
- Wasserempfindlichkeit: gering bis hoch
- Frostempfindlichkeit (nach EN ISO 18196): nicht bis mittel frostempfindlich
- Wasserdurchlässigkeit (nach EN ISO 18130): schwach bis stark durchlässig (ca 1×10^{-3} bis ca. 1×10^{-6} m/s)
- Tipo di terreno (sec. EN ISO 18196): GI, GW, GU, GU* e SU*
- Colore: grigio-bruno
- Spessore: metrico 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: alta fino a molto alta
- Perso di volume naturale γ : 19-22 kN/m³
- Sensibilità all'acqua: bassa fino ad alta
- Sensibilità al gelo (sec. EN ISO 18196): nessuna fino a media
- Permeabilità idraulica (sec. EN ISO 18130): bassa fino ad alta (ca. 1×10^{-3} fino a ca. 1×10^{-6} m/s)

5.3.2 B – Hangschutt

Diese Einheit kommt im unteren Hangbereich vor, meist unmittelbar über dem Festgestein. An der Basis verzahnt sie mit den Alluvionen und dem Murschutt.

Diese gravitativen, zumeist grobkörnigen Ablagerungen sind gekennzeichnet durch intermittierend bis weit gestufte Körnungslinien.

Zusammensetzung: weit bis intermittierend gestuft, Kies, sandig, schwach schluffig, lokales Komponentenspektrum

- Bodenart (nach EN ISO 18196): GI, GW, GU und SU
- Farbe: grau-braun
- Mächtigkeit: Meter bis einige Meter
- Kornform und Rundungsgrad Komponenten

5.3.2 B – Detrito di versante

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

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

- Composizione: distribuzione da ampia a intermedia, ghiaia, sabbiosa, più o meno limosa, spettro di clasti locale
- Tipo di terreno (sec. EN ISO 18196): GI, GW, GU, e SU
- Colore: grigio-bruno
- Spessore: metrico fino ad alcuni metri
- Forma dei granuli e grado di arrotondamento

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

- | | |
|--|--|
| (nach EN ISO 14688): kubisch, kantig bis kantengerundet | (sec. EN ISO 14688): cubico, angolare in parte subangolare |
| <ul style="list-style-type: none">• Schichtung: undeutlich, hangparallel• Sortierung: mäßig bis schlecht• Lagerung: locker• Natürlicher Volumenverlust γ: 19-21 kN/m³• Wasserempfindlichkeit: keine• Frostempfindlichkeit (nach EN ISO 18196): nicht frostempfindlich• Wasserdurchlässigkeit (nach EN ISO 18130): gering bis sehr stark durchlässig (ca. 5×10^{-2} bis ca. 1×10^{-6} m/s) | <ul style="list-style-type: none">• Stratificazione: mal definita, parallela al versante• Classazione: da mediamente a poco classata• Densità in sito: bassa• Perso di volume naturale γ: 19-21 kN/m³• Sensibilità all'acqua: nessuna• Sensibilità al gelo (sec. EN ISO 18196): nessuna• Permeabilità idraulica (sec. EN ISO 18130): bassa fino a molto alta (ca. 5×10^{-2} fino a ca. 1×10^{-6} m/s) |

5.3.3 C – Alluvionen

Diese Einheit tritt verbreitet im Talboden auf und verzahnt mit Murschutt und Hangschutt.

Es handelt sich um wechsellagernde hoch- und niederenergetische Flussablagerungen, was in der großen Bandbreite der Korngrößenverteilung zum Ausdruck kommt, mit einem vorwiegend grobkörnigen, kiesig-sandigen Anteil. Die Lagerungsdichte nimmt tendenziell von oben nach unten zu (mitteldicht bis dicht).

- Zusammensetzung: Kies, sandig schwach schluffig bis Sand, kiesig, schluffig mit örtlichen schluffigen Einschaltungen, regionales Komponentenspektrum
- Bodenart (nach EN ISO 18196): GI, GW, GU, GU*, SE, SW, SU und SU*
- Farbe: grau-braun
- Mächtigkeit: mehrere Meter bis mehrere Zehnermeter
- Kornform und Rundungsgrad Komponenten (nach EN ISO 14688): kubisch bis plattig,

5.3.3 C – Alluvioni

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

Si tratta di alternanze di depositi alluvionali di bassa e di alta energia come evidenziato dall'ampia distribuzione granulometrica con una prevalenza di terreni a ghiaio-sabbiosi. La densità in sito aumenta tendenzialmente dall'alto verso il basso (da media ad alta).

- Composizione: ghiaia, sabbiosa, debolmente limosa, fino a sabbia, ghiaiosa, limosa, con locali intercalazioni limose, spettro di clasti regionale
- Tipo di terreno (sec. EN ISO 18196): GI, GW, GU, GU*, SE, SW, SU e SU*
- Colore: grigio-bruno
- Spessore: svariati metri fino a svariati decimetri
- Forma dei granuli e grado di arrotondamento (sec. EN ISO 14688): cubico fino a tabulare,

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

- | | |
|---|--|
| gerundet bis gut gerundet | arrotondato fino a ben arrotondato |
| <ul style="list-style-type: none">• Schichtung: subhorizontal im dm/m-Maßstab• Sortierung: mäßig - gut• Lagerung: mitteldicht bis dicht• Natürlicher Volumenverlust γ (geschätzt): 19-22 kN/m³• Wasserempfindlichkeit: mäßig bis keine• Frostempfindlichkeit (nach EN ISO 18196): nicht frostempfindlich• Wasserdurchlässigkeit (nach EN ISO 18130): durchlässig bis stark durchlässig (ca. 1×10^{-3} bis ca. 1×10^{-5} m/s) | <ul style="list-style-type: none">• Stratificazione: suborizzontale nell'ordine del dm/m• Classazione: da mediamente a ben classata• Densità in sito: da media ad alta• Perso di volume naturale γ: 19-22 kN/m³• Sensibilità all'acqua: da moderata a nessuna• Sensibilità al gelo (sec. EN ISO 18196): nessuna• Permeabilità idraulica (sec. EN ISO 18130): da media fino ad alta (ca. 1×10^{-3} fino a ca. 1×10^{-5} m/s) |

5.3.4 C1 – Alluvionen, gemischt- bis feinkörnig

5.3.4 C1 – Alluvioni a granulometria mista-fine

Diese Untereinheit von C betrifft den mittleren Talbereich in einer Tiefe von über 20-25 m ab GOK.

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

Es handelt sich um alluviale Ablagerungen mit einer vorwiegend sandigen Zusammensetzung und einem höheren Feinkornanteil. Die Lagerungsdichte nimmt ebenfalls tendenziell von oben nach unten zu (mitteldicht bis dicht).

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

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Zusammensetzung: Sand, kiesig, schluffig, mit örtlichen schluffigen Einschaltungen, regionales Komponentenspektrum• Bodenart (nach EN ISO 18196): SE, SW, SU und SU*• Farbe: braun-grau• Mächtigkeit: mehrere Meter bis mehrere Zehnermeter• Kornform und Rundungsgrad Komponenten (nach EN ISO 14688): kubisch bis plattig, gerundet bis gut gerundet | <ul style="list-style-type: none">• Composizione: sabbia, ghiaiosa, limosa, con locali intercalazioni limose, spettro di clasti regionale• Tipo di terreno (sec. EN ISO 18196): SE, SW, SU e SU*• Colore: bruno-grigio• Spessore: svariati metri fino a svariati decimetri• Forma dei granuli e grado di arrotondamento (sec. EN ISO 14688): cubico fino a tabulare, arrotondato fino a ben arrotondato |
|--|---|

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

- Schichtung: subhorizontal im dm/m-Maßstab
- Sortierung: mäßig - gut
- Lagerung: mitteldicht bis dicht
- Natürlicher Volumenverlust γ (geschätzt): 19-21 kN/m³
- Wasserempfindlichkeit: mäßig bis gering
- Frostepfindlichkeit (nach EN ISO 18196): nicht bis mittel frostepfindlich
- Wasserdurchlässigkeit (nach EN ISO 18130): schwach bis stark durchlässig (ca. 1×10^{-3} bis ca. 1×10^{-6} m/s).
- Stratificazione: suborizzontale nell'ordine del dm/m
- Classazione: da mediamente a ben classata
- Densità in sito: da media ad alta
- Perso di volume naturale γ : 19-21 kN/m³
- Sensibilità all'acqua: da moderata a bassa
- Sensibilità al gelo (sec. EN ISO 18196): da moderata a nessuna
- Permeabilità idraulica (sec. EN ISO 18130): da bassa fino ad alta (ca. 1×10^{-3} fino a ca. 1×10^{-6} m/s).

5.3.5 D – Aufschüttungen

Es handelt sich um Lockergestein unbekannter und variierender Zusammensetzung, vermutlich lokales Aushubmaterial. Einlagerungen von Fremdmaterial können nicht ausgeschlossen werden, anzunehmen ist eine überwiegend lockere Lagerung. Tendenziell ungeschichtet bis hangparallel geschichtet ist zu vermuten, durchschnittlich bis hohe wasserdurchlässig; ohne spezifische Erkundung als ungeeignet für Gründungen anzunehmen.

Aufgrund der anzunehmenden variablen Zusammensetzung ergibt sich eine hohe Schwankungsbreite bei den geotechnischen Kennwerten. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bereichsweise unverdichtetes Material vorhanden ist oder eine ungleichmäßige Verteilung von Material mit entsprechend ungleichen Eigenschaften vorliegt.

Die erkundeten anthropogenen Ablagerungen sind generell gekennzeichnet durch intermittierend bis weit gestufte Körnungslinien mit zum Teil schluffigem bis schwach tonigem Feinkornanteil. Es treten nach nach EN ISO 18196 folgende Bodenklassen auf: GI, GW, GU, SU.

5.3.5 D – Riporti artificiali

Si tratta di terreni sciolti a composizione non nota e variabile, presumibilmente materiale di scavo di provenienza locale. Non si possono escludere intercalazioni di materiali estranei. Si presume in prevalenza una bassa densità in sito. Tendenziamente sono da ritenersi non stratificati o stratificati parallelamente al versante, con permeabilità da media ad elevata. Sono da considerare come non idonei come terreno di fondazione senza specifica indagine preliminare.

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

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

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Per la permeabilità idraulica (sec. EN ISO 18130) possono stimarsi valori compresi nel range da ca. 1×10^{-3} m/s fino a ca. 1×10^{-6} m/s.

5.3.6 E – Festgestein

Auf Grundlage der Erhebungen lassen sich im Projektgebiet folgende Felsarten unterscheiden:

GA-BG-01

Granit bis Granodiorit, weiständig bis mittelständig geklüftet, frisch bis schwach verwittert

- Bankung/Schieferung: keine
- Trennflächenabstand: 0,2-2 m
- Trennflächenbeschaffenheit: gestuft/eben, rau
- Öffnung/Füllung: Qtz, Sand, bis mehrere cm
- Dichte: 2,65 t/m³
- Festigkeit: fest
- Wasserempfindlichkeit: nicht empfindlich
- Frostempfindlichkeit (nach EN ISO 18196): nicht frostempfindlich
- Lösbarkeit (DIN 18300): Bodenklasse 7 (schwer lösbarer Fels)

GA-BG-02

Granit bis Granodiorit, mittelständig bis engständig geklüftet, frisch bis mäßig verwittert, zum Teil vergrünt.

- Bankung/Schieferung: keine
- Trennflächenabstand: 0,06-0,6 m
- Trennflächenbeschaffenheit: gestuft/eben, rau bis glatt, leicht bis mäßig verwittert

5.3.6 E – Roccia

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

GA-BG-01

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

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

GA-BG-02

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

- Stratificazione/scistosità: assente
- Spaziatura discontinuità: 0,06-0,6 m
- Superfici discontinuità: a gradini/planare, scabro fino a liscio, legg. Fino a moderat. alterato

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

- | | |
|--|--|
| • Öffnung/Füllung: Qtz, Sand, bis mehrere cm | • Apertura/riempimento: Qtz, sabbia, alcuni cm |
| • Dichte: 2,65 t/m ³ | • Densità: 2,65 t/m ³ |
| • Festigkeit: mäßig bis fest | • Resistenza: moderata e dura |
| • Wasserempfindlichkeit: nicht empfindlich | • Sensibilità all'acqua: nessuna |
| • Frostepfindlichkeit (nach EN ISO 18196): nicht frostepfindlich | • Sensibilità al gelo (sec. EN ISO 18196): nessuna |
| • Lösbarkeit (DIN 18300): Bodenklasse 7 (schwer lösbarer Fels) | • Scavabilità (DIN 18300): Classe 7 (roccia difficilmente scavabile) |

5.4 OBERFLÄCHEN- UND UNTERGRUNDGEWÄSSER

Die Rekonstruktion der hydraulischen Regelung des Untergrundes basiert auf den erhältlichen Ablesungen, die mithilfe eines offenen, im Laufe der vorherigen Untersuchungen installierten, Rohrs (Piezometer) durchgeführt wurden, auf den Daten, die in der folgenden Untersuchung von BBT SE gesammelt wurden und mit den Messungen, die in den Untersuchungscampagnen 2014-2015 durchgeführt wurden, integriert wurden.

Im ausschließlichen Bezug auf die Piezometer, die in den betroffenen Bereichen der vorherigen Untersuchungscampagnen installiert wurden, zeigt die Tabelle 1 die Mindest-, die Höchst- und die Durchschnittsmaße, der piezometrischen Niveaus, des Beobachtungszeitabschnitts (bis November 2014) an, die als absolute Maße angegeben werden.

5.4 ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE

La ricostruzione del regime idraulico del sottosuolo è basato sulle letture disponibili effettuate in piezometri a tubo aperto installati nel corso delle passate campagne d'indagine, sui dati raccolti nel successivo monitoraggio da BBT SE, integrati con le misure eseguite nella campagna 2014-2015.

Limitatamente ai piezometri installati nelle aree di interesse per le pregresse campagne di indagini, la Tabella 1 riporta le misure minime, massime e medie dei livelli piezometrici riscontrate nel periodo di osservazione (fino a Novembre 2014), espresse in termini di quote assolute.

Settings data export:		Data 01.01.2001		
		To: 18.11.2014		
Interne Bezeichnung / denominazione interna (Name Messort / nome punto di misurazione)	WSTmin [mULN]	WSTmax [mULN]	WSTmittel [mULN]	Beginn Messungen / Inizio misurazioni
Gt-B-02_05	763,45	766,7	764,11	10.11.2005
MW-B-12/05	762,930	764,50	763,79	22.11.2005
MW-B-13/05	767,780	769,960	768,649	10.11.2005
MW-B-07/05	769,14	771,38	770,08	10.11.2005
Fo-Br-04_09	767,98	769,84	769,00	18.05.2011

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Settings data export:		Data	01.01.2001		
		To:	18.11.2014		
Interne Bezeichnung / denominazione interna (Name Messort / nome punto di misurazione)	WSTmin [mULN]	WSTmax [mULN]	WSTmittel [mULN]	Beginn Messungen / Inizio misurazioni	
Fo-B-15b_09	767,69	769,54	768,65	18.05.2011	
Fo-B-15_09	767,53	769,35	768,48	18.05.2011	
Fo-B-16b_09	766,67	768,35	767,60	18.05.2011	
Fo-B-16_09	763,57	764,55	764,11	18.05.2011	
Fo-B-18_09	766,72	768,25	767,52	18.05.2011	
Fo-B-19b_09	766,67	768,46	767,66	18.05.2011	
Fo-B-19_09	763,92	765,22	764,48	18.05.2011	
Fo-B-20_09	767,02	770,31	768,22	18.05.2011	
Fo-B-21_09	764,72	765,84	765,31	18.05.2011	
Fo-B-22_09	763,73	765,00	764,22	18.05.2011	
Fo-B-23b_09	765,45	766,76	766,21	18.05.2011	
Fo-B-23_09	763,44	764,40	763,95	18.05.2011	

Tabelle 1 - Grundwasserniveau in den installierten Piezometer der Untersuchungscampagnen 2005/2006 und 2009/2010 (Daten erhalten von BBT-SE).

Tabella 1 – Livelli di falda nei piezometri installati nelle campagne di indagine 2005/2006 e 2009/2010 (dati ric. da BBT-SE).

Die Tabelle 2 zeigt die einzige Messsession des piezometrischen Niveaus an, die aus der zusätzlichen Untersuchungscampagne 2014-2015 erhältlich sind.

La Tabella 2 riporta l'unica sessione di misure di livello piezometrico disponibili dalla campagna di indagini integrative attuata nel 2014-2015.

Probebohrung Sondaggio	Untersuchungscampagne Campagna di indagine	Art des Piezometers Tipologia piezometro	Maß (m über der Geländeoberkante) Misura (m dal p.c.)	Maß (m.ü.d.M.) Misura (m s.l.m.)	Messdatum Data di misurazione
BHPz-02/14	2014-2015	Offenes Rohr Tubo aperto	-1.0	763,28	05/03/2015
BHPz-01/14	2014-2015	Offenes Rohr Tubo aperto	-2.0	763,81	11/03/2015
Pz-B-02/15	2014-2015	Offenes Rohr Tubo aperto	-6.0	766,95	23/02/2015
Pz-B-01/15	2014-2015	Offenes Rohr Tubo aperto	-8.75	768,30	23/02/2015
BHPz-10/14	2014-2015	Offenes Rohr Tubo aperto	abwesend assente	abwesend assente	11/03/2015

Tabelle 2 - Grundwasserniveau in den installierten Piezometer der Untersuchungscampagnen (2014/2015)

Tabella 2 – Livelli di falda nei piezometri installati nella campagna di indagine 2014/2015.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

Je nachdem welche Maßnahmen durchgeführt wurden, kann ein Grundwasser eingestuft werden, das sehr unterschiedlich ist und von der Position der Probebohrung entlang des Projektabschnitts, von der lithologischen Eigenschaft der betreffenden Schichten, von den Zuflüssen und von den meteorischen Zuführungen beeinflusst wird.

Si può valutare dalle misure eseguite un livello di falda alquanto variabile e condizionato dall'ubicazione del sondaggio lungo il tracciato di progetto, dalla natura litologica degli strati interessati, dagli afflussi, dagli apporti meteorici.

Es wurde keine Situation ermittelt, die durch Sättigung des Grundwassers entsteht.

Non si sono riscontrate situazioni di saturazione da falda freatica.

Für die Rekonstruktion der Entwicklung des Grundwassers und für eine genaue Bestimmung der Grundwasserstände wird auf die ausführlichen Profile und geologisch-geotechnischen Abschnitte verwiesen, die für die laufende Planungsphase ausgearbeitet wurden (vgl. Bezugsdokumente in §10.3.2).

Per la ricostruzione dell'andamento della falda e per una puntuale definizione dei livelli piezometrici si rimanda alla consultazione dei profili e delle sezioni geologico-geotecniche di dettaglio redatte per la corrente fase progettuale (cfr. documenti di riferimento al §10.3.2).

In diesen Abschnitten sind folgende hydrographische Daten enthalten:

In tali sezioni e profili sono riportati i seguenti dati idrici:

- für die Grundwasser-Messstellen die erhobenen minimalen und maximalen Grundwasserstände (wo verfügbar, ansonsten die Einzelmessung);
- der durchschnittliche Grundwasserstand entlang des Abschnitts, rekonstruiert auf der Grundlage der hydrogeologischen Modellierung der Stätte: das hydraulische Verhältnis wird über die Einführung der freien Oberfläche des Grundwassers, das eine hydrostatische Entwicklung des Drucks in den Zwischenräumen mit der Tiefe mit sich bringt, schematisch dargestellt. Der ausgearbeitete durchschnittliche Stand stimmt mit guter Annäherung mit dem Stand überein, der in den geologisch-geotechnischen Längsprofilen des Ausschreibungsprojekts und des endgültigen angebotenen Projekts der Variante vorhanden sind.
- per i piezometri i livelli minimi e massimi registrati (ove disponibile, altrimenti livelli di misura singola);
- il livello medio di falda lungo la sezione, ricostruito in base alla modellazione idrogeologica del sito: il regime idraulico viene schematizzato attraverso l'introduzione della superficie libera della falda, che implica un andamento idrostatico delle pressioni interstiziali con la profondità. Il livello medio rielaborato coincide con buona approssimazione con quello presente nei profili longitudinali geologico-geotecniche a base di gara e del Progetto Definitivo di variante offerto.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

- der maximale Grundwasserstand entlang des Abschnitts, rekonstruiert auf der Grundlage der hydrogeologischen Modellierung der Stätte. Dieser Stand besteht in der Hüllkurve der historischen Höchstwerte, die für jedes Piezometer im betroffenen Gebiet aufgezeichnet wurden. Dies impliziert ein nicht notwendigerweise synchrones Auftreten der historischen Höchstwerte. Die ausgearbeiteten historischen Höchstwerte stimmen zum größten Teil mit den Höchstwerten überein, die in den geologischen Abschnitten des endgültigen Projekts aufgeführt sind.
- il livello massimo di falda lungo la sezione, ricostruito in base alla modellazione idrogeologica del sito. Tale livello consiste nell'involuppo dei valori massimi storici registrati per ciascun piezometro ricadente nell'area di interesse. Ciò implica l'occorrenza non necessariamente sincrona dei massimi storici. I massimi storici rielaborati coincidono in gran parte con i massimi riportati nelle sezioni geologiche del PD.

Die angewandten Übernahmen mit Bezug auf die Verteilung des Zwischenraumdrucks, werden von Mal zu Mal unter den Dimensionierungskriterien und zur Prüfung der Projektbauwerke formuliert.

Le assunzioni adottate in merito alla distribuzione delle pressioni interstiziali vengono formulate di volta in volta fra i criteri di dimensionamento e di verifica delle opere in progetto.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

6 GEOTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN

6.1 VORBEMERKUNG

Die Untersuchungen, die für die betreffenden Bereiche durchgeführt wurden, bestehen aus einem Teil der Gesamtheit der vergangenen, vor Ort und im Labor durchgeführten, und aus den laufenden für das gesamte untergeordnete Los "Hauptbauwerke der Eisack-Unterquerung" durchgeführten, Untersuchungen.

Zum Zweck der Definition des stratigrafischen und geotechnischen Modells des Untergrunds, hat man insbesondere auf die Ergebnisse Bezug genommen, die lokal erhältlich sind und auf der Basis der stratigrafischen Rekonstruktionen, die in den geologisch-geotechnischen Profilen für die laufende Projektphase durchgeführt wurden.

Auch wenn die gesamten, auf dem Unterlos durchgeführten, Untersuchungen nicht in den Bereichen durchgeführt wurden, auf die sich die hier genannten Eingriffe beziehen, diese sich aber, logistisch gesehen, in der Nähe dieses Bereichs liegen und auf Formationen durchgeführt wurden, die aus geotechnischer Sicht analog sind, stellen sie, aus dennoch, unter zwei Aspekten, einen unentbehrlichen Bezug dar:

- Als Prüf- und Eichungselement, wo man, aus den Untersuchungen heraus, welche in Übereinstimmung mit den betreffenden Eingriffen liegen, über geotechnische Daten verfügt, die der Anzahl, dem Typ und dem Informationsinhalt nach, kongruent sind;
- Als einziger Projektbezug zur Festlegung der, von den "vor Ort" durchgeführten Untersuchungen, nicht direkt quantifizierbaren Größen.

Wenn man die Ergebnisse der Untersuchungen, welche in den Bereich alte abgeleitete Linie und Zufahrtsstraße A1 fallen, und, innerhalb der oben angegebenen Grenzen, die Daten, welche die Gesamtheit der, im gesamten Unterlos, durchgeführten Untersuchungen betreffen, erkundet, ist es möglich eine Einschätzung der Variationsintervalle der geotechnischen Parameter durchzuführen, die für die Formationen durchschnittlich typisch sind.

6 INDAGINI GEOTECNICHE

6.1 PREMESSA

Le indagini eseguite per le aree in oggetto consistono in una parte della globalità delle indagini in sito ed in laboratorio pianificate nei livelli progettuali pregressi ed in quello in essere per l'intero Sublotto "Opere Principali Sottoattraversamento Isarco".

Ai fini della definizione del modello stratigrafico e geotecnico del sottosuolo, si è fatto particolare riferimento agli esiti delle indagini disponibili localmente e sulla base delle ricostruzioni stratigrafiche eseguite nei profili geologico-geotecnici redatti per la corrente fase progettuale.

Le indagini complessivamente eseguite nell'intero Sublotto, anche se ascrivibili a siti esterni a quelli di stretta pertinenza degli interventi in oggetto, ma comunque logisticamente prossime all'area e messe in opera su formazioni analoghe dal punto di vista geotecnico, costituiscono comunque un riferimento indispensabile sotto due punti di vista:

- come elemento di controllo e di taratura, laddove dalle indagini direttamente ricadenti in corrispondenza degli interventi in oggetto si disponga di dati geotecnici congrui per numero, tipo e contenuto informativo;
- come unico riferimento progettuale, per la definizione delle grandezze non direttamente quantificabili dalle indagini "locali".

Prendendo in esame i risultati delle indagini ricadenti nell'ambito della Linea Storica Deviata e della Strada di Accesso A1 e, nei limiti sopra esposti, i dati afferenti dalla globalità delle indagini eseguite nell'intero Sublotto, è stato possibile operare una stima degli intervalli di variazione dei parametri geotecnici mediamente rappresentativi delle formazioni.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

Um die operativen geotechnischen Parameter zu entnehmen, die direkt in den geotechnischen Analysen angewendet werden, wurden dann, im Bereich der festgelegten Variationsintervalle, noch die typischsten Werte des mechanischen Verhaltens der Materialien ausgewählt.

Per desumere i parametri geotecnici operativi, di diretto impiego nelle analisi geotecniche, si sono poi selezionati nell'ambito degli intervalli di variazione stabiliti i valori più rappresentativi del comportamento meccanico dei materiali.

Die gegenständlichen Ausführungen beruhen weitgehend auf den Ergebnissen der 2005/2006 bzw. 2009/2010 durchgeführten Untersuchungen, bei denen ein weitreichendes Untersuchungsprogramm vor Ort und im Labor durchgeführt wurde.

Le seguenti elaborazioni si basano principalmente sui risultati delle fasi di indagine eseguite negli anni 2005/2006 e negli anni 2009/2010, nel corso delle quali è stato condotto un esteso programma di prove in situ e di laboratorio.

Außerdem ist es möglich, in der laufenden Projektphase von der Untersuchungsergänzung, welche 2014/2015 in den Bereichen, die vom Projekt betroffen sind, vorbereitet wurde, Gebrauch zu machen.

Inoltre, è possibile avvalersi nella corrente fase progettuale dell'integrazione di indagine predisposta nel 2014/2015 nelle aree coinvolte dalla progettazione.

Das geologische und geotechnische Bezugsmodell, das im endgültigen Projekt vorgeschlagen wurde, erwies sich, dank der geotechnischen Untersuchungen, die während den vergangenen Untersuchungscampagnen durchgeführt wurden, schon als sehr detailliert und genau.

Il modello geologico e geotecnico di riferimento proposto nel Progetto Definitivo è risultato già molto dettagliato ed accurato, grazie alla gran mole di indagini geotecniche svolte durante le campagne di indagini susseguites nel passato.

Tatsächlich hatte die geognostische Campagne also den Zweck, die lokale stratigraphische Sequenz in einigen Punkten von besonderem Interesse zu beobachten, in Anbetracht der, in der Ausschreibung, vorgeschlagenen, Varianten, zur Erläuterung des geologischen Bereichs, in dem die Eingriffe angesetzt werden und wo dieser, durch Extrapolation/Interpolation der erhältlichen Informationen über angrenzende Bereiche, zur Optimierung, also, der Einschätzungen, welche der vorliegenden Projektphase, in Bezug auf die Aspekte, welche die Dimensionierung der, im Projekt vorgesehenen, Bauwerke anrechnen, erhalten wurde.

Di fatto, quindi, la campagna geognostica integrativa è stata finalizzata ad osservare la sequenza stratigrafica locale in alcuni punti di particolare interesse alla luce delle varianti proposte in sede di gara, a chiarire l'ambiente geologico in cui si impostano gli interventi dove esso era stato ottenuto per estrapolazione/interpolazione delle informazioni disponibili su aree limitrofe, ad ottimizzare, dunque, le valutazioni ascrivibili alla presente fase di progettazione circa gli aspetti inerenti il dimensionamento delle opere previste in progetto.

Angesichts des Zwecks einer gesissenhaften Diagnose, war es nicht notwendig, vor Ort und im Labor besondere geotechnische Untersuchungen durchzuführen, nachdem das geotechnische Bezugsmodell des endgültigen Projekts, als als ausreichend und umfassend angesehen wurden.

Data la finalità di diagnostica "puntuale", non è stato necessario eseguire particolari prove geotecniche in situ ed in laboratorio, avendo considerato sufficiente ed esaustivo il modello geotecnico di riferimento del Progetto Definitivo.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

Es ist daher offensichtlich, wie die geotechnische Charakterisierung, die im betreffenden Abschnitt des geotechnischen Berichts, der dem endgültigen Projekt (Bez. D0753-08-01-004-01-RB-00) beiliegt, enthalten ist, im allgemeinen als bestätigt gilt, mit Ausnahme einiger angemessener Klarstellungen und Ergänzungen im Hinblick eines mechanischen Modells (numerische Parametrisierung), die später im Detail beschrieben werden.

Risulta, dunque, evidente, come la caratterizzazione geotecnica contenuta nell'apposita sezione della Relazione Geotecnica allegata al Progetto Definitivo (rif. D0753-08-01-004-01-RB-00) risulti in linea generale confermata, ad eccezione di alcune opportune puntualizzazioni ed integrazioni in termini di modello meccanico (parametrizzazione numerica), dettagliate nel seguito.

Vengono eseguite, in ogni caso, delle elaborazioni di dettaglio, basate sui risultati delle prove in situ e sulle evidenze delle prove di laboratorio disponibili, finalizzate a fornire un ulteriore approfondimento della caratterizzazione geotecnica presentata.

Esse hanno interessato, in particolare, i depositi di debris flow (TERRENO A) ed i depositi alluvionali post-glaciali dell'Isarco (TERRENO C), nonché la caratterizzazione meccanica dell'ammasso roccioso granitico.

Per i terreni sciolti, l'approfondimento del quadro conoscitivo già delineato ha riguardato prevalentemente i dati delle prove penetrometriche dinamiche (SPT), in ragione del fatto che queste sono diffusamente eseguite nel contesto di riferimento e, pertanto, costituiscono il dato geotecnico più rappresentativo.

In tal modo, dunque, si è fornita ulteriore evidenza che le risultanze delle indagini rispondesse al quadro presentato ai §§7.2 e 7.3 in termini di range di variazione e di valore caratteristico dei parametri geotecnici.

Ci si è soffermati, in particolare, sull'interpretazione e sul commento delle indagini integrative.

Man befasst sich dennoch mit dem Abschnitt der sich auf die Diskussion der Ergebnisse dieser Untersuchungen bezieht, im Detail, auch im "Bericht über die Aktivitäten zur Vertiefung der geologisch/geotechnischen Studie" (Bez. 02-H71-AF-002-03-01-001.02-B0115-00355-RT3).

La parte relativa alla discussione delle risultanze di tali indagini viene, comunque, affrontata in dettaglio anche nella "Relazione sulle attività di approfondimento dello studio geologico/geotecnico" (rif. 02-H71-AF-002-03-01-001.02-B0115-00355-RT3).

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

6.2 DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

In der Abbildung 2 und Abbildung 3 wird ein Auszug der geologischen Planimetrie und der Untersuchungen, welche sich auf den Projektbereich beziehen.

In der Tabelle 3 wird die Zusammenfassung der Bohrungen angezeigt, die in der Nähe der betreffenden Bauwerke durchgeführt werden, mit der Angabe der Bohruntersuchungen die durchgeführt werden und eventuell installierter Piezometer und Neigungsmesser.

Die Untersuchung dieses Abschnitts erfolgte mit 24 Probebohrungen (4 wurden 2005, 12 wurden 2009, 8 der zusätzlichen wurden 2014-2015, darunter die geneigte Bohrung BH-09/14, durchgeführt).

Rot werden die Untersuchungen hervorgehoben, die sich auf die zusätzliche Campagne 2014-2015 beziehen.

Was die Bohrmodalitäten anbetrifft, bezieht sich die Abkürzung "CC" auf den Vorschub bei durchgehender Kernbohrung, "DN" auf den Vorschub mit Kernzerstörung.

Die Kennzeichnung "ta" in der Spalte "Piezometer" zeigt Piezometer mit offenen Rohr an.

6.2 INDAGINI ESEGUITE

In Figura 2 e Figura 3 viene illustrato uno stralcio della planimetria geologica e delle indagini riferito al sito di progetto.

In Tabella 3 è riportato il quadro riassuntivo delle perforazioni ricadenti in prossimità delle opere in oggetto, con l'indicazione delle prove in foro effettuate e di eventuali piezometri/inclinometri installati.

L'indagine di questo settore è avvenuta tramite n.24 sondaggi (n.4 eseguiti nel 2005, n.12 del 2009, n.8 dell'integrazione 2014-2015, fra cui il sondaggio inclinato BH-09/14).

In rosso vengono evidenziate le indagini ascrivibili alla campagna integrativa del 2014-2015.

Riguardo le modalità di perforazione, la sigla "CC" sta per avanzamento a carotaggio continuo, "DN" per avanzamento a distruzione di nucleo.

La sigla "ta" nella colonna "piezometri" sta ad indicare piezometri a tubo aperto.

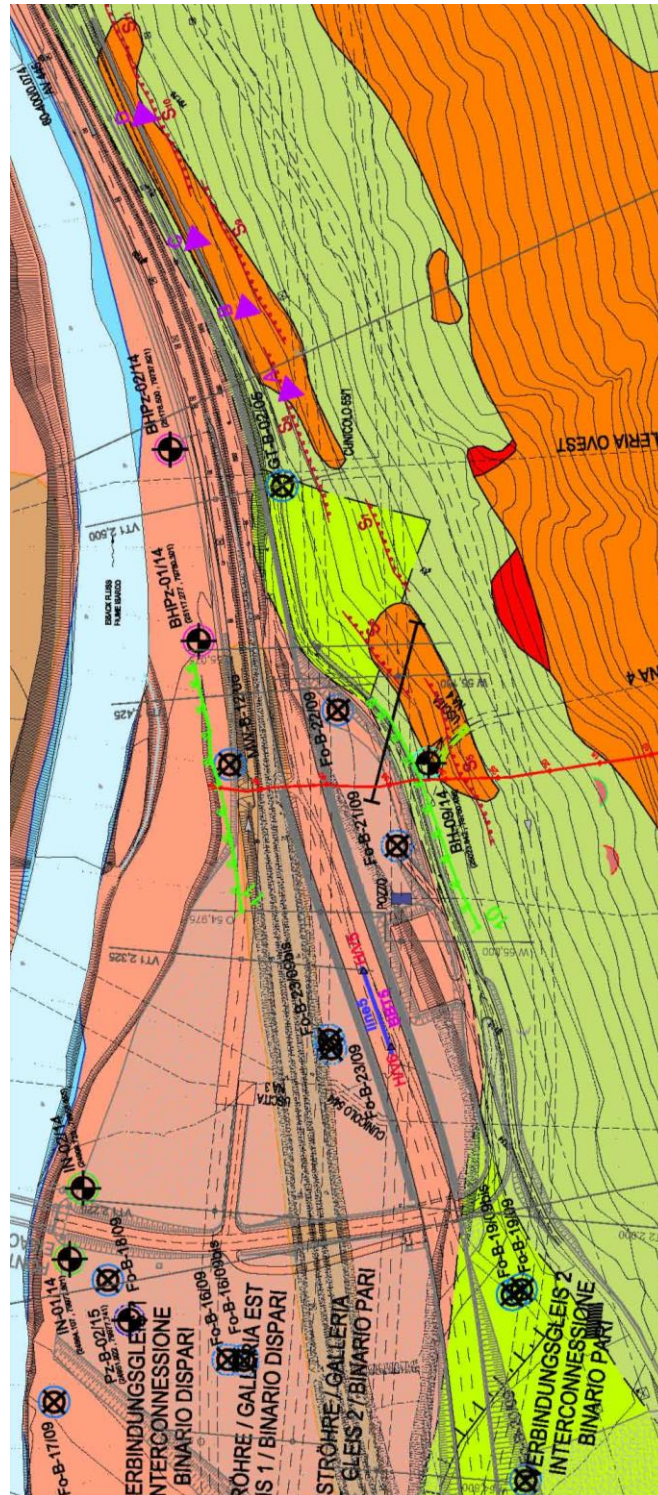
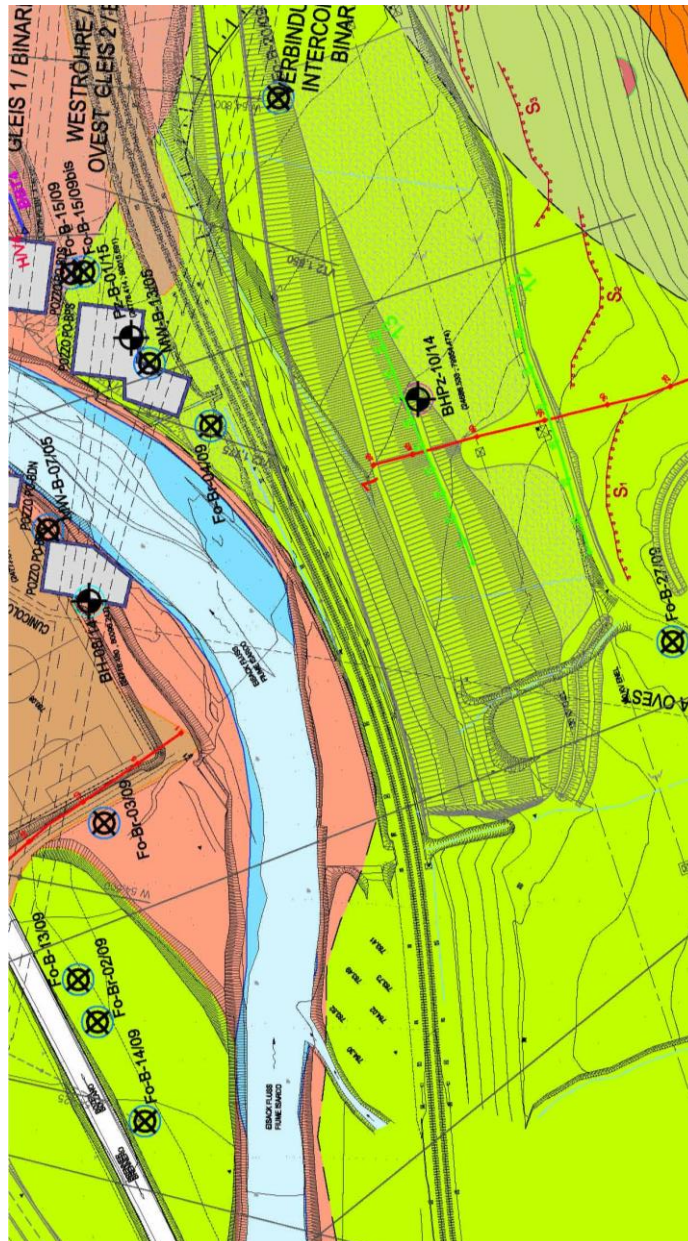


Abbildung 2: Auszug der Planimetrie mit geognostischen Untersuchungen 1/2.

Figura 2: stralcio della planimetria con le indagini geognostiche 1/2.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica



- Legende / Legend:
- Stratigraphie - Lithologie / Stratigrafia - Litologia
- Südalpin - Altkristallin / Sudalpino - Basamento cristallino
- Brixner Granit aufgeschlossen / Granito di Bressanone affiorante
 - Brixner Granit vermutet bzw. subanstehend / Granito di Bressanone presunto o subaffiorante
- Fluvioglaziale Ablagerungen / Depositi fluvio-glaciali
- Grobkiese / Ghiaie grossolane
 - Glaziale und Fluvioglaziale Ablagerungen undifferenziert / Depositi glaciali e fluvio-glaciali indifferenziati
- Glaziale Ablagerungen / Depositi glaciali
- Moränenmaterial undifferenziert / Materiale morenico indifferenziato
- Alluviale Ablagerungen / Depositi alluvionali
- Postglaziale fluviale Ablagerungen / Depositi fluviali postglaciali
 - Hangschuttkegel / Cono detritico
 - Hangschutt mit umgelagertem Moränenmaterial / Detrito di versante con materiale morenico rimaneggiato
 - Blockschutt / Detrito di blocchi
 - Murmaterial / Materiale di debris flow
- Anthropogene Ablagerungen / Forme antropiche
- Verbauungen allg. / Interventi di sistemazione in gen.
 - Planie allg. / Spiano in gen.
 - Halde allg. / Deposito in gen.

Abbildung 3: Auszug der Planimetrie mit geognostischen Untersuchungen 2/2.

Figura 3: stralcio della planimetria con le indagini geognostiche 2/2.

BOHRUNG SONDAGGIO	PROFONDITÀ/TIEFE (m)	MODALITÀ/ MODALITÀTEN	CAMPIONI / PROBEN	PIEZOMETRO / PIEZOMETERI	INCLINOMETRI / NEIGUNGSMEESE	LUGEON /LUGEON	PROVE DILATOMETRICHE SU ROCCIA / DEHNUNGSMESSPRÜF UNG DES FEISENS	PROVE SPT / SPT PRÜFUNGEN
GT-B-02/05	33.27	CC	-	ta	-	2	2	-
Mw-B-12/05	50	CC (42)+DN (8)	-	ta	-	-	-	8
Mw-B-13/05	45	CC	-	ta	-	-	-	8
Mw-B-07/05	45	CC	-	ta	-	-	-	-
Fo-B-22/09	16	CC	-	ta	-	-	-	2
Fo-B-21/09	36	CC	-	ta	-	-	-	2
Fo-B-23/09	18	DN	-	ta	-	-	-	-
Fo-B-23/09bis	35	DN	-	ta	-	-	-	-
Fo-B-19/09	50	CC	-	ta	-	-	-	3
Fo-B-19/09bis	23	CC	-	ta	-	-	-	2
Fo-B-16/09	50	CC	-	ta	-	-	-	3
Fo-B-16/09bis	17.5	CC	-	ta	-	-	-	-
Fo-B-18/09	25.5	CC	-	ta	-	-	-	-
Fo-B-20/09	39	CC	-	ta	-	-	-	3
Fo-B-15/09	40	CC	-	ta	-	-	-	3
Fo-B-15/09bis	20	CC	-	ta	-	-	-	1
BHPz-02/14	21	CC	-	ta	-	-	-	5
BHPz-01/14	21	CC	-	ta	-	-	-	7
BH-09/14	30	CC	-	-	-	-	-	-
In-01/14	20	DN	-	-	x	-	-	7
In-02/14	20	DN	-	-	x	-	-	7
Pz-B-02/15	20	CC	-	ta	-	-	-	-
Pz-B-01/15	25	CC	-	ta	-	-	-	-
BHPz-10/14	25.5	CC	7	ta	-	-	-	7

Tabelle 3 - Zusammenfassung der geotechnischen Probebohrungen und der betreffenden Prüfungen.

Tabella 3 – Riepilogo dei sondaggi geotecnici e delle relative prove.

Zu den durchgeführten Untersuchungen der vorherigen Projektebenen, zählen auch die Prospektionen der Reflexionsseismik Nr. 10, die parallel zur Zufahrtsstraße durchgeführt wurden, deren planimetrische Spur in der

Fra le indagini svolte a supporto dei precedenti livelli progettuali, sono da annoverare anche le prospezioni di sismica a riflessione n.10, eseguita parallelamente alla Strada di Accesso, la cui traccia planimetrica è

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Abbildung 2 grün hervorgehoben wurde, und der Refraktionsseismik Nr. 6, die in derselben Abbildung 2 rot hervorgehoben wurde.

evidenziata in verde in Figura 2, e a rifrazione n.6, riportata in rosso nella medesima Figura 2.

Im Laufe der ergänzenden Campagne wurden außerdem 4 geostrukturelle Vermessungen entlang der Zufahrtsstraße A1 (ABSCHNITT A, Km 0+225; ABSCHNITT B, Km 0+200; ABSCHNITT C, Km 0+175; ABSCHNITT D, Km 0+125) durchgeführt, die in der Abbildung 2, durch anilinrote Dreiecke, und durch das Ausbreiten der Refraktionsseismik SR1, auch wieder in der Abbildung 2, schwarz abgebildet, dargestellt werden.

Nel corso della campagna integrativa sono stati inoltre eseguiti n.4 rilievi geostrutturali lungo la strada d'accesso A1 (SEZIONE A, Pkm 0+225; SEZIONE B, Pkm 0+200; SEZIONE C, Pkm 0+175; SEZIONE D, Pkm 0+125), rappresentati da dei triangoli color magenta in Figura 2, e dallo stendimento di sismica a rifrazione SR1, raffigurato in nero sempre in Figura 2.

6.3 PROBEBOHRUNGEN

6.3 SONDAGGI

Im Einklang mit den Zwecken die in den §3 und im nednegloF mi nedrew ,nedruw tgelegtsef§ ausschließlich die Probebohrungen der zusätzlichen .im Detail untersucht 2015-Campagne 2014.

Congruentemente con le finalità prefissate al §3 e al §6.1, di seguito vengono analizzati nel dettaglio unicamente i sondaggi della campagna integrativa 2014-2015.

Die lithologischen Zuerkennungen für die Probebohrungen, die in den vorherigen Phasen des Projektes durchgeführt wurden, gehen aus den im Folgenden dargestellten longitudinalen geologisch-geotechnischen Profilen hervor und können in den jeweiligen, dem Durchführungsprojekt beigelegten Ausarbeitungen eingesehen werden (geotechnisches Profil Zufahrtsstraße A1, Bez.: 02-H71-AF-002-08-04-007.02-B0115-04097-0A6; geotechnisches Profil umgeleitete Bestandsstrecke, Bez.: 02-H71-AF-002-08-01-021.04-B0115-04092-0A6-; geotechnisches Profil Bahnunterführung Bez.: 02-H71-AF-002-08-01-031.02-B0115-04095-0A9).

Le attribuzioni litologiche per i sondaggi messi in opera nelle precedenti fasi del progetto risultano, comunque, evidenti dai profili geologico-geotecnici longitudinali di seguito schematizzati, e più compiutamente consultabili negli appositi elaborati allegati al Progetto Esecutivo (Profilo geotecnico Strada di Accesso A1, rif.: 02-H71-AF-002-08-04-007.02-B0115-04097-0A6; Profilo geotecnico Linea Storica Deviate, rif.: 02-H71-AF-002-08-01-021.04-B0115-04092-0A6; Profilo geotecnico Sottopasso Ferroviario rif.: 02-H71-AF-002-08-01-031.02-B0115-04095-0A9).

Die Ergebnisse der zusätzlichen Untersuchungen wurden durch einen Kreuzvergleich mit den Stratigraphien der Probebohrungen abgeglichen, die in der Vergangenheit durchgeführt wurden, um die Zuverlässigkeit zu überprüfen und infolgedessen auf ein folgerichtiges geologisch-technisches Modell des Untergrunds zu kommen.

I risultati delle indagini integrative sono stati tarati a mezzo di un confronto incrociato con le stratigrafie dei sondaggi realizzati in passato, al fine di verificarne l'attendibilità, e, conseguentemente, di giungere ad un coerente modello geologico-tecnico del sottosuolo.

Im Allgemeinen zeichnen sich das Untersuchungsgebiet und das Umfeld durch die Präsenz auf der Oberfläche von lockeren Böden aus, die aus den Wechseln von Murgangablagerungen (BODEN TYP A), Hangschutt (Schuttkegel, BODEN TYP B) und fluvioglacialen

Dal punto di vista generale, l'area di studio ed il territorio circostante sono caratterizzate dalla presenza in superficie di terreni sciolti costituiti da alternanze di depositi di debris flow (TERRENO TIPO A), detrito di versante (cono detritico, TERRENO TIPO B) e alluvioni

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
 Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
 Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
 Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
 Contenuto documento: Relazione geotecnica

Überschwemmungen (BODEN TYP C) besteht.

fluvioglaciali dell'Isarco (TERRENO TIPO C).

Diese lithologischen Einheiten greifen in der kleinen Skala oft ineinander. Deshalb ist eine detaillierte Rekonstruktion schwierig.

Tali unità litologiche si interdigitano spesso tra loro alla piccola scala, per questo risulta difficoltosa una ricostruzione dettagliata.

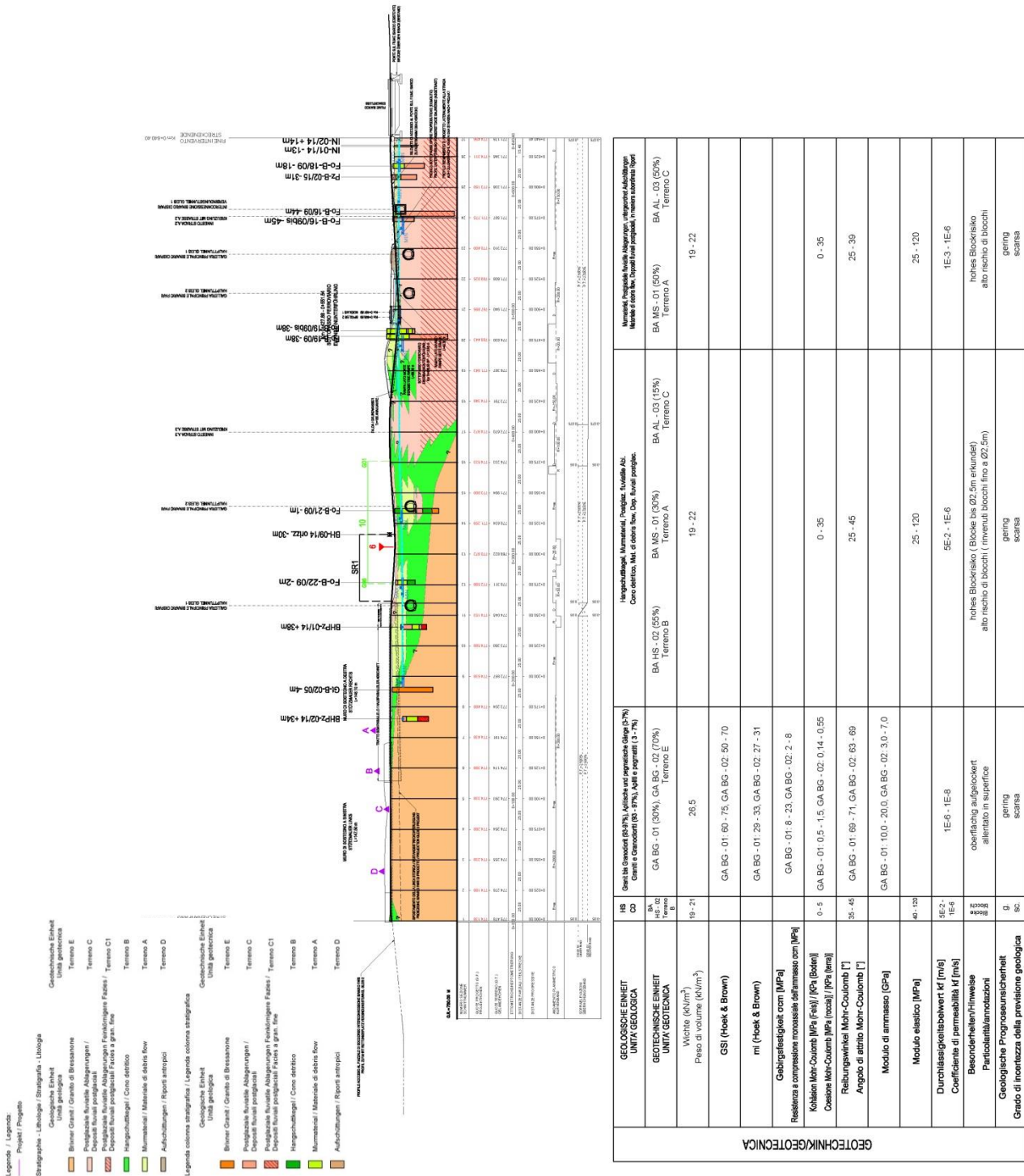


Abbildung 4 - Geotechnisches Profil A1.

Figura 4 – Profilo geotecnico Strada A1.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

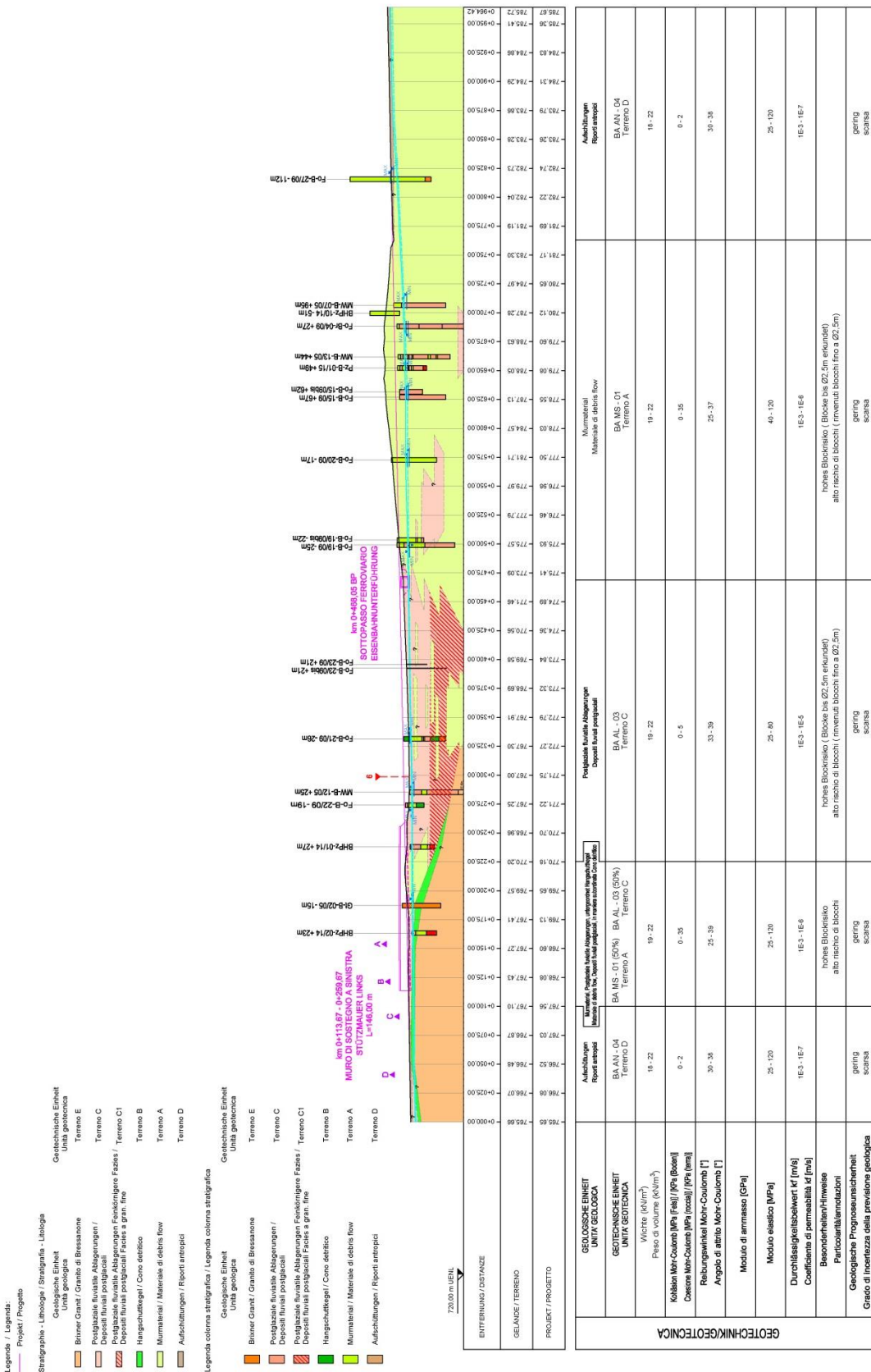


Abbildung 5 - Geotechnisches Profil alte abgeleitete Linie.

Figura 5 – Profilo geotecnico Linea Storica Deviata.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
 Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
 Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
 Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
 Contenuto documento: Relazione geotecnica

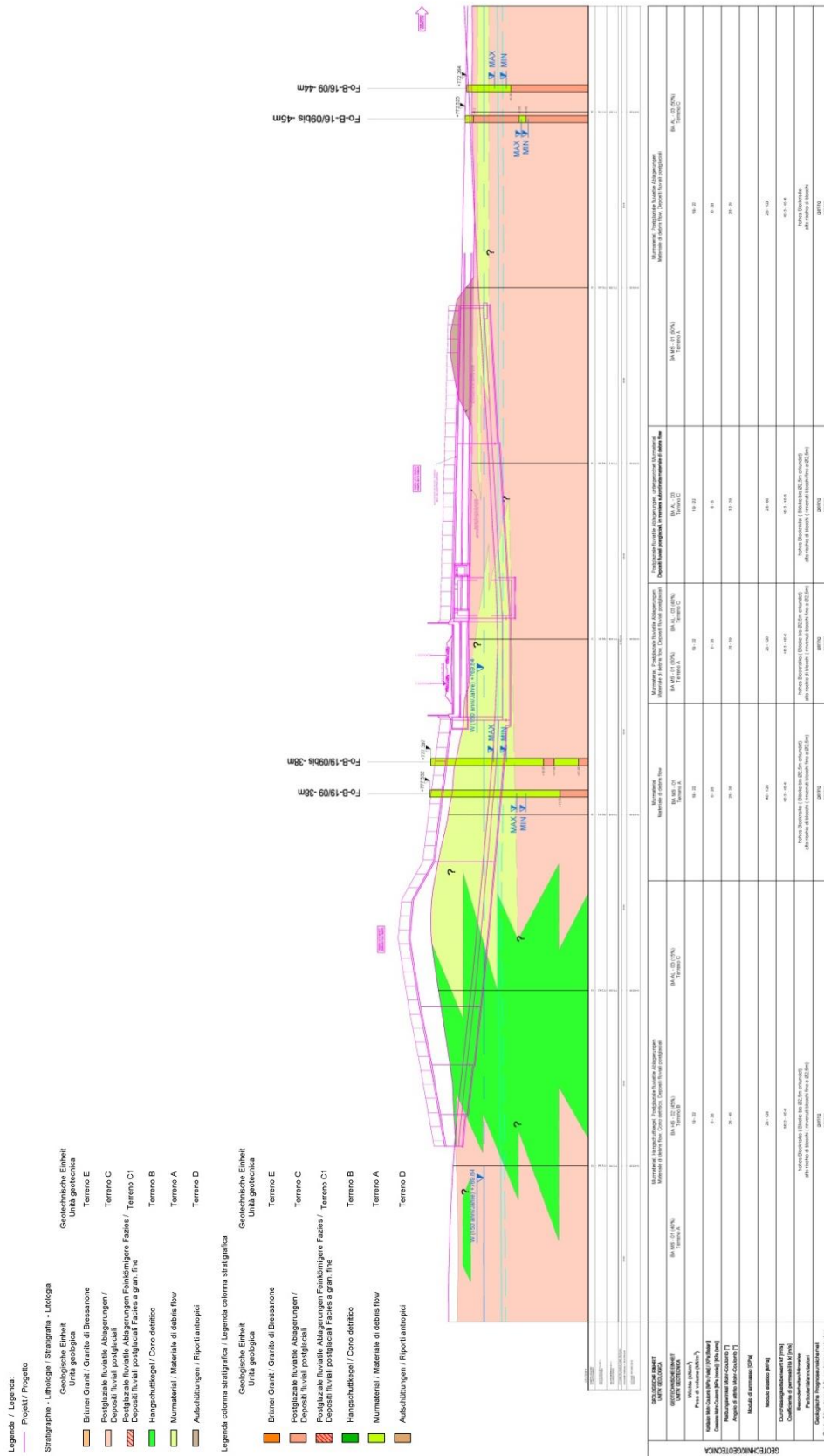


Abbildung 6 - Geotechnisches Profil Eisenbahnunterführung.

Figura 6 – Profilo geotecnico Sottopasso Ferroviario.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

Nach der variablen Zusammensetzung muss für die oben genannte geotechnischen Einheiten eine bestimmte Variabilität der geotechnischen Parameter berücksichtigt werden.

A seguito della composizione variabile, per le suddette unità geotecniche si deve tenere in considerazione una certa variabilità dei parametri geotecnici.

Für die fraglichen Arbeiten ist darüber hinaus die Anwesenheit des granitisch-granodioritischen Felsgesteins, der hauptsächlich in Form einer GA-BG-02 (BODEN E) anwesend ist, der sich durch eine durchschnittliche bis nahe Bruchbildung, durch leichte bis gemäßigte Verwitterung, durch Zwischenräume der Diskontinuität zwischen 0,06-0,6 m, durch raue bis glatte Oberflächendiskontinuitäten, mit geschlossenen bis offenen Fugen und abwesender Abfüllung, auszeichnet, besonders wichtig.

Per le opere in parola, inoltre, assume particolare rilevanza la presenza dell'ammasso roccioso granitico-granodioritico, prevalentemente presente sotto forma di Unità GA-BG-02 (TERRENO E), caratterizzata da fratturazione da media a ravvicinata, da alterazione da leggera a moderata, da spaziatura delle discontinuità fra 0,06-0,6 m, da superfici discontinuità da scabre fino a lisce, con giunti da chiusi ad aperti e riempimento assente.

Stellenweise wurde auch die Anwesenheit der Einheit GA-BG-01 entdeckt, die sich durch eine weitreichende bis mittelmäßige, frische bis wenig geänderte Bruchbildung, mit Zwischenräumen der Diskontinuitäten zwischen 0,2-2 m, durch raue Oberflächendiskontinuitäten, mit geschlossenen bis mäßig geöffneten und abwesender Abfüllung, auszeichnet

A luoghi è stata rinvenuta la presenza anche dell'Unità GA-BG-01, caratterizzata da fratturazione da ampia a media, da fresco a poco alterato, con spaziatura delle discontinuità fra 0,2-2 m, da superfici discontinuità scabre, con giunti da chiusi a moderatamente aperti e riempimento assente.

Das geologische Modell hat außerdem die Anwesenheit der künstlichen Aufschüttungen (BODEN D), die geotechnisch variable Zusammensetzungen und Eigenschaften vorweisen, rekonstruiert.

Il modello geologico ha ricostruito, inoltre, la presenza dei Riporti artificiali (TERRENO D), di composizione e caratteristiche geotecniche variabili.

Wie von den Probebohrungen bestätigt wurde, kann die Anwesenheit von dezimetergroßen bis metergroßen Felsfindlingen aus Granit, welche im Untergrund und auf vollkommen unvorhersehbare Art als Findlinge aufgefunden werden, sehr wahrscheinlich sein.

Come confermato dai sondaggi, è da ritenersi altamente probabile la presenza di trovanti rocciosi granitici di dimensioni da decimetriche a metriche, rinvenibili erraticamente nel sottosuolo in modo del tutto imprevedibile.

Abschließend zum Ergebnis der zusätzlichen Untersuchungen, gehören die Ablagerungen, die von den neuen Probebohrungen durchquert werden, zum Großteil zu den nacheiszeitlichen Schwemmlagerungen (BODEN C). Diese zeichnen sich typischerweise durch poligenischen, abgerundeten bis gerundeten Schotter und stellenweise durch, leicht schlammigen Sand mit zahlreichem Kiesel oder Blöcken in braun-gräulicher Farbe. Die Blöcke sind zum allergrößten Teil granitischer, hilfsweise phyllitischer Herkunft. Die Größe der Blöcke variiert ungefähr zwischen 0,2 m und

Venendo agli esiti delle indagini integrative, i sedimenti attraversati dai nuovi sondaggi appartengono in grande prevalenza ai depositi alluvionali postglaciali (TERRENO C). Essi si presentano tipicamente caratterizzati da ghiaia poligenica da subangolare a subarrotondata e sabbia a luoghi debolmente limosa, con numerosi ciottoli o blocchi, di colore marrone-grigiastro. I blocchi sono in grandissima prevalenza granitici, in subordine filladici. La dimensione dei blocchi varia da 0,2 m ad 1,0 m circa.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

1,0 m.

In ihrem Inneren wurde die Anwesenheit von in sich ineinandergreifenden Murgangablagerungen (BODEN A). Die Existenz eines solchen Ineinandergreifens ist, wegen der geringen Dicke, wegen der sporadischen Verteilung im Gestein und wegen der relativen Ähnlichkeit mit dem Rest der Ablagerungen, die auf der Ebene anwesend sind, nicht umgehend feststellbar. Allerdings wurde deren Anwesenheit mit der von Sequenzportionen der durchquerten Böden, die sich durch eine schlechte Sortierung und durch eine weitreichende granulometrische Verteilung auszeichnen (von Schotter bis Schlick, auch bei Anwesenheit von großen Steinblöcken, welche sogar über einen Meter groß sein können).

Die Probebohrung BHPZ-10/14, die im Flaggerbach durchgeführt wurde, hat die Murgangablagerungen abgefangen (BODEN A). Die Untersuchung der Kästen der Probebohrung hat die Anwesenheit polygenen, feinen Schotters und stellenweise schlammigen Sandes, mit der nur gelegentlichen Anwesenheit von Findlingen und/oder groben Schotters, hervorgehoben. Die granulometrischen Eigenschaften zeigen eine Anhäufung im Bereich niedriger Energie, die mit der Position im Tal der Ablagerung vereinbar ist.

Nur in der Probebohrung BH-09/14 (30m subhorizontal), die in Übereinstimmung mit dem Notstollen NA4 durchgeführt wurde, wurde eine Einheit des brixener Granits ausfindig gemacht, welches aus Granit besteht, dessen grau-weißliche Gesamtfarbe, von kompakt, über einzelne Brüche, bis hin zu kompakt leicht gebrochen geht; entlang der Bruchoberflächen wurden leichte Verwitterungsanzeichen (rostfarbene Oxyde) ermittelt.

Eine litho-stratigraphisches Detail, das aus den neuen Untersuchungen hervorgegangen ist und welches dazu beiträgt die Annahmen, die im Durchführungsprojekt gemacht wurden, zu bestätigen, ist die Anwesenheit im Eisacktal, unter dem Fluss, eines Körpers von Schwemmablagerungen (BODEN C1), deren Granulometrie insgesamt feine ist und deren Dach sich in einer durchschnittlichen Höhe von circa 15÷20 m von der Oberfläche befindet und so unter den groberen Flussablagerungen liegt.

All'interno di essi è stata riconosciuta la presenza di interdigitazioni dei depositi di debris-flow (TERRENO A). L'esistenza di tali interdigitazioni, per il loro ridotto spessore, per la loro distribuzione sporadica nell'ammasso e per la relativa similitudine con il resto dei sedimenti presenti nella pianura, non è immediatamente riscontrabile. Tuttavia, la loro presenza è stata correlata con quella di porzioni della sequenza dei terreni attraversati caratterizzate da un ammasso poco classato e da ampia distribuzione granulometrica (da ghiaia a limo, anche con presenza di blocchi lapidei di grandi dimensioni, finanche oltre il metro).

Il sondaggio BHPZ-10/14, realizzato in area Rio Vallaga, ha intercettato i depositi di debris-flow (TERRENO A). L'esame delle cassette del sondaggio ha evidenziato la presenza di ghiaia poligenica fina e sabbia localmente debolmente limosa, con presenza solo occasionale di trovanti e/o ghiaia grossolana. Le caratteristiche granulometriche indicano un accumulo in area di bassa energia, compatibilmente con la posizione valliva del deposito.

Solo nel sondaggio BH-09/14 (m 30 sub-orizzontale), terebrato in corrispondenza del cunicolo di soccorso NA4, è stata intercettata l'unità del Granito di Bressanone, rappresentato da granito di colore d'insieme grigio-biancastro, da compatto con fratture singole a compatto debolmente fratturato; lungo le superfici di frattura sono stati rilevati leggeri segni di alterazione (ossidi color ruggine).

Un particolare lito-stratigrafico emerso dalle nuove indagini, che contribuisce a confermare le assunzioni effettuate nel Progetto Definitivo, è la presenza nella valle dell'Isarco, al di sotto del fiume, di un corpo sedimentario di alluvioni a granulometria complessivamente più fine (TERRENO C1), il cui tetto è posto ad una profondità media di circa 15÷20m dalla superficie, risultando soggiacente i depositi fluviali più grossolani.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Die Dicke dieses Horizonts erstreckt sich auf eine größere Tiefe als die, die direkt aus den Untersuchungen hervorgehen.

Lo spessore di tale orizzonte si estende a profondità superiori a quelle direttamente investigate dalle indagini.

Lithologisch gesehen, zeichnet sich der insgesamt feinere Schwemmkörper durch einen höheren Anteil von Sand und Schlick und einer geringeren Anwesenheit von Felsblöcken, welche auch kleiner sind, aus.

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

Insbesondere wurde diese Interkalation mit einem feineren Korn in der Probebohrung Pz-B-01/15, auf einer Tiefe von 21,0 bis 24,0 m (DTH) m von der oberen Öffnung aus, BH-PK-02/14 auf einer Tiefe von 11,7 bis 21,0 m (DTH) m von der oberen Öffnung aus, BH-PK-01/14 bis zu einer Tiefe von 16,6 bis 21,0 m (DTH) von der oberen Öffnung aus, gefunden.

In particolare tale intercalazione a grana più fine è stata rinvenuta nel sondaggio Pz-B-01/15 alle profondità 21.0-24.0 (fondo foro) m da boccaforo, BH-Pz-02/14 alle profondità 11.7-21.0 (fondo foro) m da boccaforo, BH-Pz-01/14 alle profondità 16.6-21.0 (fondo foro) m da boccaforo.

Die Probebohrung PZ-B-15.2 endete näher an der Oberfläche im Vergleich zum feinkörnigen Sedimentkörper.

Il sondaggio PZ-B-02/15 si è fermato più in superficie rispetto al corpo sedimentario a grana fine.

Abschließend hebt die Untersuchung der stratigraphischen Säulen der durchgeführten Bohrungen und der Katalogisierungskästen der Bohrkernkerne eine hervorragende Übereinstimmung zwischen den lithologischen Sequenzen, die von den neuen Bohrungen angezeigt werden und der Definition des stratigraphischen Modells, so wie es in den Planimetrien, in den Abschnitten und in den geologisch-geotechnischen Profilen, die für die vorherigen Projektphasen verarbeitet wurden, hervor.

In conclusione, l'esame delle colonne stratigrafiche dei sondaggi e delle cassette catalogatrici delle carote evidenzia un'ottima corrispondenza fra le successioni litologiche mostrate dai nuovi sondaggi e la definizione del modello stratigrafico così come ipotizzato nelle planimetrie, sezioni e profili geologico-geotecnici elaborati per le precedenti fasi progettuali.

Die zusätzlichen Bohrungen führen also nicht zu größeren Veränderungen im geologischen und im stratigraphischen Modell, das vorher erworben wurde.

Dunque i sondaggi integrativi non apportano modifiche di rilievo nel modello geologico e stratigrafico acquisito precedentemente.

6.4 DYNAMISCHE PENETROMETRISCHE SPT TESTS

6.4 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT

Im Folgenden werden die Modalitäten vorgebracht, mit denen die dynamischen penetrometrischen SPT Tests, welche beim Vorschub mit Untersuchungsvertikalen durchgeführt werden, zu interpretieren sind.

Di seguito si riportano le modalità di interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT effettuate in avanzamento con le verticali di indagine.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Al fine di raccogliere in uno schema organico i risultati delle prove e di fornire un'interpretazione globale, comprensiva dei dati derivanti dalle prove effettuate in sito ed in laboratorio, si anticipano in questa sede anche alcuni risultati delle prove di laboratorio, poi ripresi e analizzati più compiutamente in §6.5.

Per le stesse ragioni, si fa a più riprese riferimento agli intervalli di variazione ed al valore caratteristico dei parametri geotecnici, che costituiscono l'oggetto dei §§7.2 e 7.3.

Um die Variabilitätsfaktoren, die mit den verschiedenen Absenkungsvorrichtungen, die auf dem Markt existieren, und mit dem Wirkungsdruck des Bodens auf der Tiefe, in der der Test durchgeführt wird, verbunden sind, zu berücksichtigen, wird der genormte Wert N_{SPT} , gemäß der Tiefe, also $(N_1)_{60}$, der durch folgende Prozedur berechnet wird, ausgewertet:

Per tenere conto dei fattori di variabilità connessi ai diversi dispositivi di infissione presenti sul mercato e alla pressione efficace del terreno alla profondità di esecuzione della prova, viene valutato in funzione della profondità il valore normalizzato di N_{SPT} , cioè $(N_1)_{60}$, ricavato dalla seguente procedura:

- Es wird die Korrektur um N_{SPT} , die Anzahl der Schläge/Füße, die mit der Probebohrung im Vorschub für schlammigen Sand, unter dem Grundwasser gemäß dem folgenden Ausdruck, durchgeführt wird, gemessen:
- Si esegue la correzione di N_{SPT} , numero di colpi/piede misurato in avanzamento con la perforazione di sondaggio, per sabbie limose sotto falda secondo la seguente espressione:

$$N_C = 15 + 0.5 \cdot (N_{SPT} - 15) \quad (\text{Terzaghi e Peck, 1948}).$$

- Es wird $(N_1)_{60}$ festgelegt, die Anzahl normalisierter Schläge bei einem effektiven Einschließungsdruck über ungefähr 100kPa (über den Korrekturfaktor C_N) und in Funktion der Korrekturfaktoren nach dem Energieverhältnis, Lochdurchmesser, Länge der Stangen und dem Probenahme-Gerät, gemäß dem Ausdruck:
- Si determina $(N_1)_{60}$, numero di colpi normalizzato ad una pressione effettiva di confinamento di circa 100 kPa (tramite il fattore di correzione C_N) ed in funzione dei fattori di correzione per rapporto di energia, diametro del foro, lunghezza delle aste e attrezzo campionario secondo l'espressione:

$$(N_1)_{60} = N_C \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S.$$

Für C_N wurde folgende Formulierung angewandt:

Per C_N si è adottata la formulazione:

$$C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma_{v0}} \right)^n = \left(\frac{100}{\sigma_{v0}} \right)^{0.5} \quad (\text{Liao e Whitman, 1986}).$$

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Wenn für C_E von einer Energieeffizienz von ER des Absenkungssystems, gleich 60 (in % ausgedrückt), gemäß der aktuell, in Italien verwendeten, Konfiguration ausgegangen wird, ergibt sich $C_E = \frac{ER}{60} = \frac{60}{60} = 1$

Die Koeffizienten C_B (Durchmesser des Lochs) und C_S (Probenahme-Gerät) wurden einheitlich übernommen, da die Tests gemäß den Ermahnungen, der italienischen geotechnischen Vereinigung (AGI, 1977) durchgeführt wurden.

Der Korrekturfaktor C_R (Länge der Stangen der Durchführungsmaschinen L) wird gleich 0,75 für $L < 3$ m, 0,80 für $L = 3 \div 4$ m, 0,85 für $L = 4 \div 6$ m, 0,95 für $L = 6 \div 10$ m, 1,0 für $L = 10 \div 30$ m übernommen (Skempton, 1986; Robertson und Wride, 1998).

In der Ausarbeitung wurden die folgenden Zusammenhänge verwendet:

- Relative Dichte:

$$D_R(\%) = 25 \cdot \left[(N)_{60} \cdot \frac{60}{78} \right]^{0.46} \cdot \sigma_{v0}'^{-0.12} \quad (\text{Yoshida et al., 1998});$$

Zur Bestimmung des Winkels der maximalen Schnittfestigkeit ϕ' wurde das indirekte Zusammenhangsverfahren verwendet, das von Schmertmann (1978) vorgeschlagen wurde und den Wert ϕ' liefert, der als Wert der relativen Dichte D_R bekannt ist.

Per C_E , assumendo un fattore di rendimento energetico ER del sistema di infissione pari a 60 (espresso in %), in accordo con la configurazione di prova correntemente adoperata in Italia risulta $C_E = \frac{ER}{60} = \frac{60}{60} = 1$.

I coefficienti C_B (diametro del foro) e C_S (attrezzo campionario) sono stati assunti unitari, in quanto le prove sono state eseguite in accordo alle raccomandazioni fornite dall'Associazione Geotecnica Italiana (AGI, 1977).

Il fattore correttivo C_R (lunghezza delle aste della macchina esecutrice L) viene assunto pari a 0.75 per $L < 3$ m, 0.80 per $L = 3 \div 4$ m, 0.85 per $L = 4 \div 6$ m, 0.95 per $L = 6 \div 10$ m, 1.0 per $L = 10 \div 30$ m (Skempton, 1986; Robertson e Wride, 1998).

Nell'elaborazione sono state utilizzate le seguenti correlazioni:

- Densità relativa:

- Per la determinazione dell'angolo di resistenza al taglio di picco ϕ' è stato utilizzato il metodo di correlazione indiretta proposto da Schmertmann (1978) che fornisce il valore di ϕ' noto il valore della densità relativa D_R .

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

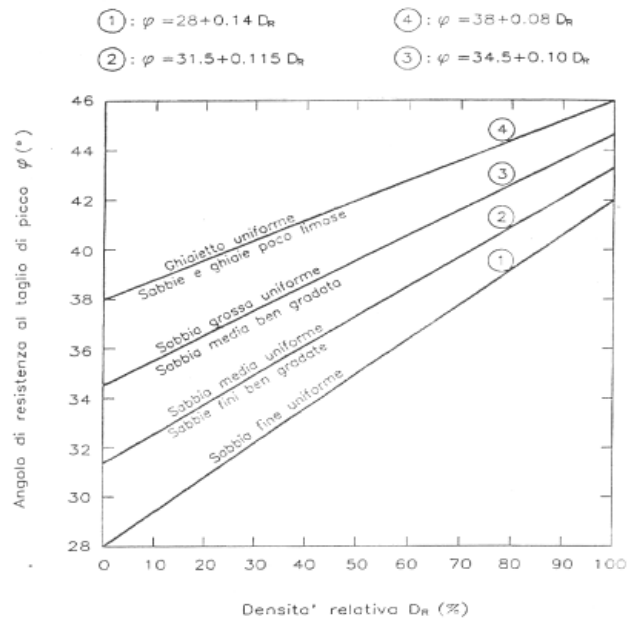


Abbildung 7 - Abakus ϕ' - D_R (Schmertmann, 1978).

Figura 7 – Abaco ϕ' - D_R (Schmertmann, 1978).

Nel caso specifico, in funzione della litologia riscontrata alla profondità di misura, si sono in particolare adottate le seguenti relazioni:

- Frazione fine (da limi sabbiosi a sabbie debolmente limose e ghiaiose):
 $\phi' = 28 + 0.14 D_R$
- Frazione intermedia (da sabbie ghiaiose debolmente limose a ghiaie sabbio-limose):
 $\phi' = 31.5 + 0.115 D_R$
- Frazione grossolana (da ghiaie con ciottoli in matrice sabbiosa a blocchi, ciottoli e ghiaia in matrice sabbiosa):
 $\phi' = 34.5 + 0.10 D_R$
- Come ulteriore elemento di giudizio, i valori dell'angolo di attrito di picco ϕ'_p sono stati stimati anche con la metodologia di Bolton-Baligh.

In accordo a Bolton (1986) l'angolo di resistenza al taglio di picco ϕ'_p può essere stimato sulla base delle seguenti equazioni:

$$\phi'_p = \phi'_{cv} + m \cdot DI$$

$$DI = D_R \cdot [Q - \ln(p'_f)] - R$$

essendo:

$$\phi'_{cv} = \text{angolo di attrito a volume costante (°);}$$

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

m = costante empirica dipendente dalle condizioni di deformazione (-);

DI = indice di dilatanza (-);

D_R = densità relativa (-);

Q e R = variabili intrinseche del terreno (-);

p_f = pressione efficace media a rottura (kPa) ;

σ_{ff} = tensione normale alla superficie di rottura in condizioni di rottura (kPa).

L'angolo di attrito a volume costante è determinabile da prove di laboratorio o stimabile sulla base di quanto indicato da Bolton (1986) nella Figura 8 e con i valori suggeriti da Stroud (1988) e Youd (1972) (cfr. Tabella 4).

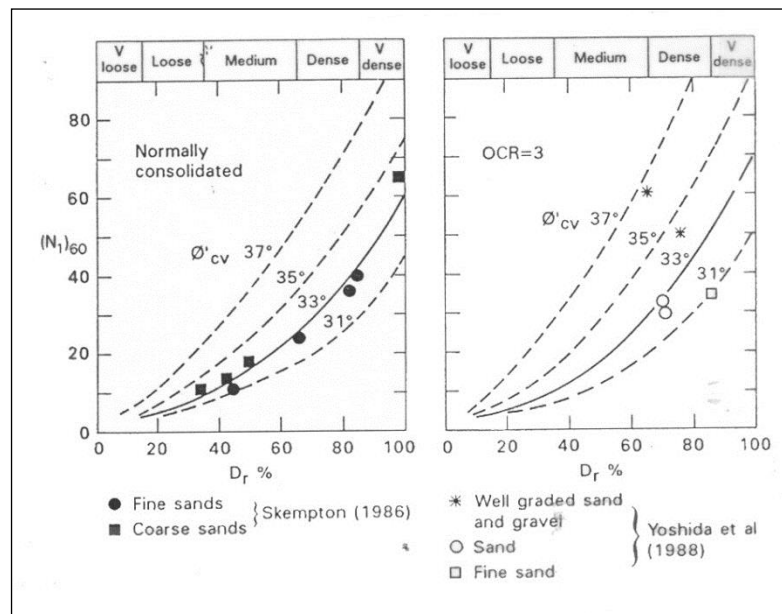


Abbildung 8 -

Figura 8 – Valori dell'angolo di attrito a volume costante ϕ'_{cv} (da Bolton, 1986).

ϕ'_{cv}	Sabbie ben gradate	Sabbie uniformi
Sabbie con spigoli vivi	38°	34°
Sabbie con spigoli arrotondati	33°	30°

Tabelle 4 -

Tabella 4 – Valori dell'angolo di attrito a volume costante ϕ'_{cv} in accordo a Stroud (1988) e Youd (1972).

Per la costante empirica m , dipendente dalla condizione di deformazione prevalente, si è assunto il valore cautelativo di 3, in accordo ai valori proposti da Bolton (1986).

Condizioni di deformazione	m (-)
Tipiche di prove triassiali di compressione (problemi di carico in condizioni assialsimmetriche)	3
Tipiche di prove di taglio semplice (problemi in condizioni di deformazione piana)	5

Tabelle 5 -

Tabella 5 – Valori della costante empirica m in accordo a Bolton (1986).

Le variabili intrinseche del terreno Q e R possono assumersi rispettivamente pari a 10 e -1, congruentemente con i valori suggeriti da Salgado et al. (2000 e 2004).

In accordo all'involuppo di rottura curvilineo proposto da Baligh (1975), fino a valori di $\sigma'_{ff} = 272$ kPa l'angolo di attrito di picco ϕ'_p può essere assunto indipendente dalla pressione di confinamento; pertanto, in prima approssimazione, l'angolo di attrito di picco ϕ'_p può essere determinato adottando $p'_f = 1.4 \cdot \sigma'_{ff} = 1.4 \times 272 \text{ kPa} = 380 \text{ kPa}$.

Per valori di p'_f superiori a 380kPa (caso non di interesse per le opere superficiali in oggetto) l'angolo di attrito ϕ'_p tenderà invece a diminuire; esso andrà determinato caso per caso sulla base di una valutazione dell'entità di σ'_{ff} o di p'_f associabile allo specifico problema al contorno da esaminare.

Nel caso di interesse, l'applicazione della formula analitica per DI conduce a valori sempre maggiori dell'unità.

In definitiva, dunque, prudenzialmente si assume in tutti i casi $DI = 1$, da cui si desume $m \cdot DI = 3$.

Il valore assunto progettualmente per $m \cdot DI = \phi'_p - \phi'_{cv} = 3$ trova un buon accordo con il grafico sperimentale di Figura 9 (Bolton, 1986), esprimendo in modo cautelativo la dilatanza associata ai depositi di interesse, che, come mostrato nel seguito,

sono caratterizzati da densità relativa D_R costantemente superiore al 55%.

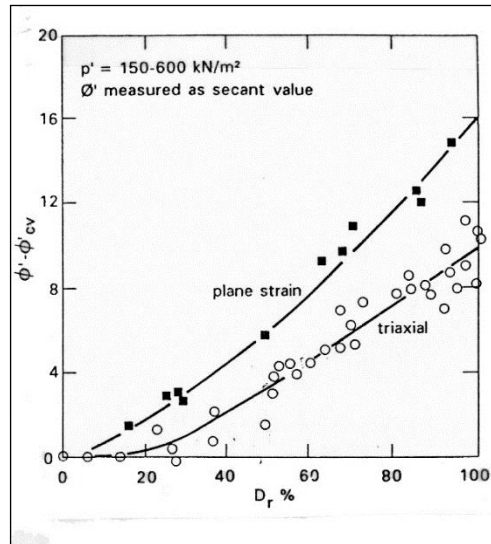


Abbildung 9 -

Figura 9 – Valori di $\phi'_p - \phi'_{cv}$ in accordo a Bolton (1986).

- Elastizitätsmodul:

- Modulo di elasticità:

$$E' = s_1 \cdot N_{SPT} + s_2 \quad (\text{Denver, 1982})$$

#	s_1 (Kg/cm ²)	s_2 (Kg/cm ²)	Terreno / Boden
1	7.56	187.5	Sabbia e ghiaia / Sand und Schotter
2	10.43	367.9	Sabbia / Sand
3	5.17	74.6	Sabbia / Sand
4	4.78	71.7	Sabbia satura / gesättigter Sand
5	3.16	15.8	Sabbia argillosa / lehmhaltiger Sand

Tabelle 6 - Werte der Koeffizienten s_1 und s_2 (Denver, 1982).

Tabella 6 – Valori dei coefficienti s_1 e s_2 (Denver, 1982).

In particolare, nel caso specifico si sono adottate la relazione "1" nel caso in cui la misura SPT abbia interessato la frazione più grossolana (da sabbie ghiaiose debolmente limose a ghiaie con ciottoli e blocchi in matrice sabbiosa), la relazione "3" per la frazione più fine (limi sabbiosi- sabbie debolmente limose).

- Sekante Young Modul, dem eine große Mobilisation des endgültigen Widerstands von 25% entspricht:
- Modulo di Young secante, cui corrisponde un grado di mobilitazione della resistenza ultima pari al 25%:

$$E'_{25}(kg/cm^2) = (10.5 - 3.5 \cdot D_R) \cdot N_{SPT} \quad (\text{Jamiolkowski et al. 1988}).$$

- La valutazione dei parametri di rigidezza è avvenuta anche considerando E' dipendente dal livello di sforzo e deformazione con il metodo di Berardi e Lancellotta (1991), che fornisce una stima del modulo E' operativo in presenza di deformazioni verticale medie pari allo 0.1% a mezzo dell'espressione:

$$E' = K_E \cdot p_a \cdot \left(\frac{\sigma'_{v0} + 0.5 \cdot \Delta\sigma'_v}{p_a} \right)^{0.5},$$

con K_E = numero di modulo;

$p_a = 98.05 kPa$ pressione atmosferica;

σ'_{v0} = tensione efficace litostatica;

$\Delta\sigma'_v$ = incremento di tensione efficace indotto.

Nota la densità relativa dei terreni D_R , il valore di K_E è ottenuto dall'abaco rappresentato in Figura 10.

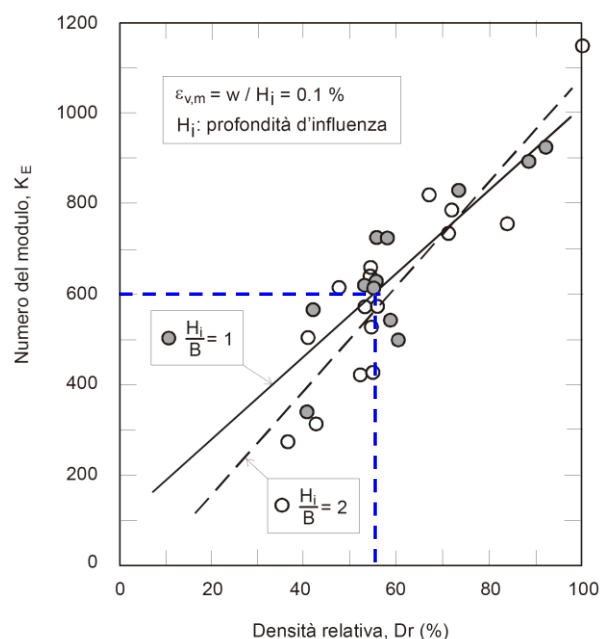


Abbildung 10 -

Figura 10 – Dipendenza del numero di modulo K_E dalla densità relativa D_R (da Berardi e Lancellotta, 1991).

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Nelle valutazioni contenute nel seguito si assume a favore di sicurezza $\Delta\sigma'_v = 0$, minimizzando il modulo elastico.

In base ai valori di densità relativa $D_R \geq 55\%$ restituiti dalle prove, può assumersi $K_{E(0.1\%)} = 600$.

- Le caratteristiche di rigidità del materiale (E'_{25}) sono state desunte alternativamente attraverso la relazione di Janbu (1963):

$$E' = K \cdot p_a \cdot \left(\frac{p'}{p_a} \right)^n,$$

con $p_a = 98.05 kPa$, che esprime il modulo elastico E' dipendente dalla pressione efficace media p' e dal livello di sforzo e deformazione tramite i coefficienti K e n .

K viene assunto come dalla trattazione di Berardi e Lancellotta, n può assumersi pari a 0.5.

Per p' può porsi:

$$p' = \frac{1 + 2 \cdot k_0}{3} \cdot \sigma'_v \cong \frac{1 + 2 \cdot (1 - \sin \phi')}{3} \cdot \sigma'_v.$$

Die gemessenen Werte der Anzahl der Schläge NSPT, Anzahl der notwendigen Schläge um den voreingestellten Vorschub zu erreichen werden in der Tabelle 7 dargestellt. Für die Tests, die nicht abgelehnt wurden, werden auch die Schätzungen vorgebracht, die für die mechanischen Parameter, auf der Basis der vorher eingeführten Berichte, entnommen werden.

I valori misurati del numero di colpi N_{SPT} , numero di colpi necessario per ottenere l'avanzamento prefissato, sono tabulati in Tabella 7. Per le prove non andate a rifiuto, sono riportati anche le stime desunte per i parametri meccanici sulla base delle relazioni sopra introdotte.

Der Verlauf mit der Tiefe wird in der Abbildung 11 dargestellt.

L'andamento con la profondità è riportato in Figura 11.

Es werden sowohl die experimentellen Daten vorgebracht, die in der Vergangenheit durchgeführt wurden, als auch die, die im Laufe der ergänzenden Untersuchungen durchgeführt wurden.

Vengono riportati i dati sperimentali sia delle prove svolte in passato che di quelle eseguite nel corso delle indagini integrative.

Die Versuche haben ausschließlich den Murgang (BODEN A) und die Schwemmablagerungen (BODEN C) betroffen.

Le prove hanno interessato unicamente i debris flow (TERRENO A) e i depositi alluvionali (TERRENO C).

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Es wird außerdem angenommen, dass die Ergebnisse, die für den BODEN A und für den BODEN C gefunden wurden, durch eine lithologische Ähnlichkeit, auch gleich auf den Schuttkegel erweiterbar sind und für diesen angewandt werden können (BODEN B).

Man beachte, dass die Anzahl der Schläge durchschnittlich hoch war, bei denen es bei mehr als der Hälfte der Tests zur Ablehnung der Spitze beim Vorschub kam.

An dieser Stelle ist in den Stratigraphien der Bohrungen jedenfalls die schon genannte Anwesenheit von Steinelemente und von Kies zu berücksichtigen, ein Umstand der einen Anstieg der Anzahl der Schläge mit sich bringt.

Bei den untersuchten Böden kann man jedenfalls von durchschnittlich bis stark verdichteten Böden ausgehen.

Si ritiene, peraltro, che per similarità litologica i risultati trovati per il TERRENO A e per il TERRENO C siano immediatamente estendibili ed applicabili anche al cono detritico (TERRENO B).

Si osserva che il numero di colpi è risultato mediamente elevato, con più della metà delle prove che ha manifestato rifiuto della punta all'avanzamento.

A tal riguardo è da tenere in conto, comunque, della già menzionata presenza nelle stratigrafie dei sondaggi di elementi lapidei e di ciottoli, circostanza che comporta un incremento del numero dei colpi.

In ogni caso i terreni in esame sono da ritenersi da mediamente a molto addensati.

L'andamento risulta generalmente crescente con la profondità di esecuzione della misura. Solo le misure eseguite nei primi 2÷3m del sottosuolo mostrano valori inferiori, comunque discreti, intorno ai 20÷30 colpi/piede, indice di terreni mediamente addensati, per poi divenire con la profondità da densi a molto densi.

In Figura 12 viene diagrammato l'andamento con la profondità della densità relativa D_R per i depositi di debris flow (TERRENO A).

Le misure disponibili nell'area di interesse indicano un range di variazione fra 55% e 85% circa, con distribuzione prevalente delle prove nell'intervallo 55-60%.

In Figura 13 viene diagrammato l'andamento con la profondità dell'angolo di resistenza al taglio ϕ' per i depositi di debris flow (TERRENO A). Vengono plottati anche i dati relativi alle prove di taglio diretto DS svolte su campioni ricostituiti in laboratorio.

Come strumento di immediato riferimento, vengono anche riportati i limiti del range di variazione (linee tratteggiate blu) ed il valore caratteristico (linea rossa a tratto continuo) fissati per ϕ' in §7.2 e 7.3.

Nella metodologia di Bolton, per il TERRENO A si è assunto un angolo di attrito a volume costante ϕ'_{cv} pari a

29° per prove coinvolgenti la frazione più fine (limi sabbiosi- sabbie debolmente limose), 33° per la frazione più grossolana (da sabbie ghiaiose debolmente limose a ghiaie con ciottoli e blocchi in matrice sabbiosa).

I valori adottati si giustificano anche in relazione ai risultati riscontrati per le prove di taglio diretto DS (cfr. §6.5).

L'interpretazione delle misure penetrometriche con la metodologia di Bolton, tenuto conto dei valori di ϕ'_{cv} e dell'assunzione cautelativa $m \cdot DI = 3$ fornisce valori compresi fra 32° e 36°.

L'interpretazione con la metodologia di Schmertmann fornisce valori compresi fra 36° e 43°; per la quasi totalità delle prove si ottengono valori di ϕ' superiori a 40°.

In definitiva, i valori sperimentali degli angoli di attrito di picco ϕ' ricavati dalle prove SPT ricadono nel settore superiore dell'intervallo di variazione definito ai fini progettuali. Il valore caratteristico identificato per ϕ' (35°) risulta essere prossimo ai valori minimi dell'angolo di attrito desunti dalle SPT. Le prove di taglio diretto DS su provini ricostituiti in laboratorio restituiscono valori dell'angolo di attrito evidentemente inferiori a quanto derivato dalle SPT in situ: va considerata a riguardo la natura rimaneggiata dei campioni (cfr. §6.5).

In linea generale, i valori restituiti dalle prove di laboratorio si collocano sul limite inferiore del range definito in sede di caratterizzazione geotecnica per l'angolo di attrito, comunque inferiormente al valore caratteristico del parametro.

I valori stimati per E' dalle prove penetrometriche (cfr. Figura 14) presentano una dispersione non trascurabile e sono compresi fra 15 e 120 MPa circa.

Nel volume di terreno "significativo", nel quale si osserva un'influenza non trascurabile delle perturbazioni provocate dalla costruzione delle opere di interesse (primi 15-20m di sottosuolo), il modulo elastico risulta mediamente pari a circa 60 MPa, valore indicativo di elevate caratteristiche di rigidità per il litotipo in esame.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Si osserva che lo scarto esistente tra i valori minimo e massimo su esposti è imputabile tanto dall'eterogeneità dei terreni afferenti al litotipo (la variabilità delle caratteristiche di deformabilità è legata alla maggiore o minore predominanza locale della frazione ghiaiosa) quanto all'impiego di molteplici correlazioni di letteratura, a volte piuttosto distanti nella formulazione analitica.

Si noti, in particolare, come le relazioni di Berardi - Lancellotta e Jamiolkowski rappresentino, rispettivamente, un involucro limite superiore ed inferiore per la rigidità del materiale. La correlazione di Janbu si approssima a quella di Berardi - Lancellotta, mentre l'espressione di Denver fornisce per lo più valori intermedi. La legge di Jamiolkowski, sviluppata per depositi normalconsolidati, costituisce, dunque, un riferimento progettuale estremamente cautelativo nei confronti delle caratteristiche di rigidità del materiale.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

SONDAGGIO	TERRENO	PROFONDITA'	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	Z _w (m)	N' _{SPT}	N _c	C _N (-)	C _E (-)	C _B (-)	C _R (-)	C _S (-)	(N) ₆₀	(N ₁) ₆₀	Dr (%)	φ (°)	φ (°)	E' (MPa)	E' ₂₅ (MPa)	E' _{0.1%} (MPa)	E' (MPa)		
n°		media															(Yoshida et al., 1988)	(Schmertmann, 1978)	(Bolton, 1986)	Denver (1982)	Jamiolkowski (1988)	Berardi e Lancellotta (1991)	Janbu (1963)		
MW-B-12/05	DF	10.0	50	R		R	2.5	100	R	0.89	1.0	1.0	0.95	1.0	R	R									
MW-B-13/05	DF	9.0	28	50	R	R	6.6	100	R	0.80	1.0	1.0	0.95	1.0	R	R									
MW-B-13/05	DF	12.0	50	R		R	6.6	100	R	0.73	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R									
MW-B-13/05	DF	27.0	50	R		R	6.6	100	R	0.55	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R									
Fo-B-22/09	DF	5.0	12	20	12	32	5.3	32	32	1.00	1.0	1.0	0.85	1.0	27	27	67	41	36	43	26	60	45		
Fo-B-19/09	DF	20.4	21	18	39	57	12.2	36	36	0.55	1.0	1.0	1.00	1.0	36	20	57	40	36	62	48	108	82		
Fo-B-19bis/09	DF	13.0	33	44	52	96	10.6	56	56	0.65	1.0	1.0	1.00	1.0	56	36	71	42	36	91	77	92	69		
Fo-B-20/09	DF	6.0	25	33	36	69	13.1	69	69	0.91	1.0	1.0	0.85	1.0	59	54	83	43	36	71	52	66	49		
Fo-B-20/09	DF	15.0	15	36	R	R	13.1	100	R	0.60	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R									
BHPz-02/14	DF	6.0	R			R	1.0	100	R	1.20	1.0	1.0	0.85	1.0	R	R									

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

SONDAGGIO	TERRENO	PROFONDITA'	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	Z _w (m)	N' _{SPT}	N _c	C _N (-)	C _E (-)	C _B (-)	C _R (-)	C _S (-)	(N) ₆₀	(N ₁) ₆₀	Dr (%)	φ (°)	φ (°)	E' (MPa)	E' ₂₅ (MPa)	E' _{0.1%} (MPa)	E' (MPa)
n°	media																(Yoshida et al., 1988)	(Schmertmann, 1978)	(Bolton, 1986)	Denver (1982)	Jamiolkowski (1988)	Berardi e Lancellotta (1991)	Janbu (1963)
BHPz-02/14	DF	12.0	16	14	13	27	1.0	21	21	0.88	1.0	1.0	1.00	1.0	21	18	59	40	36	39	23	68	52
BHPz-01/14	DF	12.0	R	13	12	R	2.0	100	R	0.85	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							
BHPz-01/14	DF	15.0	R	13	12	R	2.0	100	R	0.77	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							
BHPz-10/14	DF	2.0	7	6	9	15	25.0	15	15	1.58	1.0	1.0	0.75	1.0	11	18	60	41	36	30	13	38	29
BHPz-10/14	DF	4.0	4	5	13	18	25.0	18	18	1.12	1.0	1.0	0.80	1.0	14	16	56	40	36	32	15	54	41
BHPz-10/14	DF	6.0	4	8	17	25	25.0	25	25	0.91	1.0	1.0	0.85	1.0	21	19	59	40	36	38	21	66	50
BHPz-10/14	DF	9.0	16	10	13	23	25.0	23	23	0.75	1.0	1.0	0.95	1.0	22	16	55	40	36	36	20	80	61
BHPz-10/14	DF	12.0	13	R		R	25.0	100	R	0.65	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							
BHPz-10/14	DF	18.0	17	9	35	44	25.0	44	44	0.53	1.0	1.0	1.00	1.0	44	23	60	40	36	52	37	114	86
BHPz-10/14	DF	22.0	R			R	25.0	100	R	0.48	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Tabelle 7 - BODEN A (Murgang): experimentelle Daten und Interpretation der penetrometrischen statischen SPT

Tabella 7 – TERRENO A (Debris Flow): dati sperimentali e interpretazione delle prove penetrometriche statiche SPT

SONDAGGIO	TERR.	PROF.	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	Z _w (m)	N' _{SPT}	N _C	C _{Ni} (-)	C _E (-)	C _B (-)	C _R (-)	C _S (-)	(N) ₆₀	(N ₁) ₆₀	Dr (%) (Yoshida et al., 1988)	φ' (°) (Schmertmann, 1978)	φ' (°) (Bolton, 1986)	E' (MPa) (Denver (1982))	E' ₂₅ (MPa) (Jamiolkowski (1988))	E' _{0.1%} (MPa) (Berardi e Lancellotta (1991))	E' (MPa) (Janbu (1963))
n°		media																					
MW-B-12/05	ALL	15.5	37	50	R	R	2.5	100	R	0.75	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							
MW-B-12/05	ALL	18.0	50	R		R	2.5	100	R	0.70	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							
MW-B-12/05	ALL	21.0	34	50	R	R	2.5	100	R	0.65	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							
MW-B-12/05	ALL	24.0	50	R		R	2.5	100	R	0.61	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							
MW-B-13/05	ALL	21.7	50	R		R	6.6	100	R	0.59	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							
MW-B-13/05	ALL	30.0	22	30	39	69	6.6	42	42	0.52	1.0	1.0	1.00	1.0	42	22	59	40	38	71	58	115	87

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

SONDAGGIO	TERR.	PROF.	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	Z _w (m)	N' _{SPT}	N _c	C _N (-)	C _E (-)	C _B (-)	C _R (-)	C _S (-)	(N) ₆₀	(N ₁) ₆₀	Dr (%) (Yoshida et al., 1988)	φ' (°) (Schmertmann, 1978)	φ' (°) (Bolton, 1986)	E' (MPa) Denver (1982)	E' ₂₅ (MPa) Jamiolkowski (1988)	E' _{0.1%} (MPa) Berardi e Lancellotta (1991)	E' (MPa) Janbu (1963)	
n°	ALL	media																						
Fo-B-16/09	ALL	7.0	49	R		R	6.6	100	R	0.86	1.0	1.0	0.95	1.0	R	R								
Fo-B-16/09	ALL	12.0	R			R	6.6	100	R	0.73	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R								
Fo-B-15/09	ALL	7.0	42	R		R	6.0	100	R	0.88	1.0	1.0	0.95	1.0	R	R								
Fo-B-15/09	ALL	12.0	R			R	6.0	100	R	0.75	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R								
Fo-B-15/09	ALL	23.0	36	R		R	6.0	100	R	0.59	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R								
BHPz-02/14	ALL	2.0	8	9	16	25	1.0	20	20	1.83	1.0	1.0	0.75	1.0	15	27	71	42	38	38	20	33	25	
BHPz-01/14	ALL	2.0	15	13	16	29	2.0	29	29	1.58	1.0	1.0	0.75	1.0	22	34	75	42	38	41	23	38	28	
BHPz-01/14	ALL	4.0	18	21	20	41	2.0	28	28	1.29	1.0	1.0	0.80	1.0	22	29	70	41	38	50	33	46	35	
BHPz-01/14	ALL	6.0	R		12	R	2.0	100	R	1.12	1.0	1.0	0.85	1.0	R	R								
BHPz-01/14	ALL	9.0	R	13	12	R	2.0	100	R	0.95	1.0	1.0	0.95	1.0	R	R								

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

SONDAGGIO	TERR.	PROF.	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	Z _w (m)	N' _{SPT}	N _c	C _N (-)	C _E (-)	C _B (-)	C _R (-)	C _S (-)	(N) ₆₀	(N ₁) ₆₀	Dr (%) (Yoshida et al., 1988)	φ' (°) (Schmertmann, 1978)	φ' (°) (Bolton, 1986)	E' (MPa) (Denver 1982)	E' ₂₅ (MPa) (Jamiolkowski 1988)	E' _{0.1%} (MPa) (Berardi e Lancellotta 1991)	E' (MPa) (Janbu 1963)
n° In-01/14	ALL	media 2.0	13	16	19	35	6.0	35	35	1.58	1.0	1.0	0.75	1.0	26	42	80	43	38	45	27	38	28
In-01/14	ALL	5.0	20	30	31	61	6.0	61	61	1.00	1.0	1.0	0.85	1.0	52	52	83	43	38	65	46	60	44
In-01/14	ALL	8.0	R			R	6.0	100	R	0.85	1.0	1.0	0.95	1.0	R	R							
In-01/14	ALL	11.0	R			R	6.0	100	R	0.77	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							
In-01/14	ALL	14.0	16	29	R	R	6.0	100	R	0.71	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							
In-01/14	ALL	17.0	R			R	6.0	100	R	0.66	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							
In-01/14	ALL	20.0	30	39	44	83	6.0	49	49	0.62	1.0	1.0	1.00	1.0	49	30	67	41	38	81	68	97	72
In-02/14	ALL	2.0	8	12	15	27	6.0	27	27	1.58	1.0	1.0	0.75	1.0	20	32	73	42	38	39	21	38	28
In-02/14	ALL	5.0	R			R	6.0	100	R	1.00	1.0	1.0	0.85	1.0	R	R							
In-02/14	ALL	8.0	12	17	29	46	6.0	31	31	0.85	1.0	1.0	0.95	1.0	29	24	64	41	38	54	38	71	53

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

SONDAGGIO	TERR.	PROF.	N ₁	N ₂	N ₃	N _{SPT}	Z _w (m)	N' _{SPT}	N _c	C _N (-)	C _E (-)	C _B (-)	C _R (-)	C _S (-)	(N) ₆₀	(N ₁) ₆₀	Dr (%) (Yoshida et al., 1988)	φ' (°) (Schmertmann, 1978)	φ' (°) (Bolton, 1986)	E' (MPa) (Denver 1982)	E' ₂₅ (MPa) (Jamiolkowski 1988)	E' _{0.1%} (MPa) (Berardi e Lancellotta 1991)	E' (MPa) (Janbu 1963)
n°	ALL	media																					
In-02/14	ALL	11.0	R			R	6.0	100	R	0.77	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							
In-02/14	ALL	14.0	30	R		R	6.0	100	R	0.71	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							
In-02/14	ALL	17.0	19	23	R	R	6.0	100	R	0.66	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							
In-02/14	ALL	20.0	R			R	6.0	100	R	0.62	1.0	1.0	1.00	1.0	R	R							

Tabelle 8 - BODEN C (Hochwasser des Eisacks):
experimentelle Daten und Interpretation der
penetrometrischen statischen SPT

Tabella 8 – TERRENO C (Alluvioni F.me Isarco): dati
sperimentali e interpretazione delle prove penetrometriche
statiche SPT

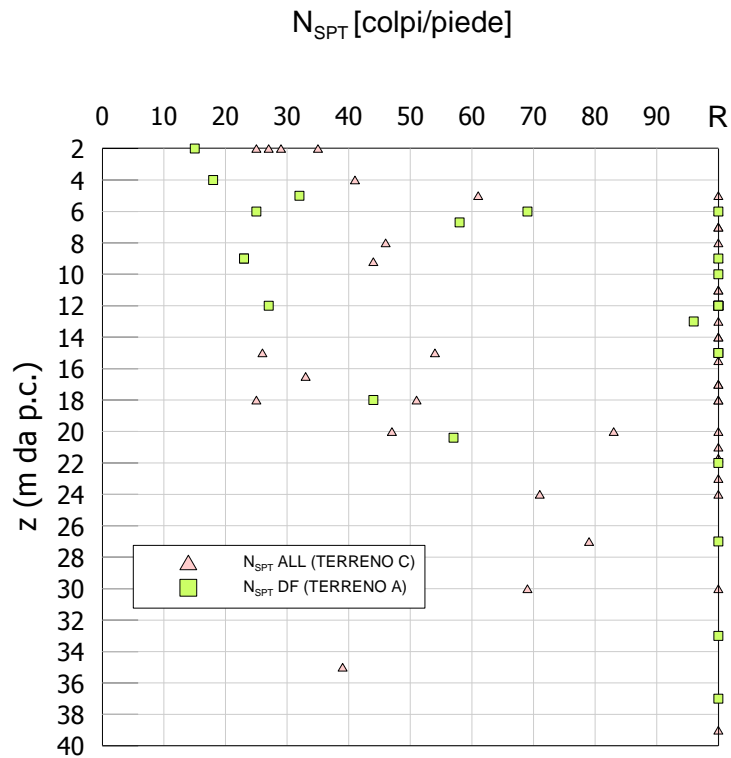


Abbildung 11 - Verlauf mit der Tiefe der NSPT.

Figura 11 – Andamento con la profondità di N_{SPT} .

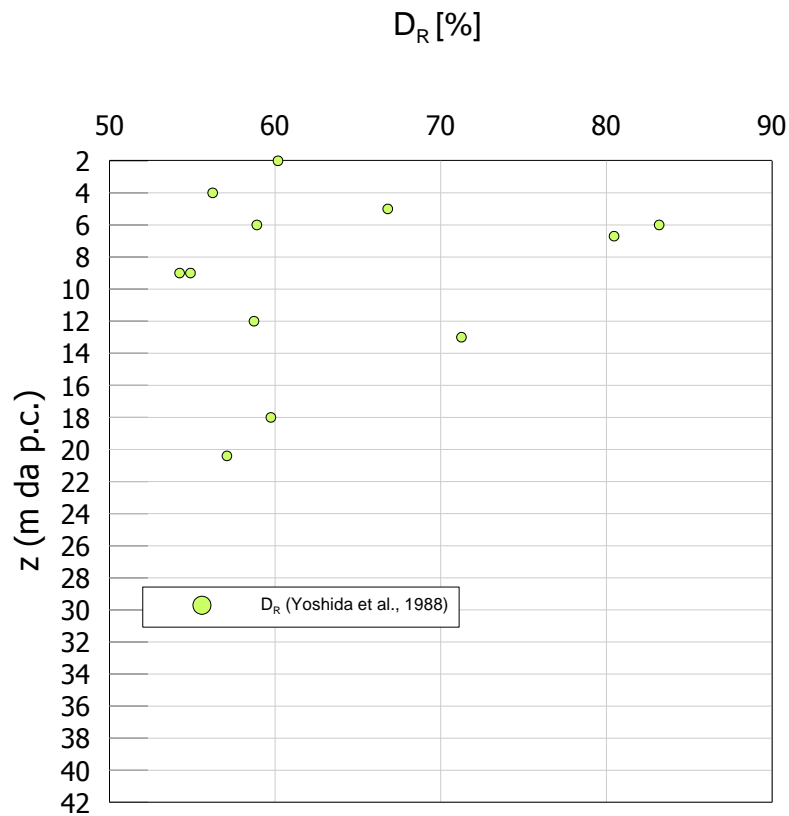


Abbildung 12 -

Figura 12 – TERRENO A: andamento con la profondità di D_R .

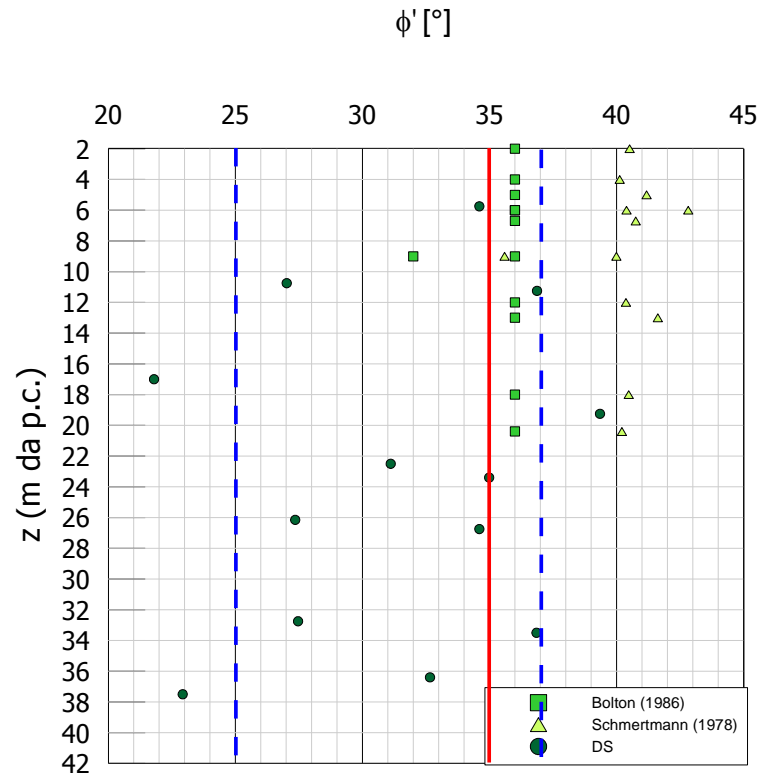


Abbildung 13 -

Figura 13 – TERRENO A: andamento con la profondità di ϕ' .

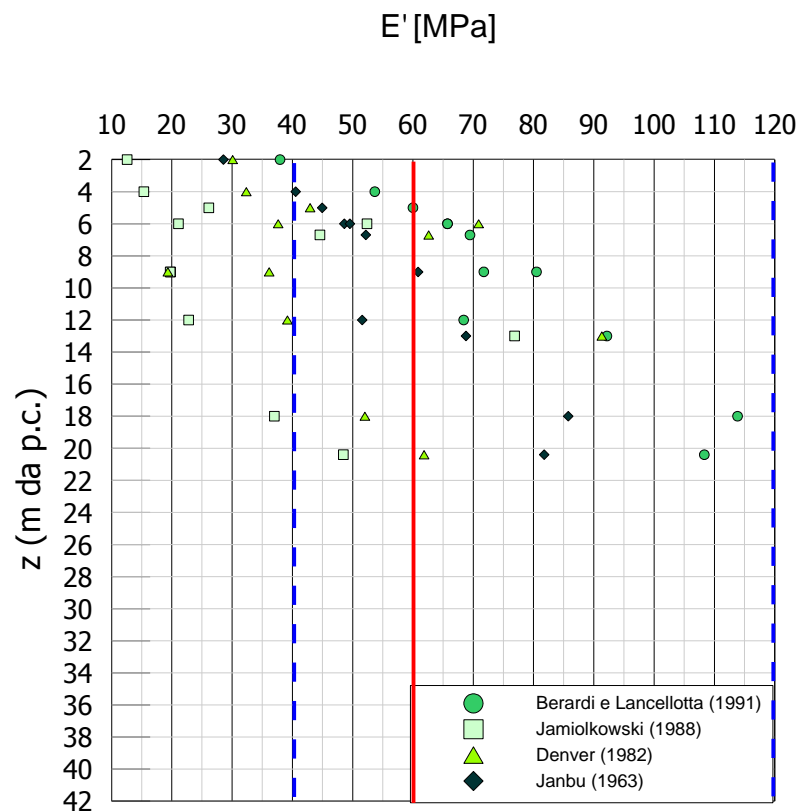


Abbildung 14 -

Figura 14 – TERRENO A: andamento con la profondità di E' .

In Figura 15 viene diagrammato l'andamento con la profondità della densità relativa D_R per i depositi alluvionali (TERRENO C).

Le misure disponibili nell'area di interesse indicano un range di variazione fra 55% e 85% circa, con distribuzione prevalente delle prove nell'intervallo 65-75% nei primi 10m di sottosuolo, 55-60% inferiormente.

In Figura 16 viene diagrammato l'andamento con la profondità dell'angolo di resistenza al taglio ϕ' per il TERRENO C. Vengono plottati anche i dati relativi alle prove di taglio diretto DS svolte su campioni ricostituiti in laboratorio.

Come strumento di immediato riferimento, vengono anche riportati i limiti del range di variazione (linee tratteggiate blu) ed il valore caratteristico (linea rossa a tratto continuo) fissati per ϕ' in §7.2 e 7.3.

Nella metodologia di Bolton, per il TERRENO C si è assunto un angolo di attrito a volume costante ϕ'_{cv} pari a 32° per prove coinvolgenti la frazione più fine (limi sabbiosi sabbie medio-grosse debolmente limose), 35° per la frazione più grossolana (da sabbie ghiaiose debolmente limose a ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa grossolana).

I valori adottati per ϕ'_{cv} mostrano un buon accordo con i risultati delle prove di taglio diretto DS svolte in laboratorio su campioni ricostituiti (cfr. §6.5), per quanto si disponga di sole n.3 prove eseguite a profondità elevate rispetto a quelle di riferimento per le problematiche geotecniche di interesse.

L'interpretazione delle misure penetrometriche con la metodologia di Bolton, tenuto conto dei valori di ϕ'_{cv} e dell'assunzione cautelativa $m \cdot DI = 3$, fornisce valori di ϕ' compresi fra 35° e 38°.

L'interpretazione con la metodologia di Schmertmann fornisce valori di ϕ' compresi fra 35° e 43°; per la quasi totalità delle prove si ottengono valori di ϕ' superiori ai corrispettivi desunti secondo la procedura di Bolton.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

In definitiva, i valori sperimentali degli angoli di attrito di picco ϕ' ricavati dalle prove SPT ricadono per lo più nel settore superiore dell'intervallo di variazione definito ai fini progettuali, in particolare fra il valore caratteristico ed il limite massimo del campo di variabilità. Il valore caratteristico identificato per ϕ' (35°) risulta essere prossimo ai valori minimi dell'angolo di attrito desunti dalle SPT.

Anche per le alluvioni vale quanto osservato per i depositi di debris flow a proposito delle prove di taglio diretto DS su provini ricostituiti, che restituiscono valori dell'angolo di attrito inferiori a quelli interpretati dalle SPT in considerazione della natura rimaneggiata dei campioni.

I valori stimati per E' dalle prove penetrometriche (cfr. Figura 17) presentano una dispersione non trascurabile e sono compresi fra 20 e 130 MPa circa.

Nel volume di terreno "significativo" e per i livelli tensionali di riferimento (primi 15-20m di sottosuolo), il limite superiore del modulo elastico risulta pari a circa 80MPa.

Anche le alluvioni presentano una dispersione non trascurabile dei valori di E' , riconducibile alla rilevante variabilità granulometrica areale e verticale, nonché all'utilizzo di molteplici correlazioni sperimentali sviluppate in contesti geotecnici affini dal punto di vista litologico, ma non completamente identici.

Il valore medio può porsi pari a circa 60 MPa, anche in tal caso tenendo in debita considerazione di come la correlazione di Jamiolkowski per terreni normalconsolidati fornisca valori estremamente conservativi, piuttosto discosti dai valori desunti dalle altre leggi.

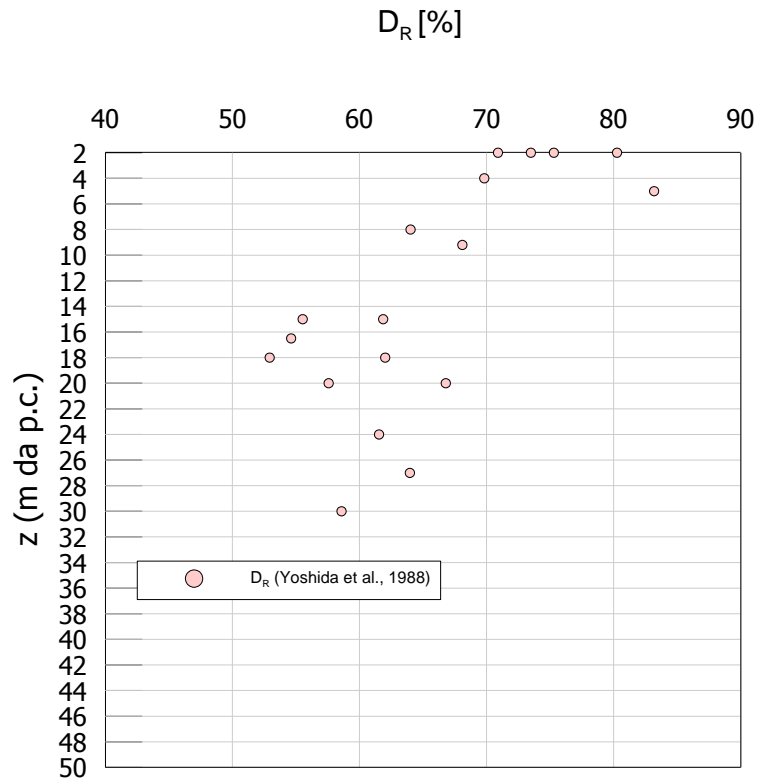


Abbildung 15 -

Figura 15 – TERRENO C: andamento con la profondità di D_R .

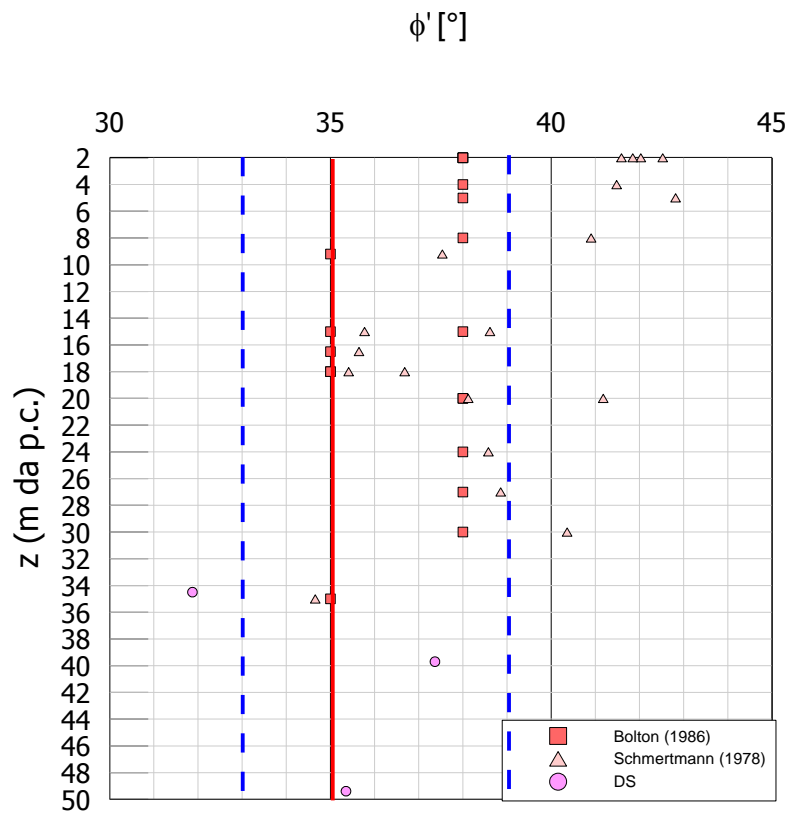


Abbildung 16 -

Figura 16 – TERRENO C: andamento con la profondità di ϕ' .

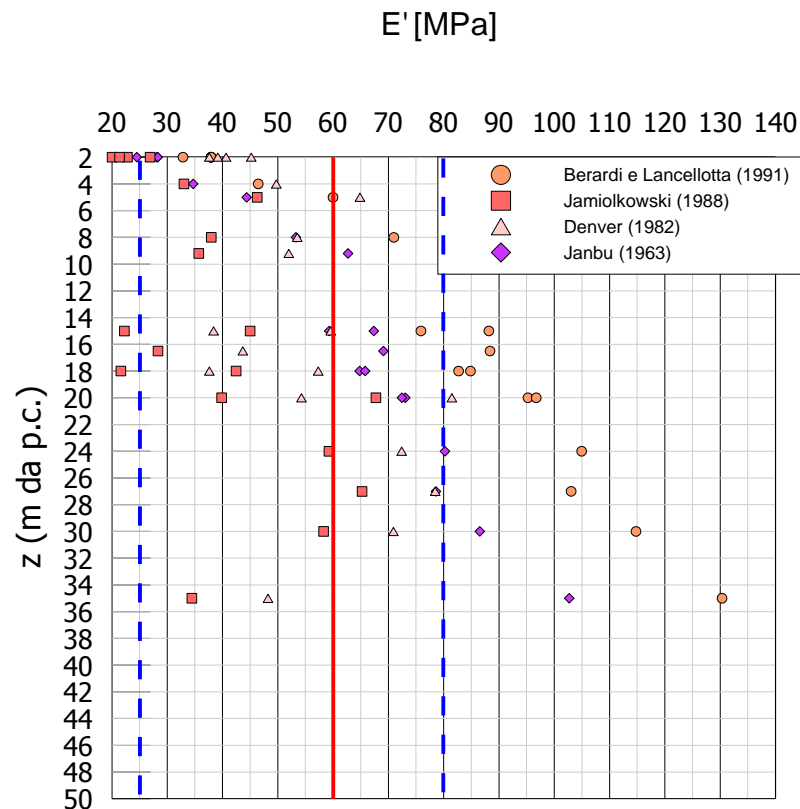


Abbildung 17 -

Figura 17 – TERRENO C: andamento con la profondità di E' .

6.5 LABORTESTS

Es stehen keine geotechnischen Labortests zur Verfügung, welche direkt in den Projektbereich fallen weder in Bezug auf die Bohrungen, die im Laufe der vorherigen Untersuchungscampagnen durchgeführt wurden, noch in Anbetracht der zusätzlichen Untersuchungen des Durchführungsprojektes.

Ausnahmen sind ausschließlich die granulometrischen Untersuchungen, die an den umgearbeiteten Proben durchgeführt wurden und den Murgängen des BODENS A zuzuschreiben sind, welche in der Bohrung BHPz-10/14 im Bereich Flaggerbach entnommen wurden und deren Ergebnisse in der Abbildung 18 angezeigt werden.

Aus einem Granulometrischen Gesichtspunkt handelt es sich vorrangig um Schotter mit Kies und Sand.

6.5 PROVE DI LABORATORIO

Non si dispone di prove geotecniche di laboratorio direttamente ricadenti nelle aree di progetto, né riferendosi ai sondaggi eseguiti nel corso delle precedenti campagne di indagini, né considerando le indagini integrative del Progetto Esecutivo.

Fanno eccezione le sole analisi granulometriche eseguite su campioni rimaneggiati ascrivibili ai debris flow del TERRENO A, prelevati nel sondaggio BHPz-10/14 ubicato in area Rio Vallaga, i cui risultati sono illustrati in Figura 18.

Dal punto di vista granulometrico, prevalentemente si tratta di ghiaia con ciottoli e sabbia.

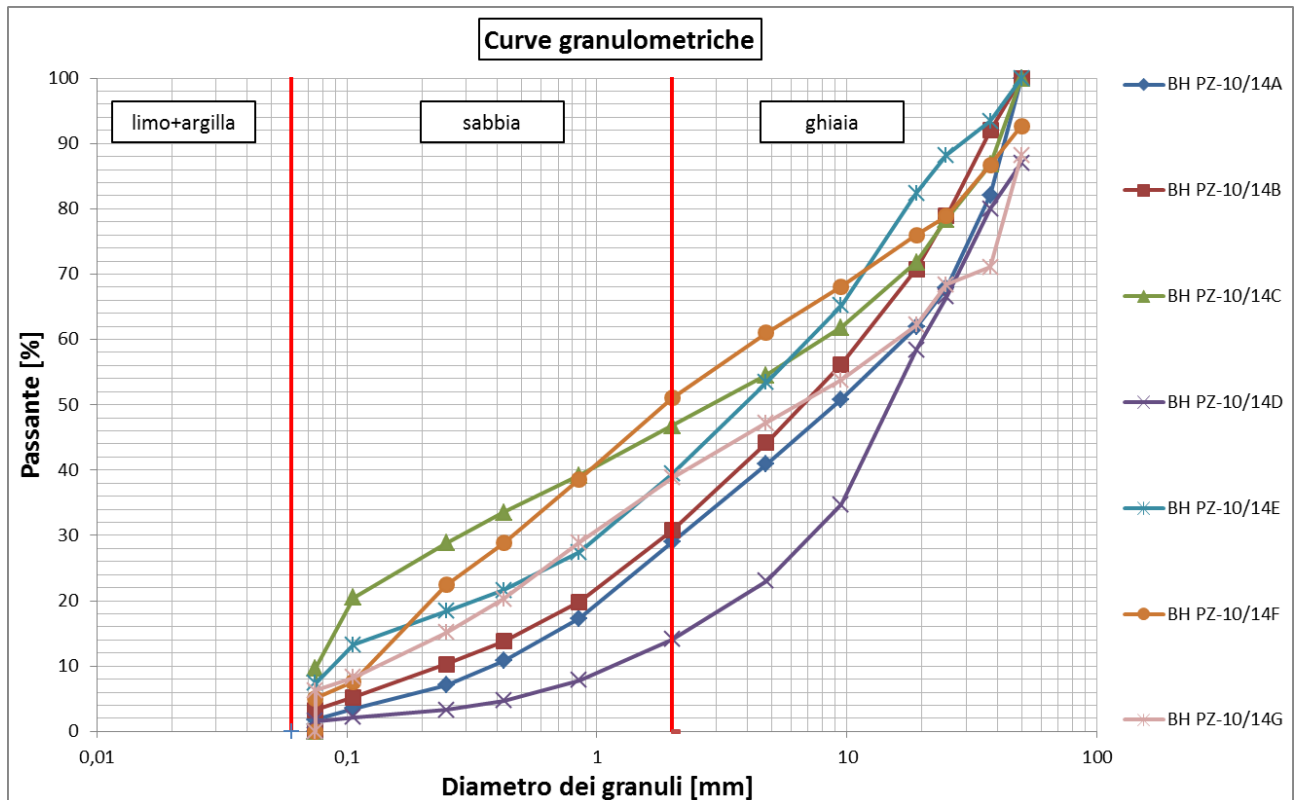


Abbildung 18 - Granulometrische Kurven.

Figura 18 – Curve granulometriche.

Allerdings können die geotechnischen Eigenschaften der Materialien die im Labor erschließbar sind, mit einem guten Maß an Zuverlässigkeit und Repräsentativität durch die Tests an den Proben, die aus Bohrungen stammen, welche in Bereichen durchgeführt wurden, die außerhalb der Zugehörigkeit der alten Linie - der Zufahrtsstraße A.1, logistisch gesehen aber dennoch in der Nähe des Bereiches liegen und an Formationen durchgeführt werden, die aus einem geotechnischen Gesichtspunkt gleichartig sind, geschätzt werden.

Tuttavia le proprietà geotecniche dei materiali desumibili in laboratorio possono essere stimate con buon grado di fiducia e rappresentatività dalle prove svolte su campioni prelevati da sondaggi realizzati in siti esterni a quelli di stretta pertinenza della Linea Storica-Strada di Accesso A.1, ma comunque logisticamente prossimi all'area e messi in opera su formazioni analoghe dal punto di vista geotecnico.

Im Folgenden werden aus der Sicht des Projekts, also der Widerstandstest, ausschließlich die Ergebnisse der bezeichnendsten Tests vorgestellt und untersucht.

Di seguito vengono presentati e analizzati unicamente i risultati delle prove più significative dal punto di vista progettuale, dunque delle prove di resistenza.

Für weitere Details über die Labortests die in den übrigen Bereichen des Projekts durchgeführt wurden, wird auf die Untersuchung des Allgemeinen Geotechnischen Berichts (Bez.: 02-H71-AF-002-03-01-002.00-B0115-01011-RT3) verwiesen, das dem Projekt beiliegt.

Per ulteriori approfondimenti circa le prove di laboratorio svolte nelle restanti aree di progetto, si rimanda alla consultazione della Relazione Geotecnica Generale (rif.: 02-H71-AF-002-03-01-002.00-B0115-01011-RT3) allegata al Progetto.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Die Eigenschaften der Scherfestigkeit, unter Spitzenwertbedingungen und in Bezug auf effektiven Spannungen, wurden von der Ausarbeitung der Ergebnisse der direkten Scherversuchen DS abgeleitet.

Le caratteristiche di resistenza al taglio, in condizioni di picco ed in termini di tensioni efficaci, sono state desunte dall'elaborazione dei risultati di prove di taglio diretto DS.

Tutti i campioni soggetti a prova sono di tipo ricostituito, tenuto conto della natura prevalentemente grossolana dei materiali in sito che non ha permesso il campionamento indisturbato.

Dai certificati di laboratorio si nota per lo più la presenza nel piano resistenza al taglio-spostamenti orizzontali misurati $\tau - s_h$ di curve sforzi-deformazioni elastoplastiche duttili, con andamento contraente anche per le tensioni di consolidazione inferiori. Tali materiali esibiscono il classico comportamento tipico di materiali ricostituiti e, dunque, normalconsolidati.

Die Tests eines direkten Scherens wurden gemäß der folgenden Methodologie interpretiert. Es werden die Werte vorgebracht die, für jede Probe getrennt, durch die Interpolation auf der Mohrschen Ebene $\sigma'_a - \tau$ erhalten werden; die drei Wertepaare Normalspannung-Bruchspannung. Auf diese Weise ist es möglich, über eine lineare Regression aus jedem Testtrio, die auf eine einzelne Probe zurückzuführen sind, die Bruchhüllkurve festzulegen und c' e ϕ' in Bezug auf die Einzelprobe einzuschätzen.

Le prove di taglio diretto sono state interpretate secondo la seguente metodologia. Vengono riportati i valori ottenuti interpolando sul piano di Mohr $\sigma'_a - \tau$, separatamente per ogni campione, le tre coppie di valori tensione normale-tensione a rottura. In tal modo, da ogni terna di provini riconducibili al singolo campione è possibile, tramite regressione lineare, determinare l'involuppo di rottura e stimare c' e ϕ' relativi alla prova singola.

Die Versuchsdaten sind in der Tabelle 6 enthalten. In der rechten Spalte werden die erhaltenen Werte für jede Probe nach Eigenschaft und Widerstand c' und ϕ' vorgebracht.

I dati di prova sono contenuti in Tabella 9. Nelle colonna di destra vengono riportati separatamente per ogni campione i valori ottenuti per le caratteristiche di resistenza c' e ϕ' .

Die Ergebnisse des linearen Fittings werden in der Abbildung 19 und Abbildung 20 jeweils für den BODEN A und für den BODEN C grafisch dargestellt.

I risultati del fitting lineare vengono presentati anche graficamente in Figura 19 e Figura 20 rispettivamente per il TERRENO A ed il TERRENO C.

Inbesondere für den BODEN A, für den man über eine höhere Anzahl von Tests verfügt, erscheinen die nicht vernachlässigbaren Schwankungen der Daten, übereinstimmend mit der deutlichen Heterogenität der Materialien, offenkundig.

In particolare per il TERRENO A, per cui si dispone di un maggior numero di prove, risulta evidente la non trascurabile variabilità dei dati, congruentemente con la spiccata eterogeneità dei materiali.

Für den BODEN A führt die gesamte Interpolation der experimentellen Daten mit einer einzigen Operation eines linearen Fittings, zur Festlegung der Spitzenwerte $c' = 20kPa$ und $\phi' = 32^\circ$.

Per il TERRENO A l'interpolazione complessiva dei dati sperimentali con un'unica operazione di fitting lineare conduce alla determinazione dei valori di picco $c' = 20kPa$ e $\phi' = 32^\circ$.

Im Durchschnitt erhält man für den BODEN C die Werte $c' = 12kPa$ und $\phi' = 35^\circ$.

In media per il TERRENO C si ottengono i valori di $c' = 12kPa$ e $\phi' = 35^\circ$.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Wie schon vorweggenommen, muss berücksichtigt werden, dass die diskutierten Tests, in Bezug auf die Bereiche von Interesse, in Randbereiche fallen. Außerdem wurden die Proben in einigen der Schertests auf höheren Spannungsebenen gefestigt, als die, welche die betreffenden Probleme ausmachen. Schließlich ist für inkohärente verdichtete Materialien in der Nähe der niedrigen Spannungsebenen eine besonders betonte Spitzenbruchhüllkurve, daher führt die Linearisierung der Hülle zu einer zu hohen einschätzung des bindigen Achsabschnitts c' zu erwarten.

Diese Bedingungen erfordern also vernünftigerweise vorsichtige Entscheidungen in Bezug auf die zu übernehmenden mechanischen Parameter, insbesondere für c' , sowohl für die wichtige Rolle, die dieser in den Stabilitätsproblemen der Hänge Gruben spielt, als auch weil dieser, anders als ϕ' , der auch aus den SPT-Tests abgeleitet werden kann, ausschließlich aus den Labortests abgeleitet werden kann.

Come anticipato, va tenuto conto che le prove discusse ricadono in aree periferiche rispetto a quelle di interesse. Inoltre, in alcune delle prove di taglio i provini sono stati consolidati a livelli tensionali superiori rispetto a quelli caratterizzanti i problemi in esame. Infine, per materiali incoerenti addensati c'è da attendersi una curvatura dell'inviluppo di rottura di picco particolarmente marcata in prossimità di bassi livelli tensionali, per cui la linearizzazione dell'inviluppo conduce ad una sovrastima dell'intercetta coesiva c' .

Tali condizioni, dunque, obbligano a scelte ragionevolmente cautelative per quanto riguarda i parametri meccanici da assumere, in particolare per c' , sia per il ruolo rilevante da essa svolto nei problemi di stabilità di pendii o scavi, sia perché essa è derivabile esclusivamente dalle prove di laboratorio, diversamente da ϕ' , stimabile anche dalle prove SPT.

Si noti, infine, come già evidenziato al §6.4, che l'interpretazione delle prove di laboratorio conduce a dei valori di ϕ' mediamente inferiori a quelli desunti dalle SPT, in considerazione della natura ricostituita dei campioni.

A tal riguardo, va tenuto debitamente conto che l'inviluppo di resistenza corrispondente alla fase di post-picco per materiali addensati caratterizzati da legame costitutivo di tipo "strain-softening" rammollente-dilatante (che sarebbe quello proprio di ipotetici provini indisturbati dei materiali granulari addensati in oggetto) è assai prossimo all'inviluppo di picco di campioni ricostituiti e normalconsolidati (Burland et al., 1996; Calabresi, 2004; Tanzini, 2011; Lancellotta, 2012).

Dunque, dall'inviluppo di rottura di picco di tali prove su campioni ricostituiti è possibile stimare l'angolo di resistenza al taglio a volume costante ϕ'_{cv} del materiale in sito, corrispondente alle condizioni di "stato critico", in corrispondenza del quale il campione continua a deformarsi a carico, volume e contenuto d'acqua costante.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

S n°	C n°	PROFONDITA' / TIEFE			TERRENO / BODEN	tensione consolid. (kPa) / Konsolidierte Spannung (kPa)			tensione a rottura (kPa) / Bruchspannung (kPa)			DS	
		da m	a m	media		PROVINO / PROBE			PROVINO / PROBE			c' kPa	φ' °
ITE-B-01-05	C1	39.40	40.00	39.70	ALL	200	400	600	174	305	479	13.7	37.4
ITE-B-01-05	C2	49.00	49.78	49.39	ALL	200	400	600	164	297	447	18.7	35.4
ITE-B-02-05	C1	10.50	12.00	11.25	DF	100	200	300	81	145	231	2.2	36.9
ITE-B-02-05	C2	18.50	20.00	19.25	DF	100	200	300	86	168	250	3.8	39.3
ITE-B-06-05	C1	22.80	24.00	23.40	DF	100	200	300	76	139	216	3.8	35.0
ITE-B-06-05	C2	26.00	27.50	26.75	DF	100	200	300	95	160	233	24.5	34.6
ITE-B-06-05	C3	32.00	33.50	32.75	DF	100	200	300	82	125	186	27.0	27.5
ITE-B-07-05	C1	5.00	6.50	5.75	DF	100	200	300	82	129	220	5.8	34.6
ITE-B-07-05	C2	10.00	11.50	10.75	DF	100	200	300	61	119	163	12.0	27.0
ITE-B-07-05	C3	16.50	17.50	17.00	DF	100	200	300	75	109	155	32.6	21.8
ITE-B-08a-05	C3	26.00	26.30	26.15	DF	200	400	600	120	224	327	16.9	27.4
ITE-B-08a-05	C4	33.00	34.00	33.50	DF	200	400	600	165	295	465	8.7	36.8
ITE-B-08a-05	C5	36.00	36.80	36.40	DF	200	400	600	181	279	437	42.4	32.7
MW-B-03-05	C4A	22.00	23.00	22.50	DF	200	400	600	256	367	497	131.6	31.1
MW-B-03-05	C7A	37.00	38.00	37.50	DF	200	400	600	128	198	297	38.7	22.9
MW-B-03-05	C8A	41.00	41.80	41.40	DF	200	400	600	195	341	497	42.5	37.1
MW-B-07-05	C4A	34.00	35.00	34.50	ALL	100	200	300	60	139	184	3.2	31.9

Tabelle 9 - Experimentelle Daten und Interpretation der DS
Test des direkten Scherens. SPT

Tabella 9 - Dati sperimentali e interpretazione delle prove di
taglio diretto DS.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

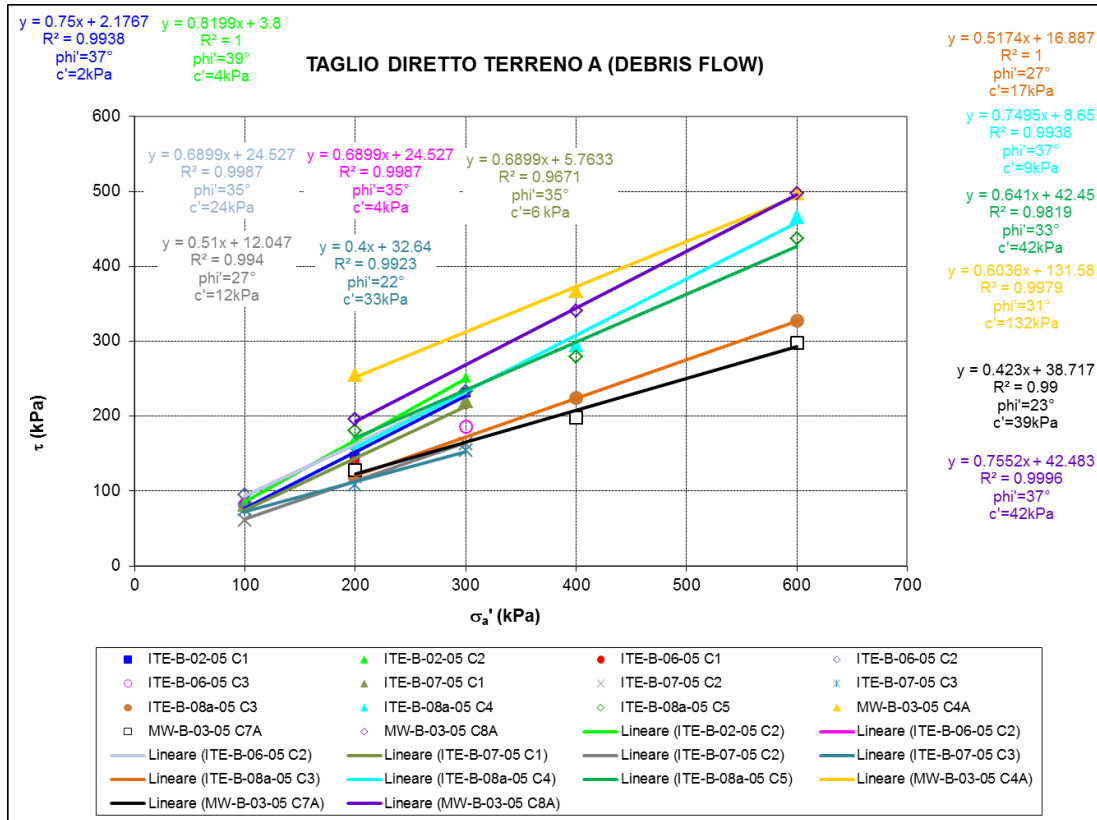


Abbildung 19 - BODEN A (Murgang): Spitzenbruchhüllkurven für Tests direkten Scherens DS.

Figura 19 – TERRENO A (Debris Flow): involucri di rottura di picco per le prove di taglio diretto DS

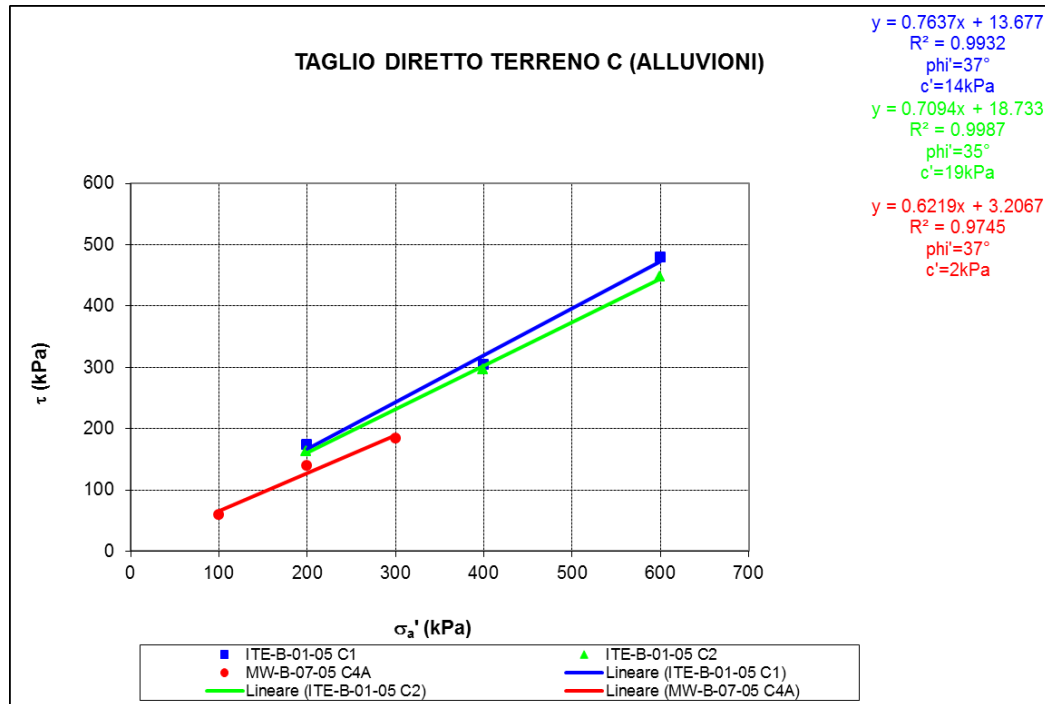


Abbildung 20 - BODEN C (Hochwasser des Eisacks): Spitzenbruchhüllkurven für Tests direkten Scherens DS.

Figura 20 – TERRENO C (Alluvioni F.me Isarco): involucri di rottura di picco per le prove di taglio diretto DS.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

6.6 SEISMISCHE UNTERSUCHUNGEN

Im Kreise der Campagne der zusätzlichen Untersuchungen 2014-2015 wurde eine seismische Oberflächenuntersuchung SR1, des Typs Refraktionsprospektion, durchgeführt, um die lithostratigraphischen Bedingungen der auferlegten Böden des Notstollens NA4.

Die seismische Basis entwickelt sich ungefähr auf eine Länge von 70m und wurde ungefähr parallel zum Notstollen, zwischen einer Höhe von circa 771 m und 789 m über dem Meeresspiegel, mit einem direkten Maß der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Kompressionswellen (V_p) realisiert.

Durch die eingenommenen Position, hat das Ausbreiten auch die Identifikation der stratigraphischen Folge in der Nähe des Abschnittes der interferierten Zufahrtsstraße A1 ermöglicht, während die Versetzung der alten Linie nicht von Interesse ist.

Sie bestand aus einem 24 Kanäle Array mit differenziertem Zwischenraum, mit den ersten 12 Kanälen die im unteren, flachen Teil und mit einer Trennung von 2m und den weiteren 12 (Überquerung der nicht asphaltierten Straße, Durchgang in der Nähe der geneigten BH-09/14 Bohrung und Auffahrt auf dem steinigen Hang) mit einer Trennung von 4m, verteilt sind.

Das Profil hat seinen Ursprung auf der Ebene, in der Nähe der Fo-B-21/09 Bohrung.

Die Untersuchung hat einen seiso-stratigraphischen Abschnitt, mit einer Interpretation des Untergrunds bis zu Tiefen zwischen 10 und 20 m circa von der Geländeoberkante aus, ergeben. (cfr. Abbildung 21).

6.6 INDAGINI SISMICHE

Nell'ambito della campagna di indagini integrative del 2014-2015 è stata effettuata l'indagine sismica di superficie SR1, di tipo prospezione a rifrazione, al fine di valutare le condizioni litostratigrafiche dei terreni di imposta del cunicolo di soccorso NA4.

La base sismica misura circa 70m di sviluppo ed è stata eseguita circa parallelamente al cunicolo di soccorso, fra le quote di circa 771 m s.l.m. e 789 m s.l.m., con misura diretta della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_p).

In ragione della posizione assunta, lo stendimento ha permesso anche l'identificazione della successione stratigrafica in prossimità del tratto di Strada d'Accesso A1 interferita, mentre non interessa lo Spostamento della Linea Storica.

Essa è consistita in un array a 24 canali a spaziatura differenziata, con i primi 12 canali distribuiti nella parte bassa pianeggiante con separazione di 2m e gli altri 12 (attraversamento strada sterrata, passaggio in prossimità del sondaggio inclinato BH-09/14 e risalita sul versante roccioso) separati di 4m.

Il profilo ha origine in pianura, nei pressi del sondaggio Fo-B-21/09.

L'indagine ha restituito una sezione sismostratigrafica con interpretazione del sottosuolo fino a profondità comprese fra 10 e 20 m circa da p.c. (cfr. Figura 21).

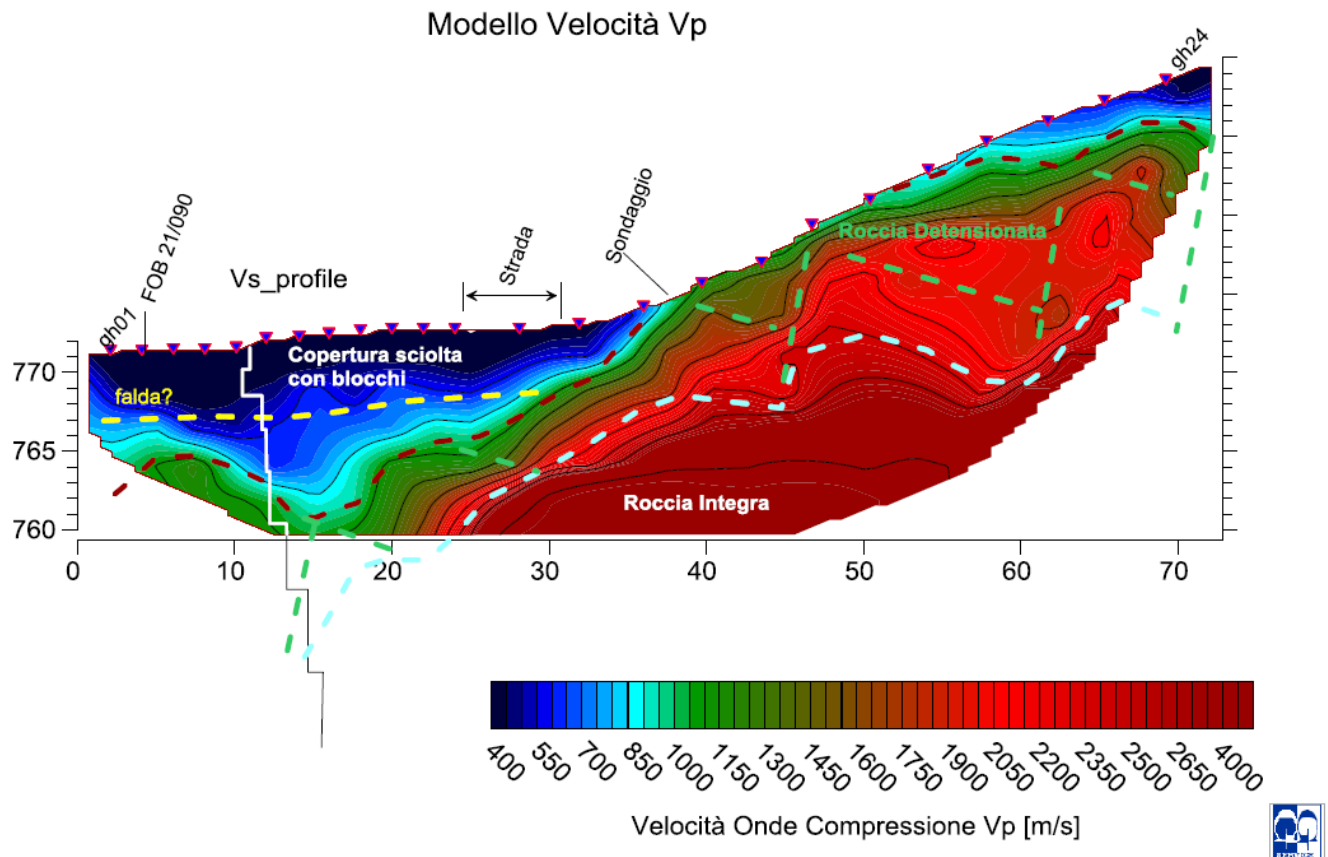


Abbildung 21 - Seismische Basis SR1.

Figura 21 – Base sismica SR1.

Die Untersuchung des seismischen Abschnitt zeigt, dass im Talabschnitt, bis zum Felsenaufschluss bergaufwärts der Straße, eine lose Abdeckung mit möglichen Blöcken ($V_p = 600\text{m/s}$) anwesend ist. In Übereinstimmung der Zufahrtsstraße, beträgt deren Dicke circa 3÷4m, während diese in Richtung NW mächtiger erscheint und eine Tiefe von 5÷7m zur Geländeoberkante erreicht.

L'analisi della sismosezione mostra che nel tratto di valle, fino all'affioramento roccioso a monte strada, è presente una copertura sciolta con probabili blocchi ($V_p = 600\text{m/s}$). In corrispondenza della Strada di Accesso, il suo spessore è pari a circa 3÷4m, mentre verso NO risulta più potente, raggiungendo profondità di 5÷7m da p.c..

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

V_P steigt in Richtung Tal an, und zeugt so von einer Erhöhung der Dichte oder von der Anwesenheit von Grundwasser mit freier Oberfläche. Im Hinblick auf den letzteren Aspekt ist es in der Tat nützlich, daran zu erinnern, dass die Geschwindigkeit der Druckwellen stark durch die Anwesenheit des Aquifers und dem Sättigungsgrad beeinflusst wird. Wie bekannt ist, hängen die P-Wellen, in der Tat von der volumetrischen Steifigkeit der flüssigen Phase K_w ab. In Gegenwart von gesättigten Böden ist der Begriff K_w um mehrere Größenordnungen größer der elastischen Eigenschaften des festen Skeletts, so dass V_P hauptsächlich durch die Volumensteifigkeit der Flüssigkeit der Zwischenräume kontrolliert wird.

Durch das Wasser, also, welches schon einige Meter im Untergrund vorzufinden ist, ist es möglich, dass die Werte der longitudinalen Geschwindigkeit um 10-15% erhöht werden.

Bergaufwärts der Straße ist ein seismische Oberflächenschicht erkennbar, die mit einem intensiv bis durchschnittlich gebrochenen und/oder veränderten Substrat (Einheit GA-BG-02), welcher sich durch Geschwindigkeiten der seismischen Wellen V_P , im Bereich zwischen 1000m÷2000m/s, auszeichnet, vereinbar ist.

Die Dicke dieses Horizonts ist von Bereich zu Bereich sehr variabel, auch mit Bezug auf den Bruchbildungs- und Verwitterungszustand des Gesteins und ist bis auf eine Tiefe von circa 15 m von der Oberflächentopographie feststellbar.

Die tiefe Brechung zeichnet sich durch die Werte der V_P Geschwindigkeit aus die oberhalb von 2200m/s liegen und ist mit der felsigen Fundament, das leicht gebrochen bis intakt (Einheit GA-BG-01) ist, in Beziehung zu bringen. Die intakte Fels neigt dazu, in Richtung des Hangs aufzusteigen und dort einzudringen.

Procedendo dal geofono n.14 verso valle, si segue bene l'immersione della linea di roccia. Essa mostra una sorta di risalita intorno ai geofoni n. 2-4, ma non è da escludere che si tratti, invece, di grandi masse litoidi isolate, capaci comunque di sostenere il segnale sismico.

La V_P aumenta verso valle, testimoniando un aumento di addensamento o la presenza di una falda a pelo libero. Relativamente a quest'ultimo aspetto, infatti, è utile ricordare che la velocità delle onde compressionali è fortemente influenzata dalla presenza della falda acquifera e dal grado di saturazione. Come noto, infatti, le onde P dipendono dalla rigidità volumetrica della fase liquida K_w . In presenza di terreni saturi, il termine K_w risulta di vari ordini di grandezza più grande delle proprietà elastiche dello scheletro solido, cosicché V_P risulta prevalentemente controllata dalla rigidità volumetrica del fluido interstiziale.

Per la presenza di acqua, dunque, già nei primi metri del sottosuolo è possibile che i valori delle velocità longitudinali vengano esaltati di un 10-15%.

A monte della strada è riconoscibile un sismostrato superficiale, associabile al substrato da intensamente a mediamente fratturato e/o alterato (Unità GA-BG-02), caratterizzato da velocità delle onde sismiche V_P comprese nell'intervallo 1000m÷2000m/s.

Lo spessore di questo orizzonte è molto variabile da zona a zona, anche in relazione allo stato di fratturazione ed alterazione dell'ammasso, ed è riscontrabile fino a profondità di circa 15m dalla superficie topografica.

Il rifratore profondo è caratterizzato da valori delle velocità V_P superiori a 2200m/s, ed è correlabile al basamento roccioso da debolmente fratturato a intatto (Unità GA-BG-01). La roccia integra tende a risalire addentrandosi verso il versante.

Procedendo dal geofono n.14 verso valle, si segue bene l'immersione della linea di roccia. Essa mostra una sorta di risalita intorno ai geofoni n. 2-4, ma non è da escludere che si tratti, invece, di grandi masse litoidi isolate, capaci comunque di sostenere il segnale sismico.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

Aus dem Verlauf der V_p Werte entnimmt man eine Entspannung des Hangs. Die Entspannung erscheint nicht nur durch die subvertikalen Strukturen beeinflusst zu sein, die parallel zum Hang verlaufen und die die Morphologie der Orte beeinflussen (Bergaufwärts der jetzigen Eisenbahnlinie, im Wald, sind zahlreiche felsige Steilabhänge zu beobachten), sondern auch durch Diskontinuitätsebenen, die diese verbinden und die, zumindest dafür wie der Abschnitt diese Strukturen durchschneidet, im Gegenhang erscheinen.

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

Der Zustand der Bruch- und der Zerklüftung des Felsgesteins ist also nicht nur an den Aufschluss, den Hang entlang sichtbar, sondern würde auch die ersten 15m in der Tiefe betreffen.

Lo stato di fratturazione e fessurazione dell'ammasso roccioso, dunque, oltre che essere visibile in affioramento lungo il versante, interesserebbe i primi 15m di profondità.

Aus diesem Umstand ging die Möglichkeit hervor, in allen Situationen in denen der felsige Substrat anwesend ist, in den geotechnischen Berechnungen ausschließlich die Einheit GA-BG-02 zu berücksichtigen.

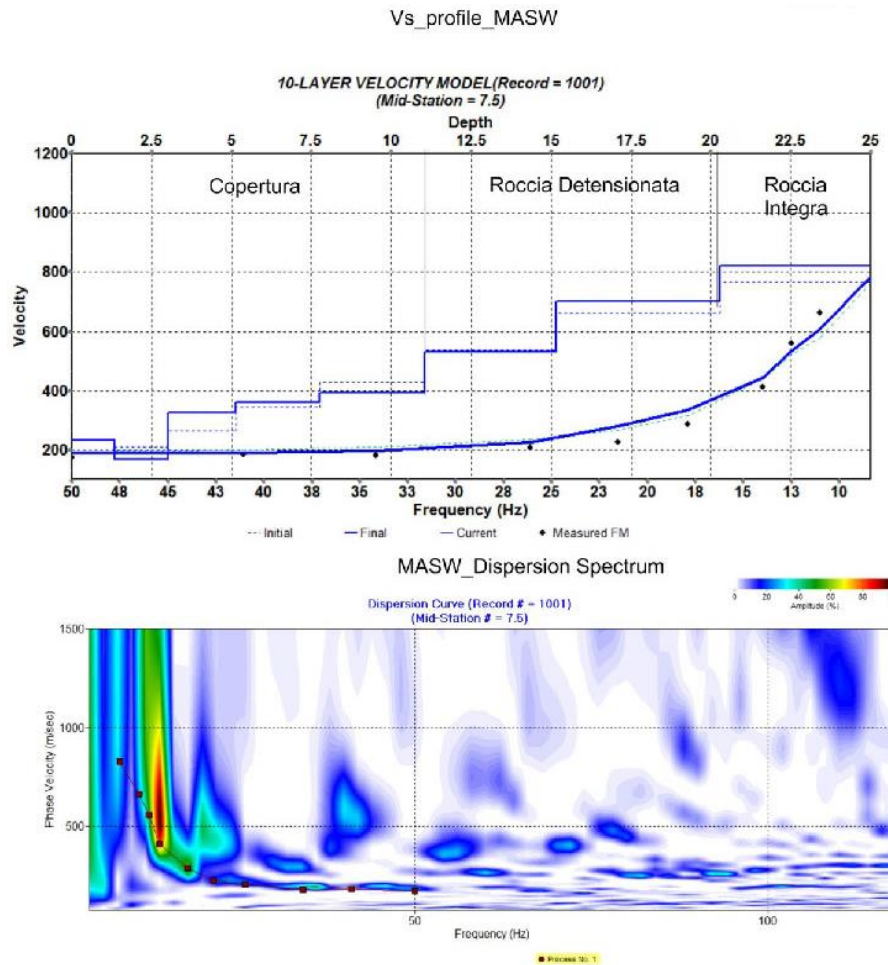
Da tale circostanza è scaturita l'opportunità di tener conto nei calcoli geotecnici, in tutte le situazioni in cui è presente il substrato roccioso, esclusivamente dell'Unità GA-BG-02.

In dem leicht geneigten Abschnitt, konnte man für die externen Energiezufuhr (2m über gh1), auch den Wellenzug an der Oberfläche untersuchen, da ein dutzend Sensoren zur Verfügung stehen und ein zeitliches Fenster zur Verfügung steht, das groß genug ist, indem man das Geschwindigkeitsprofil der Scherwellen V_s ableitet (vgl. Abbildung 22).

Nel tratto sub-pianeggiante, avendo a disposizione una dozzina di sensori ed avendo acquisito con una finestra temporale sufficientemente elevata, si è potuto analizzare anche il treno d'onda di superficie per la prima energizzazione esterna (2m oltre gh1), ricavando il profilo di velocità delle onde di taglio V_s (cfr. Figura 22).

Analog zu dem, was für die Refraktionsseismik vorweggenommen wurde, bemerkt man in den ersten 10m Tiefe die Anwesenheit einer offen gesagt erdabstammenden Sequenz mit $200 < V_s < 450$ m/s, der vertikal Material folgt, das bessere Festigkeitseigenschaften ($550 < V_s < 750$ m/s) vorweist, die zum Großteil mit entspannten Felsen vereinbar ist. Bei einer Tiefe von über 20m werden Geschwindigkeiten erreicht, die für einen intakten Bedrock $V_s > 800$ m/s typisch sind.

Analogamente a quanto anticipato dalla sismica a rifrazione, si nota nei primi 10m superficiali la presenza di una sequenza francamente terrigena con $200 < V_s < 450$ m/s, alla quale succedono verticalmente materiali di migliori caratteristiche di rigidità ($550 < V_s < 750$ m/s), per lo più associabili a roccia detensionata. Oltre 20m di profondità si raggiungono velocità tipiche di un bedrock intatto $V_s > 800$ m/s.



Modello di velocità V_s a partire dalla analisi dei soli primi 12 geofoni spazati di 2m

Abbildung 22 - Geschwindigkeitsprofil V_s mit der MASW Methode (Multichannel Analysis of Surface Waves) entnommen.

Figura 22 – Profilo di velocità V_s desunto con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

L'interpretazione della prova ha permesso, inoltre, di ricostruire il profilo di rigidità del sito tramite la determinazione delle caratteristiche elasto-meccaniche.

Nella Tabella 10 sono riportati i parametri intervallari medi per livelli litologici fino alle massime profondità investigate, ed in particolare i valori della velocità delle onde di compressione V_p , la velocità delle onde trasversali V_s , il modulo di Poisson ν , il peso di volume γ , il valore del modulo elastico e di taglio iniziali E_0 e G_0 e statici E e G .

Come detto, gli strati 1 e 2 in Tabella 10 sono correlabili ai depositi sciolti superficiali, lo strato 3 alla roccia detensionata e fessurata, lo strato 4 alla roccia

debolmente alterata e fratturata.

Strato	prof.strato [m]			Vp [m/s]	Vs [m/s]	ν [-]	γ [t/mc]	iniziali		statici	
	da [m]	a [m]	media [m]					E ₀ [MPa]	G ₀ [MPa]	E [MPa]	G [MPa]
1	0	5	2.5	550	250	0.37	1.69	295	108	89	32
2	5	10	7.5	750	350	0.36	1.79	610	224	183	67
3	10	20	15	1500	650	0.38	2.05	2440	881	2440	881
4	20	25	22.5	2500	800	0.44	2.26	4246	1471	4246	1471

Tabelle 10 -

Tabella 10 – Elaborazione dati della prospezione geofisica.

I valori dei moduli dinamici E_0 e G_0 vengono determinati a partire dai valori delle velocità delle onde longitudinali V_P e trasversali V_S .

Per l'attribuzione dei parametri dinamici, si sono impiegate le seguenti relazioni, ricavabili dalla teoria dell'elasticità:

$$E = 2 \gamma / g \cdot V_S^2 \cdot (1 + \nu) = 2 \cdot G \cdot (1 + \nu)$$

$$G = \gamma / g \cdot V_S^2$$

La definizione delle suddette grandezze passa attraverso la stima del modulo di Poisson ν , a sua volta funzione del rapporto tra velocità compressionali e trasversali a mezzo dell'espressione:

$$\nu = \frac{0.5 \cdot (V_P/V_S)^2 - 1}{(V_P/V_S)^2 - 1}$$

Per la valutazione delle rigidità operative del terreno da impiegare nelle analisi statiche, si sono adottati criteri diversi per gli strati sciolti superficiali e per la roccia, come di seguito specificato:

- per i depositi sciolti, si è assunta una deformazione assiale di riferimento ε_a pari a 0.1%. Tale deformazione unitaria è quella più accreditata da un'ampia raccolta di dati sperimentali su cedimenti di fondazioni superficiali e profondi come valore medio di deformazione nel volume significativo di terreno interessato (equivalente ad un'ampiezza dello sforzo di taglio $\gamma = 0.125\%$). Da tipiche curve di decadimento del modulo di taglio normalizzato G/G_0 con il livello di deformazione di taglio γ per il fuso di riferimento $I_p = 0 \div 15$ (tipico dei terreni di interesse), al livello deformativo di 0.1% può assumersi una rigidità normalizzata $G/G_0 = 0.30$, cioè un decadimento dalla rigidità iniziale G_0 del 70% (cfr. Figura 23).

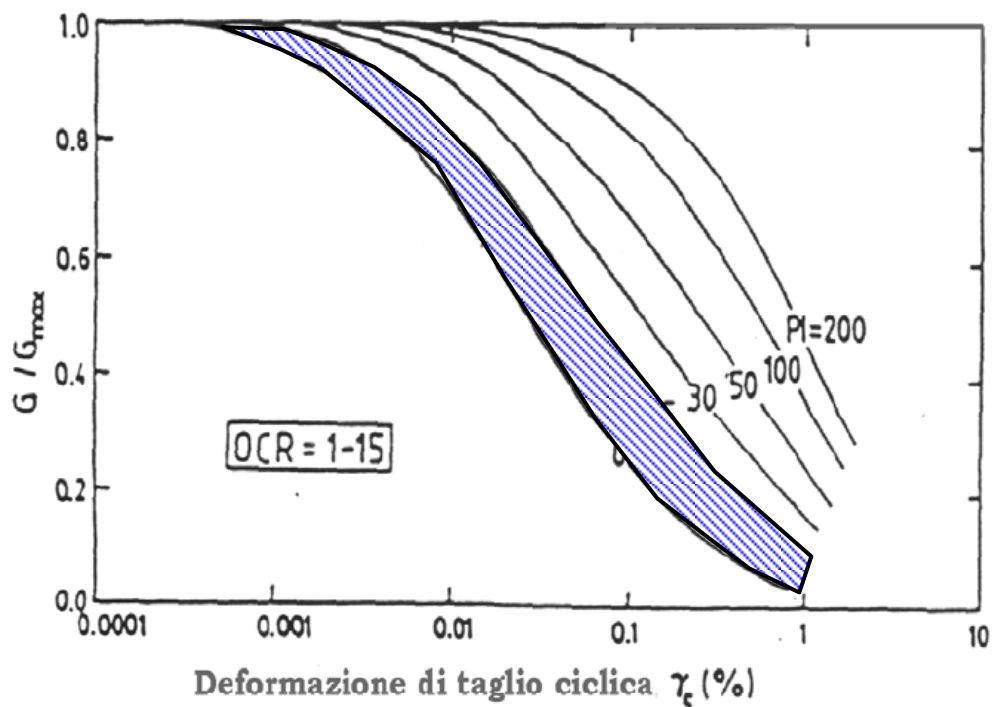


Abbildung 23 -

Figura 23 – Curva di decadimento del modulo di taglio normalizzato G/G_0 in funzione della deformazione di taglio γ .

- per le rocce, si sono assunti i moduli operativi statici pari a quelli iniziali dinamici.

Risulta, dunque:

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

- depositi sciolti (profondità 0÷5m) $E \cong 90MPa$;
- depositi sciolti (profondità 5÷10m) $E \cong 180MPa$;
- roccia detensionata e fessurata (profondità 10÷20m) $E \cong 2400MPa$;
- roccia debolmente alterata e fessurata (profondità >20m) $E \cong 4200MPa$.

I valori dei moduli elastici statici desunti dall'indagine geofisica risultano:

- per i depositi superficiali sciolti, mediamente più elevati rispetto a quelli derivati dalle prove penetrometriche SPT (cfr. §6.4);
- per le rocce, mediamente inferiori rispetto ai valori del modulo d'ammasso derivati dagli indici di caratterizzazione geomeccanica (cfr. §6.7).

6.7 GEOSTRUKTURELLE ERHEBUNGEN UND CHARAKTERISIERUNG DES GESTEINS

Im Folgenden wird das Set an bezeichnenden Parametern angegeben, die für die Einheiten GA-BG-01 und GA-BG-02 im Kreise des endgültigen Projekts, das der Ausschreibung zugrunde liegt, Parameter, die im endgültigen angebotenen Projekt der Variante und im Kreise des Dokuments "Bericht über die Aktivitäten zur Vertiefung der geologischen/geotechnischen Studie" (Bez. 02-H71-AF-002-03-01-001.02-B0115-00355-RT3), Anlage des Durchführungsprojektes, wieder bestätigt werden.

- Einheit GA-BG-01
 - $\sigma_{cm} = 54 \text{ MN/m}^2$
 - $\gamma = 26,5 \text{ kN/m}^3$
 - $\phi' = 62^\circ$
 - $c' = 1900 \text{ kN/m}^2$
 - $E = 15000 \text{ MN/m}^2$
- Einheit GA-BG-02
 - $\sigma_{cm} = 22 \text{ MN/m}^2$
 - $\gamma = 26,5 \text{ kN/m}^3$
 - $\phi' = 58^\circ$
 - $c' = 1000 \text{ kN/m}^2$

6.7 RILIEVI GEOSTRUTTURALI E CARATTERIZZAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Di seguito viene riportato il set di parametri caratteristici individuati per le Unità GA-BG-01 e GA-BG-02 nell'ambito del Progetto Definitivo a base di gara, riconfermati nel Progetto Definito di Variante offerto e nell'ambito del documento "Relazione sulle attività di approfondimento dello studio geologico/geotecnico" (rif. 02-H71-AF-002-03-01-001.02-B0115-00355-RT3), allegato al Progetto Esecutivo.

- Unità GA-BG-01
 - $\sigma_{cm} = 54 \text{ MN/m}^2$
 - $\gamma = 26,5 \text{ kN/m}^3$
 - $\phi' = 62^\circ$
 - $c' = 1900 \text{ kN/m}^2$
 - $E = 15000 \text{ MN/m}^2$
- Unità GA-BG-02
 - $\sigma_{cm} = 22 \text{ MN/m}^2$
 - $\gamma = 26,5 \text{ kN/m}^3$
 - $\phi' = 58^\circ$
 - $c' = 1000 \text{ kN/m}^2$

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

➤ $E = 5000 \text{ MN/m}^2$

➤ $E = 5000 \text{ MN/m}^2$

Außerdem werden im Folgenden, die Zusammenfassungen der Einheiten GA-BG-01 und GA-BG-02 vorgetragen, die aus dem Geotechnischen Bericht des endgültigen Projekts (Bez. D0753-03-01-002.01-RB-00_S) hervorgehen und auch im Allgemeinen Geotechnischen Bericht (Bez.: 02-H71-AF-002-03-01-002.00-B0115-01011-RT3) vorgetragen werden, die dem Durchführungsprojekt beigelegt sind.

Vengono inoltre riportate nel seguito le schede di sintesi delle Unità GA-BG-01 e GA-BG-02, mutuata dalla Relazione Geotecnica Generale del Progetto Definitivo (rif. D0753-03-01-002.01-RB-00_S) e riportate anche nella Relazione Geotecnica Generale (rif.: 02-H71-AF-002-03-01-002.00-B0115-01011-RT3) allegata al Progetto Esecutivo.


Man beachte, dass die oben angegebenen bezeichnenden Werte spezifisch dem Fall der Untergrundbauten gewidmet ist, die sich durch Spannungsniveaus auszeichnen, die sich sehr von denen unterscheiden, die für die besagten Oberflächenbauten bezeichnend sind. Der unterschiedliche Bezugsspannungsbereich bringt die Anwendung verschiedener Werte der geomechanischen Eigenschaften mit sich.

Si osserva che i sopra riportati valori caratteristici sono specificamente dedicati al caso delle opere in sotterraneo, contraddistinte da livelli tensionali molto diversi da quelli caratteristici delle opere superficiali di interesse. Il diverso range tensionale di riferimento comporta l'adozione di differenti valori delle caratteristiche geomeccaniche.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Gebirgsart		GA BG-01				
Tipo di ammasso rioccioso						
Lithologie / Litologia		Granit bis Granodiorit / Granito a granodiorite				
Geologische Kurzbeschreibung Descrizione geologica		Granit bis Granodiorit, weitständig bis mittelständig geklüftet, frisch bis schwach verwittert, es treten bis zu 6 verschiedene Haupttrennflächensysteme auf, welche überwiegend steil stehen, das Gestein ist als stark bis extrem abrasiv zu klassifizieren Granito a granodiorite a fratturazione con spaziatura da ampia a media, da fresco a poco alterato, sono presenti fino a 6 diversi sistemi principali di discontinuità prevalentemente ad alto angolo, la roccia è da classificare come fortemente fino ad estremamente abrasiva				
Bankung/Schieferung Stratificazione/scistosità		keine vorhanden assente				
Kluftflächenabstände Spaziatura delle superfici di discontinuità		überwiegend 2 bis 0,2 m in prevalenza da 2 a 0,2 m				
Trennflächenbeschaffenheit Stato della superficie di discontinuità		überwiegend gestuft bis eben, rau, leicht angewittert in prevalenza a gradini fino a planare, scabro, leggermente alterato				
Öffnung/Füllung Apertura/riempimento		z.T. Quarz, Kataklasit und Kakirit, bis zu mehrere cm mächtig in parte Quarzo, cataclaste e cacherite, fino a più cm di spessore				
Zwischenlagen Interstrati		Aplitgänge im dm bis m Bereich möglich, aus geomechnischer Sicht sind diese mit dem umgebenden Festgestein vergleichbar Possibili filoni aplitici nell'ordine dm a m, dal punto di vista geomeccanico sono confrontabili con la roccia circostante				
Bemerkungen / Note						
		Bez. Den.	Dim.	Mittelwert Media	Standard-abweichung Deviaz. Standard	Bemerkungen Note
Gesteinskennwerte / Paramtri di roccia						
Rohdichte Peso di volume		g/cm ³	2,65	0,01		4 Versuche 4 prova
Einaxiale Druckfestigkeit Resistenza alla compressione uniassiale	UCS	MPa	146	23		18 Versuche 18 prova
Hoek-Constant	mi	-	38	8		18 Versuche 18 prova
Reibungswinkel Angolo d'attrito		Grad	62	3		18 Versuche 18 prova
Kohäsion Coesione	c	MPa	16,6	3,4		18 Versuche 18 prova
Querdehnzahl Coefficiente di Poisson		-	0,17	0,05		20 Versuche 20 prova
Spaltzugfestigkeit Resistenza alla trazione		MPa	8,84	2,28		13 Versuche 13 prova
Cerchar-Abrasivitätsindex Indice di abrasività Cerchar	CAI	-	4,41	0,54		8 Versuche: extrem bis stark abrasiv 8 prova: estr.-fort. abrasivo
Gebirgskennwerte nach / Paramtri di roccia sec: Hoek, Carranza-Torres & Corkum 2002						
Geological Strength Index	GSI	-	60	5		Eingangsparameter Parametri di input
Einaxiale Druckfestigkeit Resistenza alla compressione uniassiale	UCS	MPa	146	23		
Hoek-Constant	mi	-	31	2		
Überlagerung Copertura	H	m	120			
Disturbance Factor	D	-	0,0			
Global strength	cm	MPa	53,9	15,0		
Reibungswinkel Angolo d'attrito		Grad	62	2		
Kohäsion Coesione	c	MPa	1,9	0,5		
E-Modul Modulo E		GPa	17,8	5,0		
RMR/Klasse RMR/Classe	-	-	65			
Gebirgskennwerte - E Moduli / Paramtri di roccia - moduli di elasticità						
E-Modul aus BLA Modulo E da prova dilatom. Boyd, 1993	E	GPa	12,4	0,7		2 Versuche 2 prova
Serafin & Pereira, 1983	E	GPa	-			RMR < 35
Bienavski, 1999	E	GPa	37,6			35<RMR<55
Hoek, Carranza-Torres & Corkum, 2002	E	GPa	17,8			RMR > 55
Charakteristische Gebirgskennwerte Paramtri di roccia caratteristici			Mittelwert Media	Bandbreite Range		
Global strength	cm	MPa	54,0	39,0 - 69,0		
Reibungswinkel Angolo d'attrito		Grad	62	60 - 64		
Kohäsion Coesione	c	MPa	1,9	1,4 - 2,4		
E-Modul Modulo E	E	GPa	15,0	10,0 - 20,0		

 abgeschätzt auf Basis der Richtwerttabelle nach Hoek
stimato sulla base della tabella dei valori guida sec. Hoek

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Gebirgsart		GA BG-02			
Tipo di ammasso riocioso					
Lithologie / Litologia		Granit bis Granodiorit / Granito a granodiorite			
Geologische Kurzbeschreibung Descrizione geologica		Granit bis Granodiorit, mittelständig bis engständig geklüftet, frisch bis mäßig verwittert, das Gestein ist zum Teil vergrünt, es treten bis zu 6 verschiedene Haupttrennflächensysteme auf, welche überwiegend steil stehen, das Gestein ist als stark bis extrem abrasiv zu klassifizieren Granito a granodiorite a fratturazione con spaziatura da media a ravvicinata, da fresco a moderatamente alterato, la roccia è in parte di colore verdastro, sono presenti fino a 6 diversi sistemi principali di discontinuità prevalentemente ad alto angolo, la roccia è da classificare come fortemente fino ad estremamente abrasiva			
Bankung/Schieferung Stratificazione/scistosità		keine vorhanden assente			
Kluffflächenabstände Spaziatura delle superfici di discontinuità		überwiegend 0,6 bis 0,06 m in prevalenza da 0,6 a 0,06 m			
Trennflächenbeschaffenheit Stato della superficie di discontinuità		überwiegend gestuft bis eben, rau bis glatt, leicht bis moderat verwittert in prevalenza a gradini fino a planare, scabro fino a liscio, leggermente fino a moderatamente alterato			
Öffnung/Füllung Apertura/riempimento		z.T. Quarz, Kataklasit und Kakirit, bis zu mehrere cm mächtig in parte Quarzo, cataclasite e cachirite, fino a più cm di spessore			
Zwischenlagen Interstrati		Aplitgänge im dm bis m Bereich möglich, aus geomechnischer Sicht sind diese mit dem umgebenden Festgestein vergleichbar Possibili filoni aplitici nell'ordine dm a m, dal punto di vista geomeccanico sono confrontabili con la roccia circostante			
Bemerkungen / Note					
	Bez. Den.	Dim.	Mittelwert Media	Standard-abweichung Deviaz. Standard	Bemerkungen Note
Gesteinskennwerte / Paramtri di roccia					
Rohdichte Peso di volume		g/cm ³	2,65	0,01	4 Versuche 4 prova
Einaxiale Druckfestigkeit Resistenza alla compressione uniassiale	UCS	MPa	75	23	4 Versuche 4 prova
Hoek-Constant	mi	-	-	-	keine Versuche nessuna prova
Reibungswinkel Angolo d'attrito		Grad	-	-	keine Versuche nessuna prova
Kohäsion Coesione	c	MPa	-	-	keine Versuche nessuna prova
Querdehnzahl Coefficiente di Poisson		-	0,17	0,05	20 Versuche 20 prova
Spaltzugfestigkeit Resistenza alla trazione		MPa	6,23	1,11	6 Versuche 6 prova
Cerchar-Abrasivitätsindex Indice di abrasività Cerchar	CAI	-	4,41	0,54	8 Versuche: extrem bis stark abrasiv 8 prova: estr.-fort. abrasivo
Gebirgskennwerte nach / Paramtri di roccia sec: Hoek, Carranza-Torres & Corkum 2002					
Geological Strength Index	GSI	-	50	5	Eingangsparameter Parametri di input
Einaxiale Druckfestigkeit Resistenza alla compressione uniassiale	UCS	MPa	75	23	
Hoek-Constant	mi	-	29	2	
Überlagerung Copertura	H	m	120		
Disturbance Factor	D	-	0,0		
Global strength	cm	MPa	21,9	9,5	
Reibungswinkel Angolo d'attrito		Grad	58	4	
Kohäsion Coesione	c	MPa	1,0	0,3	
E-Modul Modulo E		GPa	8,7	4,0	
RMR/Klasse RMR/Classe	-	-	52		fair rock
Gebirgskennwerte - E Moduli / Paramtri di roccia - moduli di elasticità					
E-Modul aus BLA Modulo E da prova dilatom.	E	GPa	4,6	2,5	7 Versuche 7 prova
Boyd, 1993	E	GPa	-	-	RMR < 35
Serafin & Pereira, 1983	E	GPa	11,2	-	35<RMR<55
Bienavski, 1999	E	GPa	-	-	RMR > 55
Hoek, Carranza-Torres & Corkum, 2002	E	GPa	-	-	RMR > 55
Charakteristische Gebirgskennwerte Paramtri di roccia carateristici			Mittelwert Media	Bandbreite Range	
Global strength	cm	MPa	22,0	12,0 - 32,0	
Reibungswinkel Angolo d'attrito		Grad	58	54 - 62	
Kohäsion Coesione	c	MPa	1,0	0,7 - 1,3	
E-Modul Modulo E	E	GPa	5,0	3,0 - 7,0	



abgeschätzt auf Basis der Richtwerttabelle nach Hoek
stimato sulla base della tabella dei valori guida sec. Hoek

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Im Hinblick auf die mechanischen Eigenschaften des Felsgesteins, hängen diese sowohl von den Eigenschaften des intakten Gesteins als auch von den anwesenden Diskontinuitäten ab.

Relativamente alle proprietà meccaniche dell'ammasso roccioso, esse dipendono sia dalle caratteristiche del materiale roccioso intatto sia dalle discontinuità presenti.

Die Daten, die aus den 4 geomechanischen Erhöhungen, entlang der Zufahrtsstraße A1, hervorgegangen sind, wurden verwendet, um die Qualität des Felsgesteins festzulegen, die mit dazu bestimmten Verzeichnissen ausdrückbar ist, die den Zweck haben, im Allgemeinen eine Einschätzung der mechanischen Eigenschaften des Gesteins zu ermöglichen.

I dati ricavati dai n.4 rilievi geomeccanici lungo la strada d'accesso A1 sono stati utilizzati per la determinazione della qualità dell'ammasso roccioso, esprimibile attraverso appositi indici, che hanno lo scopo di permettere una valutazione delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso nel suo complesso.

Für die vorliegende Studie wurde die technische Klassifizierung von Bieniawski (1989) verwendet. Sie liefert einen numerischen Wert (*RMR*), der sich aus der Summe der geschätzten Teilverzeichnisse, durch die qualitative oder quantitative Beurteilung von Parametern, die sich auf den Zustand des Felsgesteins beziehen, ableitet.

Per il presente studio è stata impiegata la classificazione tecnica di Bieniawski (1989). Essa fornisce un valore numerico (*RMR*) derivato dalla somma di indici parziali stimati attraverso la valutazione qualitativa o quantitativa di parametri relativi allo stato dell'ammasso roccioso.

Nach der Zuteilung aller Koeffizienten, liefert die Summe der Teilverzeichnisse den Grundwert *RMR* (*BRMR*). Aus dieser Größe kann ein Parameter *GSI* (Geological Strength Index), Größe die mit den Faktoren *m*, *a* und *s* des unversehrten Felsgesteins verbunden sind, abgeleitet werden, wie:

A seguito dell'attribuzione di tutti i coefficienti, la somma degli indici parziali fornisce il valore di Basic *RMR* (*BRMR*). Da tale grandezza può derivarsi il parametro *GSI* (Geological Strength Index), grandezza collegata ai fattori *m*, *a* ed *s* dell'ammasso roccioso integro, come:

$$GSI = BRMR_{89} - 5 \text{ (nur für } BRMR > 23 \text{)}.$$

$$GSI = BRMR_{89} - 5 \text{ (solo per } BRMR > 23 \text{)}.$$

Auf der Grundlage der bedeutenden Zusammenfassungen die dem geologischen Bericht (Bez.: 02-H71-AF-002-08-01-003.00-B0115-00358-RT3) beiliegen, gilt im Durchschnitt $GSI = 70$.

In base alle schede di rilievo allegate alla Relazione Geologica (rif: 02-H71-AF-002-08-01-003.00-B0115-00358-RT3), risulta mediamente $GSI = 70$.

In der Abbildung 24 wird zum Beispiel die bedeutende Zusammenfassung ABSCHNITT D, Km 0+125 vorgebracht, an dem das Gestein sich insgesamt als minderwertiger erwies ($GSI = 65$). Figura 24

A titolo esemplificativo, in Figura 24 viene riportata la scheda di rilievo SEZIONE D, Pkm 0+125, presso la quale complessivamente l'ammasso è risultato più scadente ($GSI = 65$).

Als konservativer Projektbezug könnte stattdessen $GSI = 65$ für die Einheit GA-BG-01 und $GSI = 50$ für die Einheit GA-BG-02 übernommen werden, um die Bereiche zu berücksichtigen, in denen die Orientierung der Fugen sich als besonders ungünstig erweisen könnte, auch unter Berücksichtigung der Entscheidungen die für GSI in der Zusammenfassung getroffen wurden.

Come riferimento progettuale conservativo, invece, per tener conto di aree in cui l'orientamento dei giunti potrebbe risultare particolarmente sfavorevole, e anche rispettando le scelte di GSI operate nelle schede di riepilogo, può assumersi $GSI = 65$ per l'Unità GA-BG-01, $GSI = 50$ per l'Unità GA-BG-02.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
 Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
 Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
 Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
 Contenuto documento: Relazione geotecnica

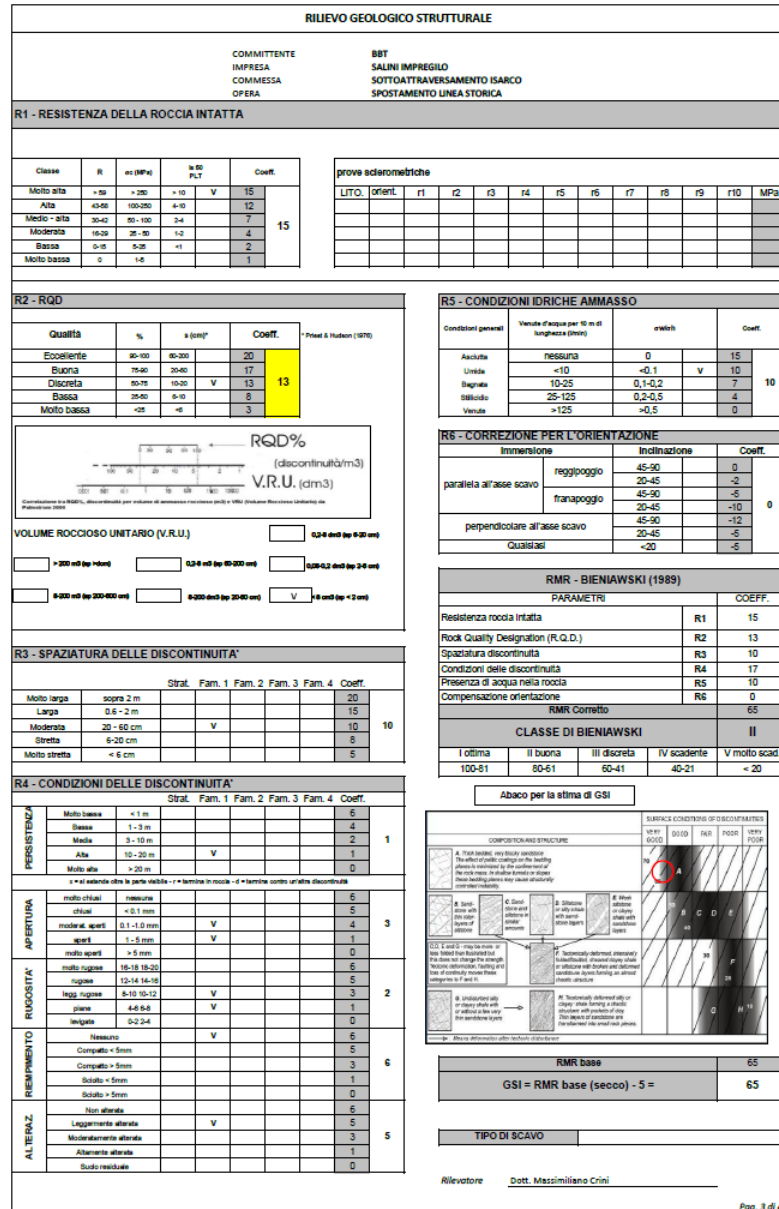


Abbildung 24 - Geostrutturale Erhebung A1, ABBILDUNG D, Km 0+125.

Figura 24 - Rilievo geostrutturale Strada A1, SEZIONE D, Pkm 0+125.

Die Festigkeitsparameter des Gesteins werden gemäß der Methodologie Hoek und Brown (1994) eingestuft.

I parametri di resistenza dell'ammasso sono stati valutati in accordo con la metodologia di Hoek e Brown (1994).

Diese muss die folgenden Festigkeitskriterien anwenden:

Essa adotta il seguente criterio di resistenza:

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{c_i} \left[m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{c_i}} + s \right]^a$$

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{c_i} \left[m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{c_i}} + s \right]^a$$

in denen:

- σ_1 ist die maximal wirksame Hauptspannung;
- σ_3 ist die geringste wirksame Hauptspannung;
- σ_{c_i} ist der einfache Kompressionswiderstand für eine intakte Standardprobe;
- m_b , s , a sind charakteristische Konstanten eines jeden Gesteinstyps, die in Funktion der Qualität der Gesteinsmasse, die zusammenfassend vom Verzeichnis *GSI* ausgedrückt wird, festgelegt werden (man siehe, zum Beispiel, "Practical guide of rock engineering", Hoek, 2006).

in cui:

- σ_1 è la massima tensione principale efficace;
- σ_3 è la minima tensione principale efficace;
- σ_{c_i} è la resistenza a compressione semplice per un provino standard intatto;
- m_b , s , a sono costanti caratteristiche di ciascun tipo di ammasso, determinate in funzione della qualità dell'ammasso roccioso, espressa sinteticamente dall'indice *GSI* (si veda, ad esempio, "Practical guide of rock engineering", Hoek, 2006).

Der Übergang auf die Projektwerte von c' und ϕ' ist durch einen Umkehrungsprozess der linearen Interpolation der Kurve möglich, die vom Ergebnis der Gleichung generiert wurde, welche durch das Festigkeitskriterium, über die, von Hoek (2002) selbst vorgeschlagenen und im Programm RocLab von RocScience implementierten, Prozedur, gelöst wurde.

Il passaggio ai valori di progetto di c' e ϕ' è possibile a mezzo di un processo di inversione dell'interpolazione lineare della curva generata dalla soluzione dell'equazione risolvente per il criterio di resistenza, con la procedura proposta dallo stesso Hoek (2002) ed implementata nel programma RocLab di RocScience.

Da das Kriterium von Hoek und Brown eine Korrelation zwischen der Scherfestigkeit des Materials und des hochgradig nicht linearen Einschließungsdrucks ausdrückt, variieren die Werte c' und ϕ' in Funktion der normalen Wirkkraft.

Poiché il criterio di Hoek e Brown esprime una correlazione fra resistenza al taglio del materiale e pressione di confinamento di tipo marcatamente non lineare, i valori di c' e ϕ' variano in funzione dello sforzo normale efficace agente.

Es wurde also ein interpretativer Ansatz angewandt, welche die Festigkeitsparameter ($c'-\phi'$) liefert, die im Inneren eines angemessenen minderen Hauptspannungsfelds σ_3 - vermittelt wurden.

Si è dunque adottato un approccio interpretativo che fornisce i parametri di resistenza ($c'-\phi'$) mediati all'interno di un appropriato campo di tensione principale minore σ_3 .

Für die Definition der oberen Grenze der Einschließungsspannung σ_{3MAX} , bezog man sich auf das spezifische Problem der Baugrubenfronten. Sie wird wie folgt festgelegt:

Per la definizione del limite superiore della tensione di confinamento σ_{3MAX} ci si è riferiti allo specifico problema dei fronti di scavo. Essa viene determinata come:

$$\sigma_{3MAX} = 0.72 \cdot \sigma'_{cm} \left(\frac{\sigma'_{cm}}{\gamma \cdot H} \right)^{-0.91}$$

$$\sigma_{3MAX} = 0.72 \cdot \sigma'_{cm} \left(\frac{\sigma'_{cm}}{\gamma \cdot H} \right)^{-0.91}$$

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

wo σ'_{cm} die Festigkeit des Gesteins, γ das einheitliche Gewicht des Gesteins, H die Höhe der Baugrube ist.

dove σ'_{cm} è la resistenza dell'ammasso, γ è il peso unitario dell'ammasso, H è l'altezza dello scavo.

Für die gleichende Lösung zur Festlegung von σ'_{cm} , wird auf den bibliographischen Bezug Hoek E. und Brown, E.T. 1988. The Hoek-Brown failure criterion - a 1988 update. Proc. 15th Canadian Rock Mech. Symp. (ed. J.C. Curran), 31-38. Toronto, Dept. Civil Engineering, University of Toronto.

Per l'equazione risolvente per la determinazione di σ'_{cm} , si rimanda al riferimento bibliografico Hoek, E. and Brown, E.T. 1988. The Hoek-Brown failure criterion - a 1988 update. Proc. 15th Canadian Rock Mech. Symp. (ed. J.C. Curran), 31-38. Toronto, Dept. Civil Engineering, University of Toronto.

Der Ansatz von Hoek & Brown führt auch zu einer Schätzung des Verformungsmoduls des Gesteins E_d , abhängig vom Parameter GSI und von der einachsigen Kompressionsfestigkeit des intakten Felsens σ_{ci} , gemäß des Ausdrucks:

L'approccio di Hoek & Brown restituisce anche una stima del modulo di deformazione d'ammasso E_d , dipendente dal parametro GSI e dalla resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta σ_{ci} secondo l'espressione:

$$E_d = (1 - D/2) \cdot \sqrt{\sigma_{ci}/100} \cdot 10^{[(GSI-10)/40]}$$

$$E_d = (1 - D/2) \cdot \sqrt{\sigma_{ci}/100} \cdot 10^{[(GSI-10)/40]}$$

Für die Einheiten GA-BG-01 und GA-BG-02, wurden also jeweils zwei Untersuchungsreihen, in Übereinstimmung mit angemessenen GSI -Werten, als konservativer Projektbezug und mit darstellenden GSI -Werten der durchschnittlichen geomechanischen Bedingungen des Gesteins, durchgeführt. Für jeden Wert wurde außerdem eine Höhe der Baugrube H von 5 und von 10 m genommen. Hierbei handelt es sich um Werte, welche die reelle Situation des Projektes darstellen.

Per ciascuna delle Unità GA-BG-01 e GA-BG-02, dunque, sono state condotte due serie di analisi, in corrispondenza a valori di GSI idonei come riferimento progettuale conservativo e a valori di GSI rappresentativi delle condizioni geomeccaniche medie dell'ammasso. Per ciascun valore, inoltre, l'altezza dello scavo H è stata presa pari a 5 e 10m, valori rappresentativi delle situazioni reali di progetto.

Für jede zuvor festgesetzte H , mit unterschiedlichem, dem Problem eigenen, Spannungsränge, leitet man ein unterschiedliches Paar an Parametern der Scherfestigkeit ($c'-\phi'$) ab. Die Kohäsion c' wurde um weitere 25% verringert. Die Vorsichtsmaßnahmen die für c' getroffen wurden, sind darauf zurückzuführen, dass die normalen Spannungen, die auf der Gleitoberfläche wirken, sich aufgrund der Stabilitätsprobleme der Baugrubenhänge und -fronten, an manchen Stellen als sehr niedrig erweisen können, mit einer zweiseitigen linearen Mohr-Coulomb Zweiseitigkeit, welche die Scherfestigkeit des Felsgesteins auf bedeutsame Weise überschätzt.

Per ogni prefissata H , coerentemente con il diverso range tensionale proprio del problema, si ricava una diversa coppia dei parametri di resistenza a taglio ($c'-\phi'$). La coesione c' è stata ulteriormente diminuita del 25%. Le cautele adottate per c' sono dovute al fatto che per problemi di stabilità di versanti e fronti di scavo le tensioni normali agenti sulla superficie di scorrimento possono risultare in alcuni tratti particolarmente basse, con la bilatera lineare di Mohr-Coulomb che sovrastima in modo consistente la resistenza al taglio dell'ammasso roccioso.

Die Parameter des Gesteins, das in den Untersuchungen als Vorsichtsmaßnahme und in den durchschnittlichen Untersuchungen angewandt wurden, werden in der Tabelle 11 zusammengefasst.

I parametri d'ammasso impiegati nelle analisi cautelative e medie vengono riassunti in Tabella 11.

		Unità / Einheit GA-BG-02		Unità / Einheit GA-BG-01	
		Analisi cautelativa / / Untersuchungen als Vorsichtsmaßnahmen	Analisi media / Durchschnittliche Untersuchungen	Analisi cautelativa / Untersuchungen als Vorsichtsmaßnahmen	Analisi media / Durchschnittliche Untersuchungen
σ_{ci} (MPa)	Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta / Einachsiger Kompressionswiderstand des intakten Felsens;	75	75	145	145
GSI	Geological Strength Index	50	70	60	75
m_i	Parametro / Parameter Hoek-Brown	29	29	31	31
D	Fattore di disturbo / Störfaktor	0.7	0.7	0.7	0.7
E_i (MPa)	Modulo elastico secante della roccia intatta / Elastisches Modul der Sekante des intakten Felsens	29750	29750	61625	61625
γ (kN/m ³)	Peso dell'unità di volume / Gewicht der Volumeneinheit	26.5	26.5	26.5	26.5

Tabelle 11 - Gesteinsparameter

Tabella 11 – Parametri d'ammasso.

Insbesondere der Störfaktor $D = 0.7$ bezieht sich auf eine Baugrube mechanischer Art. D

In particolare, il fattore di disturbo $D = 0.7$ fa riferimento ad uno scavo di tipo meccanizzato.

Für den Wert der Konstante m_i des Kriteriums Hoek-Brown wurden die durchschnittlichen Werte der Variationsbereiche zugeteilt, die aus den zuvor aufgeführten Zusammenfassungen der Einheiten GA-BG-01 und GA-BG-02 abgeleitet werden können und im Allgemeinen Geotechnischen Bericht (s. 02-H71-AF-002-03-01-002.00-B0115-01011-RT3) behandelt werden.

Per il valore della costante m_i del criterio di Hoek-Brown, si sono attribuiti i valori medi dei range di variazione desumibili dalle schede di sintesi delle Unità GA-BG-01 e GA-BG-02 riportate in precedenza, tratte dalla Relazione Geotecnica Generale (rif.: 02-H71-AF-002-03-01-002.00-B0115-01011-RT3).

Aus diesen ergibt sich $m_i = 31 \pm 2$ und 29 ± 2 für die Einheit GA-BG-01 bzw. GA-BG-02.

In particolare, da esse risulta $m_i = 31 \pm 2$ e 29 ± 2 rispettivamente per le Unità GA-BG-01 e GA-BG-02.

Tali valori mostrano un buon accordo rispetto ai dati di letteratura. Per i graniti Bruschi ("Meccanica delle rocce", 2004) riporta i valori suggeriti da Hoek, $m_i = 32 \pm 3$. Tanzini ("Gallerie", 2006) propone per campioni di roccia intatta granitici $m_i = 33$.

La resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta σ_{ci} è stata anch'essa assunta in base ai valori medi dei range di variazione desumibili dalle schede di

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

sintesi delle Unità GA-BG-01 e GA-BG-02 riportate in precedenza, tratte dalla Relazione Geotecnica Generale (rif.: 02-H71-AF-002-03-01-002.00-B0115-01011-RT3), ed ottenuti da prove monoassiali, triassiali e di Point Load.

È significativo sottolineare come spezzoni lapidei della medesima natura non alterati sottoposti alla prova di compressione monoassiale, sollecitati in direzione normale e parallela alla stratificazione, abbiano restituito valori di resistenza compresi nell'intervallo 95-230 MPa, con valore medio pari a 140 MPa (da bibliografia, Bruschi, 2004). I valori sperimentali di σ_{c_i} per l'Unità GA-BG-01 si allineano perfettamente rispetto al valore medio degli intervalli di variazione disponibili dalla letteratura.

I valori sperimentali relativamente bassi di σ_{c_i} per l'Unità GA-BG-02 rispetto agli intervalli di confidenza bibliografici confermano la presenza di uno stato di alterazione della roccia e di microfessurazione già presente alla scala dei campioni sottoposti a prove di laboratorio.

La classificazione delle rocce sulla base della resistenza proposta da ISRM (International Society for Rock Mechanics) assegna un identificativo qualitativo ed individua le seguenti classi:

σ_c (MPa)	Qualità
1÷5	molto bassa
5÷25	bassa
25÷50	moderatamente bassa
50÷100	moderatamente alta
100÷200	alta
>250	molto alta

Tabelle 12 -

Tabella 12 – Classificazione rocce International Society for Rock Mechanics.

In base ai valori misurati per σ_{c_i} , la roccia intatta può mediamente essere classificata di qualità da moderatamente alta (GA-BG-02) ad alta (GA-BG-01).

Il modulo elastico della roccia intatta E_i è stato stimato sulla base della classificazione di Deere e Miller (1966), che esprime il modulo in funzione della resistenza a compressione σ_{c_i} .

Nella seguente figura viene proposto il grafico di Deere e Miller elaborato da Bruschi (2004) per rocce ignee, fra cui i graniti (cerchietti bianchi), sulla base di dati raccolti da esperienze dirette. Le rette limite indicate nell'abaco sono quelle individuate dagli Autori, e precisamente:

- $E_i = 500 \cdot \sigma_{c_i}$ (retta limite superiore);
- $E_i = 200 \cdot \sigma_{c_i}$ (retta limite inferiore).

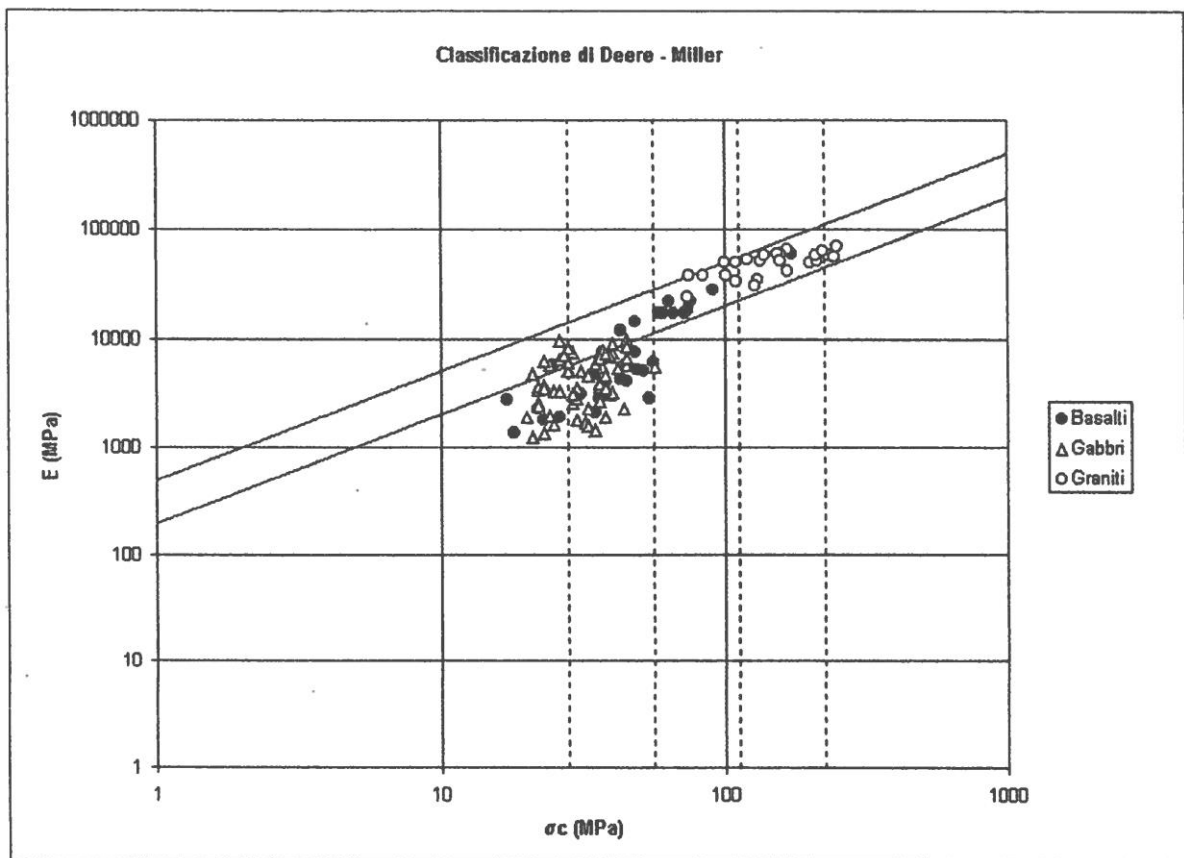


Abbildung 25 -

Figura 25 – Grafico di Deere e Miller (1966) elaborato da Bruschi (2004) per rocce ignee.

Per i graniti la miglior retta interpolante risulta:

$$E_i = 425 \cdot \sigma_{c_i}$$

in base alla quale sono stati desunti i valori di E_i riportati in Tabella 11.

Im Folgenden werden die Bruchhüllkurven, sowohl der Hauptspannungsebenen ($\sigma_1 - \sigma_3$), als auch der mohrschen Ebene ($\tau - \sigma_n$), die mit dem RocLab

Nel seguito sono riprodotti gli involucri di rottura, sia nel piano delle tensioni principali ($\sigma_1 - \sigma_3$), sia nel piano di Mohr ($\tau - \sigma_n$) ottenuti con il programma RocLab.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
 Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
 Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
 Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
 Contenuto documento: Relazione geotecnica

Programm erhalten werden, wiedergegeben.

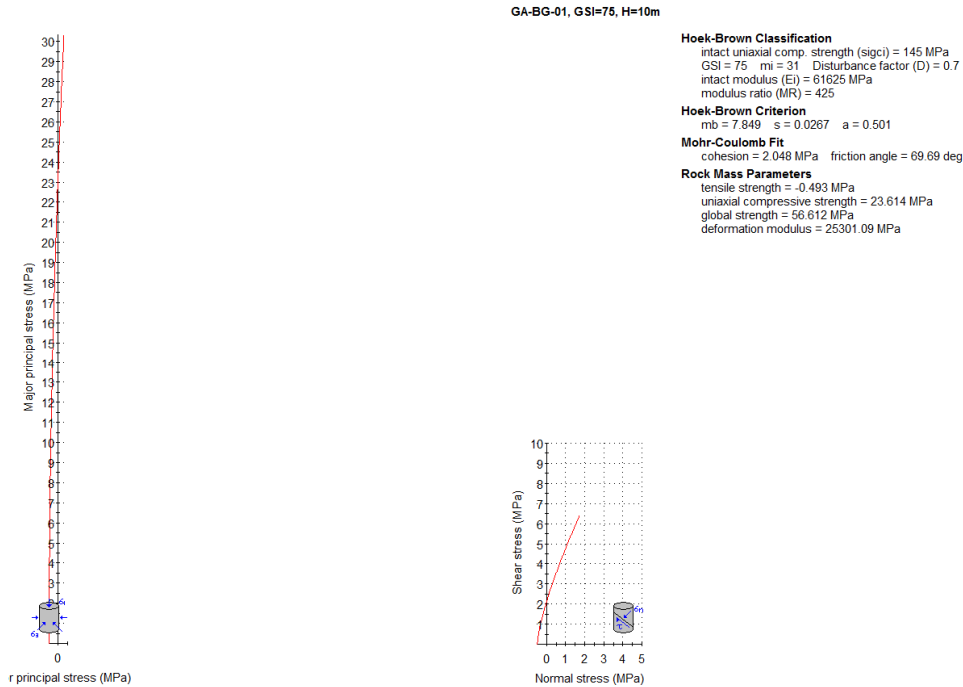


Abbildung 26 - Granit GA-BG-01, GSI=75, H=10m: Bruchhüllkurve auf den Hauptspannungsebenen (Hoek & Brown) und auf der mohrschen Ebenen.

Figura 26 – Granito GA-BG-01, GSI=75, H=10m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

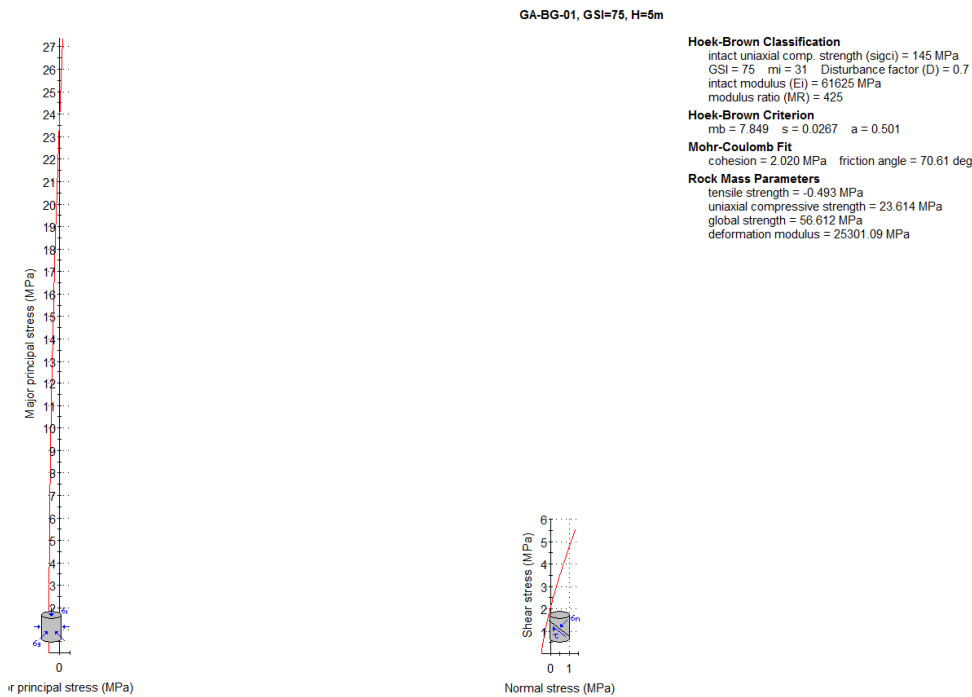


Abbildung 27 - Granit GA-BG-01, GSI=75, H=5m: Bruchhüllkurve auf den Hauptspannungsebenen (Hoek & Brown) und auf der mohrschen Ebene. Figura 27 – Granito GA-BG-01, GSI=75, H=5m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.

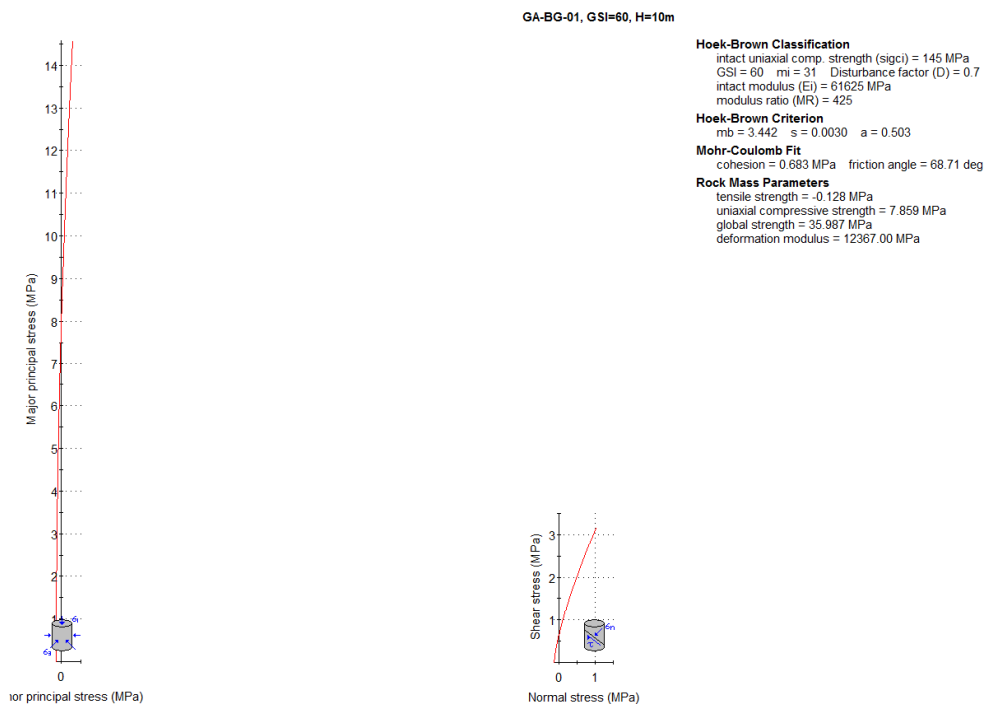


Abbildung 28 - Granit GA-BG-01, GSI=60, H=10m: Bruchhüllkurve auf den Hauptspannungsebenen (Hoek & Brown) und auf der mohrschen Ebene. Figura 28 – Granito GA-BG-01, GSI=60, H=10m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

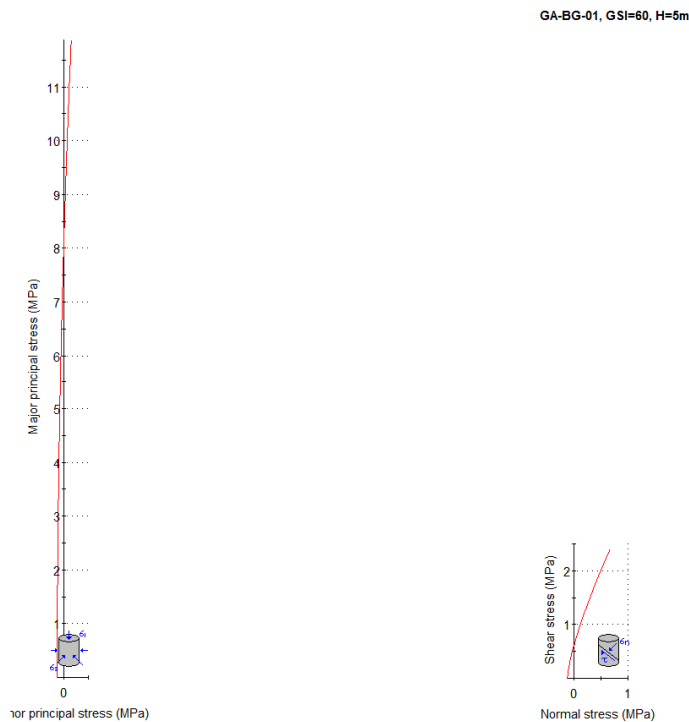


Abbildung 29 - Granit GA-BG-01, GSI=75, H=5m: Figura 29 – Granito GA-BG-01, GSI=60, H=5m: involuppo di Bruchhüllkurve auf den Hauptspannungsebenen (Hoek & Brown) und auf der mohrschen Ebene. rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.

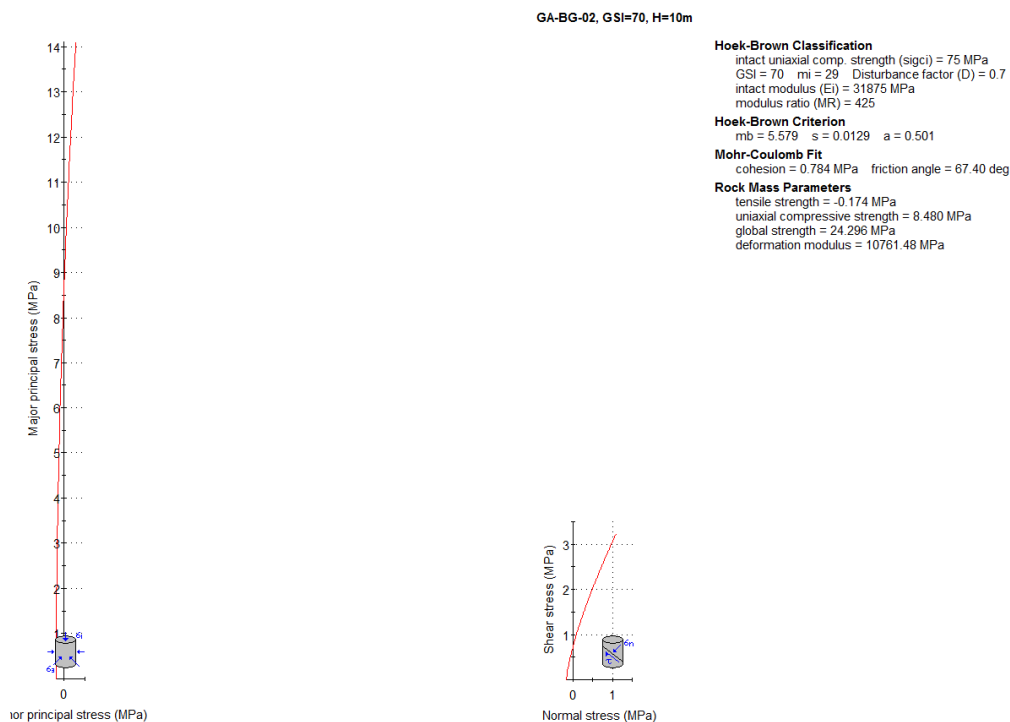


Abbildung 30 - Granit GA-BG-01, GSI=70, H=10m: Figura 30 – Granito GA-BG-02, GSI=70, H=10m: involuppo di Bruchhüllkurve auf den Hauptspannungsebenen (Hoek & Brown) und auf der mohrschen Ebene. rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

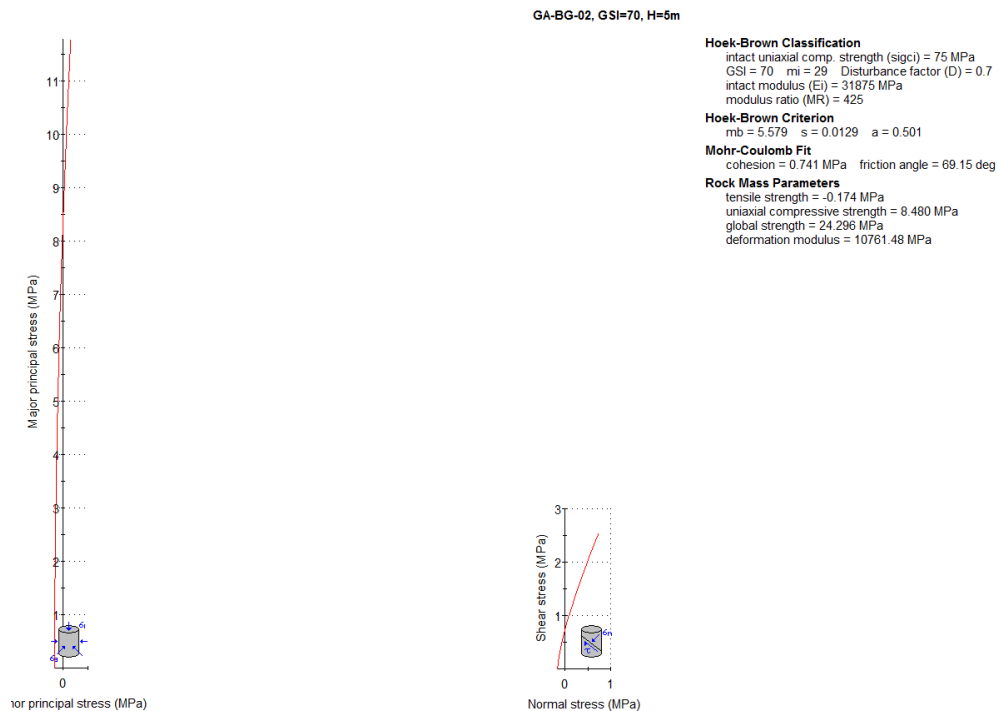


Abbildung 31 - Granit GA-BG-01, GSI=70, H=5m: Figura 31 – Granito GA-BG-02, GSI=70, H=5m: involuppo di Bruchhüllkurve auf den Hauptspannungsebenen (Hoek & Brown) und auf der mohrschen Ebene. rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.

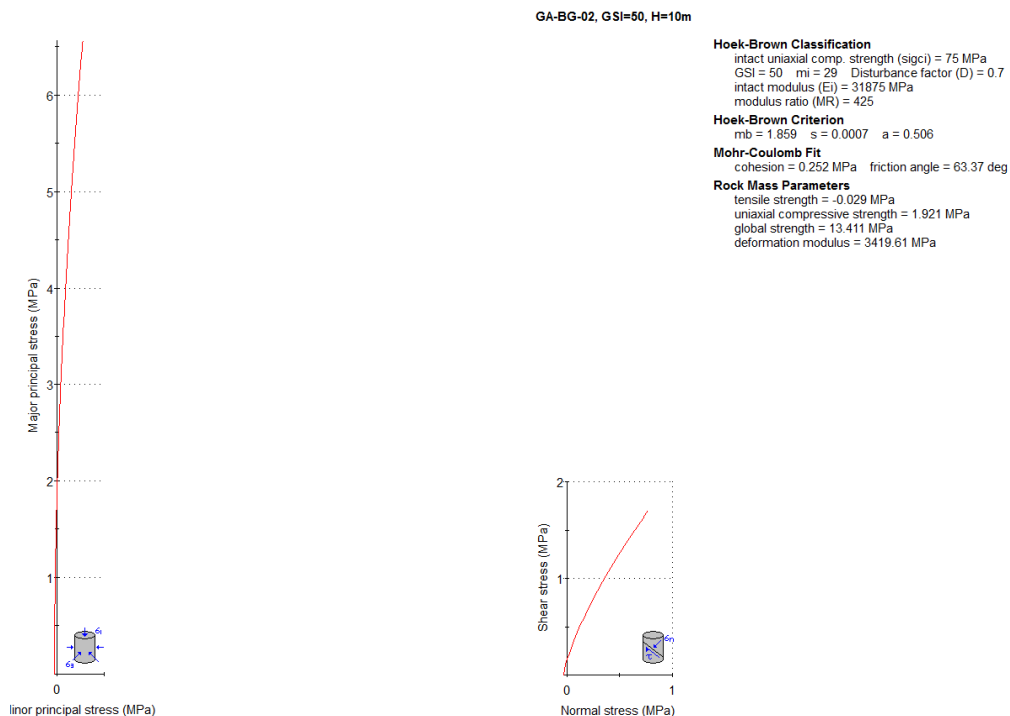
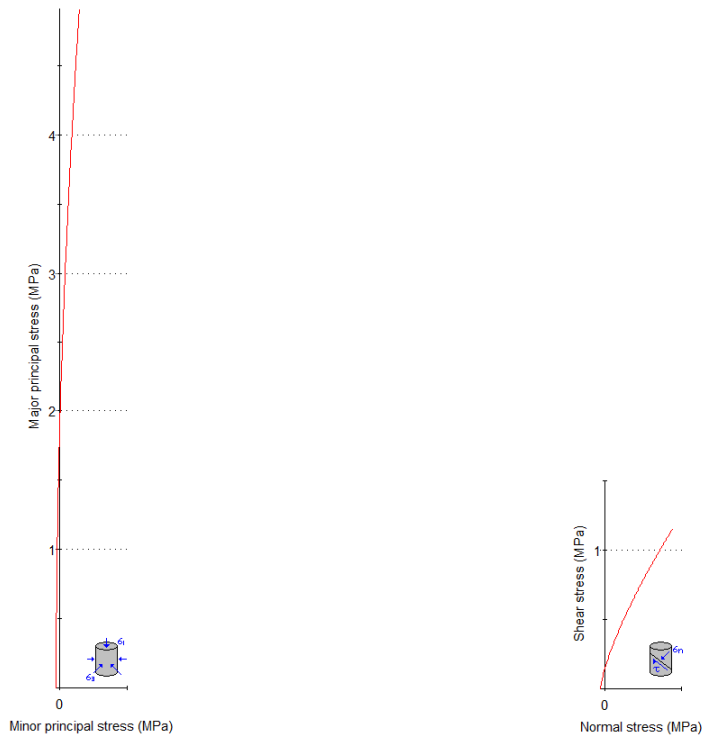


Abbildung 32 - Granit GA-BG-01, GSI=50, H=10m: Figura 32 – Granito GA-BG-02, GSI=50, H=10m: involuppo di Bruchhüllkurve auf den Hauptspannungsebenen (Hoek & Brown) und auf der mohrschen Ebene. rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

GA-BG-02, GSI=50, H=5m



Hoek-Brown Classification
intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 75 MPa
GSI = 50 m_i = 29 Disturbance factor (D) = 0.7
intact modulus (E_i) = 31875 MPa
modulus ratio (MR) = 425

Hoek-Brown Criterion
 m_b = 1.859 s = 0.0007 a = 0.506

Mohr-Coulomb Fit
cohesion = 0.196 MPa friction angle = 66.50 deg

Rock Mass Parameters
tensile strength = -0.029 MPa
uniaxial compressive strength = 1.921 MPa
global strength = 13.411 MPa
deformation modulus = 3419.61 MPa

Abbildung 33 - Granit GA-BG-01, GSI=50, H=5m: Bruchhüllkurve auf den Hauptspannungsebenen (Hoek & Brown) und auf der mohrschen Ebene.

Figura 33 – Granito GA-BG-02, GSI=50, H=5m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.

Die mechanischen Parameter, die vom RocLab Programm für die verschiedenen Baugrubenhöhen ermittelt wurden, werden in der folgenden Tabelle vorgebracht.

I parametri meccanici individuati dal programma RocLab per le diverse altezze di scavo sono riportate nella tabella seguente.

		Unità / Einheit GA-BG-02				Unità / Einheit GA-BG-01			
		Analisi cautelativa / Untersuchungen als Vorsichtsmaßnahmen		Analisi media / Durchschnittliche Untersuchungen		Analisi cautelativa / Untersuchungen als Vorsichtsmaßnahmen		Analisi media / Durchschnittliche Untersuchungen	
σ_{ci} (MPa)	Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta / Einachsiger Kompressionswiderstand des intakten Felsens	75	75	75	75	145	145	145	145
GSI	Geological Strength Index	50	50	70	70	60	60	75	75
m_i	Parametro / Parameter Hoek-Brown	29	29	29	29	31	31	31	31
D	Fattore di disturbo / Störfaktor	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
E_i (MPa)	Modulo elastico secante della roccia intatta / Elastisches Modul der Sekante des intakten	29750	29750	29750	29750	61625	61625	61625	61625

		Unità / Einheit GA-BG-02				Unità / Einheit GA-BG-01			
		Analisi cautelativa / Untersuchungen als Vorsichtsmaßnahmen		Analisi media / Durchschnittliche Untersuchungen		Analisi cautelativa / Untersuchungen als Vorsichtsmaßnahmen		Analisi media / Durchschnittliche Untersuchungen	
	Felsens								
γ (kN/m ³)	Peso dell'unità di volume / Gewicht der Volumeneinheit	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5	26.5
H	Altezza del fronte di scavo / Höhe der Baugrubenfront	10	5	10	5	10	5	10	5
c' (kPa)	Coesione efficace d'ammasso / Wirksame Gesteinskohäsion	250	190	780	740	680	630	2050	2020
0.75 x c' (kPa)	Coesione efficace d'ammasso ridotta / Reduzierte wirksame Gesteinskohäsion	180	140	550	520	510	470	1540	1510
ϕ' (°)	Angolo di attrito efficace d'ammasso / Wirksamer Gesteinsreibungswinkel	63	66	67	69	69	71	70	71
E' (MPa)	Modulo elastico dell'ammasso / Elastisches Modul des Felsgesteins	3400	3400	10800	10800	12400	12400	25300	25300

Tabelle 13 - Gesteinsparameter

Tabella 13 – Parametri d'ammasso.

Per confronto, il modulo di deformabilità in campo statico dell'ammasso roccioso è stato ricavato anche da altre relazioni che lo legano al *BRMR*. Nella fattispecie si sono utilizzate le seguenti relazioni:

- $E_d = 0.05 \cdot BRMR$ [GPa] Stille (1986)
- $E_d = 10^{((BRMR-10)/40)}$ [GPa] Serafim e Pereira (1983)
- $E_d = 10^{((BRMR-30)/50)}$ [GPa] Mehrotra et al. (1991)
- $E_d = e^{(4.407+0.08BRMR)}$ [MPa] Jasarevic e Kovacevic (1996)
- $E_d = a \cdot e^{b \cdot BRMR}$ [GPa] Berardi e Bellingeri (1998)

In base a tali espressioni, si ottengono i seguenti valori del modulo d'ammasso E_d .

Unità	E [Gpa]						
	G SI	BRM R	Stille (1986)	Serafim e Pereira (1983)	Mehrotra et alii (1991)	Jasarevic e Kovacevic (1996)	Berardi e Bellingeri (1998)
GA-BG-01_cautelativa	60	65	3.3	23.7	5.0	14.9	16.7
GA-BG-01_med	75	80	4.0	56.2	10.0	49.4	33.1
GA-BG-02_cautelativa	50	55	2.8	13.3	3.2	6.7	10.6
GA-BG-02_med	70	75	3.8	42.2	7.9	33.1	26.4

Tabelle 14 -

Tabella 14 – Moduli d'ammasso E_d .

Si osserva che i valori del modulo di deformazione d'ammasso E_d determinato dall'approccio di Hoek & Brown risultano intermedi rispetto a quelli ricavati con le altre correlazioni.

I valori desunti con la relazione di Stille risultano ampiamente i più cautelativi.

Die geostrukturellen Erhebungen haben außerdem ermöglicht die Anwesenheit von Diskontinuitäten hervorzuheben. Nach den Einschätzungen des geologischen Berichts (Bez.: 02-H71-AF-002-08-01-003.00-B0115-00358-RT3) wird die Felsmasse, die auf den Baugrubenfronten aufschließt von 5 Diskontinuitätsfamilien charakterisiert. Die Existenz von Diskontinuitäten bewirkt, dass der Granitkörper, trotz seiner Kontinuität, Schwachpunkte aufweist, welche metrische Elemente aufstellen, die hauptsächlich quer auf der Anhöhe angeordnet sind.

I rilievi geostutturali hanno permesso, inoltre, di evidenziare la presenza di discontinuità. In accordo alle valutazioni contenute nella Relazione Geologica (rif: 02-H71-AF-002-08-01-003.00-B0115-00358-RT3), l'ammasso roccioso che affiorerà sui fronti di scavo sarà caratterizzato da 5 famiglie di discontinuità. L'esistenza di discontinuità fa sì che il corpo granitico, pur essendo continuo, presenti zone di debolezza, che dislocano elementi metrici disposti prevalentemente a trasverso poggio.

Aus der kinematische Untersuchung im geologischen Bericht wird der Schluss gezogen dass, aufgrund der Ausrichtung der Baugrube von circa 80/020, die Möglichkeit besteht, dass es zu einem Rutschen mit ebenem Kinematismus, gemäß den Fugen des K2 Systems mit 59/034 Ausrichtung (Neigung/Fallen), die an den Hängen, von den Systemen, die quer zu ihnen verlaufen, und insbesondere von den K3 (83/333), K5 (55/295) und K6 (84/228) befreit sein können.

Dall'analisi cinematica contenuta nella Relazione Geologica si conclude che, poiché le scarpate di scavo saranno orientate circa 80/020, vi sono possibilità che si manifestino scivolamenti con cinematismo planare secondo i giunti del sistema K2 orientati 59/034 (inclinazione/immersione), che possono esser svincolati ai fianchi dai sistemi ad essi trasversali e in particolare dai K3 (83/333), K5 (55/295) e K6 (84/228).

Im Bereich desselben geologischen Berichtes werden außerdem die Werte der folgenden geomechanischen Parameter vorgeschlagen, die zum Zweck der Definition der Barton-Bandis Festigkeitskriterien dienen.

Nell'ambito della medesima Relazione Geologica, vengono inoltre suggeriti i valori dei seguenti parametri geomeccanici, utili ai fini della definizione del criterio di resistenza di Barton-Bandis:

- Rauigkeitskoeffizient der Fuge JRC=10;
- coefficiente di scabrezza del giunto JRC=10;

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

- Kompressionsfestigkeit des Felsens auf der Oberfläche der Fuge JCS=60MPa.
- resistenza a compressione della roccia sulla superficie del giunto JCS=60MPa.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

7 GEOTECHNISCHES MODELL

7.1 BODENARTEN

Auf Basis des geologischen Modells wird der Untergrund aufgrund der geotechnischen Eigenschaften in charakteristische Einheiten unterteilt und für diese werden geotechnische Parameter mit entsprechenden Variationsbreiten angegeben, basierend auf den Erhebungen im Gelände, geognostische Probebohrungen, Untersuchungen vor Ort und im Labor, Literaturangaben und Erfahrungswerten. Diese Annahmen sind analog zu jenen für das geologische Modell im Zuge der weiteren Projektschritte zu überprüfen und ggf. anzupassen.

Eine gemeinsame Bewertung der Probenstratigraphie der Informationen, die aus den Untersuchungen vor Ort und aus den Proben, die im Labor untersucht wurden, erschlossen worden, wurde zu geotechnischen Zwecken unter 5 Bodenarten in Bezug auf ihre Lithologien, auf ihre granulometrischen Eigenschaften und auf die Scherfestigkeit und Verformbarkeit unterschieden.

- A – Murschutt (Murmaterial)
- B – Hangschutt (Hangschuttkegel)
- C – Alluvionen (Postglaziale fluviale Ablagerungen)
- D – Aufschüttungen
- E – Festgestein (GA-BG-02)

Inbesondere wurde schon gesagt, dass man zum Zwecke der geotechnischen Berechnungen, dort wo der Felssubstrat anwesend ist, vorsichtshalber in allen Situationen ausschließlich die Anwesenheit der Einheit GA-BG-02 berücksichtigen muss.

Außerdem werden die Alluvionen mit signifikant feiner Zusammensetzung des BODENS C1 nicht numerisch parametrisiert, da sie so tief liegen, dass sie außerhalb des „signifikanten“ Volumens des Untergrundes fallen, der mit den betroffenen Oberflächenbauwerken interagiert.

7 MODELLO GEOTECNICO

7.1 TIPI DI TERRENO

Sulla base del modello geologico il sottosuolo è suddiviso secondo le caratteristiche geotecniche in unità caratteristiche per le quali si indicano parametri geotecnici con i range di variazione dei valori che emergono dai rilievi in campagna, dai sondaggi geognostici, dalle prove in sito e di laboratorio, da dati bibliografici e di esperienza. Queste assunzioni sono, analogamente a quanto indicato per il modello geologico, da verificare in corso d'opera ed eventualmente da adeguare.

Dalla valutazione congiunta delle stratigrafie di sondaggio, delle informazioni desumibili dalle indagini in situ e dai campioni analizzati in laboratorio, ai fini geotecnici sono stati distinti n.5 tipi di terreno in relazione alle loro litologie, caratteristiche granulometriche, di resistenza al taglio e di deformabilità.

- A – Depositi (Materiale) di debris flow
- B – Detrito di versante (Cono detritico)
- C – Alluvioni (Depositi fluviali postglaciali)
- D – Riporti artificiali
- E – Roccia (GA-BG-02)

Si è già detto, in particolare, che ai fini dei calcoli geotecnici, laddove presente il substrato roccioso, si tiene cautelativamente conto in tutte le situazioni unicamente della presenza dell'Unità GA-BG-02.

Non vengono, inoltre, parametrizzate numericamente le alluvioni con significativa frazione fine del TERRENO C1, in quanto poste a profondità tali da ricadere esternamente al volume "significativo" di sottosuolo interagente con le opere superficiali di interesse.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Es wird darauf hingewiesen, dass die Variationsintervalle und die Kennwerte der Parameter der hier festgestellten Böden nicht immer genau mit den Angaben im Allgemeinen Geotechnischen Bericht (s. 02-H71-AF-002-03-01-002.00-B0115-01011-RT3) übereinstimmen, wenn auch nur geringe Abweichungen vorliegen.

Dieser Umstand lässt sich durch die Tatsache erklären, dass, wie schon mehrmals unterstrichen, die Identifizierung der für die Projektzwecke geeigneten Werte auf der Basis der lokal verfügbaren Ermittlungen und in Abhängigkeit von den spezifischen geotechnischen Problemen des genannten Bereichs erfolgte.

Es wird darauf hingewiesen, dass bereits im Geotechnischen Bericht der Bestandsstrecke, der dem Endgültigen Projekt beigelegt ist (s. D0753-08-01-004-01-RB-00), andere Entscheidungen in Bezug auf die Parametrisierung als im Allgemeinen Geotechnischen Bericht des endgültigen Projekts (s. D0753-03-01-004.01-RH-00) getroffen wurden.

Si precisa che gli intervalli di variazione ed i valori caratteristici dei parametri dei terreni individuati in questa sede non coincidono sempre esattamente con quanto indicato nella Relazione Geotecnica Generale (rif.:02-H71-AF-002-03-01-002.00-B0115-01011-RT3), pur presentando scostamenti contenuti.

Tale circostanza è dovuta al fatto che, come più volte rimarcato, l'identificazione dei valori appropriati ai fini progettuali è avvenuta sulla scorta delle indagini disponibili localmente ed in funzione degli specifici problemi geotecnici di interesse per l'area in questione.

Si fa presente che già nella Relazione Geotecnica della Linea Storica allegata al Progetto Definitivo (rif. D0753-08-01-004-01-RB-00) venivano compiute scelte diverse in termini di parametrizzazione da quelle effettuate nella Relazione Geotecnica Generale del Progetto Definitivo (rif.: D0753-03-01-004.01-RH-00).

7.2 GEOTECHNISCHE CHARAKTERISIERUNG

7.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

In Folge werden die Bandbreiten der ermittelten Werte auf Basis der verfügbaren Informationen zu den einzelnen Formationen /Bodenarten in Projektgebiet angegeben.

Di seguito vengono indicati i range dei valori determinati in base alle informazioni disponibili per le varie formazioni/tipi di terreni presenti nell'area di progetto.

7.2.1 A – Murschutt

$$\gamma = 19-22 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 25-37^\circ$$

$$c' = 0-35 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 40-120 \text{ MN/m}^2$$

7.2.1 A – Depositi di debris flow

$$\gamma = 19-22 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 25-37^\circ$$

$$c' = 0-35 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 40-120 \text{ MN/m}^2$$

7.2.2 B – Hangschutt

$$\gamma = 19-21 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 35-45^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kN/m}^2$$

7.2.2 B – Detrito di versante

$$\gamma = 19-21 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 35-45^\circ$$

$$c' = 0\div 5 \text{ kN/m}^2$$

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

$$E_s = 40-120 \text{ MN/m}^2$$

$$E_s = 40-120 \text{ MN/m}^2$$

7.2.3 C – Alluvionen

7.2.3 C – Alluvioni

$$\gamma = 19-22 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma = 19-22 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 33-39^\circ$$

$$\varphi' = 33-39^\circ$$

$$c' = 0-5 \text{ kN/m}^2$$

$$c' = 0-5 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 25-80 \text{ MN/m}^2$$

$$E_s = 25-80 \text{ MN/m}^2$$

7.2.4 D – Aufschüttungen

7.2.4 D – Riporti artificiali

Material nicht genau bekannter Zusammensetzung und Ausdehnung, anzunehmen ist Zusammensetzung gemäß anstehenden natürlichen Bodenarten mit möglichen Einlagerungen von Fremdmaterial, lockere Lagerung, ungeschichtet bis hangparallel geschichtet, gut wasserdurchlässig. Kennwerte geschätzt:

Materiale di composizione ed estensione non note in dettaglio, si presume una composizione che rispecchia i terreni naturali presenti con possibili contenuti in materiale estraneo, densità in sito bassa, stratificazione assente o parallela al versante, permeabilità idraulica buona. Parametri stimati:

$$\gamma = 18-22 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma = 18-22 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 30-37^\circ$$

$$\varphi' = 30-37^\circ$$

$$c' = 0-2 \text{ kN/m}^2$$

$$c' = 0-2 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 25-120 \text{ MN/m}^2$$

$$E_s = 25-120 \text{ MN/m}^2$$

Für den Eisenbahndamm liegen keine Aufschlüsse vor; es werden eine gemischt-bis grobkörnige Zusammensetzung sowie generell gute geotechnische Eigenschaften angenommen:

Non si hanno dati sui riporti del rilevato ferroviario; si suppone una composizione a granulometria da mista a grossolana, nonché delle caratteristiche geotecniche generalmente buone.

$$\gamma = 20-22 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma = 20-22 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 35-38^\circ$$

$$\varphi' = 35-38^\circ$$

$$c' = 0-2 \text{ kN/m}^2$$

$$c' = 0-2 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 50-120 \text{ MN/m}^2$$

$$E_s = 50-120 \text{ MN/m}^2$$

7.2.5 E – Festgestein (GA-BG-02)

7.2.5 E – Roccia (GA-BG-02)

$$\text{GSI} = 50 \div 70$$

$$\text{GSI} = 50 \div 70$$

$$\gamma = 26,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma = 26,5 \text{ kN/m}^3$$

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

$$\varphi' = 54-62^\circ$$

$$\varphi' = 63-69^\circ$$

$$c' = 700-1300 \text{ kN/m}^2$$

$$c' = 140-550 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{cm} = 2 \div 8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cm} = 2 \div 8 \text{ MPa}$$

$$E = 3000-7000 \text{ MN/m}^2$$

$$E = 3000-7000 \text{ MN/m}^2$$

7.3 CHARAKTERISTISCHE RECHENWERTE

7.3 PARAMETRI CARATTERISTICI DEI TERRENI

Im Folgenden werden, zur Verwendung in den Projektuntersuchungen, typische geotechnische Parameter, der vorher beschriebenen Formationen, verdeutlicht.

Vengono di seguito esplicitati i parametri geotecnici rappresentativi delle formazioni precedentemente descritte da impiegare nelle analisi progettuali.

Die angegebenen Werte verstehen sich als charakteristische X_k Werte der Eigenschaften des Bodens, werden also quantifiziert, ohne Sicherheitskoeffizienten anzuwenden und so, dass eine vorsichtige Schätzung des Wertes, der sich auf das Zustandekommen des untersuchten Grenzzustands auswirkt.

I valori riportati sono da intendersi come valori caratteristici X_k delle proprietà del terreno, ovvero quantificati senza applicazione di coefficienti di sicurezza ed in modo da rappresentare una cauta stima del valore che influisce sul verificarsi dello stato limite preso in esame.

Diese Werte, die im Einklang mit der technischen Bezugsnorm Ministerialerlass vom 14.01.2008 ("NTC 2008") stehen, sind entsprechend in den geotechnische Untersuchungen, durch Anwendung der Sicherheitsteilkoeffizienten γ_M der Tabelle 6.2. II "Teilkoeffizienten für die geotechnischen Bodenparameter" im § 6 der NTC2008 zu kürzen, damit man die geotechnischen Projektparameter X_d erhält.

Tali valori, coerentemente con la normativa tecnica di riferimento D.M. 14/01/2008 ("NTC 2008"), vanno opportunamente ridotti nelle verifiche geotecniche a mezzo dell'applicazione di coefficienti parziali di sicurezza γ_M riportati nella Tabella 6.2. II "Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno" al §6 di NTC2008, in modo tale da ottenere i parametri geotecnici di progetto X_d .

Es wurde vorweggenommen, dass die vorgeschlagene numerische Parametrierung, im Allgemeinen, die geotechnische Charakterisierung, die im geotechnischen Bericht, der dem endgültigen Projekt (rif. D0753-08-01-004-01-RB-00) anliegt, enthalten ist, bestätigt. Die Ausnahmen werden im Folgenden Fall für Fall erläutert.

Si è premesso che, in linea generale, la parametrizzazione numerica proposta conferma la caratterizzazione geotecnica contenuta nella Relazione Geotecnica allegata al Progetto Definitivo (rif. D0753-08-01-004-01-RB-00). Le eccezioni vengono di seguito precisate caso per caso.

7.3.1 A – Murschutt

7.3.1 A – Depositi di debris flow

$$\gamma_k = 21 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_k = 21 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi'_k = 35^\circ$$

$$\varphi'_k = 35^\circ$$

$$c'_k = 5 \text{ kN/m}^2$$

$$c'_k = 5 \text{ kN/m}^2$$

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

$E_s = 60 \text{ MN/m}^2$

Es werden die charakteristischen Werte der physisch-mechanischen Parameter bestätigt, die im endgültigen Projekt festgelegt werden, mit Ausnahme des Scherfestigkeitswinkels, der vorher mit $\varphi'_k = 27,5^\circ$ übernommen wurde. Diese Änderung wird auf der Basis der Ergebnisse der SPT Untersuchungen gemäß §6.4 und des direkten Scherversuchs gemäß §6.5 motiviert,

welche in fast allen betreffenden Fällen höhere φ'_k Werte zurückgegeben, auch unter Berücksichtigung der gleichzeitigen Wahl, die für den charakteristischen, im Bezug auf den durchschnittlichen Wert, der für die direkten Scherversuche DS ausgedrückt wurde, erfolgte. Auf der Basis der SPT und DS Untersuchungsergebnisse geht also hervor, wie das Wertepaar, dass im endgültigen Projekt ($\varphi'_k=27,5^\circ$, $c'=5\text{kPa}$) angewandt wurde, im allgemeinen zu vorsichtig, im Bezug auf das reelle Verhalten des Materials, zur Megaskala zum Ort erschien.

Das zeigt sich auch daran, dass im Dokument "Geotechnische Sicherheits- und Funktionsanalysen" (s. 02-H71-AF-002-08-01-013.03-B0115-04105-RT2) globale Stabilitätsprüfungen bei der bestehenden Hangkonfiguration durchgeführt und dem BODEN A die Werte $\varphi'_k=27,5^\circ$, $c'=5\text{kPa}$ zugewiesen wurden. Diese Analysen ergaben Sicherheitsfaktoren $FS < 1$, wiesen also Instabilitätsbedingungen bereits unter den aktuellen Bedingungen auf, was deutlich im Gegensatz steht zu der Integrität und Stabilität, die den Hängen während der zahlreichen Prüfungen vor Ort anerkannt wurden.

7.3.2 B – Hangschutt

$\gamma_k = 21 \text{ kN/m}^3$

$\varphi'_k = 35^\circ$

$c'_k = 5 \text{ kN/m}^2$

$E_s = 60 \text{ MN/m}^2$

$E_s = 60 \text{ MN/m}^2$

Vengono confermati i valori caratteristici dei parametri fisico-meccanici stabiliti nel Progetto Definitivo, ad eccezione dell'angolo di resistenza al taglio, precedentemente assunto pari $\varphi'_k = 27,5^\circ$. Tale variazione si motiva in base agli esiti delle prove SPT di cui al §6.4 e di taglio diretto DS di cui al §6.5, che hanno restituito nella quasi totalità dei casi valori più elevati di φ'_k , anche tenendo debitamente in conto la contemporanea scelta effettuata per il valore caratteristico della coesione c'_k , conservativo rispetto al valore medio espresso dalle prove di taglio diretto DS. In base ai risultati delle prove SPT e DS risulta evidente, dunque, come la coppia di valori adottata nel Progetto Definitivo ($\varphi'_k=27,5^\circ$, $c'=5\text{kPa}$) risultava complessivamente eccessivamente prudentiale nei confronti del reale comportamento del materiale alla megascala del sito.

A riprova di ciò, inoltre, nel documento "Analisi geotecniche di sicurezza e di funzionalità" (rif.: 02-H71-AF-002-08-01-013.03-B0115-04105-RT2) sono state condotte delle verifiche di stabilità globale nella configurazione di pendio esistente assegnando al TERRENO A i valori $\varphi'_k=27,5^\circ$, $c'=5\text{kPa}$. Tali analisi hanno restituito fattori di sicurezza $FS < 1$, dunque indicando condizioni di instabilità già nelle condizioni attuali, chiaramente in contrasto con le evidenze di integrità e stabilità dei versanti riconosciute durante i numerosi sopralluoghi a carattere ricognitivo compiuti.

7.3.2 B – Detrito di versante

$\gamma_k = 21 \text{ kN/m}^3$

$\varphi'_k = 35^\circ$

$c'_k = 5 \text{ kN/m}^2$

$E_s = 60 \text{ MN/m}^2$

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Es werden die charakteristischen Werte der physisch-mechanischen Parameter bestätigt, die im endgültigen Projekt festgelegt werden, mit Ausnahme der wirksamen Kohäsion c'_k , von der vorher ein Nullwert übernommen wurde. Diese Variation ist auf der Basis der Untersuchung der Materialien in Aufschlüssen motiviert, die das Vorhandensein einer kohäsiv feinen Matrix vorweisen, die sicherlich in der Lage ist, die kleinste Kohäsionsquote, die dem Material zugewiesen wird, zu gewährleisten.

Bei der Wahl, einen $c'_k > 0$ Wert zuzuweisen, sind auch die Vorsichtsmaßnahmen zu berücksichtigen, die angewandt wurden, um den charakteristischen Wert Φ'_k , der dem Mindestwert der Variationskala gemäß § 7.2.2 entspricht, festzulegen 7.2.2

Auch in diesem Fall erscheint das im Endgültigen Projekt angenommene Wertepaar ($\Phi'_k = 35^\circ$, $c' = 0 \text{ kPa}$) insgesamt übermäßig benachteiligend gegenüber dem tatsächlichen Materialverhalten auf der Megaskala der Stätte.

Das zeigt sich auch daran, dass im Dokument "Geotechnische Sicherheits- und Funktionsanalysen" (s. 02-H71-AF-002-08-01-013.03-B0115-04105-RT2) globale Stabilitätsprüfungen bei der bestehenden Hangkonfiguration durchgeführt und dem BODEN B die Werte $\Phi'_k = 35^\circ$, $c' = 0 \text{ kPa}$ zugewiesen wurden. Ein nicht vernachlässigbarer Teil dieser Analysen ergab Sicherheitsfaktoren $FS \approx 1$ und wies also für die Hänge aktuelle Stabilitätsbedingungen auf, die fast bei dem Grenzgleichgewicht lagen, was deutlich im Gegensatz steht zu der Integrität und Stabilität, die während der zahlreichen Prüfungen vor Ort anerkannt wurden.

Vengono confermati i valori caratteristici dei parametri fisico-meccanici stabiliti nel Progetto Definitivo, ad eccezione della coesione efficace c'_k , precedentemente assunta nulla. Tale variazione si motiva in base all'esame dei materiali in affioramento, che denotano la presenza di una matrice fine coesiva, certamente in grado di assicurare la minima aliquota coesiva attribuita al materiale.

Nella scelta di assegnare un valore di $c'_k > 0$, va tenuto presente anche delle cautele adottate nello stabilire il valore caratteristico di Φ'_k , preso pari al valore minimo del range di variazione individuato al §7.2.2.

Anche in tal caso, la coppia di valori adottata nel Progetto Definitivo ($\Phi'_k = 35^\circ$, $c' = 0 \text{ kPa}$) è ritenuta complessivamente eccessivamente penalizzante nei confronti del reale comportamento del materiale alla megascale del sito.

A riprova di ciò, nel documento "Analisi geotecniche di sicurezza e di funzionalità" (rif.: 02-H71-AF-002-08-01-013.03-B0115-04105-RT2) sono state condotte delle verifiche di stabilità globale nella configurazione di pendio esistente assegnando al TERRENO B i valori $\Phi'_k = 35^\circ$, $c' = 0 \text{ kPa}$. Una parte non trascurabile di tali analisi ha restituito fattori di sicurezza $FS \approx 1$, dunque indicando per i pendii attuali condizioni di stabilità prossime all'equilibrio limite, chiaramente in contrasto con le evidenze di integrità e stabilità riconosciute durante i numerosi sopralluoghi a carattere ricognitivo compiuti.

Si evidenzia, infine, che congruentemente con quanto assunto in letteratura geotecnica ed, in particolare, con quanto esplicitato al §C6.2.2 della Circolare n.617 del 02/02/2009 "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM.14.01.2008", che la scelta $c'_k = 5 \text{ kPa}$ appare particolarmente giustificata quando nello stato limite considerato nella specifica verifica è coinvolto un elevato volume di terreno, con compensazione delle eterogeneità stratigrafiche e con minima possibilità che avvenga una concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

7.3.3 C – Alluvionen

$$\gamma_k = 20,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi'_k = 35^\circ$$

$$c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 60 \text{ MN/m}^2$$

Es werden die charakteristischen Werte der physisch-mechanischen Parameter bestätigt, die im endgültigen Projekt festgelegt werden.

7.3.3 C – Alluvioni

$$\gamma_k = 20,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi'_k = 35^\circ$$

$$c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 60 \text{ MN/m}^2$$

Vengono confermati i valori caratteristici dei parametri fisico-meccanici stabiliti nel Progetto Definitivo.

7.3.4 D – Aufschüttungen (Eisenbahndamm)

Für die neu errichteten Eisenbahndämme kann angenommen werden:

$$\gamma_k = 21 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi'_k = 36^\circ$$

$$c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 80 \text{ MN/m}^2$$

Es werden die charakteristischen Werte der physisch-mechanischen Parameter bestätigt, die im endgültigen Projekt festgelegt werden.

Diese Werte werden verwendet, um auch das mechanische Verhalten des Ballasts und des Unterballasts vorsichtig darzustellen.

Die vorstehenden Werte können auch für die Verfüllungen verwendet werden, die für die mit der umgeleiteten Bestandsstrecke interferierenden Tunnel in offener Bauweise auszuführen sind.

Für die bestehenden Eisenbahndämme kann angenommen werden:

$$\gamma_k = 21 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi'_k = 37^\circ$$

$$c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 100 \text{ MN/m}^2$$

7.3.4 D – Riporti artificiali (rilevato ferroviario)

Per i rilevati ferroviari di nuova costruzione può assumersi:

$$\gamma_k = 21 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi'_k = 36^\circ$$

$$c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 80 \text{ MN/m}^2$$

Vengono confermati i valori caratteristici dei parametri fisico-meccanici stabiliti nel Progetto Definitivo.

Tali valori vengono impiegati per rappresentare cautelativamente anche il comportamento meccanico del ballast e del sub-ballast.

I precedenti valori possono essere impiegati anche per i ritombamenti da eseguirsi per le gallerie artificiali interferenti con la Linea Storica Deviate.

Per i rilevati ferroviari esistenti può assumersi:

$$\gamma_k = 21 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi'_k = 37^\circ$$

$$c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$E_s = 100 \text{ MN/m}^2$$

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Für diese Dämme gab es im Endgültigen Projekt keine Projektparametrisierung.

Per essi non esisteva un'apposita parametrizzazione progettuale nel Progetto Definitivo.

Die Zuweisung besserer mechanischer Merkmale im Vergleich zu den neu errichteten Eisenbahndämmen lässt sich mit der Tatsache erklären, dass bei diesen sicherlich Verdichtungen vorliegen, die im Laufe der Zeit unter den Eisenbahnlasten entstanden.

L'assegnazione di migliori caratteristiche meccaniche rispetto ai rilevati ferroviari di nuova costruzione è dovuta al fatto che essi sono certamente sede di addensamenti prodotti nel tempo sotto i carichi ferroviari.

7.3.5 E – Festgestein (GA-BG-02)

$$\gamma_k = 26,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi'_k = 63^\circ$$

$$c'_k = 180 \text{ kN/m}^2$$

$$E = 3000 \text{ MN/m}^2$$

7.3.5 E – Roccia (GA-BG-02)

$$\gamma_k = 26,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi'_k = 63^\circ$$

$$c'_k = 180 \text{ kN/m}^2$$

$$E = 3000 \text{ MN/m}^2$$

Es wurde aufgrund der Ursachen des §6.7 Reparametrierung des Felsmaterials durchgeführt. Auch gemäß §6.7 werden die Werte der charakteristischen Parameter, die im endgültigen Projekt verwendet wurden, zusammengefasst. Es zeigt sich daraus, dass insgesamt deutlich konservativere Entscheidungen getroffen wurden, insbesondere durch die erhebliche Verringerung der Gesteinskohäsion ($c'_k = 1000 \text{ kPa}$ im endgültigen Projekt, $c'_k = 180 \text{ kN/m}^2$ im Durchführungsprojekt).

Si è proceduto con una ri-parametrizzazione del materiale roccioso in base alle ragioni esposte al §6.7. Sempre al §6.7 venivano ricapitolati i valori dei parametri caratteristici utilizzati nel Progetto Definitivo. Se ne evince che, complessivamente, si sono operate scelte notevolmente più conservative, in particolare per la rilevante riduzione della coesione d'ammasso ($c'_k = 1000 \text{ kPa}$ nel Progetto Definitivo, $c'_k = 180 \text{ kN/m}^2$ nel Progetto Esecutivo).

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

8 GEOTECHNIK ZU DEN BAUWERKEN

8.1 ALLGEMEINES

Die Baugrundprognose baut auf punktuelle Bodenaufschlüsse mit Voll- und Kernbohrungen sowie auf die geologische Oberflächenkartierung auf. Entsprechend ergeben sich Unschärfen für die Prognose in außerhalb und zwischen den Aufschlusspunkten liegenden Bereichen. Die Prognose stellt eine plausible Interpretation aufgrund des vorliegenden Kenntnisstandes dar, allerdings sind Abweichungen (bspw. Verlauf von Schichtflächen, Ausbildung und Eigenschaften der Bodenarten, Grundwasserspiegel) in Abhängigkeit der Aufschlussdichte und Komplexität der geologischen Verhältnisse möglich.

Daher wird eine kritische und ausführliche Überprüfung in der Ausführung der Arbeiten (baubegleitende geologische und geotechnische Assistenz) empfohlen, bei der die Prognose laufend überprüft und aufgrund (etwaiger) neuer Erkenntnisse bei der Bauausführung laufend angepasst wird. Damit können allfällig erforderliche Anpassungen des Projektes raschest möglich vorgenommen werden, was im Sinne einer technischen und wirtschaftlichen Optimierung des Vorhabens ist.

8.2 VERLEGUNG BESTANDSSTRECKE

8.2.1 Allgemeines

Die Erkundung dieses Trassenabschnitts erfolgte mit 17 Erkundungsbohrungen mit durchgehendem Bohrkern (Mw-B-07/05, 12/05; Gt-B-02/05; Fo-B-15/09, 15/09bis, 19/09, 19/09bis, 20/09, 21/09, 22/09, 23/09, 23/09bis, BHPz 01/14, 02/14, Pz-B-01/15), 4 geostrukturelle Erkundungsbohrungen, die entlang der Zufahrtsstraße A1 (ABSCHNITT A; Km 0+225, ABSCHNITT B; Km 0+200, ABSCHNITT C Km 0+175; ABSCHNITT D Km 0+125) und 2 Prospektionen der Refraktionsseismik Nr. 6 und SR1, die Reflektionsseismik Nr. 10.

Gemäß den Erkundungsergebnissen gründet das Bauwerk durchgehend im Lockermaterial, nur im südlichsten Abschnitt, wo die neue Strecke wieder langsam in die Bestandsstrecke einmündet (bestehender Eisenbahndamm), steht das Festgestein

8 ASPETTI GEOTECNICI DELLE OPERE

8.1 GENERALITA'

La previsione sull'assetto del sottosuolo si basa su indagini puntuali (sondaggi a carotaggio ed a distruzione di nucleo) e su rilevamenti geologici superficiali. Di conseguenza si hanno delle incertezze nella previsione al di fuori e tra i punti indagati. La previsione stessa rappresenta un'interpretazione plausibile in base allo stato di conoscenza attuale, con la possibilità però di presentare degli scostamenti (p.e. l'andamento preciso della stratificazione, assetto e composizione dei tipi di terreno, superficie della falda) in dipendenza della densità di indagini e della complessità della situazione geologica.

Perciò si raccomanda un'attenta e critica verifica nel corso dell'esecuzione dei lavori (assistenza geologica e geotecnica ai lavori) per verificare in continuo la previsione ed eventualmente di adeguare l'esecuzione dei lavori in base ad (eventuali) nuove informazioni. In questa maniera eventuali adeguamenti del progetto possono essere intrapresi il prima possibile nel senso di un'ottimizzazione tecnica ed economica dei lavori in oggetto.

8.2 SPOSTAMENTO LINEA STORICA

8.2.1 Generalità

L'indagine di questo settore è avvenuta tramite n.17 sondaggi a carotaggio continuo (Mw-B-07/05, 12/05, 13/05; Gt-B-02/05; Fo-B-15/09, 15/09bis, 19/09, 19/09bis, 20/09, 21/09, 22/09, 23/09, 23/09bis; BHPz-01/14, 02/14, 10/14; Pz-B-01/15), n.4 rilievi geostrutturali eseguiti lungo la strada d'accesso A1 (SEZIONE A, Pkm 0+225; SEZIONE B, Pkm 0+200; SEZIONE C, Pkm 0+175; SEZIONE D, Pkm 0+125), n.2 prospezioni sismiche a rifrazione n.6 e SR1, la sismica a riflessione n.10.

Secondo i risultati delle indagini, l'opera si snoda completamente all'interno di terreni sciolti, solo nella parte più meridionale, dove la nuova linea si raccorda pian piano alla linea storica esistente (rilevato ferroviario esistente), si ha la roccia ad una minima

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

sehr seicht an. Der Untergrund wird im Norden von Murschutt gebildet, der im zentralen Bereich mit immer stärker dominierenden Alluvionen wechselt. Richtung Süden wechseln die Alluvionen dann erneut mit Murschutt sowie mit Hangschutt, um dann im Süden in Festgestein mit geringer Lockergesteins oder Bahndammbedeckung überzugehen. Die lithologischen Einheiten verzahnen häufig kleinräumig, weshalb eine detaillierte Prognose nicht möglich ist. Die prognostizierte Verteilung der Bodenarten ist im Längsprofil 02-H71-AF-002-08-01-021.04-B0115-04092-0A6 dargestellt.

profondità. Il sottosuolo è costituito a nord da depositi di debris flow, che nella parte centrale si alternano con alluvioni dell'Isarco, le quali diventano sempre più dominanti. Più verso sud le alluvioni si alternano poi di nuovo a depositi di debris flow ed a detrito di versante, per poi passare nel tratto più meridionale alla roccia con esigua copertura di detrito di versante o rilevato ferroviario. Le unità litologiche si interdigitano spesso tra loro a piccola scala, per questo risulta difficoltosa una previsione dettagliata. La distribuzione pronosticata dei tipi di terreno è rappresentata nel profilo longitudinale 02-H71-AF-002-08-01-021.04-B0115-04092-0A6.

Der Grundwasserspiegel wird in Abhängigkeit von Jahreszeit bzw. Witterungsverhältnissen in diesem Abschnitt einige Meter unter GOK erwartet. Demnach liegt er, mit Ausnahme der tieferen Aushube für den Durchlass generell tiefer als die Gründungsebene der geplanten Bauwerke.

Secondo le stagioni e le condizioni atmosferiche, il livello della falda in questo settore è previsto ad alcuni metri sotto il piano di campagna e quindi, ad eccezione di scavi profondi per il sottopasso, generalmente più basso rispetto al piano di fondazione delle opere.

8.2.2 Aushub, Aufschüttungen

8.2.2 Scavo, rilevati

Von Süden ausgehend (km 0+000) verläuft die neue Trasse auf den ersten ca. 200 m noch weitgehend entlang der bestehenden Trasse bzw. weicht nur knapp davon ab.

Partendo da sud (km 0+000) il tracciato segue sui primi ca. 200 m in linea di massima il tracciato attuale e si discosta solo leggermente.

Der Fels taucht hier quer zur Achse ab und wird von miteinander verzahnenden Alluvionen und Hangschutt bedeckt. Daneben ist noch der bestehende Eisenbahndamm vorhanden, der hier schleifend und langsam verlassen wird. Die neue Trasse verläuft in Dammlage, sowohl auf dem bestehenden als auch auf neu herzustellendem Damm von bis zu knapp 2 m über bestehendem Gelände.

La linea della roccia si abbassa qui trasversalmente all'asse ed è coperta da alluvioni e detrito di versante che si interdigitano. Inoltre, è presente il rilevato ferroviario attuale che viene lasciato lentamente ad angolo molto acuto. Il nuovo tracciato scorre su rilevato, interessando sia il rilevato attuale che un nuovo rilevato da realizzare fino a ca. 2 sopra il piano campagna attuale.

In diesem Abschnitt sind Eingriffe notwendig, um die Abweichung der alten Eisenbahnlinie bergaufwärts zu ermöglichen und neuen Raum zu erlangen, der für die Eisenbahnstrecke notwendig ist. Es ist der Bau einer Stahlbetonwand an der Bergseite vorgesehen, der ein oberflächliches Fundament hat und gegenüber dem Abschnitt der Straße A.1, die sich darüber befindet, eine Unterböschung vorweist.

In tale porzione di tracciato si rendono necessari degli interventi per consentire la deviazione della linea ferroviaria storica verso monte e conseguire i nuovi spazi richiesti dal tracciato ferroviario. È prevista la realizzazione di un muro in c.a. lato monte, fondato superficialmente, di sottoscarpa rispetto al tracciato della Strada A.1 posta superiormente.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

Für den Bau der neuen Mauern der Bahn sind bis Km 0 + 200 AC künstliche, profilierte Felsschnitte vorgesehen (die später beschrieben werden), vernagelt mit passiven Stabverankerungen, aber nicht ummantelt mit Spritzbeton, während im darauffolgenden Abschnitt, bis zum Km 0+260, wo die Hypothese der geologischen Interpretation die Anwesenheit des Murgangs rekonstruiert hat, die Anwendung einer verkleideten Wand mit gespritztem Stahlbeton mit elektrogeschweißtem Netz und vernagelt mit passiven Stabverankerungen vorgesehen ist.

Per la costruzione dei nuovi muri della ferrovia si ricorre a tagli artificiali profilati in roccia fino al km 0+200 ca (descritti più avanti), chiodati con barre di ancoraggio passivi ma non rivestiti con spritz beton, mentre nel tratto successivo, fino al km 0+260, dove l'ipotesi interpretativa geologica ha ricostruito la presenza della formazione dei debris flow, è previsto l'impiego di una parete rivestita con spritz armato con rete elettrosaldata e chiodata con barre di ancoraggio passive.

Nach einem kurzen Einschnitt (Murschutt) verläuft die Trasse dann in Dammlage bis ca. km 0+500 über Alluvionen mit eingelagertem Murschutt.

Dopo un breve tratto in trincea (depositi di debris flow) il tracciato continua su rilevato fino ca. al km 0+500, posto sopra alluvioni con intercalati depositi di debris flow.

Höhenmäßig liegt die Trasse hier bis zu ca. 5 m über bestehender GOK. Hier ist auch die Eisenbahnunterführung vorgesehen, die nachfolgend eigens beschrieben ist.

Altimetricamente il tracciato raggiunge sopraelevazioni sopra il pc fino a ca. 5 m. Qui è previsto anche il sottopasso ferroviario che viene descritto separatamente di seguito.

Danach verläuft die Trasse im Einschnitt (bis zu 10 m ab der Übereinstimmung der Achse 1) im Bereich des Flaggerbachs, innerhalb der Murgangablagerungen, um dann schließlich, ungefähr am Km 0+800 Murablagerungen um schließlich wieder in den bestehenden Eisenbahndamm (der auf einem Murgang liegt) einzubinden.

Successivamente il tracciato scorre in trincea (fino a 10 m, valutati in corrispondenza dell'Asse Pari) in area Rio Vallaga all'interno di depositi di debris flow, per poi raccordarsi ca. al km 0+800 al rilevato ferroviario esistente (rilevato poggiate su depositi di debris flow).

Um das bergseitige Zurücksetzen zu ermöglichen, das von den Bahnanlagen verlangt wird, sind links bedeutende Abbauarbeiten notwendig, mit maximalen Baugrubenhöhen von fast 30m.

Per realizzare l'arretramento a monte richiesto dagli impianti ferroviari, si rendono necessari in sinistra ingenti sbancamenti, con massime altezze di scavo da sostenere prossime ai 30m.

Die endgültigen Böschungen werden mit einer Neigung von 27° (V/O=1/2) realisiert. Jede Bank zeichnet sich durch eine maximale Baugrubenhöhe von H≈10.0m aus. Die Banken werden abwechselnd durch Böschungsabsätze unterbrochen, die die Funktion zur Unterbrechung der Abschnitte mit einer Länge von L=2,5m haben.

Le scarpate definitive vengono realizzati con pendenza pari a 27° (V/O=1/2). Ciascuna banca è caratterizzata da una massima altezza di scavo pari a H≈10.0m. Le banche vengono inframezzate da berme con funzione rompitratte di ampiezza L=2.5m.

Ein besonderer Fall ergibt sich durch mögliche Unterworfenheiten des planimetrischen Raumbedarfs des Abbaubereichs, die durch die Anwesenheit von vorherig bestehende Dinge entstehen, die sich am Rand der Baugrube befinden. Insbesondere bezieht man sich auf mögliche Störungen der Ausgrabungsarbeiten (vgl. Abschnitt des Projektes Nr. 30, Km0+725) mit dem

Un caso particolare è rappresentato da possibili soggezioni di ingombro planimetrico dell'area di sbancamento, imposte dalla presenza di pre-esistenze che si affacciano sul perimetro dello scavo. Ci si riferisce, in particolare, a possibili interferenze dello scavo (cfr. sezione di progetto n.30, km 0+725) con il traliccio n. 78 di RFI della linea aerea 132 kV.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

Gittermast Nr. 78 der RFI der Freileitung 132 kV. Bei Erstellung der Baugrube mit einer Neigung die, mit 28° leicht stärker ist, wird ein Sicherheitsabstand zwischen dem Fundament des Gittermastes und der Baugrube von 5,5 m beibehalten, damit versichert wird, dass an den Sicherheitsbedingungen und an der Funktionalität der Stromleitung nichts verändert wird.

Eseguido lo scavo con pendenza leggermente più accentuata, pari a 28°, viene mantenuta una distanza di sicurezza tra le fondazioni del traliccio e la scarpata di scavo di 5.5m, tale da assicurare che non vengano alterate le condizioni di sicurezza e di funzionalità dell'elettrodotto.

Der Grundwasserspiegel dürfte unterhalb der Aushubsole liegen, allerdings ist in Abhängigkeit der Witterung mit lokalen schwebenden Hangwasserzutritten (vor allem entlang von durchlässigeren Schichten) zu rechnen.

Il livello della falda si trova presumibilmente al di sotto del fondo scavo, però sono da tenere in considerazione, in dipendenza delle condizioni meteoriche, delle possibili venute locali e sospese di acqua di versante (soprattutto lungo strati più permeabili).

8.2.3 Felsabtrag

Im Bereich der anfänglichen Ausschlerung aus der bestehenden Trasse steht hangseitig Fels an. Hier ist gegebenenfalls ein Abtrag nötig, um die notwendige Verbreiterung zur Unterbringung der Bahnanlagen zu bewerkstelligen.

8.2.3 Sbancamento roccia

In corrispondenza dell'iniziale deviazione dal tracciato attuale è presente una scarpata rocciosa sul lato monte. Qui si deve provvedere in parte ad uno sbancamento per raggiungere l'allargamento richiesto dagli impianti ferroviari.

Insbesondere in Voraussicht des Aufschlusses an der Baugrubenwand des Granitfelsens und unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Gleisnähe der Bestandsstrecke in Betrieb werden für den Bau der neuen Mauern der Bahnlinie im Abschnitt zwischen den km 0+114÷0+194 profilierte, künstliche Schnitte mit einer Neigung von 80° durchgeführt, bewehrt mit Vernagelungen mit passiven Stabverankerungen. Im Gegensatz zum nachfolgenden Abschnitt wird die Baugrubenwand dieses Abschnitts nicht mit Spritzbeton verkleidet.

In particolare, in previsione dell'affioramento sulla parete di scavo dell'ammasso roccioso granitico, e contestualmente tenendo conto della vicinanza dei binari della Linea Storica esistente in esercizio, per la costruzione dei nuovi muri della ferrovia nel tratto compreso fra le Pkm 0+114÷0+194, si ricorre a tagli artificiali profilati con pendenza 80°, armati con chiodatura con barre di ancoraggio passive. In tale tratto, diversamente che nel tratto successivo, non viene rivestita la parete di scavo con betoncino proiettato.

Der Felsabtrag erfolgt vermutlich zusammen mit dem Abtrag bei Herstellung/Verlegung der bergseitig gelegenen Zufahrtsstraße und wird dort beschrieben.

Lo sbancamento della roccia avviene presumibilmente insieme alla realizzazione/spostamento della strada d'accesso più a monte ed è descritto là.

8.2.4 Gründungen

Die Gründungen liegen nach derzeitigem Kenntnisstand vollständig im Lockermaterial, mit seicht anstehendem bis hangseitig aufgeschlossenem Fels im südlichen Bereich. Bei den Lockergesteinen überwiegen die Bodenarten A und C, daneben sind Vorkommen von B und D möglich. Zu Beginn und Ende der Trasse ist auch die Bodenart D in Form des bestehenden Eisenbahndammes vorhanden. Nachdem die

8.2.4 Fondazioni

Le fondazioni ricadono allo stato attuale di conoscenza interamente in terreni sciolti con la roccia a poca profondità fino ad affiorante sul lato monte nel tratto più meridionale. I terreni sciolti sono costituiti in prevalenza dai tipi di TERRENO A e C, in misura minore è possibile anche la presenza dei tipi di TERRENO B e D. Ad inizio ed alla fine del tracciato è presente anche il tipo di TERRENO D sotto forma del rilevato ferroviario

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

Gründungsfläche mit geneigten Schichten verschneidet, sind variable Eigenschaften innerhalb der Gründungsfläche im natürlichen Zustand möglich.

esistente. Siccome il piano di fondazione interseca con strati inclinati, sono possibili delle caratteristiche variabili all'interno del piano stesso allo stato naturale.

Es sei auch daran erinnert, dass ein Teil der Gründungen der neuen Eisenbahnlinie auf der Verfüllung über der offenen Bauweise der BBT-Haupttunnel liegen. Das betroffene Verfüllmaterial muss fachgerecht eingebaut und verdichtet werden, um die Mindestanforderungen bzw. die vorgesehenen geotechnischen Eigenschaften zu gewährleisten.

Va ricordato inoltre che parte delle fondazioni della nuova linea ferroviaria ricade sul materiale di ritombamento delle gallerie artificiali BBT principali, che deve essere posato e compattato a regola d'arte per garantire i requisiti minimi ovvero le caratteristiche geotecniche previste.

Bei Vorkommen von Aufschüttungen sind deren Mächtigkeit und Eigenschaften (Zusammensetzung, Lagerung) sowie eventuell verdeckte Mutterbodenschichten mittels Schürfen zu überprüfen. Künstliche Aufschüttungen sind ohne entsprechende Überprüfung als ungeeignet zu betrachten. Die Maßnahmen sind vor Ort und entsprechend den Anforderungen in Abstimmung mit der geol. Assistenz/Bauleitung festzulegen. Es wird folgende Vorgangsweise empfohlen

In caso di presenza di riporti artificiali del TERRENO D sono da verificare la loro potenza e le loro caratteristiche (composizione, densità) nonché eventuali presenze di strati di terreno vegetale sepolti mediante scavi d'ispezione con escavatore. Riporti artificiali sono da considerare, senza rispettivo controllo in merito, come non idonei. Gli interventi sono da definire in base alle richieste sul posto ed in accordo con l'assistenza geologica/direzioni lavori. Si raccomanda il seguente procedimento.

- Aushub bis knapp über Gründungsniveau und jedenfalls Abtrag des Mutterbodens bei herzustellenden Anschüttungen
- Ausführung von rasterförmig angeordneten Schürfen in den bisher nicht zugänglichen bzw. erkundeten Bereichen nach Vorgabe des Geologen zur Erkundung event. weicher bzw. Locker gelagerter Bodenschichten, Aufschüttungen, Hohlräume, etc.
- bei Erfordernis Bodenaustausch oder Vergütung einzelner Teilbereiche mit ungünstigen Bodeneigenschaften
- die Gründungsfläche muss gut und gleichmäßig verdichtet sein; dies ist mit entsprechenden Versuchen (Sondierungen, Lastplattenversuche) zu bestätigen; etwaige Anpassungen sind auf Grundlage der entsprechenden Versuche vor Ort mit Statiker/Geotechniker abzuklären.
- bei größeren Gründungsflächen: Einsatz einer Walze mit Kompaktometer (flächendeckende Verdichtungskontrolle)
- scavo fino a poco sopra il piano di fondazione ed in ogni caso uno scotico del terreno vegetale in caso di realizzazione di un rilevato
- esecuzione di un raster di scavi d'ispezione nei settori non accessibili o non indagati precedentemente su indicazione del geologo, per la detenzione di eventuali strati teneri o poco addensati, riporti artificiali, cavità sotterranee ecc.
- in caso di necessità bonifica del terreno per sostituzione del materiale o bonifica di singoli tratti a caratteristiche geotecniche scadenti
- il piano di fondazione deve essere compattato bene ed in maniera uniforme; ciò è da verificare con rispettive prove (penetrometrie, prove di carico su piastra); eventuali adeguamenti sono da concordare sul posto con lo statico/geotecnico sulla base delle prove
- in caso di piani di fondazione estesi: impiego di un rullo dotato di compattometro (controllo areale della compattazione)

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

- etwaige Hangwasserzutritte sind am Austritt zu fassen und schadlos abzuleiten, die Gründungfläche ist trocken zu halten und vor Aufweichen zu schützen.

- eventuali afflussi d'acqua di versante sono da captare al punto di fuoriuscita e da derivare in maniera innocua, il piano di fondazione è da mantenere asciutto e da proteggere contro il rammollimento

Für die Bemessung der Gründungen können die angegebenen charakteristischen Bodenkennwerte sowie die im Bericht angegebenen Grundwasserstands-Maxima angesetzt werden.

Per il dimensionamento delle fondazioni possono essere utilizzati i parametri caratteristici dei terreni indicati nonché i livelli massimi di falda indicati nella relazione.

Die Böden weisen generell eine gute Tragfähigkeit auf. Für entsprechende Nachweise können die angegebenen Kennwerte herangezogen werden.

I terreni presentano generalmente una buona capacità portante. Per le rispettive verifiche possono essere utilizzati i parametri indicati.

Die vorwiegend körnige Natur des Bodens der mit den Fundamentstrukturen direkt verbunden ist, versichert die praktisch vollständige Durchführung der Absenkungen, innerhalb der Dauer des Bauwerks.

La natura prevalentemente granulare dei terreni a diretto contatto con le strutture di fondazione assicura il completamento pressochè totale dei cedimenti entro i tempi di costruzione del manufatto.

Die Sand- und Schotterdepots, geraten, in der Tat, schnell in einen Zustand des Gleichgewichts, und zerstreuen eventuelle Zustände des Überdrucks in den Freiräumen und machen eine sofortige Senkung in der Bauphase mit, welche im Bereich der mm bis zu einigen cm liegt und absolut mit der Funktionalität der Struktur vereinbar ist.

I depositi ghiaio-sabbiosi di interesse, infatti, si portano rapidamente alla condizione di equilibrio, dissipando le eventuali sovrappressioni interstiziali, e scontano un cedimento immediato in fase di costruzione, limitato nell'ambito di mm fino a pochi cm e assolutamente compatibile con la funzionalità della struttura.

Außerdem wird der Umstand möglicher, relevanter Sekundärwirkungen der viskosen Art ausgeschlossen. Wie bekannt ist, können sich diese Senkungen, bei nicht bindigen Böden, durch die Verformung von Rissen, die sich bei konstanter Wirkungsspannung am Boden ansammeln, am Ende der Bauphase der strukturellen Bauwerke, ereignen.

Si esclude, inoltre, l'occorrenza di possibili, rilevanti, effetti secondari di tipo viscoso. Come noto, tali cedimenti possono manifestarsi nei terreni non coesivi al termine della fase di costruzione delle opere strutturali, per effetto delle deformazioni di creep che il terreno accumula a tensione efficace costante.

Das Ausmaß der absoluten Absenkungen und deren Entwicklung während dem Bau der Bauwerke übt, außerdem eine indirekte Kontrolle auf die Differentialverschiebungen aus, die vernachlässigbar und sicher angemessen sind, geeignete Funktionalitätsebenen zu gewährleisten.

L'entità dei cedimenti assoluti ed il loro sviluppo nel tempo di costruzione dei manufatti esercitano, inoltre, un controllo indiretto nei confronti degli spostamenti differenziali, trascurabili e certamente idonei a garantire adeguati livelli di funzionalità.

Es ist daher offensichtlich, dass keine Deformationen bestehen, welche zu Schäden an den Strukturen führen könnte.

Risulta, pertanto, evidente che non si hanno fenomeni deformativi che possano creare danno alle strutture.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

8.3 ZUFAHRTSSTRASSE NA2/NA4

8.3.1 Allgemeines

Die Untersuchung dieses Abschnitts ist mit 14 durchgehenden/zerstörenden Kehrbohrungen (Gt-B-02/05; Fo-B-16/09, 16/09bis, 18/09, 19/09, 19/09bis, 21/09, 22/09; BH-09/14; BHPz-01/14, 02/14; Pz-B-02/15; In-01/14, 02/12), mit 4 geostrukturellen Vermessungen, die entlang der Zufahrtsstraße A1 durchgeführt wurden (ABSCHNITT A, Km 0+225; ABSCHNITT B, Km 0+200; ABSCHNITT C, Km 0+175; ABSCHNITT D, Km 0+125), mit 2 Prospektionen der Refraktionsseismik Nr.6 und SR1, der Reflexionsseismik Nr.10 erfolgt.

Gemäß den Erkundungsergebnissen gründet das Bauwerk von der Eisackbrücke (vorbereitende Bauwerke) bis an den Hangfuß durchgehend im Lockermaterial. Hier sind überwiegend Eisackalluvionen vorhanden mit Einschaltungen von Murschutt und Richtung Hang auch Hangschutt. Daneben wird auch noch der bestehende Eisenbahndamm gequert. Im Abschnitt entlang des Hangfußes bewegen wir uns im nördlichen Teil in einem Übergangsbereich zwischen Hangschutt und Alluvionen, die abwechselnd dominieren, sowie Ausläufern der Murkegel, während im südlichen Teil der Felsuntergrund auftaucht mit teils geringmächtiger Hangschuttbedeckung. Die lithologischen Einheiten verzahnen häufig kleinräumig, weshalb eine detaillierte Prognose nicht möglich ist. Die prognostizierte Verteilung der Bodenarten ist im Längsprofil 02-H71-AF-002-08-04-007.02-B0115-04097-0A6 dargestellt.

Der Grundwasserspiegel wird in Abhängigkeit von Jahreszeit bzw. Witterungsverhältnissen in diesem Abschnitt einige Meter unter GOK erwartet. Demnach liegt er, mit Ausnahme der tieferen Aushübe für den Durchlass generell tiefer als die geplanten Bauwerke

8.3.2 Aushub, Aufschüttungen

Von Süden ausgehend (km 0+000) verläuft die Trasse zunächst auf Felsuntergrund ohne bzw. mit geringer Schuttbedeckung bis ca. km 0+150. Hier ist auch ein nennenswerter Felsabtrag vorgesehen (s. nächstes Kapitel) um den Verkehr, der durch die Verlegung der alten Linie bergaufwärts verlegen zu können.

8.3 STRADA D'ACCESSO NA2/NA4

8.3.1 Generalità

L'indagine di questo settore è avvenuta tramite n.14 sondaggi a carotaggio continuo/distruzione di nucleo (Gt-B-02/05; Fo-B-16/09, 16/09bis, 18/09, 19/09, 19/09bis, 21/09, 22/09; BH-09/14; BHPz-01/14, 02/14; Pz-B-02/15; In-01/14, 02/12) i n.4 rilievi geostrutturali eseguiti lungo la strada d'accesso A1 (SEZIONE A, Pkm 0+225; SEZIONE B, Pkm 0+200; SEZIONE C, Pkm 0+175; SEZIONE D, Pkm 0+125), n.2 prospezioni sismiche a rifrazione n.6 e SR1, la sismica a riflessione n.10.

Secondo i risultati delle indagini, dal ponte sull'Isarco (opere propedeutiche) fino al piede del versante l'opera si snoda completamente all'interno di terreni sciolti. Qui prevalgono alluvioni dell'Isarco con intercalazioni di depositi di debris flow e verso il versante anche di detrito di versante. Inoltre, viene attraversato il rilevato ferroviario esistente. Nel tratto lungo il piede del versante ci troviamo, nella parte settentrionale, in una zona di passaggio tra alluvioni e detrito di versante, che dominano in alternanza, con depositi terminali di conoide di debris flow, per poi passare nel tratto più meridionale alla roccia con in parte moderata copertura di detrito di versante. Le unità litologiche si interdigitano spesso tra loro a piccola scala, per questo risulta difficoltosa una previsione dettagliata. La distribuzione pronosticata dei tipi di terreno è rappresentata nel profilo longitudinale 02-H71-AF-002-08-04-007.02-B0115-04097-0A6.

Secondo le stagioni e le condizioni atmosferiche, il livello della falda in questo settore è previsto ad alcuni metri sotto il piano campagna e quindi, ad eccezione di scavi profondi per il sottopasso, generalmente sotto il piano di fondazione delle opere.

8.3.2 Scavo, rilevati

Partendo da sud (km 0+000) il tracciato scorre dapprima su roccia con o senza esigua copertura detritica fino ca.al km 0+150. Qui sono previsti anche sbancamenti notevoli (cfr. par. successivo), in modo da consentire lo spostamento a monte della viabilità indotto dalla deviazione della Linea Storica.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

Höhenmäßig verläuft die Trasse grob entlang der bestehenden Straße.

Altimetricamente il tracciato segue grosso modo la stradina esistente.

In dem Abschnitt der Untersucht wird, ist die Erschaffung einer Stahlbetonwand, auf der Bergseite, vorgesehen, welche sein Fundament auf einem kurzen Abschnitt auf Mikropfosten hat, ungefähr zwischen den Projektabschnitt Nr. 1 (Km 0+000) und Nr. 2 (Km 0+025), der im Folgenden ein oberflächliches Fundament hat, bis zum Ende des Bauwerks (Abs. Nr. 7, Km 0+150ca).

Nel tratto in esame è prevista la realizzazione di un muro in c.a. lato monte, fondato su micropali in un primo breve tratto, all'incirca fra le sezioni di progetto n.1 (km 0+000) e n.2 (km 0+025), fondato superficialmente nel seguito, fino al termine del manufatto (sez. n.7, km 0+150 ca).

Die Eingriffe zur Stabilisierung, die für die Aushebungen der Mauern durchgeführt wurden, werden im allerersten Abschnitt (Km 0+000÷0+025), in Anwesenheit loser Böden, durch eine, mit gespritzten Stahlbeton verkleidete Wand, mit einem elektrogeschweißten Netz und mit Nägel mit passiven Verankerungsstangen, erreicht.

Gli interventi di stabilizzazione attuati per eseguire lo scavo dei muri sono ottenuti nel primissimo tratto (km 0+000÷0+025), in presenza di terreni sciolti, a mezzo di una parete rivestita con spritz armato con rete elettrosaldata e chiodata con barre di ancoraggio passive.

Daraufhin sind Böschungen aus Fels anwesend, deren Verlauf im §.beschrieben wird 8.3.38.3.3

Successivamente sono presenti scarpate in roccia, il cui trattamento è descritto al §8.3.3.

Im Anschluss an dieses erste Teilstück taucht die Felslinie ab und die geplante Straße verläuft in leichter Dammlage (bis ca. 2 m) über Hangschutt und Murschutt bis ca. km 0+250.

Dopodiché la linea della roccia si abbassa e la strada scorre su leggero rilevato (fino a ca. 2 m) sopra detrito di versante e depositi di debris flow fino ca. al km 0+250.

Danach folgt die Straße grob dem bestehenden Gelände, das aus einer Wechselfolge von verzahnten Alluvionen und Hangschutt gebildet wird. Örtlich sind Anschüttungen bis zu ca. 2 m nötig.

Successivamente la strada segue l'andamento del terreno, composto da alternanze indentate tra alluvioni e detrito di versante, con locali rilevati fino a ca. 2 m.

Etwa bei km 0+450 biegt die bis dahin am Hangfuß verlaufende Straße mit 90° Winkel in Richtung NE um.

Ca. al km 0+450 la strada, che finora seguiva il piede del versante, gira a 90° e prosegue in direzione NE.

Neben Hangschutt und Alluvionen finden sich hier auch die Ausläufer des Flaggerbach-Murkegels.

Oltre a detrito di versante ed alluvioni si aggiunge anche il tratto terminale del conoide di debris flow del Rio Vallaga

Die Nivelette fällt hier stark ab bis auf 5-6 m unter aktuellem Gelände, um sich mit dem tiefen Einschnitt der geplanten Eisenbahnunterführung zu verbinden, die nachfolgend eigens beschrieben ist. Es besteht ein Blockrisiko (Vorkommen von Blöcken auch im Meterbereich und darüber).

Inoltre, la livelletta si approfondisce fino a 5-6 m sotto il piano campagna attuale per raccordarsi alla profonda incisione del sottopasso previsto sotto la nuova linea ferroviaria che viene descritto separatamente di seguito. Esiste il rischio di blocchi (presenza di blocchi anche metrici o superiori).

Im Anschluss an die Unterführung steigt die Trasse wieder an und erreicht ca. bei km 0+075 die aktuelle GOK und steigt danach noch weiter bis zur

Successivamente al sottopasso il tracciato scorre ancora sotto il p.c. attuale per raggiungerlo ca. al km 0+575 per poi alzarsi sopra il p.c. attuale e raccordarsi

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

Eisackbrücke (vorbereitende Bauwerke) an.

al ponte sull'Isarco (opere propedeutiche).

In diesem Bereich wird allerdings das natürliche Gelände bereits im Zuge der Herstellung in offener Bauweise der BBT-Haupttunnel abgetragen.

In quest'ultimo tratto il terreno naturale sarà però già rimosso in occasione della realizzazione delle gallerie artificiali BBT.

8.3.3 Felsabtrag

Im ersten Teilstück der Trasse steht entlang der bestehenden Straße hangseitig Fels an. Hier ist gegebenenfalls ein Abtrag nötig, um die notwendige Verbreiterung infolge der gleichzeitigen Verbreiterung der darunter liegenden Eisenbahn zu bewerkstelligen.

Die Ausgrabung im Felsen, die es ermöglicht die bergseitigen Wände der Straße A.1 zu erschaffen, wird mit Eingriffen zur kortikalen Regelung der Böschungen geschützt, die mit Verankerungsschrauben und einem Netz mit hexagonalen Maschen erschaffen werden.

Insbesondere bis zum Mauerende (KM 0+150 ca) hat der Eingriff einen vorübergehenden Charakter, was die Konsolidierung der Baugrube anbetrifft, die für den Bau der Mauer notwendig ist, während sich dieser als Schutzverkleidung dem rückseitigen natürlichen Hang abzeichnet. Über das Ende der Mauer hinaus, betrifft die Konsolidierung den natürlichen Hang aus Felsen und ist permanenter Art.

Der Felsabtrag von Straße und Eisenbahn erfolgt vermutlich in einem Arbeitsschritt mit einer Neuprofilierung des felsigen Hangfußbereiches zur Unterbringung von Eisenbahnlinie und Zufahrtsstraße.

Der Felsabtrag muss dabei folgenden Anforderungen gerecht werden:

- die Steinschlagsicherung am Hang oberhalb (Ablautungen, Steinschlagschutzzäune) muss bereits wirksam erfolgt sein
- der Fels muss mit geeigneten Mitteln und schonend (erschütterungsarm) gelöst werden
- zum Schutz der darunterliegenden Bauwerke und Strukturen müssen geeignete Vorkehrungen getroffen werden (Abrollschutz, Spritzschutz)

8.3.3 Sbanramento roccia

Nel primo tratto del tracciato, presente lungo la stradina esistente, è presente una scarpata in roccia sul lato monte. Qui si rende necessario uno sbancamento per realizzare l'allargamento in seguito al parallelo allargamento della linea ferroviaria sottostante.

Lo scavo in roccia che permette di realizzare i muri di controripa amonte della Strada A.1 è protetto con interventi di sistemazione corticale delle scarpate, realizzati con chiodi di ancoraggio e rete a maglia esagonale.

In particolare, fino al termine del muro (km 0+150 ca), l'intervento è a carattere provvisorio relativamente al consolidamento dello scavo necessario per la costruzione del muro, mentre si configura come rivestimento protettivo definitivo per il pendio naturale a tergo. Oltre il termine del muro, il consolidamento interessa il pendio naturale in roccia ed è di tipo permanente.

Lo scavo della roccia per strada e ferrovia avverrà presumibilmente in un unico passo lavorativo con una riprofilatura del piede del versante roccioso, in modo da creare lo spazio necessario per strada e linea ferroviaria.

Lo sbancamento in roccia deve rispettare quanto esposto di seguito:

- la protezione contro la caduta massi nella parte più alta del versante (disgaggi, barriere paramassi) deve essere in funzione (già eseguita)
- la roccia deve essere scavata con mezzi idonei con cura (minimizzazione delle vibrazioni)
- per le opere e strutture più a valle devono essere presi in considerazione delle precauzioni opportune (protezione contro massi rotolanti e contro schegge)

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

- Die neue Felsböschung und auch bestehende Felsböschungen im Nahbereich müssen gesäubert und gesichert werden; hierfür bieten sich eine durchgehende Vernetzung mit systematischer Vernagelung sowie der Einsatz von Einzelankern bei größeren, potentiell instabilen Kluffkörpern an

- la nuova scarpata rocciosa ed anche la scarpata rocciosa vicina devono essere pulite e consolidate; a tale riguardo si prestano bene una copertura con rete metallica e chiodatura sistematica nonché l'impiego di ancoraggi singoli per il fissaggio di volumi rocciosi potenzialmente instabili

Diesbezüglich werden die Maßnahmen im technischen Bericht, der dem Durchführungsprojekt anliegt, im Detail behandelt.

Gli interventi in merito sono trattati in dettaglio nelle relazioni specialistiche allegate al Progetto Esecutivo.

8.3.4 Gründungen

Die Gründungen liegen nach derzeitigem Kenntnisstand sowohl im Festgestein (mit geringer Schuttbedeckung) als auch im Lockermaterial. Letzteres wird von den Bodenarten A, B und C dargestellt, daneben sind Vorkommen von D möglich.

Bei Vorkommen von Aufschüttungen sind deren Mächtigkeit und Eigenschaften (Zusammensetzung, Lagerung) sowie eventuell verdeckte Mutterbodenschichten mittels Schürfen zu überprüfen. Künstliche Aufschüttungen sind ohne entsprechende Überprüfung als ungeeignet zu betrachten. Die Maßnahmen sind vor Ort und entsprechend den Anforderungen in Abstimmung mit der geol. Assistenz / Bauleitung festzulegen. Es wird folgende Vorgangsweise empfohlen:

- Aushub bis knapp über Gründungsniveau und jedenfalls Abtrag des Mutterbodens bei herzustellenden Anschüttungen
- Ausführung von rasterförmig angeordneten Schürfen in den bisher nicht zugänglichen bzw. erkundeten Bereichen nach Vorgabe des Geologen zur Erkundung event. weicher bzw. locker gelagerter Bodenschichten, Aufschüttungen, Hohlräume, etc.
- bei Erfordernis Bodenaustausch oder Vergütung einzelner Teilbereiche mit ungünstigen Bodeneigenschaften
- die Gründungsfläche muss gut und gleichmäßig verdichtet sein; dies ist mit entsprechenden Versuchen (Sondierungen, Lastplattenversuche)

8.3.4 Fondazioni

Le fondazioni ricadono allo stato attuale di conoscenza sia in roccia (con esigua copertura detritica) che in terreni sciolti. Questi ultimi sono caratterizzati dai tipi di TERRENO A, B e C, in misura minore è possibile anche la presenza del tipo di terreno D.

In caso di presenza di riporti artificiali D sono da verificare la loro potenza e le loro caratteristiche (composizione, densità) nonché eventuali presenze di strati di terreno vegetale sepolti mediante scavi d'ispezione con escavatore. Riporti artificiali sono da considerare, senza rispettivo controllo in merito, come non idonei. Gli interventi sono da definire in base alle richieste sul posto ed in accordo con l'assistenza geologica/direzioni lavori. Si raccomanda il seguente procedimento.

- scavo fino a poco sopra il piano di fondazione ed in ogni caso uno scotico del terreno vegetale in caso di realizzazione di un rilevato
- esecuzione di un raster di scavi d'ispezione nei settori non accessibili o non indagati precedentemente su indicazione del geologo, per la detezione di eventuali strati teneri o poco addensati, riporti artificiali, cavità sotterranee ecc.
- in caso di necessità bonifica del terreno per sostituzione del materiale o bonifica di singoli tratti a caratteristiche geotecniche scadenti
- Il piano di fondazione deve essere compattato bene ed in maniera uniforme; ciò è da verificare con rispettive prove (penetrometrie, prove di

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

zu bestätigen; etwaige Anpassungen sind auf Grundlage der entsprechenden Versuche vor Ort mit Statiker / Geotechniker abzuklären.

- bei größeren Gründungsflächen: Einsatz einer Walze mit Kompaktometer (flächendeckende Verdichtungskontrolle)
- etwaige Hangwasserzutritte sind am Austritt zu fassen und schadlos abzuleiten, die Gründungsfläche ist trocken zu halten und vor Aufweichen zu schützen

carico su piastra); eventuali adeguamenti sono da concordare sul posto con lo statico/geotecnico sulla base delle prove

- in caso di piani di fondazione estesi: impiego di un rullo dotato di compattometro (controllo areale della compattazione)
- eventuali afflussi d'acqua di versante sono da captare al punto di fuoriuscita e da derivare in maniera innocua, il piano di fondazione è da mantenere asciutto e da proteggere contro un rammollimento

Für die Bemessung der Gründungen können die angegebenen charakteristischen Bodenkennwerte sowie die im Bericht angegebenen Grundwasserstands-Maxima angesetzt werden.

Per il dimensionamento delle fondazioni possono essere utilizzati i parametri caratteristici dei terreni indicati nonché i livelli massimi di falda indicati nella relazione

Die Böden weisen generell eine gute Tragfähigkeit auf. Für entsprechende Nachweise können die angegebenen Kennwerte herangezogen werden.

I terreni presentano generalmente una buona capacità portante. Per le rispettive verifiche possono essere utilizzati i parametri indicati.

Mit Bezug auf die Erwarteten Senkungen, gelten dieselben Überlegungen, die für §gemacht wurden 8.2.4 und die zum Schluss führen, dass keine Deformation besteht, welche zu Schäden an der Struktur führen könnte.

Relativamente ai cedimenti attesi, valgono le medesime considerazioni svolte in §8.2.4, che portano a concludere che non si hanno fenomeni deformativi che possano creare danno alle strutture.

8.4 EISENBAHNUNTERFÜHRUNG

8.4 SOTTOPASSO FERROVIARIO

8.4.1 Allgemeines

8.4.1 Generalità

Die Untersuchung dieses Bereichs bezieht sich hauptsächlich auf die Probebohrungen Fo-B-19/09 und Fo-B-19/09bis, die dem Bauwerk am nächsten sind. Es wurden auf jeden Fall auch die Informationen in Bezug genommen, die aus anderen Untersuchungen, in der Nähe erschließbar sind.

L'indagine di questo settore fa principalmente riferimento ai sondaggi Fo-B-19/09 e Fo-B-19/09bis, che risultano i più prossimi al manufatto. Sono state comunque considerate anche le informazioni desumibili dalle altre indagini nelle vicinanze.

Für die Rekonstruktion des geologischen Modells auf Höhe der Rampe auf der Eisack-Seite wurden außerdem die Probebohrungen Fo-B-16/09 und Fo-B-16/09bis hinzugezogen.

La ricostruzione del modello geologico in corrispondenza della rampa lato Isarco, inoltre, si è avvalsa dei sondaggi Fo-B-16/09 e Fo-B-16/09bis.

Gemäß den Erkundungsergebnissen gründet das Bauwerk durchgehend im Lockermaterial, das von gemischt Eisackalluvionen und Murschutt aufgebaut wird. Die lithologischen Einheiten verzahnen häufig kleinräumig, weshalb eine detaillierte Prognose nicht

Secondo i risultati delle indagini, l'opera si snoda completamente all'interno di terreni sciolti costituiti da alternanze di alluvioni dell'Isarco e depositi di debris flow. Le unità litologiche si interdigitano spesso tra loro alla piccola scala, per questo risulta difficoltosa una

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

möglich ist. Die prognostizierte Verteilung der Bodenarten ist im Längsprofil 02-H71-AF-002-08-01-031.02-B0115-04095-0A9 dargestellt.

previsione dettagliata. La distribuzione pronosticata dei tipi di terreno è rappresentata nel profilo longitudinale 02-H71-AF-002-08-01-031.02-B0115-04095-0A9.

Der Grundwasserspiegel wird in Abhängigkeit von der Jahreszeit bzw. den Witterungsverhältnissen in diesem Abschnitt einige Meter unter GOK erwartet. Nachdem das Bauwerk bis zu 7 m unter GOK liegt, ist ein Erreichen des Grundwasserspiegels nicht auszuschließen.

Secondo le stagioni e le condizioni atmosferiche, il livello della falda in questo settore è previsto alcuni metri sotto il piano campagna. Siccome l'opera raggiunge una profondità fino a 7 m sotto p.c., non è da escludere che venga raggiunto il livello di falda.

8.4.2 Aushub, Aufschüttungen

8.4.2 Scavo, rilevati

Im Bereich der geplanten Eisenbahnunterführung liegt die Straßennivelette rund 3-4 unterhalb des aktuellen Geländes.

In corrispondenza del previsto sottopasso ferroviario la livelletta della strada si trova ca. 3-4 m sotto il piano campagna attuale.

Hier verzahnen die Ausläufer des Flaggerbach-Murkegels kleinräumig mit den Eisackalluvionen. Es besteht ein Blockrisiko (Vorkommen von Blöcken auch im Meterbereich und darüber).

Qui si interdigitano i tratti distali del conoide di debris flow del Rio Vallaga con le alluvioni dell'Isarco. Esiste il rischio di blocchi (presenza di blocchi anche metrici o superiori).

Aus allgemeiner Sicht bestehen die vorübergehenden Aushebungen, die für den Bau der Unterführung notwendig sind, aus vorübergehenden offenen Böschungen, die mit einer maximalen Neigung von 40° geplant wurden.

Dal punto di vista generale, gli scavi provvisori necessari per la costruzione del sottopasso constano di scarpate provvisoriamente aperte progettate con pendenza massima pari a 40°.

Diese Angaben sind vor Ort, an einer Probeböschung und nach Überprüfung der Prognose zu verifizieren.

Queste indicazioni sono da verificare sul posto con una scarpata di prova e previo esame della situazione prevista.

Im Falle der Ausführung der Rampe Bergaufwärts, auf der Bergseite, stattdessen, zwischen dem Km 0+430 und 0+480 circa (in der Nähe der Projektabschnitte Nr. 19 und 20), ist der Bau einer Wand mit gespritzten Stahlbeton mit einem elektrogeschweißten Netz, und Nägel mit passiven Verankerungsstangen.

Nel caso della realizzazione della rampa di monte, lato monte, invece, fra il km 0+430 e 0+480 circa (in prossimità delle sezioni di progetto n.19 e 20), è prevista l'esecuzione di una parete rivestita con spritz armato con rete elettrosaldato e chiodata con barre di ancoraggio passive.

Die Anwendung der Nagelfront ist, ergibt sich aus der Notwendigkeit, nicht die Bereiche, die gleich bergaufwärts liegen und die sich durch eine aufsteigende Morphologie auszeichnen, miteinzubeziehen, da diese, falls sie vom Abbau miteinbezogen sein sollten, ein sehr viel größeres Volumen und Aushebungsmaß mit sich bringen würde.

L'impiego del fronte chiodato è imposto dall'esigenza di non andare ad interessare con gli scavi le aree poste immediatamente a monte, caratterizzate da morfologia acclive che, se interessata dagli sbancamenti, darebbe luogo ad volumi e ingombri di scavo molto più ingenti.

Wenn möglich, sind offene, nicht gestützte Ausgrabungen, in Zeiten bei Niedrigwasserstand des Eisack und der Seitenschluchten (Winterzeit)

Se possibile, gli scavi aperti non sostenuti sono da eseguire nei periodi di magra (mesi invernali), con una bassa portata dell'Isarco e dei canali laterali.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

durchzuführen.

Da es, wegen übergeordneten Arbeitszeitplänen oder wegen Faktoren, die mit dem Zuspruch zu tun haben, nicht immer möglich ist diese Vorgehensweise einzuhalten, müssen die Arbeiten im entgegengesetzten Falle so organisiert werden, dass mögliche Auswirkungen der Wasserläufe berücksichtigt werden müssen und ein Leerpumpsystem des Grundwassers, während der Bauzeit, vorgesehen wird.

In der Anfangsphase, in der die Abschnitte A, B1, B2 der bergseitigen Rampe der neuen Unterführung (vgl. 02-H71-AF-002-08-01-035.01-B0115-00244-6B1 und 02-H71-AF-002-08-01-100.00-B0115-04000-4Z0) und die vernagelten Wände ausgeführt werden, erfolgt der Aushub, auf der Grundlage der im Rahmen der hydrogeologischen Untersuchung verwirklichten Rekonstruktion der maximalen und durchschnittlichen Wasserstände, außerhalb des Grundwassers, ohne dass Pumparbeiten notwendig sind.

Poiché, a causa di cronoprogrammi di lavoro di ordine superiore o di fattori legati all'affidamento, non è sempre possibile seguire questo modo di procedere, in caso contrario i lavori sono da organizzare in modo da tenere conto di possibili impatti da parte dei corsi d'acqua e da prevedere un apposito sistema di aggotamento delle acque di falda durante la fase costruttiva.

In particolare, nella fase iniziale in cui vengono eseguiti i tratti A, B1, B2 della rampa lato monte del nuovo sottopasso (cfr. 02-H71-AF-002-08-01-035.01-B0115-00244-6B1 e 02-H71-AF-002-08-01-100.00-B0115-04000-4Z0) e le pareti chiodate, in base alle ricostruzioni dei livelli massimi e medi realizzata nell'ambito dello studio idrogeologico lo scavo avviene fuori falda, senza che si rendano necessarie attività di pompaggio.

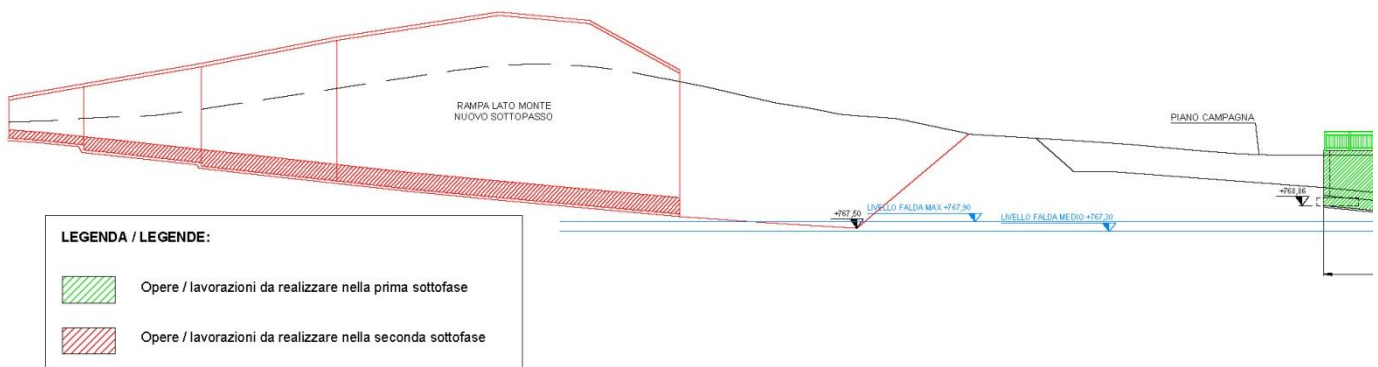


Abbildung 34 – Unterführung vs Grundwasser: Ausführung Abschnitte A, B1, B2 und vernagelte Wände

Figura 34 – Sottopasso vs falda: esecuzione tratti A, B1, B2 e pareti chiodate.

Während der Ausführung des Abschnitts C der bergseitigen Rampe werden im Falle der Präsenz von Grundwasser in der Baugrube die Entwässerungsschächte genutzt, die geplant waren, um das Grundwasser während der schubweisen Bauphase der angrenzenden Bahnunterführung abzupumpen, ein Bauwerk, das Teil der "Vorbereitende Bauwerke im Bereich Eisackunterquerung - Durchführungsprojekt Verlegung der Staatstraße 12 und Neues Straßennetz" ist, beibehalten wird (vgl. "Technischer Bericht

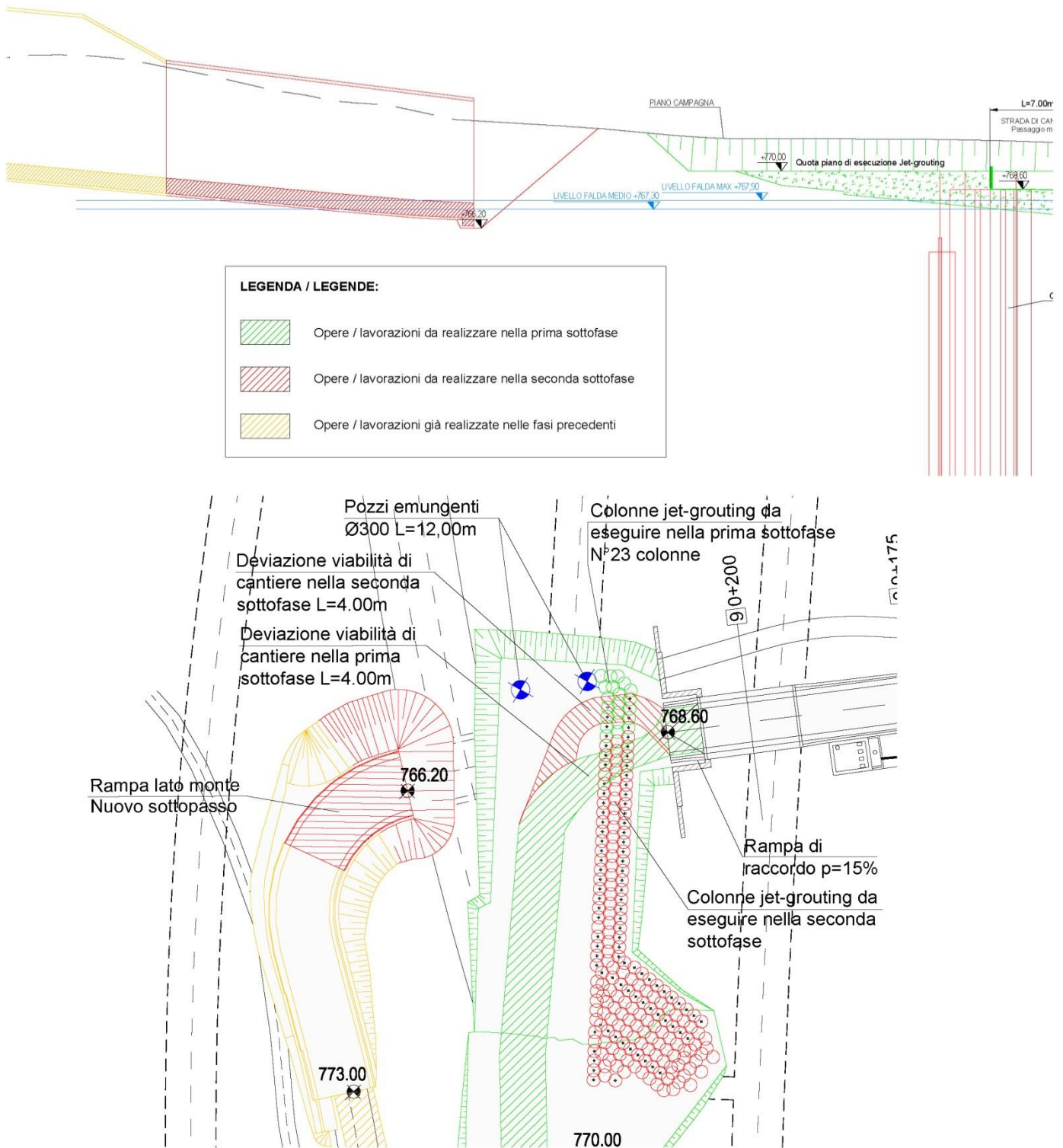
Durante la realizzazione del tratto C della rampa lato monte, in caso di presenza di acqua di falda nello scavo vengono sfruttati i pozzi emungenti progettati per aggotare le acque di falda durante la costruzione del limitrofo sottopasso ferroviario a spinta, opera facente parte delle "Opere Propedeutiche Zona Sottoattraversamento dell'Isarco - Progetto Esecutivo Spostamento S.S. 12 e Nuova Viabilità" (cfr. "Relazione tecnica aggotamento acque di falda", rif. 02-H71-MT-002-34-11-001.00-B0115-10135-RT5). L'ubicazione è

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumentinhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Abpumpen des Grundwassers, Bez. 02-H71-MT-002-34-11-001.00-B0115-10135-RT5). Die Lage ist in Abbildung 24 angezeigt.

illustrata in Figura 35.



Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

Während der Verwirklichung der Unterführung und eines Teils des Abschnitts D der Rampe auf der Seite des Eisacks erfolgt die eventuelle Grundwassersenkung mit Hilfe eines neu gebauten Entwässerungsschachtes, der mit denselben Merkmalen der vorbereitenden Bauwerke ($\varnothing 300$, L=12.00m) ausgeführt wird. Der Standort ist in Abbildung 25 angezeigt.

Durante la realizzazione del sottopasso e di una porzione del tratto D della rampa lato Isarco, l'eventuale abbassamento della falda sarà effettuato tramite pozzo emungente di nuova realizzazione, eseguito con le stesse caratteristiche di quelli delle opere propedeutiche ($\varnothing 300$, L=12.00m). L'ubicazione è illustrata in Figura 36.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
 Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
 Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
 Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
 Contenuto documento: Relazione geotecnica

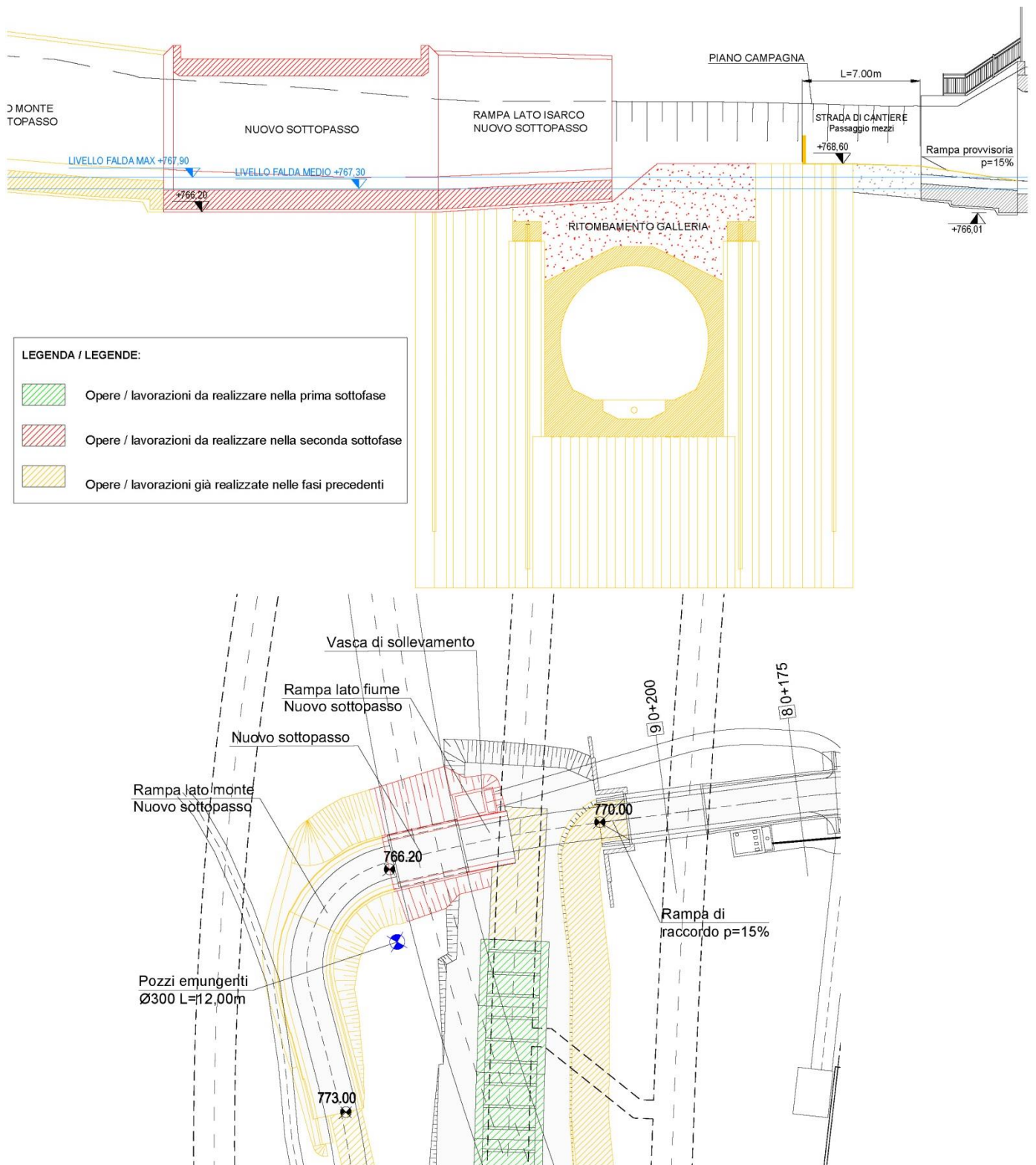


Abbildung 36 – Unterführung vs Grundwasser: Ausführung Unterführung, Hebebecken, Teil des Abschnitts D.

Figura 36 – Sottopasso vs falda: esecuzione sottopasso, vasca di sollevamento, porzione tratto D.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Auch während der Fertigstellung der Rampe Seite Eisack (Teil des Abschnitts D und Abschnitt E) wird die eventuelle Grundwassersenkung mit Hilfe des oben genannten Entwässerungsschachtes erzielt.

Anche durante il completamento della rampa lato Isarco (porzione del tratto D e tratto E) l'eventuale abbassamento della falda sarà ottenuto tramite il predetto pozzo emungente.

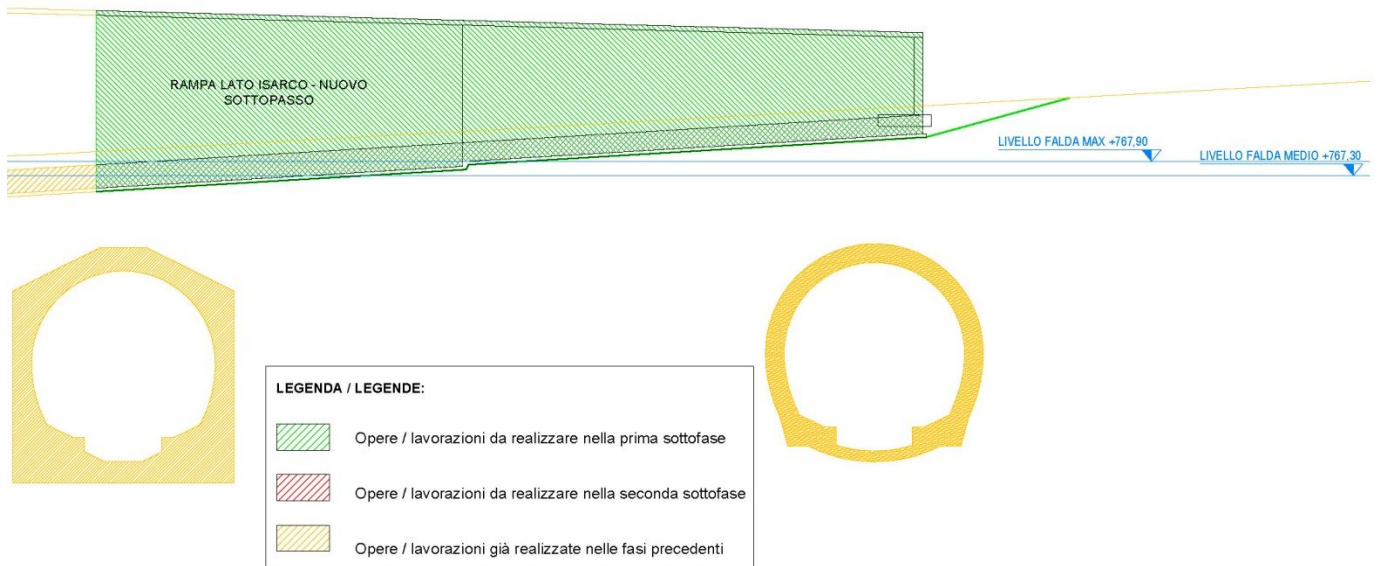


Abbildung 37 – Unterführung vs Grundwasser: Fertigstellung Abschnitte D, E.

Figura 37 – Sottopasso vs falda: completamento tratti D, E.

Aufgrund dieser Wasserableitung und in Anbetracht der gemessenen Tiefen kann während der Bauphase die Freifläche des Grundwassers unterhalb der Fläche der Aushubsole liegen, also ohne nennenswerte Beeinträchtigung der betreffenden Bauwerke.

In ragione di tale aggotamento, durante l'intera fase costruttiva la superficie libera della falda è situabile al di sotto del piano di fondo scavo, dunque non interferendo significativamente con le opere di interesse.

Es wird darauf hingewiesen, dass die effektive Notwendigkeit, das Wasserableitungssystem während einen Großteils der Ausführungsphase zu aktivieren, im Laufe der Bauarbeiten geprüft werden muss, in Abhängigkeit von den effektiven, während der Ausführung der Bauwerke gemessenen Grundwasserständen.

Va segnalato, in ogni caso, che l'effettiva necessità di azionare il sistema di aggotamento lungo gran parte della fase realizzativa va verificata nel corso delle attività costruttive, in funzione degli effettivi livelli piezometrici misurati contestualmente alla realizzazione delle opere.

Es wird daher empfohlen, auf jeden Fall vor Beginn der Bauarbeiten den statischen Grundwasserpegel zu messen und diesen der jährlichen Ganglinie zuzuweisen, um die effektive Interferenz des Grundwassers mit den Bauarbeiten festzustellen und einzuschätzen welches die evolutionäre Tendenz während der Bauzeit sein wird.

Si raccomanda, dunque, di misurare in ogni caso il livello statico di falda prima dell'avvio dei lavori di costruzione e di attribuirlo all'idrogramma annuale, in modo da constatare l'effettiva interferenza della falda con le attività costruttive e da stimare quale sia la tendenza evolutiva nel periodo di costruzione.

Sollte festgestellt werden, dass die freie Oberfläche des Grundwassers mit dem im geotechnischen Profil (s. 02-

Nel caso in cui la superficie libera della falda venisse individuata in corrispondenza del livello minimo

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

H71-AF-002-08-01-031.00-B0115-00312-0A9)
rekonstruierten Mindestpegel übereinstimmt - der die Fläche auf dem Baugrubengrund bespült – und dass keine besonderen Erhöhungen vorgesehen werden, könnte sich die Entwässerung als nicht notwendig erweisen, was sich, in wirtschaftlicher Hinsicht, als vorteilhaft auswirken würde.

ricostruito nel profilo geotecnico (rif.: 02-H71-AF-002-08-01-031.02-B0115-04095-0A9) - che lambisce il piano di fondo scavo - e non siano previsti particolari aumenti, l'aggettamento potrebbe non risultare necessario, il che comporterebbe dei vantaggi in termini economici.

8.4.3 Gründungen

Die Gründungen liegen nachderzeitigem Kenntnisstand vollständig im Lockermaterial der Bodenarten A und C, daneben sind Vorkommen von B und D möglich. Der Festgesteinsuntergrund wird aller Voraussicht nach nicht erreicht. Nachdem die Gründungsfläche mit geneigten Schichten verschneidet, sind variable Eigenschaften innerhalb der Gründungsfläche im natürlichen Zustand möglich.

Bei Vorkommen von Aufschüttungen sind deren Mächtigkeit und Eigenschaften (Zusammensetzung, Lagerung) sowie eventuell verdeckte Mutterbodenschichten mittels Schürfen zu überprüfen. Künstliche Aufschüttungen sind ohne entsprechende Überprüfung als ungeeignet zu betrachten. Die Maßnahmen sind vor Ort und entsprechend den Anforderungen in Abstimmung mit der geol. Assistenz / Bauleitung festzulegen. Es wird folgende Vorgangsweise empfohlen:

- Aushub bis knapp über Gründungsniveau und jedenfalls Abtrag des Mutterbodens bei herzustellenden Anschüttungen
- Ausführung von rasterförmig angeordneten Schürfen in den bisher nicht zugänglichen bzw. erkundeten Bereichen nach Vorgabe des Geologen zur Erkundung event. weicher bzw. locker gelagerter Bodenschichten, Aufschüttungen, Hohlräume, etc
- bei Erfordernis Bodenaustausch oder Vergütung einzelner Teilbereiche mit ungünstigen Bodeneigenschaften
- die Gründungsfläche muss gut und gleichmäßig verdichtet sein; dies ist mit entsprechenden Versuchen (Sondierungen, Lastplattenversuche) zu bestätigen; etwaige Anpassungen sind auf

8.4.3 Fondazioni

Le fondazioni ricadono allo stato attuale di conoscenza interamente in terreni sciolti dei tipi di TERRENO A e C, in misura minore è possibile anche la presenza dei tipi di TERRENO B e C. Il sottofondo roccioso non sarà presumibilmente raggiunto. Siccome il piano di fondazione interseca con strati inclinati, sono possibili delle caratteristiche variabili all'interno del piano stesso allo stato naturale.

In caso di presenza di riporti artificiali del TERRENO D, sono da verificare la loro potenza e le loro caratteristiche (composizione, densità) nonché eventuali presenze di strati di terreno vegetale sepolti mediante scavi d'ispezione con escavatore. Riporti artificiali sono da considerare, senza rispettivo controllo in merito, come non idonei. Gli interventi sono da definire in base alle richieste sul posto ed in accordo con l'assistenza geologica/direzioni lavori. Si raccomanda il seguente procedimento.

- scavo fino a poco sopra il piano di fondazione ed in ogni caso uno scotico del terreno vegetale in caso di realizzazione di un rilevato
- esecuzione di un raster di scavi d'ispezione nei settori non accessibili o non indagati precedentemente su indicazione del geologo, per la detenzione di eventuali strati teneri o poco addensati, riporti artificiali, cavità sotterranee ecc.
- in caso di necessità bonifica del terreno per sostituzione del materiale o bonifica di singoli tratti a caratteristiche geotecniche scadenti
- il piano di fondazione deve essere compattato bene ed in maniera uniforme; ciò è da verificare con rispettive prove (penetrometrie, prove di carico su piastra); eventuali adeguamenti sono

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Grundlage der entsprechenden Versuche vor Ort mit Statiker / Geotechniker abzuklären.

- bei größeren Gründungsflächen: Einsatz einer Walze mit Kompaktometer (flächendeckende Verdichtungskontrolle)
- etwaige Hangwasserzutritte sind am Austritt zu fassen und schadlos abzuleiten, die Gründungsfläche ist trocken zu halten und vor Aufweichen zu schützen

da concordare sul posto con lo statico/geotecnico sulla base delle prove

- in caso di piani di fondazione estesi: impiego di un rullo dotato di compattometro (controllo areale della compattazione)
- eventuali afflussi d'acqua di versante sono da captare al punto di fuoriuscita e da derivare in maniera innocua, il piano di fondazione è da mantenere asciutto e da proteggere contro un rammollimento

Für die Bemessung der Gründungen können die angegebenen charakteristischen Bodenkennwerte sowie die im Bericht angegebenen Grundwasserstands-Maxima angesetzt werden

Per il dimensionamento delle fondazioni possono essere utilizzati i parametri caratteristici dei terreni indicati nonché i livelli massimi di falda indicati nella relazione.

Die Böden weisen generell eine gute Tragfähigkeit auf. Für entsprechende Nachweise können die angegebenen Kennwerte herangezogen werden.

I terreni presentano generalmente una buona capacità portante. Per le rispettive verifiche possono essere utilizzati i parametri indicati.

Im Hinblick auf die zu erwartenden Setzungen, gelten dieselben Betrachtungen, die im § 8.2.4. gemacht wurden.8.2.4

Relativamente ai cedimenti attesi, valgono le medesime considerazioni svolte in §8.2.4.

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Fundamente, in Bezug auf die beträchtliche Vertiefung der Baugruben, im Wesentlichen, gegenüber der strukturellen Betriebsbelastungen, als kompensiert gelten, sodass der Anpressdruck innerhalb oder leicht außerhalb dem Gewicht des ausgehobenen Bodens liegt und der Nettodruck, der über dem geostatischen Druck liegt, der auf der Verlegefläche besteht, praktisch gleich Null ist und die Senkungen vernachlässigbar sind.

In aggiunta, va tenuto conto che, in ragione del notevole approfondimento degli scavi, le fondazioni risultino sostanzialmente compensate nei confronti dei carichi strutturali di esercizio, risultando le pressioni di contatto contenute entro o poco oltre il valore del peso del terreno sbancato, in modo tale che la pressione netta in eccesso rispetto alla pressione geostatica esistente sul piano di posa risulta praticamente nulla e i cedimenti trascurabili.

Es ist daher offensichtlich, dass keine Deformationen bestehen, welche zu Schäden an den Fundamentstrukturen führen könnte.

Risulta, pertanto, evidente che non si hanno fenomeni deformativi che possano creare danno alle strutture di fondazione.

9 BODENAUSTAUSCH DER VERLEGEFLÄCHE

9.1 ALLGEMEINE TECHNISCHE AUFLAGEN

Die Verwirklichung eines Teils der Bauwerke untersteht dem Bodenaustausch, d.h. der vollständigen Abtragung der nicht geeigneten Bodenschichten unterhalb der Verlegefläche der Bauwerke, Einschnitte und Dammschüttungen, und der Ersetzung mit geeignetem Auftragsmaterial.

Der Bodenaustausch muss ausgeführt werden, wenn vom Projekt vorgesehen, sowie jedes Mal im Verlauf der Arbeiten, wenn Bodenbereiche gefunden werden, die nicht geeignet sind (z.B. ein hoch verdichtbarer Boden, nicht kompaktierbar, mit minderwertigen mechanischen Eigenschaften, mit hohem Gehalt an organischen Substanzen, etc.) und/oder nicht mit den Projektspezifikationen übereinstimmen.

Die Identifizierung der Dicke der Bodenabtragungen wurde überwiegend von der Gründigkeit der Böden geleitet, die vom geotechnischen Gesichtspunkt nicht zuverlässig sind und von der Probenstratigraphie angezeigt werden.

Die zur Verfügung stehenden genauen Daten aus den Probebohrungen, die eine lokale Information darstellen und nicht immer auf Höhe der Bauwerke liegen, wurden entlang der Projektstrecke auf der Grundlage der im geologischen Modell vorgenommenen Rekonstruktionen übertragen, wobei die Geometrie des Abschnitts (Dammschüttung/Einschnitt), die Entfernung Probebohrung-Bauwerk, die Präsenz oder Nicht-Präsenz von bestehenden Bauwerken entlang des neuen Baubereichs und spezifische, von Fall zu Fall entwickelte Betrachtungen berücksichtigt wurden.

Abbildung 38 und Abbildung 39 zeigen einen Lageplan mit der Position der Probebohrungen und geben auch die Dicken der minderwertigen Schichten an, die von den Bohrberichten aufgezeigt werden.

Für die Dicke des Bodenaustauschs gemäß Projekt muss Bezug genommen werden auf die Zusammenfassung der Tabelle 15 und der Tabelle 16, die in den grafischen Ausarbeitungen zu den

9 BONIFICA DEL PIANO DI POSA

9.1 PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI

La realizzazione di parte delle opere è subordinata ad un intervento di bonifica, consistente nel completo asporto degli spessori di terreno non idoneo al di sotto del piano di posa di manufatti, trincee e rilevati, e sostituzione con idoneo materiale di apporto.

La bonifica del terreno dovrà essere eseguita quando prevista dal progetto, e ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare delle zone di terreno non idoneo (per es. un terreno altamente compressibile, non compattabile, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche, contenente notevoli quantità di sostanze organiche, ecc.) e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto.

L'identificazione degli spessori di bonifica è stata guidata prevalentemente dalle potenze dei terreni non affidabili dal punto di vista geotecnico indicate dalle stratigrafie di sondaggio.

I dati disponibili in modo puntuale dai sondaggi, che costituiscono un'informazione locale e che non sempre sono ubicati in corrispondenza delle opere, sono stati traferiti lungo i tracciati di progetto in base alle ricostruzioni operate nel modello geologico, tenendo conto della geometria della sezione (rilevato/trincea), della distanza sondaggio-opera, della presenza o meno lungo il nuovo sedime di opere pre-esistenti, di considerazioni specifiche sviluppate caso per caso.

In Figura 38 e Figura 39 viene fornita una planimetria con l'ubicazione dei sondaggi, indicante anche gli spessori degli strati scadenti evidenziati dai rapporti di sondaggio.

In definitiva, per gli spessori di progetto della bonifica si faccia riferimento al riepilogo fornito dalle Tabella 15 e Tabella 16, riscontrabili negli elaborati grafici relativi alle sezioni di progetto ferroviarie e stradali.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Eisenbahn- und Straßenabschnitten des Projektes
aufgeführt sind.

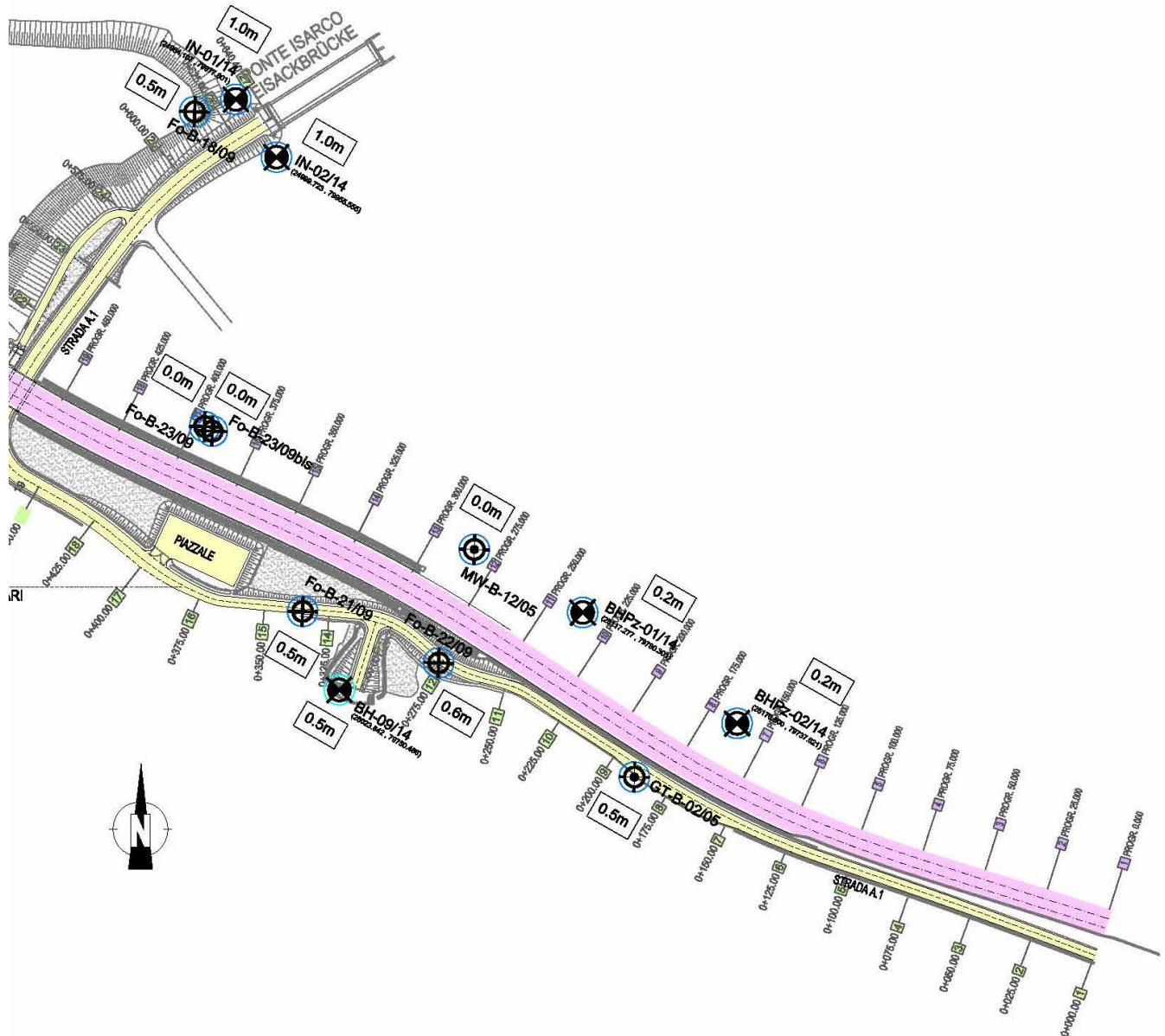


Abbildung 38 – Dicke der minderwertigen Schichten wie aus der Probenstratigraphie 1/2 hervorgeht.

Figura 38 – Spessori degli strati scadenti rilevabili dalle stratigrafie di sondaggio 1/2.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
 Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
 Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
 Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
 Contenuto documento: Relazione geotecnica

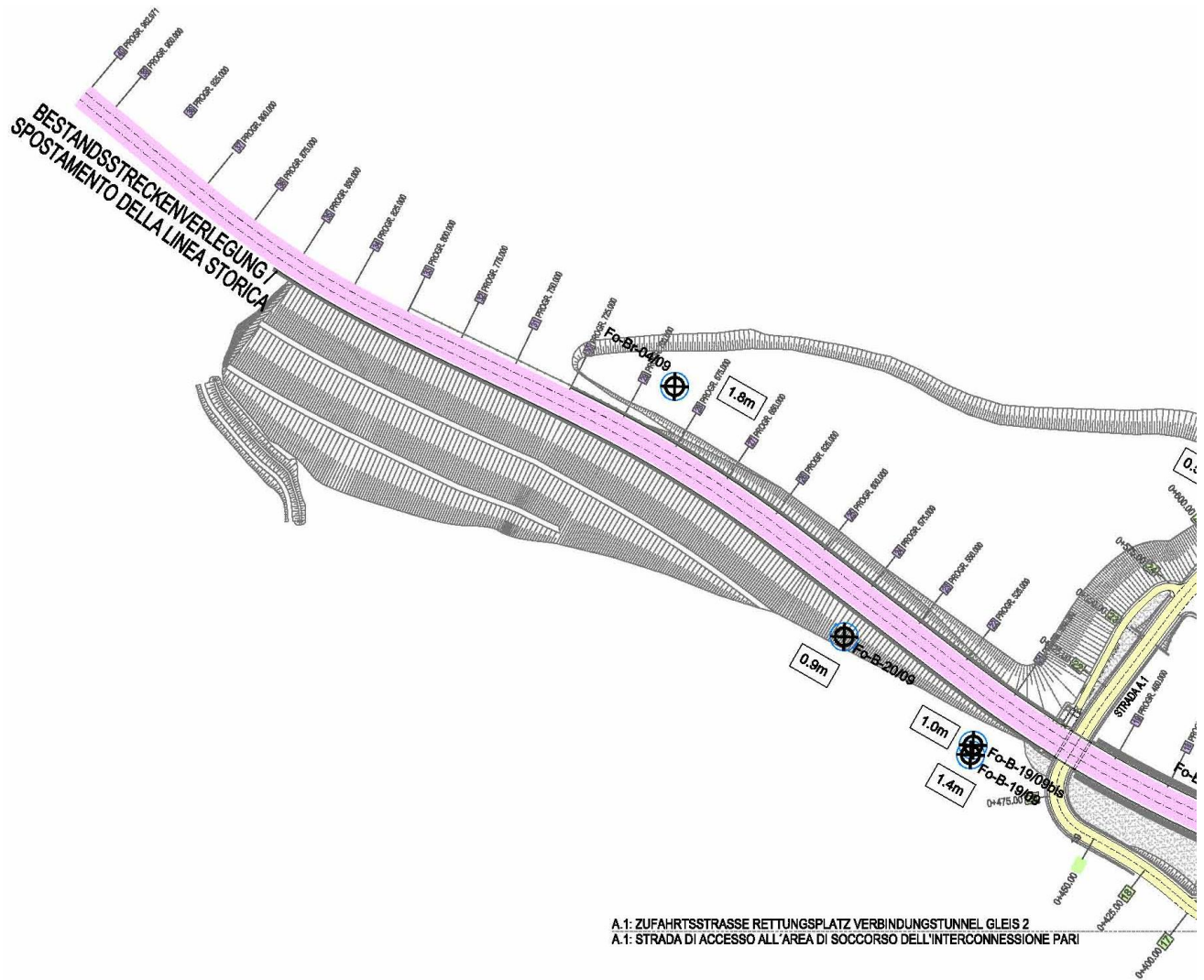


Abbildung 39 - Dicke der minderwertigen Schichten wie aus der Probenstratigraphie 2/2 hervorgeht.

Figura 39 – Spessori degli strati scadenti rilevabili dalle stratigrafie di sondaggio 2/2.

Sezioni Abschnitte	Progressive Projekt-Kilometer	Scavo/Rilevato Baugrube/Damm	Bonifica Bodenaustausch (cm)
1÷11	000.00÷250.00	Rilevato su sede attuale Damm aktuelle Position	50
12÷20	275.00÷475.00	Rilevato Damm	50
21÷34	500.00÷825.00	Scavo	-

Sezioni Abschnitte	Progressive Projekt-Kilometer	Scavo/Rilevato Baugrube/Damm	Bonifica Bodenaustausch (cm)
		Baugrube	
35÷40	850.00÷962.97	Scavo su sede attuale Baugrube aktuelle Position	-

Tabelle 15 – Dicke Bodenaustausch: Umgeleitete Bestandsstrecke.

Tabella 15 – Spessori di bonifica: Linea Storica Deviata.

Sezioni Abschnitte	Progressive Projekt-Kilometer	Scavo/Rilevato Baugrube/Damm	Bonifica Bodenaustausch (cm)
1÷11	000.00÷250.00	Scavo Baugrube	-
12÷15	275.00÷350.00	Rilevato Damm	50
16÷18	375.00÷425.00	Rilevato Damm	30
19÷24	450.00÷575.00	Scavo Baugrube	-
25÷27	600.00÷640.00	Rilevato Damm	30

Tabelle 16 – Dicke Bodenaustausch: Zugangsstraße A1.

Tabella 16 – Spessori di bonifica: Strada di Accesso A1.

Im Laufe der Arbeiten wird bei Bedarf des oben genannten Bodenaustauschs die Schicht, die minderwertige mechanische Merkmale aufweist, abgetragen und mit ausgewähltem Material der folgenden Gruppen (CNR-UNI 10006) ersetzt:

- A1, A2, A3, wenn sie aus Seitenentnahmen stammen; wenn das Material zur Gruppe A3 gehört, muss es den folgenden Gleichförmigkeitskoeffizienten haben:

Nel corso delle lavorazioni, all'occorrenza dei suddetti terreni da bonificare, si opererà mediante scavo dello spessore che mostra scadenti caratteristiche meccaniche e sua sostituzione con materiale selezionato appartenente ai gruppi (CNR-UNI 10006):

- A1, A2, A3 se proveniente da cave di prestito; nel caso in cui il materiale appartenga al gruppo A3, deve presentare un coefficiente di uniformità $D_{60}/D_{10} \geq 7$;

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

$$D_{60}/D_{10} \geq 7;$$

- A1, A2, A3, A4, wenn sie aus den Baugruben stammen; das Material der Gruppe A3 muss den folgenden Gleichförmigkeitskoeffizienten haben: $D_{60}/D_{10} \geq 7$.

- A1, A2, A3, A4, se proveniente dagli scavi; il materiale appartenente al gruppo A3 deve presentare un coefficiente di uniformità $D_{60}/D_{10} \geq 7$.

Das Material muss in Schichten verlegt werden, deren Dicke nicht größer als 50cm ist (lockeres Material); für das Material der Gruppen A2 und A4 dürfen die Schichten nicht dicker als 30cm sein (lockeres Material).

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto); per il materiale dei gruppi A2 ed A4 gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto).

Für die Bildung des Auffüllkörpers können Felssplitter mit einer Größe von höchstens 20cm verwendet werden, um maximal 50cm dicke Schichten zu formen. Bei Verlegung von 30cm dicken Schichten dürfen die Felssplitter höchstens 10cm groß sein. Vom lithologischen Gesichtspunkt ist die Verwendung von Material auszuschließen, das von Felsen stammt, die Veränderungsphänomenen ausgesetzt oder sehr zerbrechlich sind, da sie langfristig ihre ursprüngliche Granulometrie nicht erhalten.

Per la formazione del corpo del rinterro potranno essere impiegati frammenti rocciosi delle dimensioni non maggiori di 20 cm così da poter formare strati dello spessore massimo di 50 cm. Nel caso di stesa per strati di 30 cm, la massima dimensione ammissibile dei frammenti rocciosi è di 10 cm. Da un punto di vista litologico è da escludere l'impiego di materiali provenienti da rocce soggette a fenomeni di alterazione o molto fragili, che non conservino nel tempo la granulometria originaria.

Das Material mit grober Stückigkeit, d.h. einer Größe zwischen 7 und 20cm, muss eine ungleichförmige Stückigkeit aufweisen und darf nicht mehr als 30% des Auffüllvolumens darstellen; vor allem muss eine akkurate Zuschlämmung der Leerräume verwirklicht werden, um für jede Schicht eine gut gesetzte und kompakte Masse zu erhalten.

Il materiale a pezzatura grossa, la cui dimensione sia compresa fra 7 e 20 cm, deve essere di pezzatura disuniforme e non deve costituire più del 30% del volume del rinterro; in particolare, dovrà essere realizzato un accurato intasamento dei vuoti, in modo da ottenere, per ogni strato, una massa ben assestata e compattata.

Nach der Verdichtung muss der Trockendichtewert (AASHTO verändert CNR Amtsblatt Nr. 69) mindestens dem entsprechen, der für die unterschiedlichen, in den nachstehenden Kapiteln aufgeführten Arbeitskategorien vorgesehen ist; der mit Plattendruckversuch gemessene Verformungsmodul darf beim ersten Belastungszyklus im Intervall 0.05 MPa – 0.15 MPa nicht unter dem für die unterschiedlichen Erdwerke vorgesehenen liegen, aufgeführt in den nachstehenden Kapiteln.

Dopo la compattazione, il valore della densità secca (AASHTO Modificata CNR BU n. 69) dovrà essere almeno pari a quello previsto per le diverse categorie di lavoro riportate nei paragrafi che seguono; il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono.

Sollte bei der Dichteprobe eine weit verbreitete Präsenz von Felssplittern vorliegen, sind während der Bildung der Schichten nur Versuche für die Bestimmung des Verformungsmoduls durchzuführen, eventuell mit einer Platte von Durchmesser D=600mm.

Nel caso di presenza diffusa di frammenti rocciosi, in luogo della prova di densità, si dovranno eseguire, durante la formazione degli strati, solo prove per la determinazione del modulo di deformazione, eventualmente con piastra di diametro D = 600 mm.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

In allen Situationen muss außerdem überprüft werden, dass das Verhältnis "K" der Moduln des 1. und 2. Zyklus

In tutte le situazioni, dovrà inoltre verificarsi che il rapporto "K" dei moduli del 1° e 2° ciclo risulti non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146).

nicht unter 0.60 liegt (CNR Amtsblatt Nr. 146).

Nel caso in cui, nella verifica della compattazione mediante prova di carico su piastra (CNR-BU n° 146), il valore del rapporto tra i moduli "K" del del 1° e 2° ciclo di carico risultasse inferiore a 0.60, dovrà essere predisposto, prima di procedere ai lavori, un campo prova per definire sperimentalmente il valore massimo del K ottenibile per il tipo di materiale da utilizzare.

Sollte bei der Verdichtungsprüfung mittels Plattendruckversuch (CNR-Amtsblatt Nr. 146) der Wert des Verhältnisses zwischen den Moduln „K“ des 1. und 2. Belastungszyklus unter 0.60 liegen, muss vor Beginn der Arbeiten ein Versuchsfeld eingerichtet werden, um den Maximalwert des K, der für das zu verwendende Material erzielt werden kann, experimentell zu bestimmen,.

Bei diesen Versuchen muss außerdem folgendes bestimmt werden:

Nel corso di detta sperimentazione dovranno inoltre essere definiti:

- die Eigenschaften der Walzen (Typ, Gewicht);
- ihre Vorschubgeschwindigkeit und, bei dynamischen Walzen, die Vibrationsfrequenz;
- die Anzahl der Läufe;
- die maximale Dicke jeder Schicht
- le caratteristiche dei rulli (tipo, peso);
- la loro velocità di avanzamento e, nel caso di rulli dinamici, frequenza delle vibrazioni;
- il numero delle passate;
- lo spessore massimo di ciascuno strato.

Auf der Grundlage des auf diese Weise erhaltenen Koeffizienten K wird ein Mindesttoleranzwert von 90% des K bestimmt, der den Akzeptanzbereich der Arbeiten festlegt.

Sulla scorta del valore del coefficiente K così ottenuto, verrà individuato un valore minimo di tolleranza pari al 90% di K, che definirà il campo di accettabilità delle lavorazioni.

Jedes Mal, wenn anderes Material verwendet wird und/oder die Werte von K, die unter 0.6 liegen, niedriger als die zuvor bestimmte Akzeptanzschwelle sind, muss ein neues Versuchsfeld eingerichtet werden.

Ogni qualvolta si utilizzi materiale diverso e/o i valori di K, comunque inferiori a 0.6, siano inferiori al limite di accettabilità precedentemente determinato, dovrà essere predisposto un nuovo campo prova.

In den nachstehenden Kapiteln werden die Auflagen für jede Arbeitskategorie sowie die durchzuführenden Kontrollen bestimmt.

Nei paragrafi seguenti sono definite le prescrizioni relative a ciascuna categoria di lavoro nonché i controlli da eseguire.

9.2 SPEZIELLE TECHNISCHE AUFLAGEN

9.2.1 Eisenbahndämme

- Vor der Errichtung des Damms muss der Boden gemäß den im Projekt vorgesehenen Dicken abgetragen werden, wobei in jedem Fall die gesamte Mutterbodenschicht abzutragen ist. Anschließend ist die Verlegefläche in der vom Projekt vorgesehenen Höhe und gemäß den im nachstehenden Punkt aufgeführten Anforderungen vorzubereiten.
- Die Verlegefläche, bestehend entweder aus Boden vor Ort oder aus Auffüllmaterial, muss mit Walzen so verdichtet werden, dass in jedem Punkt eine Trockendichte von mindestens 95% der im Labor mit dem Verdichtungsversuch (AASHTO verändert CNR 69 – 1978) für diesen Boden erzielten maximalen Dichte erreicht wird.
- Der mit Plattendruckversuch gemessene Verformungsmodul M_d darf beim ersten Belastungszyklus im Intervall 0.05 MPa – 0.15 MPa nicht unter 20 MPa liegen, und das Verhältnis „K“ der Moduln des 1. und 2. Zyklus darf nicht kleiner als 0.60 sein (CNR-Amtsblatt Nr. 146). Sollte der Boden vor Ort nicht den verlangten Anforderungen entsprechen, muss der Bodenaustausch vorgenommen werden.

9.2.2 Straßendamm

- Die Verlegefläche muss mit Walzen so verdichtet werden, dass eine Trockendichte von mindestens 90% der mit dem Verdichtungsversuch (AASHTO verändert CNR 69 – 1978) für diesen Boden erzielten maximalen Dichte erreicht wird.
- Der mit Plattendruckversuch gemessene Verformungsmodul darf beim ersten Belastungszyklus im Intervall 0.05 MPa – 0.15 MPa nicht unter 15 MPa beim ersten Belastungszyklus liegen, und das Verhältnis der Moduln des 1. und 2. Zyklus darf nicht kleiner als 0.60 sein (CNR-Amtsblatt Nr. 146).

9.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI

9.2.1 Rilevati ferroviari

- Prima della formazione del rilevato, il terreno andrà asportato conformemente agli spessori previsti in progetto e comunque per tutto lo strato di terreno vegetale. Successivamente dovrà essere preparato il piano di posa, alla quota prevista in progetto, secondo i requisiti previsti nel successivo punto.
- Il piano di posa, che sia costituito dal terreno in sito o da materiale di rinterro, dovrà essere compattato mediante rullatura in modo da ottenere in ogni punto una densità secca non inferiore al 95% della densità massima ottenuta per quella terra in laboratorio con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR 69 - 1978).
- Il modulo di deformazione M_d misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto “K” dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Se il terreno in situ non ha caratteristiche adeguate ai requisiti richiesti, dovrà essere effettuata la bonifica.

9.2.2 Rilevato stradale

- Il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere un a densità secca non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69).
- Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 15 MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146).

9.2.3 Eisenbahneinschnitte

- Der Boden vor Ort, am Baugrubenboden, kann nur dann als Verlegefläche der hochgradig verdichteten Schicht verwendet werden, wenn er zu den Gruppen A1, A3 (mit Ungleichförmigkeitskoeffizient höher als 7) oder A2-4 der Klassifikation CNR-UNI 10006 gehört.
- Er muss so verdichtet werden, dass eine Trockendichte von mindestens 95% der mit dem Verdichtungsversuch (AASHTO verändert CNR 69 – 1978) für diesen Boden erzielten maximalen Dichte erreicht wird.
- Der mit Plattendruckversuch gemessene Verformungsmodul darf beim ersten Belastungszyklus im Intervall 0.05 MPa – 0.15 MPa nicht unter 40 MPa liegen, und das Verhältnis der Moduln des 1. und 2. Zyklus darf nicht kleiner als 0.60 sein (CNR-Amtsblatt Nr. 146). Nach der Verdichtung muss der Boden der Verlegefläche immer Merkmale aufweisen, die am oberen Ende der hochgradig verdichteten Schicht ein Modul von 80 MPa garantieren, gemessen beim ersten Belastungszyklus im Intervall 0.05 MPa - 0.15 MPa.
- Sollte der Boden vor Ort nicht die oben genannten Merkmale haben, muss der Bodenaustausch vorgenommen werden; die entsprechende Auffüllung ist mit Mindestwert des Moduls von 20 MPa für alle Schichten des Bodenaustauschs auszuführen, mit Ausnahme der letzten Schicht, d.h. derjenigen, die die Auflagefläche für die hochgradig verdichtete Fläche darstellt, für die der beim ersten Belastungszyklus im Intervall 0.05 MPa - 0.15 MPa gemessene Mindestwert des Moduls 40 MPa sein muss.

9.2.4 Straßeneinschnitte

- Der Boden vor Ort, am Baugrubenboden, kann nur dann als Verlegefläche der Straßenfahrbahn verwendet werden, wenn er zu den Gruppen A1, A2, A3 (mit Ungleichförmigkeitskoeffizient höher als 7) der Klassifikation CNR-UNI 10006 gehört.

9.2.3 Trincee ferroviarie

- Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa dello strato supercompattato unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A3 (con coefficiente di disuniformità maggiore di 7) o A2-4, della classifica CNR-UNI 10006.
- Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69).
- Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 40 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere caratteristiche tali da garantire, sulla sommità dello strato supercompattato, un modulo di 80 MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa.
- Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito con valore minimo del modulo di 20 MPa, per tutti gli strati che costituiscono la bonifica, ad eccezione dell'ultimo strato, e cioè quello che costituisce la superficie di appoggio del supercompattato, per il quale il valore minimo del modulo, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa, deve essere di 40 MPa.

9.2.4 Trincee stradali

- Il terreno in situ, a fondo scavo, potrà essere utilizzato come piano di posa della sovrastruttura stradale unicamente se risulta appartenere ai gruppi A1, A2, A3 (con coefficiente di disuniformità maggiore di 7) della classifica CNR-UNI 10006.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

- Er muss so verdichtet werden, dass eine Trockendichte von mindestens 90% der mit dem Verdichtungsversuch (AASHTO verändert CNR 69 – 1978) für diesen Boden erzielten maximalen Dichte erreicht wird. Der mit Plattendruckversuch gemessene Verformungsmodul darf beim ersten Belastungszyklus im Intervall 0.05 MPa – 0.25 MPa nicht unter 20 MPa liegen, und das Verhältnis der Moduln des 1. und 2. Zyklus darf nicht kleiner als 0.60 sein (CNR-Amtsblatt Nr. 146).
- Nach der Verdichtung muss der Boden der Verlegefläche immer Merkmale aufweisen, die am oberen Ende der hochgradig verdichteten Schicht ein Modul von 50 MPa garantieren, gemessen beim ersten Belastungszyklus im Intervall 0.05 MPa - 0.15 MPa. Sollte der Boden vor Ort nicht die oben genannten Merkmale haben, muss der Bodenaustausch vorgenommen werden; die entsprechende Auffüllung ist mit Mindestwert des Moduls von 20 MPa auszuführen.
- Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). Il modulo di deformazione, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146).
- In ogni caso, dopo la compattazione, il terreno del piano di posa dovrà avere caratteristiche tali da garantire, sulla sommità dello strato supercompattato, un modulo di 50 MPa, misurato al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa - 0.15 MPa. Se il terreno in situ non ha le caratteristiche di cui sopra, si dovrà effettuare la bonifica; il relativo rinterro dovrà essere eseguito con valore minimo del modulo di 20 MPa.

9.3 KONTROLLSPEZIFIKATIONEN

Das nachstehend beschriebene Kontrollverfahren versteht sich als Mindeststandard und muss auf der Grundlage der granulometrischen Diskontinuität und der Variabilität bei den Verdichtungsverfahren erweitert werden.

Die Versuche müssen so verteilt werden, dass sie in jedem Fall repräsentativ für die erzielten Ergebnisse sind.

Die exakte Lage der Versuche im Schacht und eventuelle weitere, konkret erforderliche Maßnahmen und Anpassungen der Baustelle werden auf der Grundlage der von der Bauleitung gelieferten Spezifikationen festgelegt werden.

9.3.1 Kontrollen bei den Baugruben

9.3.1.1 Kontrolle der Geometrie

9.3 SPECIFICHE DI CONTROLLO

La procedura di controllo di seguito specificata deve ritenersi come minima e dovrà essere infittita in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rinterro e della variabilità nelle procedure di compattazione.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti.

L'esatta ubicazione delle prove all'interno del pozzo ed eventuali altri accorgimenti e adattamenti di cantiere in concreto necessari verranno stabiliti in base alle specifiche fornite dalla Direzione Lavori.

9.3.1 Controlli sugli scavi

9.3.1.1 Controllo della geometria

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Diese Kontrolle wird vom AUFTRAGNEHMER während der Ausführung jeder einzelnen Baugrube oder Baugrubenloses vorgenommen (Aushübe von Einschnitten und Auflageflächen der Erdwerke), und zwar immer mit der erforderlichen Häufigkeit, damit die Baugruben gemäß den Gefällen, den Abmessungen, dem Oberflächenzustand und den Projekthöhen ausgeführt sind.

Questo controllo sarà eseguito dall'APPALTATORE durante l'esecuzione di ogni singolo scavo o lotto di scavo (scavo di trincee e piani di posa delle opere in terra) ed in ogni caso con la frequenza necessaria affinché gli scavi siano eseguiti secondo le pendenze, le dimensioni, lo stato delle superfici e le quote di progetto.

9.3.1.2 Kontrolle der Trockendichte

9.3.1.2 Controllo della densità secca

Im Anschluss an die Verdichtung muss kontrolliert werden, dass die maximal erreichte Trockendichte mindestens derjenigen entspricht, die für jede Typologie von Erdwerken verlangt wird.

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra.

Diese Kontrolle wird dann vorgenommen, wenn der ARBEITNEHMER Verdichtungsarbeiten am Baugrubenboden ausführen muss.

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'APPALTATORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo.

Die Kontrolle wird für jede einzelne Baugrube, wenn sie kleiner als 1000m² ist, oder für Baugrubenlose von 1000m² durchgeführt.

La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m² o su lotti di scavo di 1000 m².

9.3.1.3 Kontrolle des Verformungsmoduls

9.3.1.3 Controllo del modulo di deformazione

Im Anschluss an die Verdichtung muss kontrolliert werden, dass der erreichte Verformungsmodul und der Wert des Koeffizienten K mindestens denjenigen entsprechen, die für jede Typologie von Erdwerken verlangt werden.

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

Diese Kontrolle wird dann vorgenommen, wenn der ARBEITNEHMER Verdichtungsarbeiten am Baugrubenboden ausführen muss.

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'APPALTATORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo.

Die Kontrolle wird für jede einzelne Baugrube, wenn sie kleiner als 1000m² ist, oder für Baugrubenlose von 1000m² durchgeführt.

La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m². o su lotti di scavo di 1000 m².

9.3.2 KONTROLLEN DER AUFFÜLLUNGEN

9.3.2 CONTROLLI SUI RINTERRI

9.3.2.1 Materialkontrollen

9.3.2.1 Controlli sui materiali

Vor der Nutzung des zu verwendenden Materials muss kontrolliert werden, dass es zu den Klassen gehört, die als geeignet für die auszuführende Auffüllung gelten (vgl. §9.1). Die Kontrolle ist mit den folgenden Mindesthäufigkeiten vorzunehmen:

Prima della posa in opera dei materiali da utilizzare dovrà essere controllato che essi appartengano alle classi ritenute idonee per il tipo di rinterro da effettuare (cfr. §9.1). Il controllo dovrà essere effettuato con le seguenti frequenze minime:

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

- Material aus der Baugrube: eine Kontrolle pro 3.000m³;
- Material aus Steinbruch: es werden keine Feldversuche durchgeführt, aber das Material muss aus einem vom ARBEITNEHMER qualifizierten Steinbruch stammen und von einem entsprechenden, vom Steinbruch ausgestellten Zertifikat begleitet sein (für jedes homogene Materiallos), das die Spezifikation und die Qualitätskontrollen des Materials bescheinigt. Die Kontrolle der Materialtypologie beschränkt sich daher auf die Kontrolle des Zertifikats.
- materiale proveniente da scavo: una prova ogni 3.000 m³;
- materiale proveniente da cava: non si effettueranno prove in campo ma il materiale dovrà provenire da cava qualificata dall'APPALTATORE e accompagnato da relativo certificato (per ogni lotto omogeneo di materiale) emesso dalla cava, attestante la specifica ed i controlli sulla qualità del materiale. Il controllo sulla tipologia del materiale si ridurrà quindi al controllo del certificato.

9.3.2.2 Kontrolle der Trockendichte

Im Anschluss an die Verdichtung muss kontrolliert werden, dass die maximal erreichte Trockendichte mindestens derjenigen entspricht, die für jede Typologie von Erdwerken verlangt wird (§9).

Für jede Bodenaustauschschicht muss mindestens 1 Kontrolle pro 1000m³ und immer mindestens 1 Kontrolle für jede Schicht aus verdichtetem Material ausgeführt werden; für jede Auffüllschicht von Baugruben muss mindestens 1 Kontrolle pro 2000m³ und immer mindestens 1 Kontrolle für jede Schicht aus verdichtetem Material ausgeführt werden.

9.3.2.3 Kontrolle des Verformungsmoduls

Im Anschluss an die Verdichtung muss kontrolliert werden, dass der erreichte Verformungsmodul und der Wert des Koeffizienten K mindestens denjenigen entsprechen, die für jede Typologie von Erdwerken verlangt werden.

Für jede Bodenaustauschschicht muss mindestens 1 Kontrolle pro 1000m³ und immer mindestens 1 Kontrolle für jede Schicht aus verdichtetem Material ausgeführt werden; für jede Auffüllschicht von Baugruben muss mindestens 1 Kontrolle pro 2000m³ und immer mindestens 1 Kontrolle für jede Schicht aus verdichtetem Material ausgeführt werden.

9.3.2.4 Kontrolle der Schichtdicke

9.3.2.2 Controllo della densità secca

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra (§9).

Per ciascuno strato di bonifica, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m³, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento di scavi, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m³, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

9.3.2.3 Controllo del modulo di deformazione

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

Per ciascuno strato di bonifica, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m³, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento di scavi, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 m³, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

9.3.2.4 Controllo dello spessore degli strati

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumentinhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Die Dicke der zu verdichtenden Materialschicht (lockeres Material) muss gemessen werden und es ist zu kontrollieren, dass die in den vorherstehenden Kapiteln vorgesehenen Werte eingehalten werden.

Si dovrà misurare lo spessore dello strato di materiale da compattare (materiale sciolto) e controllare che siano rispettati i valori previsti nei paragrafi precedenti.

Die Kontrolle ist für jede aufgetragene Schicht und mindestens alle 200m durchzuführen.

Il controllo dovrà essere effettuato per ogni strato steso e almeno ogni 200 m.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

10 VERZEICHNISSE

10.1 TABELLENVERZEICHNIS

Tabella 1 – Livelli di falda nei piezometri installati nelle campagne di indagine 2005/2006 e 2009/2010 (dati ric. da BBT-SE).....
Tabella 2 – Livelli di falda nei piezometri installati nella campagna di indagine 2014/2015.....
Tabella 3 – Riepilogo dei sondaggi geotecnici e delle relative prove.....
Tabella 4 – Valori dell'angolo di attrito a volume costante ϕ'_{cv} in accordo a Stroud (1988) e Youd (1972).
Tabella 5 – Valori della costante empirica m in accordo a Bolton (1986).
Tabella 6 – Valori dei coefficienti s_1 e s_2 (Denver, 1982).
Tabella 7 – TERRENO A (Debris Flow): dati sperimentali e interpretazione delle prove penetrometriche statiche SPT.....
Tabella 8 – TERRENO C (Alluvioni F.me Isarco): dati sperimentali e interpretazione delle prove penetrometriche statiche SPT.....
Tabella 9 - Dati sperimentali e interpretazione delle prove di taglio diretto DS.
Tabella 10 – Elaborazione dati della prospezione geofisica.
Tabella 11 – Parametri d'ammasso.
Tabella 12 – Classificazione rocce International Society for Rock Mechanics.
Tabella 13 – Parametri d'ammasso.
Tabella 14 – Moduli d'ammasso E_d
Tabella 15 – Spessori di bonifica: Linea Storica Deviata.
Tabella 16 – Spessori di bonifica: Strada di Accesso A1.....

10.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Figura 1: Estratto Geobrowser, Pr. Aut. Bolzano, con evidenziata l'area di progetto.....
Figura 2: stralcio della planimetria con le indagini geognostiche 1/2.
Figura 3: stralcio della planimetria con le indagini geognostiche 2/2.
Figura 4 – Profilo geotecnico Strada A1.....
Figura 5 – Profilo geotecnico Linea Storica Deviata.....
Figura 6 – Profilo geotecnico Sottopasso Ferroviario.....
Figura 7 – Abaco $\phi'-D_R$ (Schmertmann, 1978).
Figura 8 – Valori dell'angolo di attrito a volume costante ϕ'_{cv} (da Bolton, 1986).
Figura 9 – Valori di $\phi'_p-\phi'_{cv}$ in accordo a Bolton (1986).....
Figura 10 – Dipendenza del numero di modulo K_E dalla

10 ELENCHI

10.1 ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1 – Livelli di falda nei piezometri installati nelle campagne di indagine 2005/2006 e 2009/2010 (dati ric. da BBT-SE).....
Tabella 2 – Livelli di falda nei piezometri installati nella campagna di indagine 2014/2015.
Tabella 3 – Riepilogo dei sondaggi geotecnici e delle relative prove.....
Tabella 4 – Valori dell'angolo di attrito a volume costante ϕ'_{cv} in accordo a Stroud (1988) e Youd (1972).
Tabella 5 – Valori della costante empirica m in accordo a Bolton (1986).....
Tabella 6 – Valori dei coefficienti s_1 e s_2 (Denver, 1982).....
Tabella 7 – TERRENO A (Debris Flow): dati sperimentali e interpretazione delle prove penetrometriche statiche SPT ..
Tabella 8 – TERRENO C (Alluvioni F.me Isarco): dati sperimentali e interpretazione delle prove penetrometriche statiche SPT
Tabella 9 - Dati sperimentali e interpretazione delle prove di taglio diretto DS.....
Tabella 10 – Elaborazione dati della prospezione geofisica.
Tabella 11 – Parametri d'ammasso.
Tabella 12 – Classificazione rocce International Society for Rock Mechanics.....
Tabella 13 – Parametri d'ammasso.
Tabella 14 – Moduli d'ammasso E_d
Tabella 15 – Spessori di bonifica: Linea Storica Deviata.....
Tabella 16 – Spessori di bonifica: Strada di Accesso A1.

10.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1: Estratto Geobrowser, Pr. Aut. Bolzano, con evidenziata l'area di progetto.....
Figura 2: stralcio della planimetria con le indagini geognostiche 1/2.
Figura 3: stralcio della planimetria con le indagini geognostiche 2/2.
Figura 4 – Profilo geotecnico Strada A1.
Figura 5 – Profilo geotecnico Linea Storica Deviata.
Figura 6 – Profilo geotecnico Sottopasso Ferroviario.....
Figura 7 – Abaco $\phi'-D_R$ (Schmertmann, 1978).
Figura 8 – Valori dell'angolo di attrito a volume costante ϕ'_{cv} (da Bolton, 1986).
Figura 9 – Valori di $\phi'_p-\phi'_{cv}$ in accordo a Bolton (1986).
Figura 10 – Dipendenza del numero di modulo K_E dalla densità

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

densità relativa D_R (da Berardi e Lancellotta, 1991).	relativa D_R (da Berardi e Lancellotta, 1991).....
Figura 11 – Andamento con la profondità di N_{SPT}	Figura 11 – Andamento con la profondità di N_{SPT}
Figura 12 – TERRENO A: andamento con la profondità di D_R	Figura 12 – TERRENO A: andamento con la profondità di D_R
Figura 13 – TERRENO A: andamento con la profondità di ϕ'	Figura 13 – TERRENO A: andamento con la profondità di ϕ'
Figura 14 – TERRENO A: andamento con la profondità di E'	Figura 14 – TERRENO A: andamento con la profondità di E'
Figura 15 – TERRENO C: andamento con la profondità di D_R	Figura 15 – TERRENO C: andamento con la profondità di D_R
Figura 16 – TERRENO C: andamento con la profondità di ϕ'	Figura 16 – TERRENO C: andamento con la profondità di ϕ'
Figura 17 – TERRENO C: andamento con la profondità di E'	Figura 17 – TERRENO C: andamento con la profondità di E'
Figura 18 – Curve granulometriche.	Figura 18 – Curve granulometriche.
Figura 19 – TERRENO A (Debris Flow): involucri di rottura di picco per le prove di taglio diretto DS.....	Figura 19 – TERRENO A (Debris Flow): involucri di rottura di picco per le prove di taglio diretto DS
Figura 20 – TERRENO C (Alluvioni F.me Isarco): involucri di rottura di picco per le prove di taglio diretto DS.	Figura 20 – TERRENO C (Alluvioni F.me Isarco): involucri di rottura di picco per le prove di taglio diretto DS.....
Figura 21 – Base sismica SR1.	Figura 21 – Base sismica SR1.
Figura 22 – Profilo di velocità V_s desunto con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).....	Figura 22 – Profilo di velocità V_s desunto con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).....
Figura 23 – Curva di decadimento del modulo di taglio normalizzato G/G_0 in funzione della deformazione di taglio γ^2	Figura 23 – Curva di decadimento del modulo di taglio normalizzato G/G_0 in funzione della deformazione di taglio γ^2
Figura 24 – Rilievo geostrutturale Strada A1, SEZIONE D, Pkm 0+125.	Figura 24 – Rilievo geostrutturale Strada A1, SEZIONE D, Pkm 0+125.....
Figura 25 – Grafico di Deere e Miller (1966) elaborato da Bruschi (2004) per rocce ignee.	Figura 25 – Grafico di Deere e Miller (1966) elaborato da Bruschi (2004) per rocce ignee.
Figura 26 – Granito GA-BG-01, GSI=75, H=10m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.	Figura 26 – Granito GA-BG-01, GSI=75, H=10m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.
Figura 27 – Granito GA-BG-01, GSI=75, H=5m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.	Figura 27 – Granito GA-BG-01, GSI=75, H=5m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.
Figura 28 – Granito GA-BG-01, GSI=60, H=10m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.	Figura 28 – Granito GA-BG-01, GSI=60, H=10m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.
Figura 29 – Granito GA-BG-01, GSI=60, H=5m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.	Figura 29 – Granito GA-BG-01, GSI=60, H=5m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.
Figura 30 – Granito GA-BG-02, GSI=70, H=10m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.	Figura 30 – Granito GA-BG-02, GSI=70, H=10m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.
Figura 31 – Granito GA-BG-02, GSI=70, H=5m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.	Figura 31 – Granito GA-BG-02, GSI=70, H=5m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.
Figura 32 – Granito GA-BG-02, GSI=50, H=10m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.	Figura 32 – Granito GA-BG-02, GSI=50, H=10m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.
Figura 33 – Granito GA-BG-02, GSI=50, H=5m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.	Figura 33 – Granito GA-BG-02, GSI=50, H=5m: involucro di rottura nel piano delle tensioni principali (Hoek & Brown) e nel piano di Mohr.
Figura 34 – Sottopasso vs falda: esecuzione tratti A, B1, B2 e pareti chiodate.....	Figura 34 – Sottopasso vs falda: esecuzione tratti A, B1, B2 e pareti chiodate.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Figura 35 – Sottopasso vs falda: esecuzione tratto C.	Figura 35 – Sottopasso vs falda: esecuzione tratto C.
Figura 36 – Sottopasso vs falda: esecuzione sottopasso, vasca di sollevamento, porzione tratto D.	Figura 36 – Sottopasso vs falda: esecuzione sottopasso, vasca di sollevamento, porzione tratto D.
Figura 37 – Sottopasso vs falda: completamento tratti D, E.	Figura 37 – Sottopasso vs falda: completamento tratti D, E.
Figura 38 – Spessori degli strati scadenti rilevabili dalle stratigrafie di sondaggio 1/2.	Figura 38 – Spessori degli strati scadenti rilevabili dalle stratigrafie di sondaggio 1/2.
Figura 39 – Spessori degli strati scadenti rilevabili dalle stratigrafie di sondaggio 2/2.	Figura 39 – Spessori degli strati scadenti rilevabili dalle stratigrafie di sondaggio 2/2.

10.3 LITERATUR UND QUELLEN

10.3 BIBLIOGRAFIA E FONTI

10.3.1 Bibliographie

10.3.1 Bibliografia

- CESTELLI GUIDI C. (1980) Geotecnica e tecnica delle fondazioni, Hoepli.
 - IANCIOTTI R. (1987) Geotecnica, Zanichelli.
 - LAMBE W. E R.V. WHITMAN (1978) Soil Mechanics, Wiley & Sons.
 - VIGGIANI C. (1993) Fondazioni, CUEN.
 - CESTARI F. (1990) Prove geotecniche in sito, Geo-graph s.n.c..
 - HUNT R.E. (1989) Geotechnical Engineering Investigation Manual
 - AA.VV. (2004) Carl 9.0 – Carico limite e cedimenti – Manuale d'uso, Aztec Informatica®
 - MAMMINO A. (1994) I micropali: tecniche di progetto e di verifica, Alinea Editrice s.r.l..
 - TANZINI M. (2004) Micropali e pali di piccolo diametro: aspetti progettuali e tecnologici, Dario Flaccovio Editore.
 - DI FRANCESCO R. (2010) Geotecnica – Guida pratica alla luce delle nuove NTC2008, Dario Flaccovio Editore.
 - A.G.I. (2005) Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica – Linee Guida, Pàtron Editore.
 - BRUSCHI A. (2010) Prove geotecniche in situ – Guida alla stima delle proprietà geotecniche e alla loro applicazione alle fondazioni, Dario Flaccovio Editore.
 - BRUSCHI A. (2004) Meccanica delle rocce nella pratica geologica ed ingegneristica, Dario Flaccovio Editore.
- CESTELLI GUIDI C. (1980) Geotecnica e tecnica delle fondazioni, Hoepli.
 - IANCIOTTI R. (1987) Geotecnica, Zanichelli.
 - LAMBE W. E R.V. WHITMAN (1978) Soil Mechanics, Wiley & Sons.
 - VIGGIANI C. (1993) Fondazioni, CUEN.
 - CESTARI F. (1990) Prove geotecniche in sito, Geo-graph s.n.c..
 - HUNT R.E. (1989) Geotechnical Engineering Investigation Manual
 - AA.VV. (2004) Carl 9.0 – Carico limite e cedimenti – Manuale d'uso, Aztec Informatica®
 - MAMMINO A. (1994) I micropali: tecniche di progetto e di verifica, Alinea Editrice s.r.l..
 - TANZINI M. (2004) Micropali e pali di piccolo diametro: aspetti progettuali e tecnologici, Dario Flaccovio Editore.
 - DI FRANCESCO R. (2010) Geotecnica – Guida pratica alla luce delle nuove NTC2008, Dario Flaccovio Editore.
 - A.G.I. (2005) Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica – Linee Guida, Pàtron Editore.
 - BRUSCHI A. (2010) Prove geotecniche in situ – Guida alla stima delle proprietà geotecniche e alla loro applicazione alle fondazioni, Dario Flaccovio Editore.
 - BRUSCHI A. (2004) Meccanica delle rocce nella pratica geologica ed ingegneristica, Dario Flaccovio Editore.

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

- BARLA G. e SCARPELLI G. (2006) Corso di cultura geotecnica, Associazione Geotecnica Italiana, Pàtron Editore.
- KRAMER (1996), Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- BECCI B., NOVA R. (1987) – Un metodo di calcolo automatico per il progetto di paratie. Rivista Italiana di Geotecnica, 1, 33-47
- BIENIAWSKI Z. T. (1989) – Engineering rock mass classifications. New York, Wiley
- BOWLES, J.E. (1988) – Foundation Analysis and Design. McGraw-Hill.
- BUSTAMANTE M., DOIX B. (1985) – Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés. Bull. Liaison Lab. Ponts et Chaussées, 140 pp. 75-95
- CAQUOT A. & KERISEL J. (1948) – Tables for the Calculation of Passive Pressure, Active Pressure and Bearing Capacity of Foundations. Gautiers-Villars, Paris
- CAQUOT A., KERISEL J., ABSI E. (1973) – Tables de butée et de poussée. Gautiers-Villars, Paris
- CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (1994). Catalogo delle pavimentazioni stradali – Raccomandazioni.
- P. FERRARI, F. GIANNINI (1979). Ingegneria stradale – Corpo stradale e pavimentazioni. Ed. ISEDI.
- GRECO V.R. – Alcune considerazioni sulle verifiche di stabilità globale dei muri a mensola.
- GRECO V.R. (2001) – Spinta attiva sismica sui muri a mensola. Rivista Italiana di Geotecnica 3/2001.
- NOVA R., BECCI B. (1987) – A method for analysis and design for flexible retaining structures. Proc. Conf. Interactions Sols-Structures, pp. 657-664
- POULOS H.G. & DAVIS E.H. (1980) – Pile Foundation Analysis and Design. John Wiley & Sons.
- RACCOMANDAZIONI AICAP (1983) –
- BARLA G. e SCARPELLI G. (2006) Corso di cultura geotecnica, Associazione Geotecnica Italiana, Pàtron Editore.
- KRAMER (1996), Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- BECCI B., NOVA R. (1987) – Un metodo di calcolo automatico per il progetto di paratie. Rivista Italiana di Geotecnica, 1, 33-47
- BIENIAWSKI Z. T. (1989) – Engineering rock mass classifications. New York, Wiley
- BOWLES, J.E. (1988) – Foundation Analysis and Design. McGraw-Hill.
- BUSTAMANTE M., DOIX B. (1985) – Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés. Bull. Liaison Lab. Ponts et Chaussées, 140 pp. 75-95
- CAQUOT A. & KERISEL J. (1948) – Tables for the Calculation of Passive Pressure, Active Pressure and Bearing Capacity of Foundations. Gautiers-Villars, Paris
- CAQUOT A., KERISEL J., ABSI E. (1973) – Tables de butée et de poussée. Gautiers-Villars, Paris
- CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE (1994). Catalogo delle pavimentazioni stradali – Raccomandazioni.
- P. FERRARI, F. GIANNINI (1979). Ingegneria stradale – Corpo stradale e pavimentazioni. Ed. ISEDI.
- GRECO V.R. – Alcune considerazioni sulle verifiche di stabilità globale dei muri a mensola.
- GRECO V.R. (2001) – Spinta attiva sismica sui muri a mensola. Rivista Italiana di Geotecnica 3/2001.
- NOVA R., BECCI B. (1987) – A method for analysis and design for flexible retaining structures. Proc. Conf. Interactions Sols-Structures, pp. 657-664
- POULOS H.G. & DAVIS E.H. (1980) – Pile Foundation Analysis and Design. John Wiley & Sons.
- RACCOMANDAZIONI AICAP (1983) – Ancoraggi

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Ancoraggi nei terreni e nelle rocce

- TERZAGHI K. & PECK R.B. (1967) – Soil Mechanics in Engineering Practice. John Wiley & Sons.
- U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (2001) – Publication No. FHWA-NHI-00-043, Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes design & construction guidelines. Victor elias et al..
- LANCELLOTTA R. (2007). Lower-bound approach for seismic passive earth resistance. *Gèotechnique*, 57(3), 319–321.
- CROCE P., FLORA A., MODONI G. (2004) - Jet Grouting – Tecnica, progetto e controllo. Hevelius Edizioni.
- ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA (2012) - Jet Grouting – Raccomandazioni. Edizioni – AGI, Roma.

10.3.2 Quellen

- D'APPOLONIA (1987): - Rapporto - Valutazione probabilistica di rischio per incidenti dovuti a caduta massi (km 199 +144 - km 200 +264), Ente ferrovie dello Stato
- SET, srl (2006): Unterquerung Eisack - Geotechnische und hydrogeologische Erkundung: Geologische, hydrogeologische und geotechnische Studie, PD-1 00 000- AP000 000-PM-D0139-Fo-038-00
- Geotechnischer Bericht des endgültigen Projekts, D0753-08-01-004-01-RB-00
- Allgemeiner geotechnischer Bericht des Durchführungsprojekts, D0753-03-01-002.01-RB-00
- Bericht über die Vertiefung der geologischen/geotechnischen Studie, 02-H71-AF-002-03-01-001.02-B0115-00355-RT3
- Statische Berechnung der Stabilisierung der Aushebung für die Unterquerung, 02-H71-AF-002-08-01-005.00-B0115-00360-RT2

nei terreni e nelle rocce

- TERZAGHI K. & PECK R.B. (1967) – Soil Mechanics in Engineering Practice. John Wiley & Sons.
- U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (2001) – Publication No. FHWA-NHI-00-043, Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes design & construction guidelines. Victor elias et al..
- LANCELLOTTA R. (2007). Lower-bound approach for seismic passive earth resistance. *Gèotechnique*, 57(3), 319–321.
- CROCE P., FLORA A., MODONI G. (2004) - Jet Grouting – Tecnica, progetto e controllo. Hevelius Edizioni.
- ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA (2012) - Jet Grouting – Raccomandazioni. Edizioni – AGI, Roma.

10.3.2 Fonti

- D'APPOLONIA (1987): Rapporto - Valutazione probabilistica di rischio per incidenti dovuti a caduta massi (km 199 +144 - km 200 +264), Ente ferrovie dello Stato
- SET, srl (2006): Attraversamento Isarco - Indagine geotecnica e idrogeologica: Studio geologico, idrogeologico e geotecnico PD-1 00 000-AP000 000-PM-D0139- Fo-038-00
- Relazione Geotecnica del Progetto Definitivo, D0753-08-01-004-01-RB-00
- Relazione Geotecnica Generale del Progetto Definitivo, D0753-03-01-002.01-RB-00
- Relazione sulle attività di approfondimento dello studio geologico/geotecnico, 02-H71-AF-002-03-01-001.02-B0115-00355-RT3
- Calcolo statico stabilizzazione dello scavo per il sottopasso, 02-H71-AF-002-08-01-005.00-B0115-00360-RT2

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

- Statische Berechnung derr Stabilisierung der Aushebung für die Stützmauern, 02-H71-AF-002-08-01-007.00-B0115-00362-RT2
- Bericht über die Felsbarrieren, 02-H71-AF-002-08-01-009.00-B0115-00364-RT5-00
- Bericht über die Nagelflächen der Aushebungsfronten - Eisenbahnwände und Straßenwand A.1, 02-H71-AF-002-08-01-010.00-B0115-00365-RT3
- Planimetrie zum Projekt der Verlegung der alten Linie, 02-H71-AF-002-08-01-016.00-B0115-00214-1A7
- Geologische, geomorphologische und geostrukturelle Pläne Verlegung der alten Linie, 02-H71-AF-002-08-01-021.01-B0115-00374-1A7
- Unterquerung - Planimetrie, Abschnitte und Stabilisierungsaufrisse der Baugrube, 02-H71-AF-002-08-01-030.00-B0115-00241-2Z0
- Wände Straße A.1 - Vorläufige Bauwerke, 02-H71-AF-002-08-01-042.00-B0115-00249-2Z0
- Wände Straße A.1 - Bauwerke zum Schutz des Hanges, 02-H71-AF-002-08-01-043.00-B0115-00250-5Z0
- Wände Eisenbahn - Vorläufige Bauwerke, 02-H71-AF-002-08-01-048.00-B0115-00255-2Z0
- Planimetrie Schutz gegen Steinschlag, 02-H71-AF-002-08-01-053.00-B0115-00260-1A6
- Geologischer und seismischer Bericht, 02-H71-AF-002-08-01-003.00-B0115-00358-RT3
- Technischer Bericht Eisenbahnstrecke, s. 02-H71-AF-002-08-01-001.01-B0115-00682-RT5
- Verlegung Bestandsstrecke- Berechnung der Absenkungen Eisenbahndämme s. 02-H71-AF-002-08-01-013.01-B0115-00815-RT2-01
- Calcolo statico stabilizzazione dello scavo per i muri di sostegno, 02-H71-AF-002-08-01-007.00-B0115-00362-RT2
- Relazione sulle barriere paramassi, 02-H71-AF-002-08-01-009.00-B0115-00364-RT5-00
- Relazione sulla chiodatura dei fronti di scavo - Muri ferrovia e muri strada A.1, 02-H71-AF-002-08-01-010.00-B0115-00365-RT3
- Planimetria di progetto spostamento linea storica, 02-H71-AF-002-08-01-016.00-B0115-00214-1A7
- Carta geologica, geomorfologica e geostrutturale Spostamento linea storica, 02-H71-AF-002-08-01-021.01-B0115-00374-1A7
- Sottopasso - Planimetria, sezioni e prospetti stabilizzazione dello scavo, 02-H71-AF-002-08-01-030.00-B0115-00241-2Z0
- Muri strada A.1 - Opere provvisionali , 02-H71-AF-002-08-01-042.00-B0115-00249-2Z0
- Muri strada A.1 - Opere di protezione pendio , 02-H71-AF-002-08-01-043.00-B0115-00250-5Z0
- Muri ferrovia - Opere provvisionali , 02-H71-AF-002-08-01-048.00-B0115-00255-2Z0
- Planimetria protezione contro la caduta massi , 02-H71-AF-002-08-01-053.00-B0115-00260-1A6
- Relazione geologica e sismica, 02-H71-AF-002-08-01-003.00-B0115-00358-RT3
- Relazione tecnica variante della linea ferroviaria, rif.:02-H71-AF-002-08-01-001.01-B0115-00682-RT5
- Spostamento linea storica - Calcolo dei cedimenti di terrapieno della ferrovia, rif.:02-H71-AF-002-08-01-013.01-B0115-00815-RT2-01

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: **Geotechnischer Bericht**

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: **Relazione geotecnica**

- Statischer Bericht für den Damm gegen Murenereignisse s. 02-H71-AF-002-08-01-013.02-B0115-00816-RT2-00
- Lageplan mit Standort geognostische Ermittlungen s. 02-H71-AF-002-08-01-021.02-B0115-04090-1A7-00
- Geotechnisches Profil. Verlegung Bestandsstrecke, s. 02-H71-AF-002-08-01-021.04-B0115-04092-0A6-00
- Geologische Querschnitte A-A' und B-B', s. 02-H71-AF-002-08-01-021.05-B0115-04093-3A7-00
- Geotechnisches Profil Unterführung, s. 02-H71-AF-002-08-01-031.02-B0115-04095-0A9-00
- Bauwerke zum Schutz der Bahnlinie: Damm gegen Murenereignisse s. 02-H71-AF-002-08-01-065.00-B0115-00779-3B1-00
- Bauphasen Eisenbahnunterführung, s. 02-H71-AF-002-08-01-100.00-B0115-04000-4Z0-00
- Geotechnisches Profil entlang der Zugangsstraße, s. 02-H71-AF-002-08-04-007.02-B0115-04097-0A6-00
- Geotechnische Querschnitte Abschnitt 1 - Km 0+000, s. 02-H71-AF-002-08-04-008.02-B0115-04099-3A9-00
- Geotechnische Querschnitte Abschnitte 3 / 7 - Km 0+050 / 0+150, s. 02-H71-AF-002-08-04-008.04-B0115-04101-3A9-00
- Geotechnische Querschnitte Abschnitt 11 - Km 0+250, s. 02-H71-AF-002-08-04-008.06-B0115-04103-3A9-00
- Relazione di calcolo argine per colate detritiche, rif.:02-H71-AF-002-08-01-013.02-B0115-00816-RT2-00
- Planimetria con ubicazione indagini geognostiche, rif.:02-H71-AF-002-08-01-021.02-B0115-04090-1A7-00
- Profilo geotecnico Spostamento linea storica, rif.:02-H71-AF-002-08-01-021.04-B0115-04092-0A6-00
- Sezioni geologiche trasversali A-A' e B-B', rif.:02-H71-AF-002-08-01-021.05-B0115-04093-3A7-00
- Profilo geotecnico sottopasso, rif.:02-H71-AF-002-08-01-031.02-B0115-04095-0A9-00
- Opere a difesa della ferrovia: Argine per colate detritiche, rif.:02-H71-AF-002-08-01-065.00-B0115-00779-3B1-00
- Fasi costruttive sottopasso ferroviario, rif.:02-H71-AF-002-08-01-100.00-B0115-04000-4Z0-00
- Profilo geotecnico lungo la strada di accesso, rif.:02-H71-AF-002-08-04-007.02-B0115-04097-0A6-00
- Sezioni geotecniche trasversali Sezione 1 - Km 0+000, rif.:02-H71-AF-002-08-04-008.02-B0115-04099-3A9-00
- Sezioni geotecniche trasversali Sezioni 3 / 7 - Km 0+050 / 0+150, rif.:02-H71-AF-002-08-04-008.04-B0115-04101-3A9-00
- Sezioni geotecniche trasversali Sezione 11 - Km 0+250, rif.:02-H71-AF-002-08-04-008.06-B0115-04103-3A9-00

ANHANG

ALLEGATI

Fachbereich: Verlegung der alten Linie
Thema: Planung der Trasse und des Bauwerks
Dokumenteninhalt: Geotechnischer Bericht

Settore: Spostamento linea storica
Tema: Progettazione del tracciato e dell'opera
Contenuto documento: Relazione geotecnica

Anlage 1	Bohrprofile und Bohrlochversuche, erh. von BBT SE (digital auf DVD)	Allegato 1	Stratigrafie dei sondaggi e prove in foro, ric. da BBT SE (digitale su DVD)
Anlage 2	Laborversuche, erh. von BBT SE (digital auf DVD)	Allegato 2	Prove di laboratorio, ric. da BBT SE (digitale su DVD)