



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

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







Ausbau Eisenbahnachse München-Verona  
**BRENNER BASISTUNNEL**  
Ausführungsplanung


Potenziamento asse ferroviario Monaco-Verona  
**GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO**  
Progettazione esecutiva

<b>D0700: Baulos Muls 2-3</b>	<b>D0700: Lotto Muls 2-3</b>
<b>Projekteinheit</b> Gesamtbauwerke Teil 3	<b>WBS</b> Opere generali Parte 3
<b>Dokumentenart</b> Technischer Bericht	<b>Tipo Documento</b> Relazione tecnica
<b>Titel</b> Technischer Bericht Rohbau	<b>Titolo</b> Relazione tecnica descrittiva opere civili

 <b>Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P</b> <small>cto Pro Iter S.r.l., Via G.B. Sommarini 5, 20125 Milano, Tel.: +39 026781911, Fax: +39 0287152612</small>	Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470
---	--

<b>Mandataria</b>  Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	<b>Mandante</b> 	<b>Mandante</b> 	<b>Mandante</b>  ENGINEERING s.r.l./G.m.b.H.
Fachplaner / il progettista specialista	Fachplaner / il progettista specialista Ing. Rodrigo Correa	Fachplaner / il progettista specialista	Fachplaner / il progettista specialista

	<b>Datum / Data</b>	<b>Name / Nome</b>	<b>Gesellschaft / Società</b>
<b>Bearbeitet / Elaborato</b>	30.01.2015	Deplazes	Pöyry
<b>Geprüft / Verificato</b>	30.01.2015	Correa	Pöyry

 <b>Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE</b>	<b>Name / Nome</b> R. Zurlo	<b>Name / Nome</b> K. Bergmeister
--	--------------------------------	--------------------------------------

<b>Projekt-kilometer / Chilometro progetto</b>	von / da 32.0+88 bis / a 54.0+15 bei / al	<b>Bau-kilometer / Chilometro opera</b>	von / da 32.0+88 bis / a 44.1+92 bei / al	<b>Status Dokument / Stato documento</b>		<b>Massstab / Scala</b>	-
--	---	---	---	--	--	-------------------------	---

<b>Staat</b> Stato	<b>Los</b> Lotto	<b>Einheit</b> Unità	<b>Nummer</b> Numero	<b>Dokumentenart</b> Tipo Documento	<b>Vertrag</b> Contratto	<b>Nummer</b> Codice	<b>Revision</b> Revisione
02	H61	OP	035	KTB	D0700	23051	21

## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
21	Abgabe für Ausschreibung / Emissione per Appalto	Correa	30.01.2015
20	Überbearbeitung infolge Diensanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.2014	Correa	04.12.2014
11	Revisione Consegna definitiva	Correa	09.10.2014
10	Consegna definitiva	Correa	31.07.2014
00	Erstversion / Prima Versione	Correa	22.05.2014

<b>1</b>	<b>BESCHREIBUNG DER BAUWERKE</b>	
<b>1</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE</b> .....	<b>6</b>
1.1	DEFINITION DER BAUWERKE DES BAULOSES MAULS 2-3	
1.1	DEFINIZIONE DELLE OPERE DEL LOTTO DI COSTRUZIONE MULES 2-3 .....	6
1.2	UNTERTEILUNG DES BAULOS MAULS 2-3	
1.2	SUDDIVISIONE IN PARTI DEL LOTTO MULES 2-3.....	8
<b>2</b>	<b>BESCHREIBUNG TEIL 3</b>	
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA PARTE 3</b> .....	<b>13</b>
2.1	EIGENSCHAFTEN DER HAUPTRÖHRE	
2.1	CARATTERISTICHE DELLE GALLERIE PRINCIPALI.....	14
2.2	EIGENSCHAFTEN DER QUERVERBINDUNGEN	
2.2	CARATTERISTICHE DEI CUNICOLI TRASVERSALI DI COLLEGAMENTO .....	17
2.2.1	Planimetrische und longitudinale Darstellung der Querverbindungen	
2.2.1	Configurazione planimetrica e longitudinale dei Cunicoli Trasversali di collegamento .....	18
2.2.2	Querverbindung Typ 1	
2.2.2	Cunicolo trasversale (Tipo 1).....	20
2.2.3	Querverbindung Typ 2	
2.2.3	Cunicolo trasversale tecnico (Tipo 2) .....	22
2.2.4	Querverbindung Typ 3 mit Wasserbecken	
2.2.4	Cunicolo trasversale con vasca per l'acqua antincendio (Tipo 3).....	22
2.2.5	Querverbindung Typ 4	
2.2.5	Cunicolo trasversale tecnico (Tipo 4) .....	23
2.3	EIGENSCHAFTEN DES ERKUNDUNGSSTOLLENS, DER AUSWEICHE FÜR DIE BAULOGISTIK UND NISCHEN	
2.3	CARATTERISTICHE DEL CUNICOLO ESPLORATIVO, PIAZZOLE LOGISTICHE E NICCHIE.....	25
2.3.1	Erkundungsstollen	
2.3.1	Cunicolo Esplorativo .....	25
2.3.2	Ausweiche für die Baulogistik	
2.3.2	Piazzole logistiche .....	26
2.3.3	Nischen	
2.3.3	Nicchie .....	27
<b>3</b>	<b>GEOLOGISCHE UND GEOMECHANISCHE GRUNDLAGEN, PROJEKTRELEVANTE KENNWERTE</b>	
<b>3</b>	<b>BREVE CENNO DI GEOLOGIA, GEOMECCANICA E DATI DI INTERESSE PROGETTUALE</b> .....	<b>29</b>
3.1	ZIELE DES STUDIUMS	
3.1	OBIETTIVI DELLO STUDIO.....	29
3.2	GEOLOGISCHER HINTERGRUND	
3.2	CONTESTO GEOLOGICO .....	29
3.2.1	Regionaler geologischer Aufbau	
3.2.1	Assetto geologico regionale.....	29
3.2.2	Struktureller Aufbau	
3.2.2	Assetto strutturale.....	29
3.2.3	Hydrogeologischer Aufbau	
3.2.3	Assetto idrogeologico.....	33
3.3	GEOMECHANISCHE HOMOGENBEREICHE	
3.3	DOMINI GEOMECCANICI OMOGENEI .....	33
3.3.1	Allgemein	
3.3.1	Generalità.....	33
3.3.2	Identifizierungskriterien der Gesteinsmassentypen	
3.3.2	Criteri di individuazione dei tipi di ammasso roccioso .....	33

3.3.3	Kriterien zur Bestimmung der Bemessungsschnitte	
3.3.3	Criteri di individuazione dei settori di calcolo .....	34
3.3.4	Störungszonen	
3.3.4	Zone di faglia .....	37
<b>4</b>	<b>AUSWAHL VORTRIEBSMETHODE</b>	
<b>4</b>	<b>SCELTA DEL TIPO DI AVANZAMENTO.....</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>BESCHREIBUNG DER REGELQUERSCHNITTE DER HAUPTRÖHRE</b>	
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE SEZIONI GALLERIE PRINCIPALI .....</b>	<b>41</b>
5.1	INNERES PROFIL	
5.1	SAGOMA INTERNA .....	41
5.1.1	Hauptrohr, kontinuierlicher maschineller Vortrieb	
5.1.1	Galleria principale, scavo con avanzamento continuo (scavo meccanizzato).....	41
5.2	GRUNDSÄTZLICHE AUSBILDUNG DER REGELQUERSCHNITTE FÜR SCHILD-TBM	
5.2	CONFIGURAZIONE GENERALE DELLE SEZIONI TIPO PER L'AVANZAMENTO MECCANIZZATO .....	43
5.2.1	Regelquerschnitte für den mechanisierten Vortrieb	
5.2.1	Sezioni tipo per l'avanzamento meccanizzato .....	44
5.3	ABDICHTUNG	
5.3	IMPERMEABILIZZAZIONE .....	47
5.3.1	Vorwort	
5.3.1	Premessa .....	47
5.3.2	Abdichtung mit zweischaliger Auskleidung	
5.3.2	Impermeabilizzazione con rivestimento doppio.....	47
5.3.3	Abdichtung der einschaligen Auskleidung	
5.3.3	Impermeabilizzazione con rivestimento singolo .....	49
5.3.4	Abdichtung zwischen einschalige und zweischalige Auskleidung	
5.3.4	Impermeabilizzazione al passaggio tra rivestimento singolo e doppio .....	50
5.4	DRAINAGE IN BETRIEBSPHASE	
5.4	DRENAGGIO FASE D'ESERCIZIO .....	51
5.4.1	Allgemeines	
5.4.1	Generalità.....	51
5.4.1.1	Drainage der Fahrbahnwässer	
5.4.1.1	Drenaggio delle acque di piattaforma .....	51
5.4.1.2	Ulmendrainage	
5.4.1.2	Drenaggio delle acque di ammasso .....	52
5.4.2	Wasserschächte	
5.4.2	Pozzetti idraulici.....	53
5.5	AUSLEGUNG ANLAGEN	
5.5	PREDISPOSIZIONE IMPIANTI .....	53
5.5.1	Allgemein	
5.5.1	Generalità.....	53
5.5.2	Schächte für Anlagen	
5.5.2	Pozzetti impianti.....	54
<b>6</b>	<b>BESCHREIBUNG DER REGELPROFILE DER QUERVERBINDUNGEN</b>	
<b>6</b>	<b>DESCRIZIONE SEZIONE CUNICOLI TRASVERSALI DI COLLEGAMENTO.....</b>	<b>56</b>
6.1	INTERNES PROFIL	
6.1	SAGOMA INTERNA .....	56
6.1.1	Internes Strukturprofil – Querverbindung (Typ 1)	
6.1.1	Sagoma interna della struttura – cunicolo trasversale (Tipo 1) .....	56

6.1.2	Internes Strukturprofil – Querverbindung (Typ 2, 3 und 4)	
6.1.2	Sagoma interna della struttura – cunicolo trasversale (Tipo 2, 3 e 4).....	56
6.2	ALLGEMEINE EIGENSCHAFTEN DER /REGELPROFILE (INNEN- UND AUSSENSCHALE)	
6.2	CONFIGURAZIONE GENERALE DELLE SEZIONI TIPO (RIVESTIMENTI DI 1 <sup>A</sup> E 2 <sup>A</sup> FASE).....	57
6.3	ABDICHTUNG	
6.3	IMPERMEABILIZZAZIONE.....	61
6.4	DRAINAGE IN BETRIEBSPHASE	
6.4	DRENAGGIO FASE D'ESERCIZIO.....	62
6.5	AUSLEGUNG ANLAGEN	
6.5	PREDISPOSIZIONE IMPIANTI.....	63
<b>7</b>	<b>BESCHREIBUNG DER REGELQUERSCHNITTE DES ERKUNDUNGSSTOLLENS</b>	
<b>7</b>	<b>DESCRIZIONE SEZIONI CUNICOLO ESPLORATIVO.....</b>	<b>65</b>
7.1	INTERNES PROFIL	
7.1	SAGOME INTERNE.....	65
7.2	ALLGEMEINE EIGENSCHAFTEN DER REGELQUERSCHNITTE DES ERKUNDUNGSSTOLLENS	
7.2	CONFIGURAZIONE GENERALE DELLE SEZIONI TIPO PER IL CUNICOLO ESPLORATIVO.....	66
7.2.1	Maschinelles Vortrieb Erkundungsstollen	
7.2.1	Avanzamento meccanizzato Cunicolo Esplorativo.....	66
7.2.2	Regelquerschnitte für den mechanisierten Vortrieb	
7.2.2	Sezioni tipo per l'avanzamento meccanizzato.....	66
7.2.3	Ausweiche für Baulogistik	
7.2.3	Piazzole logistiche.....	67
7.3	ABDICHTUNG	
7.3	IMPERMEABILIZZAZIONE.....	68
7.3.1	Abdichtung mit einschaliger Auskleidung	
7.3.1	Impermeabilizzazione con rivestimento singolo.....	68
7.3.2	Abdichtung mit Innenschale	
7.3.2	Impermeabilizzazione con rivestimento definitivo.....	69
7.4	DRAINAGE IN BETRIEBSPHASE	
7.4	DRENAGGIO FASE D'ESERCIZIO.....	69
7.4.1	Allgemein	
7.4.1	Generalità.....	69
7.4.1.1	Drainage der Fahrbahnwässer	
7.4.1.1	Drenaggio delle acque di piattaforma.....	69
7.4.1.2	Drainage der Gebirgswässer	
7.4.1.2	Drenaggio delle acque di ammasso.....	70
7.5	ANLAGEN	
7.5	IMPIANTI.....	70
<b>8</b>	<b>STÖRZONENBEWÄLTIGUNG</b>	
<b>8</b>	<b>INTERVENTI PARTICOLARI.....</b>	<b>71</b>
8.1	VORWORT	
8.1	PREMESSA.....	71
8.2	STÖRZONENBEWÄLTIGUNG TYP 1	
8.2	INTERVENTI PARTICOLARI TIPO 1.....	71
8.3	STÖRZONENBEWÄLTIGUNG TYP 2	
8.3	INTERVENTO PARTICOLARE TIPO 2.....	72
8.4	STÖRZONENBEWÄLTIGUNG TYP 3	
8.4	INTERVENTO PARTICOLARE TIPO 3.....	73

8.5	STÖRZONENBEWÄLTIGUNG TYP 4	
8.5	INTERVENTO PARTICOLARE TIPO 4 .....	76
<b>9</b>	<b>REFERENZDOKUMENTE</b>	
<b>9</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>78</b>
9.1	NORMEN	
9.1	NORMATIVA.....	78
9.2	BBT-BASISDOKUMENTE	
9.2	DOCUMENTI BBT DI BASE .....	78
9.3	REFERENZDOKUMENTE – AUSFÜHRUNGSPROJEKT MAULS 2-3	
9.3	DOCUMENTI PROGETTO ESECUTIVO MULES 2-3 .....	78
9.3.1	Allgemeine Dokumente	
9.3.1	Elaborati generali.....	78
9.3.2	Generelle Geologie, Geomechanik, Seismik und Hydrologie	
9.3.2	Geologia, geotecnica, sismica e idrogeologia generale.....	79
9.3.3	Unterirdische Hydraulik	
9.3.3	Idraulica in sotterraneo.....	80
9.3.4	Ausführung der Bauwerke, Teil 3	
9.3.4	Progettazione delle opere, Parte 3.....	81
9.3.5	Baulüftung und Kühlung	
9.3.5	Ventilazione e raffreddamento .....	85
9.3.6	Bauleistik und Bauprogramm	
9.3.6	Cantierizzazione - Cronoprogramma.....	85
9.4	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
9.4	ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI .....	85
9.5	TABELLENVERZEICHNIS	
9.5	ELENCO TABELLE .....	87

## 1 BESCHREIBUNG DER BAUWERKE

Der Brenner Basistunnel umfasst ein System mit zwei eingleisigen Tunneln, welche auf einem Großteil der Strecke parallel zueinander bei einem konstanten Achsabstand von 70 m verlaufen. Zwischen km 48.2 und km 50.6 ca. (Oströhre) nähern sich die zwei Tunnel bis auf einen Mindestabstand von 40 m einander an, den sie dann bis zum Ende des Bauloses Muls 2-3 (km 54.0) beibehalten.

Zwischen den zwei Tunneln liegen alle 333 m Verbindungsquerstellen.

Das System wird durch einen Pilotstollen ergänzt, der tiefer als die Hauptröhren liegt, um nicht mit den Verbindungsquerstellen zu interferieren. Laut Lageplan liegt der Servicestollen generell zwischen den zwei Hauptröhren; Bei km 51.6 (Oströhre) entfernt sich der Stollen von seiner zentralen Lage zwischen den zwei Röhren und verläuft bis zum Portal in Aicha außerhalb der Achse der Haupttunnels.

Die Trassenführung im Baulos Muls 2-3 weist einen meist gradlinigen Verlauf in Lage und Höhe auf, die sich ab dem Nordende des Bauloses durch eine 5 km lange gerade Strecke, eine kurze Linkskurve mit weitem Radius ( $R=10'000$  m) und eine nachfolgende Gerade von ca. 10 km auszeichnet; Dieser folgt eine weitere engere Linkskurve mit größerer Ausdehnung, welche hauptsächlich das bestehende Baulos Muls 1 betrifft. Die Streckenführung beginnt erneut mit einer geraden Strecke (ca. 1 km), der eine Rechtskurve ( $R=6'000$  m) folgt, um im Bereich der Gleisverdoppelung, wo sich die Verbundstrecken anbinden, mit einer Geraden von ca. 1.500 m zu enden. Die Details zum Verlauf in Lage und Höhe sind in den Plänen [5] [6] erfasst.

In Bezug auf den Höhenverlauf weist die Oströhre eine Steigungsstrecke mit entgegengesetzten Neigungen, -3.907‰ und +7.399‰ auf, deren höchster Punkt bei km 49.6+35 bzw. deren niedrigster Punkt bei km 49.5+90 liegt. Um die Steigungsstrecke mit der Streckenführung des bereits erstellten Bauloses Muls 1 zu verbinden, mussten für die Weströhre zahlreiche geringfügige Neigungsänderungen eingeführt werden, welche jedenfalls auf die Enden des Bauloses Muls 1 begrenzt sind. Die Details zum Höhenverlauf sind in den Plänen [10] [11] erfasst.

### 1.1 DEFINITION DER BAUWERKE DES BAULOSES MAULS 2-3

Die in der Ausführungsplanung des Bauloses Muls 2-3 geplanten und auf dem Bauwerkslageplan [9], dargestellten Bauwerke sind folgende: (NB: die Kilometrierungen des

## 1 DESCRIZIONE DELLE OPERE

La Galleria di Base del Brennero prevede un sistema con due gallerie a binario semplice che corrono parallele per la maggior parte del tracciato con interasse costante di 70 m. Tra il km 48.2 e il km 50.6 circa (canna est), le due gallerie tendono ad avvicinarsi fino a ridurre l'interasse a 40m, mantenendo tale distanza fino all'estremità sud del Lotto Muls 2-3 (km 54.0).

Tra le due gallerie sono posizionati ogni 333 m cunicoli trasversali di collegamento.

Integra il sistema un cunicolo "pilota" collocato ad una quota inferiore rispetto alle canne principali per non interferire con i cunicoli trasversali di collegamento. Planimetricamente il cunicolo di servizio è collocato generalmente in posizione intermedia alle due canne principali; in corrispondenza del km 51.6 (canna est) il cunicolo si allontana dalla sua posizione centrale tra le due canne e si mantiene fuori dall'asse delle Gallerie di Linea fino all'imbocco ad Aica.

Il tracciato ferroviario nel Lotto Muls 2-3 si presenta con andamento planimetrico principalmente in rettilineo caratterizzato, a partire dall'estremo nord del lotto, da un tratto rettilineo di circa 5 km, da una breve curva sinistrorsa di ampio raggio ( $R=10'000$  m) e da un successivo rettilineo di circa 10 km cui segue un'ulteriore curva sinistrorsa più stretta e di maggiore estensione che interessa principalmente il lotto esistente Muls 1. Il tracciato riprende con un tratto in rettilineo (circa 1 km) cui segue una curva destrorsa ( $R=6'000$  m), per terminare, nella zona di sdoppiamento dei binari in cui si innestano i rami di interconnessione, con un tratto in rettilineo di circa 1'500 m. I dettagli dell'andamento planimetrico sono rilevabili dalle tavole di progetto [5] [6].

Altimetricamente si distingue per la canna est una livelletta con due pendenze opposte, -3.907‰ e +7.399‰, il cui vertice risulta ubicato al km 49.6+35 e il punto di minimo altimetrico del tracciato al km 49.5+90. Per la canna ovest, invece, la necessità di raccordare la livelletta con il tracciato del Lotto Muls 1 già realizzato, ha comportato l'introduzione di numerosi cambi di pendenza della livelletta limitati, in ogni caso, agli estremi del lotto Muls 1. I dettagli dell'andamento altimetrico sono rilevabili dalle tavole di progetto [10] [11].

### 1.1 DEFINIZIONE DELLE OPERE DEL LOTTO DI COSTRUZIONE MAULS 2-3

Le opere previste nel Progetto Esecutivo del lotto Muls 2 – 3, rappresentate sulla Planimetria delle opere [9], sono le seguenti: (N.B.: le progressive del Cunicolo Esplorativo sono

Erkundungsstollens steigen nach Norden, die der Haupttunnel und des Zugangsstollens nach Süden an.)

### **Bauwerke nördlich der Einbindung des Fensterstollens Mauls mit den Haupttunneln**

- 1) Haupttunnel (GL) Ost (Gleis 1) "Ende Baulos Mauls 1 – Staatsgrenze", ca. von km 47.2+59 bis ca. km 32.0+88 (Vortrieb und Innenschale);
- 2) Haupttunnel (GL) Ost (Gleis 1) „Tunnelausbau Baulos Mauls 1“: Innenschale der bestehenden Haupttunnelstrecke, die im Abschnitt des Bauloses Mauls 1 von km 47.2+59 ca. bis zu den TBM-Montagekavernen (km 48.9+02 ca.) vorgetrieben wird sowie Endgestaltung der TBM-Montagekavernen, die sich an der Kreuzung mit dem Fensterstollen Mauls befinden (von km 48.9+02 bis 49.0+83 ca.)
- 3) Haupttunnel (GL) West (Gleis 2) „Ende Baulos Mauls 1 – Staatsgrenze“, von km 47.2+22 ca. bis km 32.0+47 ca. (entspricht km 32.0+87 der Regelplanung) (Vortrieb und Innenschale)
- 4) Haupttunnel (GL) West (Gleis 2) „Tunnelausbau Baulos Mauls 1“: Innenschale der bestehenden Haupttunnelstrecke, die im Bereich des Bauloses Mauls 1, von km 47.2+22 ca. bis zu den TBM-Montagekavernen (km 48.8+73 ca.) vorgetrieben wird sowie Endgestaltung der TBM-Montagekavernen, die sich am Schnittpunkt mit dem Fensterstollen Mauls befinden (von km 48.8+73 bis 49.0+57 ca.)
- 5) Fensterstollen Mauls (M): Innenschale des Tunnels und alle dazugehörigen schon bestehenden Bauwerke, bestehend aus: „Zweig A“, „Zweig B“ Logistikkaverne und dazugehörigem Verbindungstunnel, Lüftungszentralkaverne mit entsprechenden Verbindungstunneln und Absaugschacht;
- 6) Nothaltestelle (FdE) "Trens" – System von Tunneln, Kavernen, Stollen, usw., dessen Projektion auf die Oströhre der Haupttunnels von km 44.5+15 bis km 45.0+25 (Vortrieb und Innenschale) liegt;
- 7) Zugangstunnel (GA) zur Nothaltestelle Trens, die sich zwischen dem Fensterstollen Mauls und dem Mittelstollen Trens befindet (Vortrieb und Innenschale)
- 8) Neuer Logistikknoten (NL): Er befindet sich seitlich der Trasse des Zugangsstollens und besteht aus

crescenti verso nord; quelle delle Gallerie di Linea e della Galleria di Accesso, verso sud).

### **Opere situate a nord del punto d'innesto della Finestra di Mules con le gallerie principali**

- 1) Galleria di Linea (GL) est (dispari) "fine lotto Mules 1 – Confine di stato": da km 47.2+59 circa a km 32.0+88 circa (scavo e rivestimento definitivo);
- 2) Galleria di Linea (GL) est (dispari) "rivestimenti lotto Mules 1": rivestimento definitivo della tratta della Galleria di Linea esistente, scavata nell'ambito del lotto Mules 1, compresa tra km 47.2+59 circa e camerone di Montaggio TBM (km 48.9+02 circa) e sistemazione definitiva dei camerone di montaggio TBM posti in corrispondenza dell'intersezione con la Finestra di Mules (tra km 48.9+02e 49.0+83 circa)
- 3) Galleria di Linea (GL) ovest (pari) "fine lotto Mules 1 – confine di stato": da km 47.2+22 circa a km 32.0+47 circa (corrispondente alla 32.0+87 della Progettazione di Sistema) (scavo e rivestimento definitivo)
- 4) Galleria di Linea (GL) ovest (pari) "rivestimenti lotto Mules 1": rivestimento definitivo della tratta della Galleria di linea esistente, scavata nell'ambito del lotto Mules 1, compresa tra km 47.2+22 circa e camerone di Montaggio TBM(km 48.8+73 circa) sistemazione definitiva dei camerone di montaggio TBM posti in corrispondenza dell'intersezione con la Finestra di Mules (tra km 48.8+73 e 49.0+57 circa)
- 5) Finestra di Mules (M): rivestimento definitivo della galleria e di tutte le opere afferenti alla stessa già realizzate e costituite da: "Ramo A", "Ramo B" Camerone logistico e connessa Galleria di Collegamento, Caverna Centrale di Ventilazione con relative Gallerie di Collegamento e Pozzo di Aspirazione;
- 6) Fermata di Emergenza (FdE) Trens – sistema di gallerie, caverne, cunicoli, ecc. la cui proiezione sulla Galleria principale est è compresa dal km 44.5+15 alla km 45.0+25 (scavo e rivestimento definitivo);
- 7) Galleria di Accesso (GA) alla Fermata di Emergenza Trens, compresa tra la Finestra di Mules e il cunicolo centrale di Trens (scavo e rivestimento definitivo)
- 8) Nuovo Nodo Logistico (NL): ubicato lateralmente al tracciato della Galleria di Accesso e costituito da un



einer Logistikkaverne, drei Verbindungstunneln mit dem Zugangstunnel, einem logistischen Bypass zwischen dem Zugangstunnel (GA) und den beiden Hauptröhren sowie einem Verbindungsschacht zum Erkundungsstollen [14].

- 9) Erkundungsstollen (CE) "Ende Baulos Muls 1 – Staatsgrenze", von km 12.4+59 ca. bis km 27.2+17 (Vortrieb und Innenschale).
- 10) Es ist außerdem die Rohbauausrüstung für den Erkundungsstollen geplant, die hauptsächlich aus der Beleuchtungsanlage, der MS/NS-Verteilung, der Löschwasserversorgung, dem GSM-Fernmeldenetz sowie den selektiven Wasserdrainageanlagen bestehen.
- 11) Erkundungsstollen: „Stollenausbau der vorhergehenden Baulose“: Innenschale der bestehenden Erkundungsstollenstrecke, die im Rahmen der vorhergehenden Baulose, von km 10.4+19 ca. bis zu km 12.4+60 ca. vorgetrieben wurden; Endgestaltung des Verbindungstunnels zwischen der Weströhre und dem Erkundungsstollen.

#### **Bauwerke südlich des Anbindungspunktes des Fensterstollens Muls mit den Haupttunneln**

- 12) Haupttunnel (GL) Ost (Gleis 1) „TBM-Montagekaverne Muls – Eisack-Unterquerung“, von km 49.0+83 ca. bis km 54.0+15 ca. (Vortrieb und Innenschale);
- 13) Haupttunnel (GL) West (Gleis 2) „TBM Montagekavernen Muls 1 – Eisack-Unterquerung“, von km 49.0+57 ca. bis km 54.0+02 ca. (entspricht 54.0+42 ca. der Regelplanung) (Vortrieb und Innenschale).
- 14) Im nachfolgend aufgeführten Abschnitt verlaufen die Haupttunnel bis zur Südgrenze des Bauloses Muls 2-3 zweigleisig: ab km 52.6+29 ca. bis ca. 54.0+15 in der Oströhre und von km 52.8+66 ca. bis km 54.0+02. ca. in der Weströhre.

Die Baulosgrenzen gehen aus den Plänen [9] hervor, auf die verwiesen wird.

#### **1.2 UNTERTEILUNG DES BAULOS Muls 2-3**

Aufgrund der baulichen Eigenschaften der zuvor ermittelten Bauwerke ist das Baulos Muls 2-3 wie folgt in drei Teile gegliedert worden:

camerone logistico, tre gallerie di collegamento con la GA, un by-pass logistico di collegamento tra la GA e le Gallerie di Linea e un pozzo di collegamento con il Cunicolo Esplorativo [14].

- 9) Cunicolo Esplorativo (CE) " fine lotto Muls 1 – Confine di stato": da km 12.4+59 circa a km 27.2+17 (scavo e rivestimento definitivo).
- 10) Sono inoltre previste le dotazioni impiantistiche a servizio del Cunicolo Esplorativo, costituite essenzialmente dall'impianto di illuminazione, distribuzione MT/BT, dalla rete idrica antincendio, dalla rete di telecomunicazione GSM e dagli impianti di drenaggio selettivo delle acque.
- 11) Cunicolo Esplorativo "rivestimenti lotti precedenti": rivestimento definitivo della tratta del Cunicolo Esplorativo esistente, scavato nell'ambito dei lotti precedenti, compresa tra km 10.4+19 circa e km 12.4+60 circa; sistemazione definitiva della galleria di collegamento tra la canna ovest e il Cunicolo Esplorativo.

#### **Opere situate a sud del punto d'innesto della Finestra di Muls con le gallerie principali**

- 12) Galleria di Linea (GL) est (dispari) "camerone montaggio TBM Muls – Sottoattraversamento Isarco": da km 49.0+83 circa a km 54.0+15 circa (scavo e rivestimento interno);
- 13) Galleria di Linea (GL) ovest (pari) "camerone montaggio TBM – Sottoattraversamento Isarco": da km 49.0+57 circa a km 54.0+02 circa (corrispondente alla 54.0+42 circa della Progettazione di Sistema) (scavo e rivestimento definitivo).
- 14) In questa tratta le gallerie principali est ed ovest a partire dalla km 52.6+29 circa, per la galleria est, e dalla km 52.8+66 circa, per la galleria ovest, fino al limite sud del lotto Muls 2-3 (km 54.0+15 per la canna est, km 54.0+02 circa per la canna ovest), si presentano a doppio binario.

I limiti del lotto di costruzione sono rilevabili nelle tavole [9] alle quali si rimanda.

#### **1.2 SUDDIVISIONE IN PARTI DEL LOTTO Muls 2-3**

In funzione delle caratteristiche costruttive delle opere individuate precedentemente, il lotto Muls 2 - 3 è stato suddiviso in tre parti così definite:

**Teil 1 - Haupttunnel von km 46+769 bis km 54+015  
Oströhre und Innenschalen der vorhergehenden  
Baulose, konventioneller Vortrieb des  
Erkundungsstollens:**

- Haupttunnel (GL), konventioneller Vortrieb und Innenschale:
  - von km 47.2+59 ca. bis km 46.7+69 - Oströhre;
  - von km 47.2+22 ca. bis km 46.7+32 - Weströhre.
- Haupttunnel (GL), Innenschale der bestehenden Haupttunnelstrecke, welche im Rahmen des Bauloses Muls 1 ausgebrochen wurde:
  - von km 47.2+59 ca. bis km 48.9+02 ca. (Anfang TBM Montagekaverne) - Oströhre;
  - von km 47.2+22 ca. bis km 48.8+73 ca. (Anfang TBM Montagekaverne) - Weströhre.
- Haupttunnel (GL), Innenschale der Strecke auf Höhe der bestehenden TBM-Montagekavernen, welche im Rahmen des Bauloses Muls 1 ausgebrochen wurden:
  - von km 48.9+02 ca. bis km 49.0+83 ca - Oströhre;
  - von km 48.8+73 ca. bis km 49.0+57 ca. - Weströhre.
- Fensterstollen Muls (M) und dazugehörige Bauwerke, Innenschale und Endgestaltung der bereits in den vorhergehenden Baulosen errichteten Bauwerke, bestehend aus:
  - Fensterstollen Muls (M), 1'607 m ca. lang;
  - Zweig A (M-A), ca. 172 m lang;
  - Zweig B (M-B), ca. 176 m lang;
  - Logistikkaverne, 40 m ca, und dazugehöriger Verbindungstunnel, ca. 142m lang;
  - Zentrale Lüftungskaverne, 67 m, Verbindungszweige zum Fensterstollen Muls (212 m ca.) und Absaugschacht ca. 47 m hoch.
- Erkundungsstollen (CE), konventioneller Vortrieb und Innenschale:
  - Verbreiteter Querschnitt (CL) von km 12.4+59,5 bis km 13.2+30
  - Logistische Ausweichstellen (PL), an km 12.6+42,5 und km 12.9+42,5
  - TBM-Montagekaverne Richtung Norden (CMC), ca. 60m lang, von km 13.2+30 bis km 13.2+90
- Erkundungsstollen (CE): Innenschale der bereits in den vorhergehenden Baulosen errichteten Erkundungsstollenabschnitte, die Folgendes umfassen:
  - Demontagekaverne der aus Aicha kommenden TBM (MCSS), ca. 40 m lang, von km 10.4+19 bis km 10.4+54.
  - Verbreiteter Querschnitt (CL) von km 10.4+54

**Parte 1 -Gallerie di Linea dal km 46+769 al km 54+015  
canna est e rivestimenti definitivi lotti precedenti,  
Cunicolo Esplorativo in tradizionale:**

- Gallerie di Linea (GL), scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - da km 47.2+59 circa al km 46.7+69 - canna est;
  - da km 47.2+22 circa a km 46.7+32 - canna ovest.
- Galleria di Linea (GL), rivestimento definitivo della tratta della Galleria di Linea esistente, scavata nell'ambito del lotto Muls 1:
  - da km 47.2+59 circa a km 48.9+02 circa (inizio camerone di montaggio TBM) - canna est;
  - da km 47.2+22 circa a km 48.8+73 circa (inizio camerone di montaggio TBM) - canna ovest.
- Galleria di Linea (GL), rivestimento definitivo della tratta in corrispondenza dei camerone di montaggio TBM esistenti, scavati nell'ambito del lotto Muls 1:
  - da km 48.9+02 circa a km 49.0+83 circa - canna est;
  - da km 48.8+73 circa a km 49.0+57 circa - canna ovest.
- Finestra di Muls (M) e opere annesse, rivestimento e sistemazione definitiva delle opere già realizzate in lotti precedenti e costituite da:
  - Finestra di Muls (M), lunghezza di 1'607 m circa;
  - Ramo A (M-A), lunghezza di 172 m circa;
  - Ramo B (M-B), lunghezza di 176 m circa;
  - Camerone logistico, 40 m circa, e relativa galleria di collegamento, lunghezza di 142 m circa;
  - Caverna Centrale di Ventilazione, 67 m, rami di collegamento alla Finestra di Muls (212 m circa) e pozzo di Aspirazione di altezza 47 m circa.
- Cunicolo Esplorativo (CE), scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - Sezione corrente (CE) tra km 12.4+59,5 e km 13.2+30
  - Piazzole logistiche (PL), ubicate al km 12.6+42,5 e km 12.9+42,5
  - Camerone di montaggio della TBM verso nord (CMC), della lunghezza di circa 60m tra km 13.2+30 e km 13.2+90
- Cunicolo Esplorativo (CE): rivestimento definitivo del tratto di cunicolo già realizzato in lotti precedenti e costituito da:
  - Camerone di smontaggio della TBM proveniente da Aicha (MCSS), della lunghezza di 40 m circa, tra km 10.4+19 e km 10.4+54.
  - Sezione allargata (CL) tra km 10.4+54 e km 10.9+16;

- bis km 10.9+16;
  - Regelquerschnitt (CE) von km 10.9+16 bis km 12.4+59,5
  - Bestehende logistische Ausweichstellen (PL-E), an km 11.1+97,5; km 11.4+93,5; km 11.7+19,5; km 12.0+15; km 12.3+42,5
- Verbindungstunnel (GC): Endgestaltung des bereits im Baulos Muls 1 errichteten Bauwerks, zwischen der Weströhre und dem Erkundungsstollen auf einer Länge von ca. 420 m.
- Haupttunnel (GL) südlich des Fensterstollens; hauptsächlich mit offener TBM aufgefahrener Abschnitt (Vortrieb und Innenschale):
  - von km 49.0+83 ca. (Ende TBM-Montagekaverne, welche im Rahmen des Bauloses Muls 1 ausgeführt wurde) bis km 52.6+22 ca. - Oströhre;
  - von km 49.0+57 ca. (Ende TBM-Montagekaverne, welche im Rahmen des Bauloses Muls 1 ausgeführt wurde) bis km 52.8+44 ca.
- In diesem Abschnitt erfolgt der Vortrieb der Oströhre von km 49.0+83 ca. bis km 49.1+18 und der Weströhre von km 49.0+57 ca bis km 49.2+41 jeweils auf einer Länge von 35 m und 184 m, im konventionellen Vortrieb mit einem verbreiterten Querschnitt, der die Durchfahrt der TBM ermöglicht.
- Doppelgleisige Haupttunnel (GL -D), konventioneller Vortrieb und Innenschale:
  - von km 52.6+29 ca. bis km 54.0+15 - Oströhre;
  - von km 52.8+66 ca. bis km 54.0+02 ca. - Weströhre (entspricht ca. km 54.0+42 der Regelplanung).
- Sezione corrente (CE) tra km 10.9+16 e km 12.4+59,5
- Piazzole logistiche esistenti (PL-E), ubicate al km 11.1+97,5; km 11.4+93,5; km 11.7+19,5; km 12.0+15; km 12.3+42,5
- Galleria di collegamento (GC): sistemazione definitiva dell'opera già realizzata nel lotto Muls 1, compresa tra la Galleria di Linea, canna ovest, e il Cunicolo Esplorativo, per una lunghezza di 420 m circa.
- Galleria di Linea (GL) a sud dalla Finestra di Muls, tratta realizzata prevalentemente con TBM aperta (scavo e rivestimento definitivo):
  - da km 49.0+83 circa (fine camerone di montaggio TBM realizzato nell'ambito del Lotto Muls 1) a km 52.6+22 circa - canna est;
  - da km 49.0+57 circa (fine camerone di montaggio TBM realizzato nell'ambito del Lotto Muls 1) a km 52.8+44 circa
- In questa tratta le gallerie principali est ed ovest a partire dalla km 49.0+83 circa, per la galleria est, e dalla km 49.0+57 circa, per la galleria ovest, fino alla km 49.1+18 est e 49.2+41 ovest, rispettivamente per una lunghezza di 35m e 184m, vengono scavate con metodi tradizionali con una sezione allargata che permette il passaggio della TBM.
- Gallerie di Linea a doppio binario (GL-D), scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - da km 52.6+29 circa al km 54.0+15 - canna est;
  - da km 52.8+66 circa a km 54.0+02 circa - canna ovest (corrispondente alla 54.0+42 circa della Progettazione di Sistema).

## Teil 2 - Nothaltestelle, Zugangstunnel und dazugehörige Bauwerke von km 46+769 bis km 44+191:

- Haupttunnel (GL), konventioneller Vortrieb und Innenschale:
  - von km 46.7+69 ca. bis km 45.0+25 (Anfang NHS) und von km 44.5+55 (Ende NHS) bis km 44.3+51 (TBM-Montagekaverne) - Oströhre;
  - von km 46.7+32 ca. bis km 44.9+88 (Anfang NHS) und von km 44.5+18 (Ende NHS) bis km 44.3+15 (TBM-Montagekaverne) - Weströhre.
- TBM-Montagekavernen entlang der Haupttunnel (GL-CM), konventioneller Vortrieb und Innenschale:
  - von km 44.3+52 ca. bis km 44.1+92- Oströhre;
  - von km 44.3+15 ca. bis km 44.1+55 - Weströhre.
- Nothaltestelle (FdE) und entsprechende Verbindungsstollen, konventioneller Vortrieb und Innenschale:
  - von km 45.0+25 ca. bis km 44.5+55 - FdE

## Parte 2- Fermata di Emergenza, Galleria di Accesso e Opere connesse dal km 46+769 al km 44+191:

- Gallerie di Linea (GL), scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - da km 46.7+69 circa a km 45.0+25 (inizio FdE) e da km 44.5+55 (fine FdE) al km 44.3+51 (camerone di montaggio TBM) - canna est;
  - da km 46.7+32 circa a km 44.9+88 (inizio FdE) e da km 44.5+18 (fine FdE) al km 44.3+15 (camerone di montaggio TBM) - canna ovest.
- Cameroni di montaggio TBM lungo le Gallerie di Linea (GL-CM), scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - da km 44.3+52 circa a km 44.1+92- canna est;
  - da km 44.3+15 circa al km 44.1+55 - canna ovest.
- Fermata di Emergenza (FdE) e i relativi cunicoli trasversali di collegamento, scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - da km 45.0+25 circa a km 44.5+55 - FdE canna

- Oströhre;
- von km 44.9+88 ca. bis km 44.5+18 – FdE Weströhre;
- Verbindungsstollen für die Nothaltestelle FdE-C01 ÷ FdE-C06,
- Querkaverne Trens: Querschlag Typ 5 (km 45.3+75 Oströhre).
- Mittelstollen Trens und Abluftquerstollen, konventioneller Vortrieb und Innenschale:
  - von km 0.0+00 bis km 0.6+90, entsprechend den Kilometrierungen der Oströhre km 44.5+15 und km 45.1+92;
  - Abluftquerstollen FdE-V-01 ÷ FdE-V06 und Entlastungsstollen (km 44.5+35 Oströhre)
- Zugangstunnel (GA) zur Nothaltestelle, konventioneller Vortrieb und Innenschale: der 3.805 m lange Tunnel beginnt an eine Abzweigung bei km 1.4+79 ca. des Fensterstollen Mauls.
- Neuer Logistikknoten (NL), konventioneller Vortrieb und Endgestaltung; befindet sich seitlich der Trasse des Zugangstunnels (zwischen km 0.5+00 und 0.8+60 ca. des GA) und besteht aus:
  - einer 110 m langen Logistikkaverne;
  - drei Verbindungstunnel zum Zugangstunnel (38 m, 91 m und 179 m ca.);
  - Logistik Bypass zwischen dem Zugangstunnel und der Weströhre (148m ca.) und zwischen der Weströhre und der Oströhre (137 m ca.)
  - Verbindungsschacht zum Erkundungsstollen bei km 00.0+71.6 mit Bezug auf die Bauwerkskilometrierung.
- est;
- da km 44.9+88 circa a km 44.5+18 - FdE canna ovest;
- cunicoli di collegamento a servizio della Fermata di Emergenza FdE-C01 ÷ FdE-C06,
- caverna di Trens: cunicolo trasversale di collegamento tipo 5 (km 45.3+75 canna est).
- Cunicolo centrale di Trens e cunicoli trasversali di aspirazione d'aria, scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - da km 0.0+00 a km 0.6+90, corrispondenti rispettivamente alle progressive della canna est km 44.5+15 e km 45.1+92;
  - cunicoli di ventilazione FdE-V-01 ÷ FdE-V06 e cunicolo di scarico (km 44.5+35 canna est)
- Galleria di Accesso (GA) alla Fermata di Emergenza di Trens, scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo: la galleria, della lunghezza di 3'805 m circa, ha origine, mediante diramazione, dalla progressiva km 1.4+79 circa della finestra di Mules.
- Nuovo Nodo Logistico (NL), scavo con metodi tradizionali e sistemazione definitiva; situato lateralmente al tracciato della Galleria di Accesso (posizionato tra km 0.5+00 e 0.8+60 circa della GA), risulta costituito da:
  - camerone logistico della lunghezza di 110 m;
  - tre gallerie di collegamento con la GA (38 m, 91 m e 179 m circa);
  - by-pass logistico di collegamento tra la GA e la GL ovest (148m circa) e tra la GL ovest e la GL est (137 m circa)
  - pozzo di collegamento con il Cunicolo Esplorativo, ubicato al km 00.0+71.6 con riferimento delle progressive dell'opera.

**Teil 3 - Erkundungsstollen von km 13+290 (betr. Oströhre 46+013) bis km 27+217 (betr. Oströhre 32+088) und Haupttunnels von km 32+088 bis km 44+192:**

- Haupttunnel (GL), TBM-Vortrieb und Innenschale:
  - von km 44.1+92 ca. (Ende TBM-Montagekaverne) bis km 32.0+88 - Oströhre;
  - von km 44.1+55 ca. (Ende TBM-Montagekaverne) bis km 32.0+47 ca. (entsprechend dem km 32.0+87 der Regelplanung) - Weströhre.
- Erkundungsstollen (CE), TBM-Vortrieb und Innenschale:
  - von km 13.2+90 ca. (TBM-Montagekaverne) bis km 27.2+17 (Staatsgrenze).
  - In diesem Abschnitt sind außerdem im Abstand von jeweils 2 km sieben Ausweichstellen geplant.
- Rohbauausrüstung des Erkundungsstollens (CE), die im Wesentlichen aus der Beleuchtungsanlage, der MS/NS-Verteilung, der

**Parte 3 - Cunicolo Esplorativo dal km 13+290 (rif. canna est 46+013) al km 27+217 (rif. canna est 32+088) e Gallerie di Linea dal km 32+088 al km 44+192:**

- Gallerie di Linea (GL), scavo meccanizzato e rivestimento definitivo:
  - da km 44.1+92 circa (fine camerone di montaggio TBM) a km 32.0+88 - canna est;
  - da km 44.1+55 circa (fine camerone di montaggio TBM) a km 32.0+47 circa (corrispondente al km 32.0+87 della Progettazione di Sistema) - canna ovest.
- Cunicolo Esplorativo (CE), scavo meccanizzato e rivestimento definitivo:
  - da km 13.2+90 circa (camerone di montaggio TBM) a km 27.2+17 (confine di stato).
  - nella presente tratta inoltre è prevista la realizzazione di sette piazzole logistiche distribuite lungo tale tratta, posizionate ad un interasse costante di 2km.
- Dotazioni impiantistiche a servizio del Cunicolo Esplorativo (CE), costituite essenzialmente dall'impianto di illuminazione, distribuzione MT/BT,

Löschwasserversorgung, dem GSM-Fernmeldenetz sowie den selektiven Wasserdrainageanlagen besteht.

dalla rete idrica antincendio, dalla rete di telecomunicazione GSM e dagli impianti di drenaggio selettivo delle acque.

## 2 BESCHREIBUNG TEIL 3

Im Teil 3 des Bauloses Muls 2-3 werden die Hauptröhre von der Nothaltestelle bis zur Staatsgrenze und der Erkundungsstollen bis zur Staatsgrenze ausgeführt.

In der folgenden Tabelle 1 sind alle zum Teil 3 gehörenden Bauwerke systematisch aufgelistet, wie auch schon im Kapitel 2 definiert. Ausserdem führt die Tabelle die kennzeichnenden Abkürzungen der Regelprofile der Bauwerke ein, die in den Bezeichnungen von Ausbruchsicherung und Innenschale der Schnitte immer wieder angewendet werden.

Für den Ausbruch der Querverbindungen und der Ausweiche für die Bauleistung werden diese Abkürzungen mit dem folgenden Index gemäss der Gebirgsverhältnisse ergänzt:

- "2": Profile für die geomechanische Klasse I und II;
- "3": Profile für die geomechanische Klasse III;
- "4": Profile für die geomechanische Klasse IV;
- "5": Profile für die geomechanische Klasse V;
- "Rb": Profile für die geomechanische Klasse I und II mit Risiko von Rockburst-Phänomenen.

Die Definition der geomechanischen Klassen ist in [31] beschrieben.

In den folgenden Kapiteln sind die Details der Bauwerke für den betroffenen Abschnitt (Baulos Muls 2-3, Teil 3) beschrieben.

## 2 DESCRIZIONE DELLA PARTE 3

La Parte 3 del lotto Muls 2-3 comprende lo scavo delle Gallerie di Linea dopo la Fermata di Emergenza fino al confine di stato e lo scavo del Cunicolo Esplorativo con TBM fino al confine di stato.

La seguente Tabella 1 riporta in modo sistematico tutte le opere appartenenti alla Parte 3, già definite nel capitolo 2. Essa introduce inoltre le sigle identificative delle sezioni tipo utilizzate per individuare le singole opere descritte, in termini di interventi di rivestimento di prima fase dello scavo e di rivestimento definitivo, nei capitoli a seguire.

Tali abbreviazioni vengono completate, per lo scavo dei cunicoli trasversali e piazzole logistiche, con i seguenti suffissi in funzione delle condizioni dell'ammasso roccioso:

- "2": Sezioni per classe geomeccanica I e II;
- "3": Sezioni per classe geomeccanica III;
- "4": Sezioni per classe geomeccanica IV;
- "5": Sezioni per classe geomeccanica V;
- Rb: Sezione per classe geomeccanica I e II con rischio di fenomeni di rigetto violento (rock burst).

La definizione delle classi geomeccaniche è riportata in [31].

Nei paragrafi seguenti si riporta una descrizione di dettagli delle opere della tratta oggetto della presente (Lotto Muls 2-3, Parte 3).

Bauwerk Opera	Abkürzung Sigla	Beschreibung / Descrizione
Haupttunnel Galleria principale	GL-MS	Scavo meccanizzato con TBM scudata
Erkundungsstollen Cunicolo Esplorativo	C-MS	Scavo meccanizzato con TBM scudata
	PL-T	Piazzola logistica scavo tradizionale
Querverbindungen Cunicoli Trasversali	CT1	Cunicolo trasversale tipo 1
	CT2	Cunicolo trasversale tipo 2
	CT3	Cunicolo trasversale tipo 3
	CT4	Cunicolo trasversale tipo 4

Tabelle 1: Beschreibung der Bauwerke im Teil 3

Tabella 1: Opere Parte 3

## 2.1 EIGENSCHAFTEN DER HAUPTRÖHRE

Im ganzen Teil 3 verlaufen die Hauptröhren mit einem Abstand von 70 m voneinander, von der Staatsgrenze nördlich (km 32.0+88 Ostrohr, km 32.0+87 Westrohr) bis zur Montagekaverne der TBM südlich (km 44.1+91 Ostrohr, km 44.1+54 Westrohr). Diese Strecke ist verläuft meistens gerade, die einzelne planimetrische Kurve liegt zwischen km 37.4+64-37.7+69 für das Ostrohr und km 37.4+24-37.7+32 für das Westrohr und weist einen Krümmungsradius von  $R = 10000$  m, beziehungsweise  $R = 10070$  m aus.

Unter dem Aspekt der Höhen weisen die Röhren entlang der ganzen Strecke eine Neigung von  $-3.907\text{‰}$  für das Ostrohr und  $3.902\text{‰}$  für das Westrohr auf. Die Details des Höhenverlaufs sind in [10], [11] gezeigt.

Im Teil 3 wird der Ausbruch der Hauptröhre mit Schild-TBM realisiert, und mit dementsprechender Installation von vorfabrizierten Tübbing.

Diese Strecke entlang ist die Anwendung von drei verschiedenen Regelprofilen vorgesehen. Diese unterscheiden sich in der Anwesenheit der Innenschale bei möglichem quellenden Verhalten des Gebirges:

- Hauptröhre mit Innenschale;
- Hauptröhre mit einschaliger Auskleidung;
- Hauptröhre mit Gegengewölbe aus Ortsbeton und Innenschale.

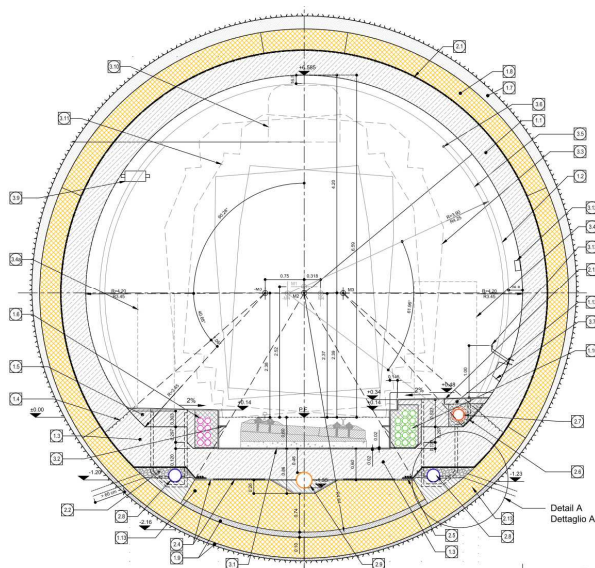


Abbildung 1: Hauptröhre mit Innenschale.

Figura 1: Galleria di linea con rivestimento definitivo.

## 2.1 CARATTERISTICHE DELLE GALLERIE PRINCIPALI

Nella Parte 3 le Gallerie di Linea corrono per tutta la tratta parallele, con un interasse di 70m, dall'estremo nord corrispondente al confine di stato (km 32.0+88 lungo la canna est e km 32.0+87 lungo la canna ovest) fino all'estremo sud corrispondente al limite con i cameroni di montaggio delle frese al km 44.1+91 (canna est) al km 44.1+54 (canna ovest). Questa tratta è perlopiù rettilinea e l'unica curva planimetrica (di raggio  $R = 10000$  m per la canna est e  $R = 10070$  m per la canna ovest) si trova tra il km 37.4+64 e 37.7+69 per la canna est e tra il km 37.4+24 e 37.7+32 per la canna ovest.

Dal punto di vista altimetrico il tracciato delle gallerie è caratterizzato lungo tutta la tratta da una pendenza costante del  $-3.907\text{‰}$  per la canna est e del  $3.902\text{‰}$  per la canna ovest. I dettagli dell'andamento altimetrico sono rilevabili dalle tavole di progetto [10], [11].

Lo scavo della tratta delle gallerie principali ricadente nella Parte 3 avverrà tramite TBM scudata con la messa in opera in continuo di anelli di conchi prefabbricati.

In questa tratta è prevista l'applicazione di tre sezioni tipo che si differenziano per la presenza o meno di un rivestimento definitivo in presenza o meno di ammassi con comportamento spingente:

- galleria di linea con rivestimento definitivo;
- galleria di linea con rivestimento singolo;
- galleria di linea con arco rovescio gettato in opera e rivestimento definitivo.

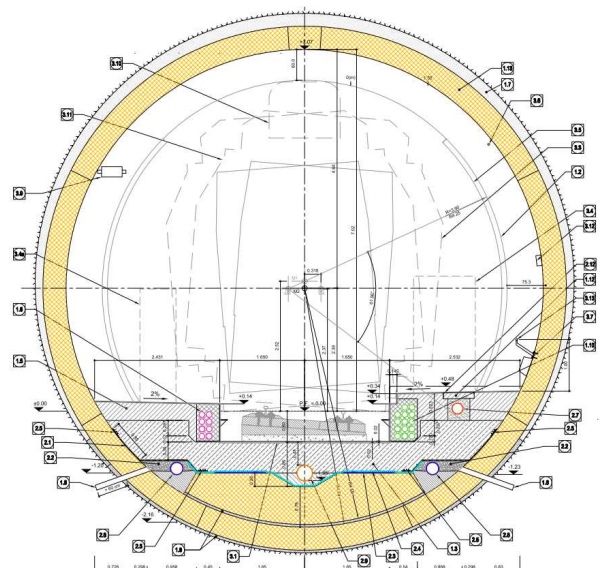


Abbildung 2: Hauptröhre mit einschaliger Auskleidung.

Figura 2: Galleria di linea con rivestimento singolo.

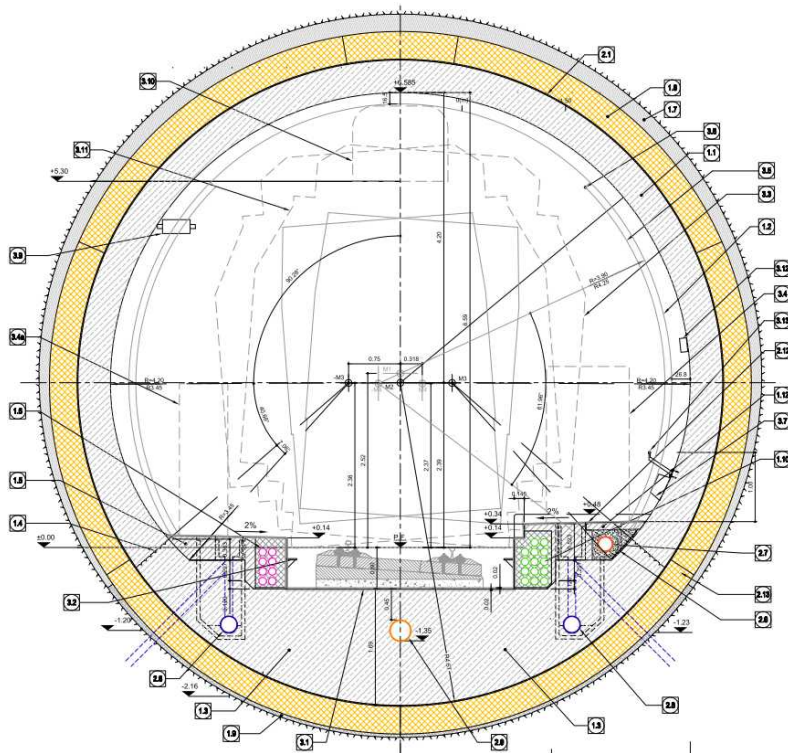


Abbildung 3: Hauptrohr mit Gegengewölbe aus Ortsbeton und Innengewölbe.

Figura 3: Galleria di linea con rivestimento definitivo e arco rovescio gettato in opera.



In der folgenden Tabelle 2 ist die detaillierte Kilometrierung der Anwendung der Regelprofile dargestellt.

La seguente Tabella 2 riporta in dettaglio le progressive di applicazione delle succitate sezioni.

Querschnitte / Sezioni	von / da	bis / a	L	Wahrscheinlichkeit Anwendung / Probabile applicazione		
	[km]	[km]	[m]	GL-MS - rivestimento singolo	GL-MS - rivestimento doppio, conco di base Innesto con Cunicolo Trasversale	GL-MS - rivestimento doppio, arco rovescio
	32+090.0	32+108.75	18.75		100%	
	32+108.75	32+314.25	205.5	100%		
	32+314.25	32+351.75	37.5		100%	
	32+351.75	32+648.25	296.5	100%		
	32+648.25	32+685.75	37.5		100%	
	32+685.75	32+981.25	295.5	100%		
	32+981.25	33+018.75	37.5		100%	
	33+018.75	33+314.25	295.5	100%		
	33+314.25	33+351.75	37.5		100%	
	33+351.75	33+648.25	296.5	100%		
	33+648.25	33+685.75	37.5		100%	
	33+685.75	33+981.25	295.5	100%		
	33+981.25	34+018.75	37.5		100%	
	34+018.75	34+314.25	295.5	100%		
	34+314.25	34+351.75	37.5		100%	
	34+351.75	34+648.25	296.5	100%		
	34+648.25	34+685.75	37.5		100%	
	34+685.75	34+981.25	295.5	100%		
	34+981.25	35+018.75	37.5		100%	
	35+018.75	35+314.25	295.5	100%		
	35+314.25	35+351.75	37.5		100%	
	35+351.75	35+648.25	296.5	100%		
	35+648.25	35+685.75	37.5		100%	
	35+685.75	35+910.75	225	100%		
GL-MS (Ref. Röhre Ost / Rif. Canna Est)	35+910.75	37+510.75	1600			100%
	37+510.75	37+648.25	137.5	100%		
	37+648.25	37+685.75	37.5		100%	
	37+685.75	37+981.25	295.5	100%		
	37+981.25	38+018.75	37.5		100%	
	38+018.75	38+314.25	295.5	100%		
	38+314.25	38+351.75	37.5		100%	
	38+351.75	38+648.25	296.5	100%		
	38+648.25	38+685.75	37.5		100%	
	38+685.75	38+981.25	295.5	100%		
	38+981.25	39+018.75	37.5		100%	
	39+018.75	39+314.25	295.5	100%		
	39+314.25	39+351.75	37.5		100%	
	39+351.75	39+648.25	296.5	100%		
	39+648.25	39+685.75	37.5		100%	
	39+685.75	39+981.25	295.5	100%		
	39+981.25	40+018.75	37.5		100%	
	40+018.75	40+314.25	295.5	100%		
	40+314.25	40+351.75	37.5		100%	
	40+351.75	43+351.75	3000			100%
	43+351.75	43+648.25	296.5	100%		
	43+648.25	43+685.75	37.5		100%	
	43+685.75	43+981.25	295.5	100%		
	43+981.25	44+018.75	37.5		100%	
	44+018.75	44+191.75	173	100%		

Tabelle 2: Anwendungsabschnitte der Regelprofile

Tabella 2: Tratte di applicazione delle sezioni

## 2.2 EIGENSCHAFTEN DER QUERVERBINDUNGEN

Die Querverbindungen koppeln die zwei Hauptröhren mit einem regelmässigen Abstand zusammen und übernehmen die folgenden Aufgaben:

- Flucht- und Rettungsweg im Notfall;
- Sitz der technischen Installationen;
- Drainage der Infiltrationswässer mit Abfluss in den Erkundungsstollen;
- Anordnung der Becken Brandwasser;
- Notausgang für den Erkundungsstollen.

Aus der vorliegenden Aufgaben werden die folgenden Typologien hergeleitet:

- Querverbindung standard (Typ 1);
- Querverbindung technisch (Typ 2);
- Querverbindung mit Becken für Brandwasser (Typ 3);
- Querverbindung technisch (Typ 4).

Die Querverbindungen werden anhand ihrer Lage bezüglich dem Ostrohr benannt. Insbesondere ist die Abkürzung durch zwei Zahlen gekennzeichnet: die Erste zur Identifizierung der Kilometrierung, die Zweite für die Anordnung innerhalb des gleichen Kilometers z.B.:

- 33/1 – Erste Querverbindung innerhalb der Strecke 33+000-33+999 (Kilometer 33 des Ostrohres);
- 33/2 – Zweite Querverbindung innerhalb des Kilometer. 33 des Ostrohres, etc.

Im Teil 3 sind 37 Querverbindungen anwesend, die in Tabelle 3: aufgelistet sind. Hierbei sind die Kilometrierung bezüglich der beiden Röhren, die Typologie, die Länge (im Teil 3 immer 70 m) und der Anschlusstyp mit den Hauptröhren (im Teil 3 immer GL-MS) zugeteilt.

## 2.2 CARATTERISTICHE DEI CUNICOLI TRASVERSALI DI COLLEGAMENTO

I cunicoli trasversali collegano ad intervalli regolari le due canne delle gallerie principali ed hanno fundamentalmente le seguenti funzioni:

- via di fuga e di soccorso in caso d'emergenza;
- alloggiamento di impianti tecnici;
- drenaggio delle acque di infiltrazione con scarico nel Cunicolo Esplorativo;
- sistemazione della vasca di stoccaggio per l'acqua del sistema antincendio;
- uscita di emergenza dal Cunicolo Esplorativo al cunicolo trasversale.

Dalle funzioni sopra elencate risultano le seguenti tipologie di cunicoli trasversali:

- cunicolo trasversale standard (tipo 1);
- cunicolo trasversale tecnico (tipo 2);
- cunicolo trasversale con vasca per l'acqua antincendio (tipo 3);
- cunicolo trasversale tecnico (tipo 4).

I cunicoli trasversali vengono denominati in funzione della loro posizione rispetto alla progressiva della canna est. In particolare la sigla è composta da due numeri: il primo identifica il chilometro di riferimento, il secondo la posizione rispetto agli altri cunicoli trasversali presenti all'interno del chilometro considerato. Per esempio:

- 33/1 - è il primo cunicolo trasversale di collegamento nella tratta 33.000÷33.999 (cioè lungo il chilometro 33 della canna est);
- 33/2 - è il secondo cunicolo presente lungo il chilometro 33 della canna est, ecc.

Nella Parte 3 sono presenti 37 cunicoli trasversali di collegamento, elencati nella Tabella 3 dove vengono riportate le progressive chilometriche in corrispondenza delle due canne, la tipologia del cunicolo trasversale, la lunghezza (nella Parte 3 sempre di 70m) e la tipologia dell'innesto sulle canne delle gallerie principali (nella Parte 3 sempre in GL-MS).

Querschläge / Cunicolo trasversale	Verbindung Oströhre [km] / Innesto canna est [km]	Verbindung Weströhre [km] / Innesto canna ovest [km]	Querschläge Typ / Tipologia cunicolo	L [m]	Querschnitte Ost- und Eströhre / Sezioni canna est e ovest
44/1	44.0+00.000	43.9+62.819	1	70	GL-MS
43/3	43.6+67.000	43.6+39.819	1	70	GL-MS
43/2	43.3+33.000	43.2+95.819	2	70	GL-MS
43/1	43.3+00.000	42.9+62.819	1	70	GL-MS
42/3	42.6+67.000	42.6+29.819	1	70	GL-MS
42/2	42.3+33.000	42.2+95.819	1	70	GL-MS
42/1	42.0+00.000	41.9+62.819	1	70	GL-MS
41/3	41.6+67.000	41.6+29.819	1	70	GL-MS
41/2	41.3+33.000	41.2+95.819	2	70	GL-MS
41/1	41.0+00.000	40.9+62.819	1	70	GL-MS
40/3	40.6+67.000	40.6+29.819	1	70	GL-MS
40/2	40.3+33.000	40.2+95.819	1	70	GL-MS
40/1	40.0+00.000	39.9+62.819	1	70	GL-MS
39/3	39.6+67.000	39.6+29.819	2	70	GL-MS
39/2	39.9+33.000	39.2+95.819	3	70	GL-MS
39/1	39.0+00.000	38.9+62.819	1	70	GL-MS
38/3	38.6+67.000	38.6+29.819	1	70	GL-MS
38/2	38.3+33.000	38.2+95.819	1	70	GL-MS
38/1	38.0+00.000	37.9+62.819	1	70	GL-MS
37/3	37.6+67.000	37.6+28.714	2	70	GL-MS
37/2	37.3+33.000	37.2+95.905	1	70	GL-MS
37/1	37.0+00.000	36.9+59.905	1	70	GL-MS
36/3	36.6+67.000	36.6+26.905	1	70	GL-MS
36/2	36.3+33.000	36.2+92.905	2	70	GL-MS
36/1	36.0+00.000	35.9+59.905	1	70	GL-MS
35/5	35.6+67.000	35.6+26.905	1	70	GL-MS
35/2	35.3+33.000	35.2+92.905	1	70	GL-MS
35/1	35.0+00.000	34.9+59.905	1	70	GL-MS
34/3	34.6+67.000	34.6+26.905	1	70	GL-MS
34/2	34.3+33.000	34.2+92.905	2	70	GL-MS
34/1	34.0+00.000	33.9+59.905	1	70	GL-MS
33/3	33.6+67.000	33.6+26.905	1	70	GL-MS
33/2	33.3+33.000	33.2+92.905	1	70	GL-MS
33/1	33.0+00.000	32.9+59.905	1	70	GL-MS
32/4	32.6+67.000	32.6+26.905	1	70	GL-MS
32/3	32.3+33.000	32.2+92.905	2	70	GL-MS
32/2	32.0+90.290	32.0+50.624	4	70	GL-MS

Tabelle 3: Typologie und Kilometrierung der Querverbindungen –  
Mauls 2-3

Tabella 3: Tipologie e posizione dei cunicoli trasversali di  
collegamento - Mules 2-3

### 2.2.1 Planimetrische und longitudinale Darstellung der Querverbindungen

In der Folge werden die planimetrische und longitudinale Darstellung der Querverbindungen des Teils 3 diskutiert: Die detailliertere Beschreibung der Regelquerschnitte ist im Kapitel 5 zu finden.

Die Details des planimetrischen Verlaufs sind in den Plänen [9] und [13] zu finden.

Die planimetrische Darstellung der Querverbindungen in Bezeichnungen von Querschnittstypen unterteilt sich in:

### 2.2.1 Configurazione planimetrica e longitudinale dei Cunicoli Trasversali di collegamento

Vengono ora discusse le configurazioni planimetriche e longitudinali dei cunicoli trasversali presenti nella Parte 3; la descrizione dettagliata delle sezioni trasversali è invece riportata nel Capitolo 5.

I dettagli dell'andamento planimetrico sono rilevabili dalle tavole di progetto [9], mentre quello altimetrico in [13].

La configurazione planimetrica di un cunicolo trasversale, in termini di sagome interne, è di due tipi:

- Konstanter Querschnitt: Diese Variante wird für die Querverbindungen Typ 1 (Mindestquerschnitt entlang der ganzen Länge der Querverbindung) und Typ 4 (ausgeweiteter Querschnitt entlang der ganzen Länge der Querverbindung) verwendet;
- Veränderlicher Querschnitt: Diese Variante ist für die Querverbindungen Typ 2 und Typ 3 vorgesehen. Der Mindestquerschnitt ist für eine kurze Strecke im Bereich des Anschlusses mit dem Hauptrohr angewendet, und dann erfährt er eine Ausweitung für eine 40 m lange Strecke. Damit sind der erforderliche Raum für die Installationen gewährleistet und gleichzeitig die Geometrie im Anschlussbereich optimiert.
- sezione costante: questa configurazione viene adottata per cunicoli di tipo 1 (sezione minima applicata per l'intera lunghezza del cunicolo) e di tipo 4 (sezione in allargo applicata per l'intera lunghezza del cunicolo);
- Sezione variabile: tale configurazione è prevista per i cunicoli di tipo 2 e 3. La sezione minima è applicata per un breve tratto nella zona di innesto sulle gallerie di linea; nel tratto centrale del cunicolo, la sezione subisce un allargo per uno sviluppo di 40m. Questa configurazione assicura gli spazi necessari per gli impianti e ottimizza la geometria dell'innesto sulle gallerie di linea.

Die Veränderung des Querschnitts wird in der Bezeichnung der Regelquerschnitte in Tabelle 4 in Betracht genommen.

La variabilità di sezione è stata tenuta in conto nella nomenclatura delle sezioni tipo applicando lo schema riportato nella Tabella 4.

Bauwerk Opera	Querschnitt Geometria sezione (a = minima, b = massima)	Ausbruchsmethode Metodo di scavo	Sicherungsklasse Classe geomeccanica
CT1		T	1, 2, 3, 4, 5
CT2	a-	T	1, 2, 3, 4, 5
CT2	b-	T	1, 2, 3, 4, 5
CT3	a-	T	1, 2, 3, 4, 5
CT3	b-	T	1, 2, 3, 4, 5
CT4		T	1, 2, 3, 4, 5

Tabelle 4: Bezeichnung der Querverbindungstypen

Tabella 4: Nomenclature delle sezioni tipo dei cunicoli trasversali

Der gleiche Ansatz wurde bei den Anschlüssen angewendet. Dort sind in der Bezeichnung beide Hauptrohrtypen (gemäß Tabelle 2) und Querverbindungstypen (gemäß Tabelle 4) zusammengestellt. Ein Beispiel davon:

- GL-MS-IN-CT1 ist der Querschnitt der Querverbindung Typ 1 im Anschlussbereich (IN) mit dem Hauptrohr (GL-MS).

Die longitudinale Neigung der Querverbindungen (O.K. Sohle) variiert entlang ihrer Entwicklung gemäß:

- Neigung im Anschlussbereich gleich 2%, Bezug Ostrohr, vom östlichen Ende der Querverbindung

Il medesimo approccio è stato adottato per la denominazione delle sezioni nella zona dell'innesto. In questo caso la codifica unisce la descrizione delle tipologie delle sezioni tipo della gallerie principale, definite nella precedente Tabella 2, con quelle dei Cunicoli Trasversali, definite nella Tabella 4 ottenendo le seguenti codifiche riportate come esempio:

- GL-MS-IN-CT1 sezione di un cunicolo tipo 1 nella zona di innesto (IN) sulla galleria di linea scavata con TBM scudata (GL-MS).

La pendenza longitudinale del cunicolo, con riferimento al piano di camminamento, varia lungo lo sviluppo del cunicolo stesso secondo i seguenti criteri:

- pendenza zona di innesto sulla canna est (applicata dall'estremità est del cunicolo fino a 6.90m dall'asse

bis zu 6.90 m ab der Ostrohrachse, quer zum Bankett;

- Neigung im Anschlussbereich gleich 2%, Bezug Westrohr, vom westlichen Ende der Querverbindung bis zu 6.90 m ab der Ostrohrachse, quer zum Bankett;
- Neigung am Ende des Anschlussbereiches bis zur Mitte der Querverbindung gleich 1%, Bezug Ostrohr, gemäss dem in den Regequerschnitten gezeigten Wert P1;
- Neigung am Ende des Anschlussbereiches bis zur Mitte der Querverbindung, Bezug Westrohr, gemäss dem in den Regelquerschnitten gezeigten Wert P2, bis zur Erreichung O.K. Bankett;

Die Werte der Neigungen P1 und P2 sind für jede Querverbindung anhand der O.K. Werte der zwei Hauptröhren analysiert worden, unter Erhaltung einer Dachkonfiguration mit Spitze in der Feldmitte.

#### 2.2.2 Querverbindung Typ 1

Die Querverbindungen Typ 1 sind normalerweise alle 333 m angeordnet.

Die hauptsächliche Funktion ist den Fluchtweg zum nebenstehenden Hauptrohr. Die Querverbindungen Typ 1 werden also an beiden Enden mit abgedichteten Sicherheitstüren geschlossen, und gemäss dem Ventilationskonzept der Betriebsphase ausgelegt [69]. Es besteht die Möglichkeit, nach Bedarf, technische Installationen einzubauen.

Ausserdem dienen diese zum Abfluss der Gebirgswässer nach dem Erkundungsstollen, die durch mikrogerissene Becken an den Hauptrohrwiderlagen gesammelt worden sind.

Das Drainagesystem ist in [20] detailliert beschrieben, die Lage der Abflüsse nach dem Erkundungsstollen ist in [21] und [23] dargestellt.

della galleria est), posta sempre pari a 2% (pendenza trasversale della banchina);

- pendenza zona di innesto sulla canna ovest (applicata dall'estremità ovest del cunicolo fino a 6.90 m dall'asse della galleria ovest) , posta sempre pari a 2% (pendenza trasversale della banchina);
- pendenza nella tratta "fine innesto canna est - centro del cunicolo trasversale", secondo il valore P1 indicato sulle sezioni tipo applicate del cunicolo e in generale uguale a 1%;
- pendenza nella tratta "fine innesto canna ovest - centro del cunicolo trasversale", secondo il valore P2 conseguente al raggiungimento della quota del piano banchina sulla canna ovest e indicato sulle sezioni tipo applicate del cunicolo.

I valori delle pendenze P1 e P2 sono stati studiati per ogni singolo cunicolo in funzione della differenza di quota tra il piano ferro delle due canne principali e cercando di mantenere una configurazione a doppia falda con vertice nella mezzeria del cunicolo.

#### 2.2.2 Cunicolo trasversale (Tipo 1)

I cunicoli trasversali CT1 sono normalmente collocati a intervalli di 333m.

La loro funzione principale è quella di costituire una via di fuga verso la galleria principale adiacente; vengono quindi chiusi su entrambi i lati con porte d'emergenza a chiusura stagna ed aerati secondo il concetto di ventilazione in fase di esercizio [69]. In questi cunicoli è prevista la possibilità di collocare, secondo le necessità, impianti tecnici.

Inoltre, essi possono fungere anche da scarico verso il Cunicolo Esplorativo delle acque d'ammasso raccolte dai collettori microfessurati posizionati in corrispondenza dei piedritti della galleria di linea.

Il sistema di drenaggio è descritto nel dettaglio in [20], mentre la posizione degli scarichi verso il Cunicolo Esplorativo è rappresentata in [21] e [23].

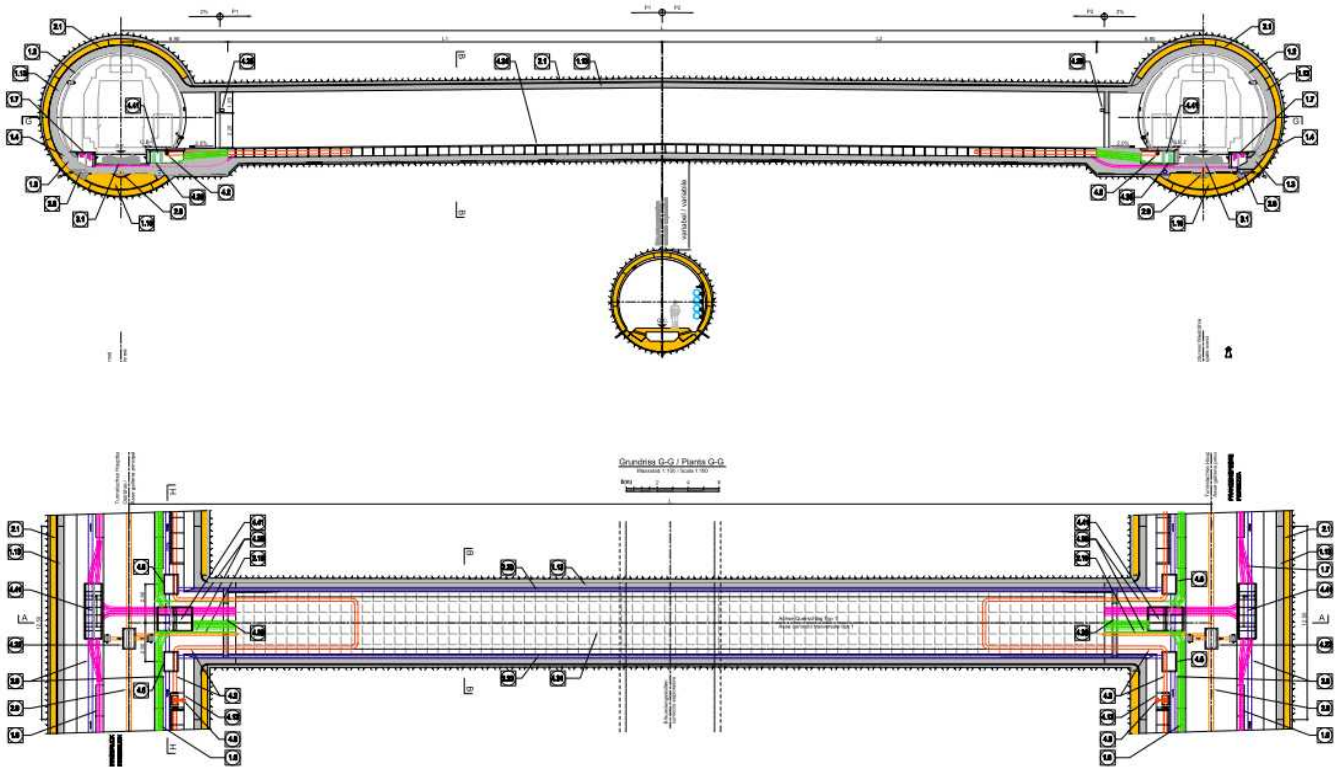


Abbildung 4: Querverbindung Typ 1, ohne Abfluss. Querschnitt und Längsschnitt [63].

Figura 4: Cunicolo trasversale tipo 1 senza scarico verso il Cunicolo Esplorativo. Pianta e profilo longitudinale [63].

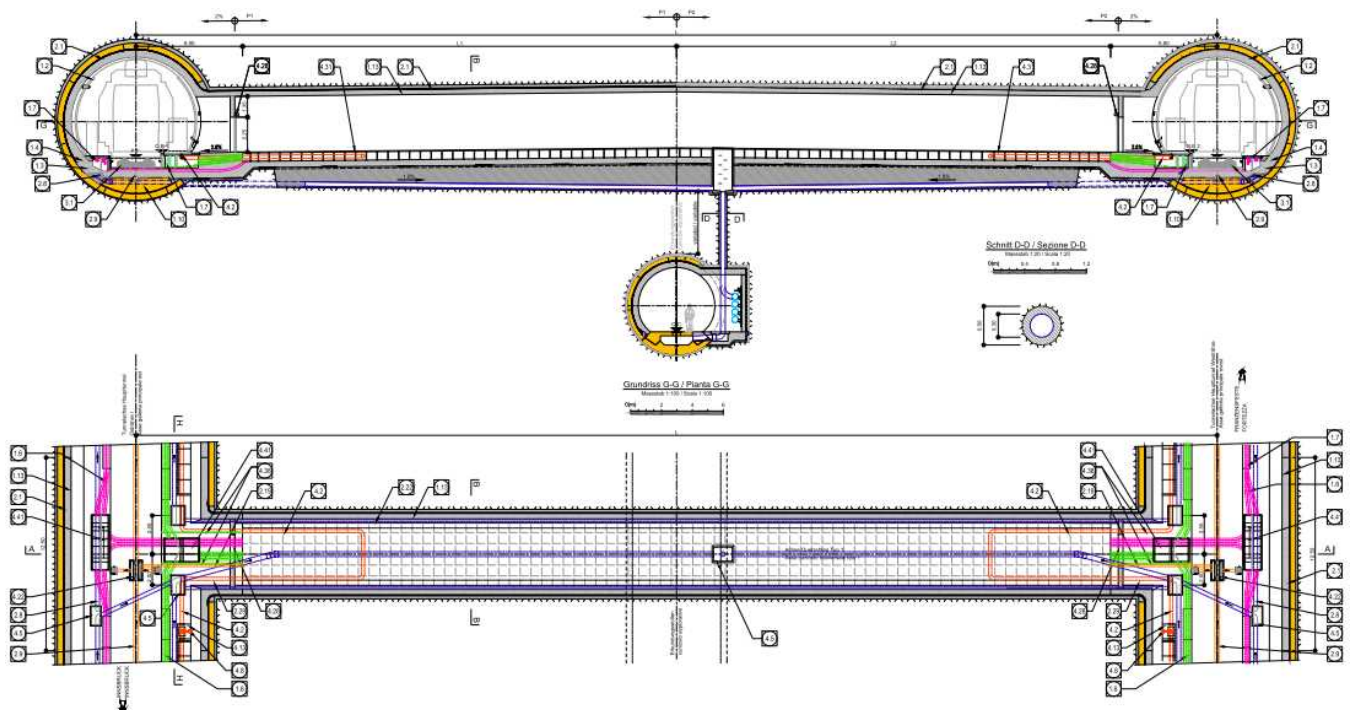


Abbildung 5: Querverbindung Typ 1, mit Abfluss. Querschnitt und Längsschnitt [62].

Figura 5: Cunicolo trasversale tipo 1 con scarico verso il Cunicolo Esplorativo. Pianta e profilo longitudinale [62].

### 2.2.3 Querverbindung Typ 2

Im Allgemeinen erfüllen die Querverbindungen alle 2 km auch technische Aufgaben. In einer solchen Querverbindung Typ 2 sind Räume zur Steuerung des Eisenbahnbetriebs vorgesehen, wie z.B. der Raum für den Transformator, für die Hoch- und Niederspannung, für die Fernmeldetechnik etc.. Deswegen sind ihre Abmessungen im zentralen Teil grösser im Vergleich zu der Querverbindung Typ 1.

Wie die gewöhnlichen Querverbindungen fungieren diese auch als Fluchtweg zum anderen Rohr hin.

Die Querverbindung 32/3 stellt eine Ausnahme dar, da sie keine Nische zum Erkundungsstollen verbindenden Schacht aufweist (Abbildung 6).

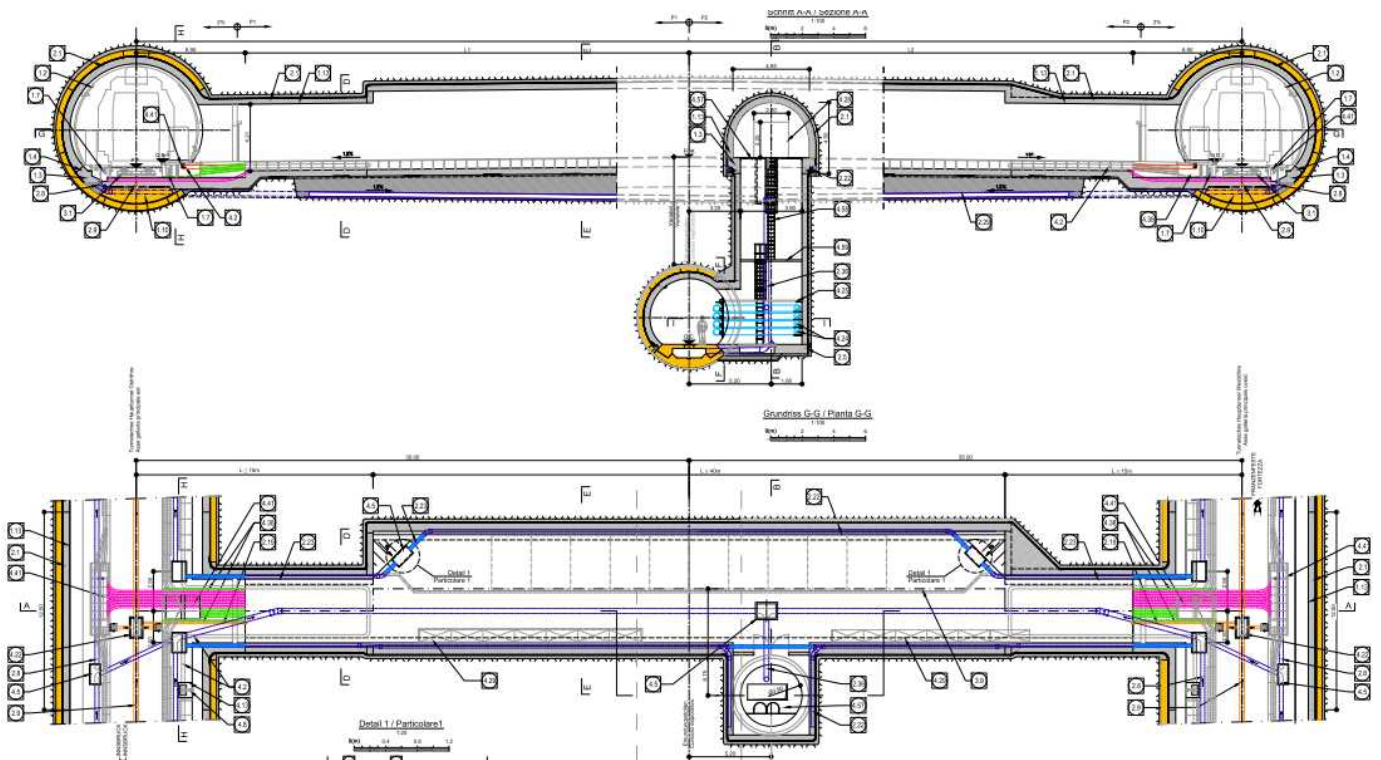


Abbildung 6: Querverbindung Typ 2, mit Schacht zum Erkundungsstollen. Querschnitt und Längsschnitt [64].

### 2.2.3 Cunicolo trasversale tecnico (Tipo 2)

In generale ogni 2 km il cunicolo trasversale ha funzione di cunicolo tecnico; in esso sono previsti locali adibiti al funzionamento dell'esercizio ferroviario quali per esempio il locale trasformatore, il locale per l'alta e la bassa tensione, il locale per le telecomunicazioni ecc. Per tale ragione le dimensioni della tratta centrale del cunicolo risultano superiori rispetto alla sezione dei cunicoli standard (Tipo 1).

Come i normali cunicoli pedonali, anche i cunicoli con funzione tecnica fungono generalmente da vie di fuga verso la canna adiacente.

Ad eccezione del cunicolo 32/3, tutti gli altri hanno un pozzo di collegamento con il Cunicolo Esplorativo come rappresentato nella Figura 6.

Figura 6: Cunicolo trasversale tipo 2 con pozzo di collegamento verso Cunicolo Esplorativo. Pianta e profilo longitudinale [64].

### 2.2.4 Querverbindung Typ 3 mit Wasserbecken

Die Querverbindungen Typ 3, die ungefähr alle 6 km angelegt werden, dienen nicht nur als Fluchtweg, sondern beinhalten auch die Sammelbecken für die Gebirgsässer und eine Anlage zur Versorgung des Brandsystems der Tunnel. Die Becken weisen ein Mindestvolumen von 108 m<sup>3</sup>

### 2.2.4 Cunicolo trasversale con vasca per l'acqua antincendio (Tipo 3)

I cunicoli trasversali Tipo 3, disposti lungo il tracciato ogni 6 km circa, oltre a garantire la funzione di passaggio pedonale, contengono le vasche per l'accumulo delle riserve idriche e un impianto di sollevamento che alimentano il sistema antincendio delle gallerie. Tutte le vasche hanno un volume

auf.

Im Teil 3 ist eine einzelne Querverbindung Typ 3 anwesend, BP 39/2, die sich bei km 39+333 (bez. Ostrohr) befindet.

minimo di 108 m<sup>3</sup>.

Nella tratta in esame (Parte 3) è presente un unico cunicolo tipo 3 denominato BP 39/2. Tale cunicolo è posizionato alla progressiva chilometrica 39.3+33 della canna est.

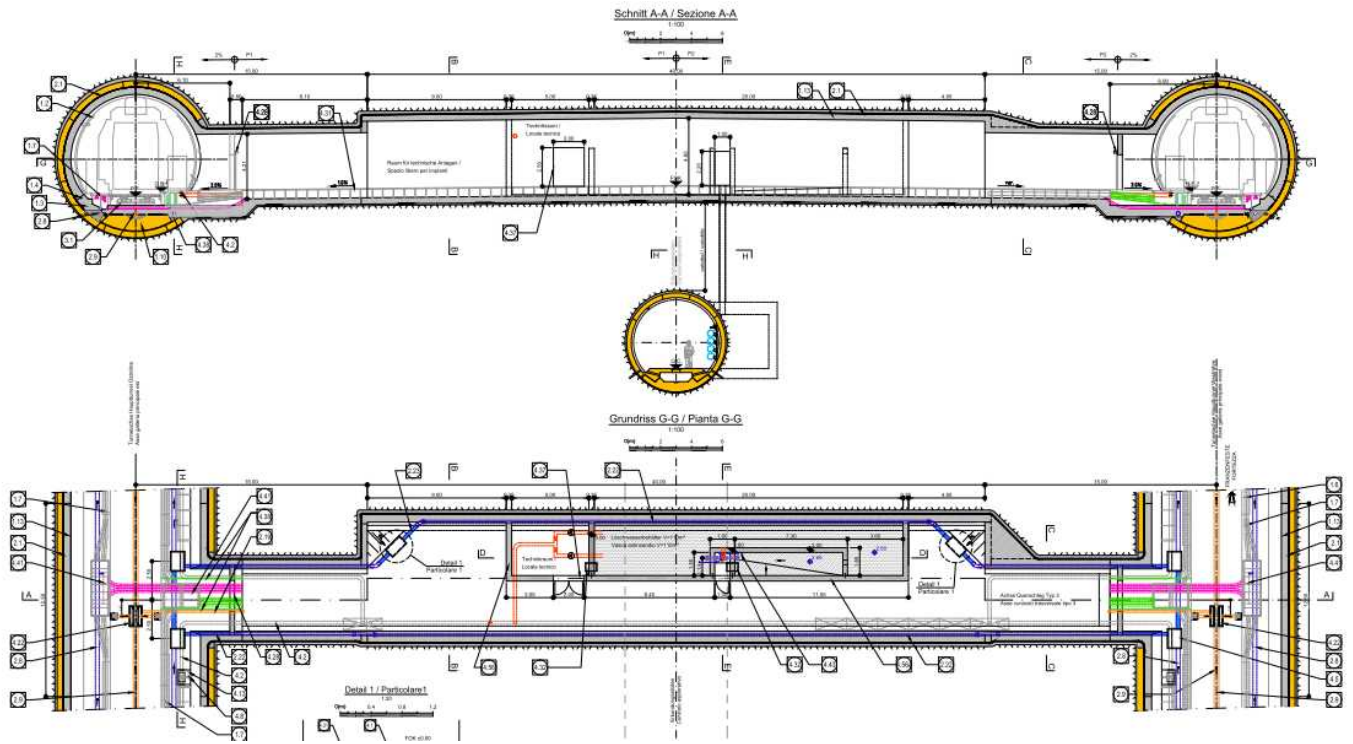


Abbildung 7: Querverbindung Typ 3. Querschnitt und Längsschnitt [67].

Figura 7: Cunicolo trasversale tipo 3 – Pianta e profilo longitudinale [67].

#### 2.2.5 Querverbindung Typ 4

Die Querverbindungen Typ 4 werden den Abschnitten zugeteilt, wo Bedarf nach Raum für elektrische Anlagen benötigt wird, da in den anderen Typologien dieser nicht ausreichend ist.

Die Querverbindungen Typ 4 sind durch einen konstanten ausgeweiteten Querschnitt gekennzeichnet, wie beim Typ 2 und 3.

Im Teil 3 ist eine einzelne Querverbindung Typ 4 anwesend, BP 32/2, die sich bei km 32.0+90 (bez. Ostrohr) befindet.

#### 2.2.5 Cunicolo trasversale tecnico (Tipo 4)

I cunicoli tipo 4 sono aggiuntivi e destinati unicamente agli impianti della trazione elettrica; sono stati previsti laddove lo spazio per gli impianti disponibile negli altri cunicoli è risultato insufficiente.

Essi sono caratterizzati da una configurazione a sezione costante, uguale a quella in allargato dei cunicoli di tipo 2 e 3.

Nella tratta in esame (Parte 3) è presente un unico cunicolo tipo 4 denominato BP 32/2 posizionato in prossimità del confine di stato al km 32.0+90 della canna est.



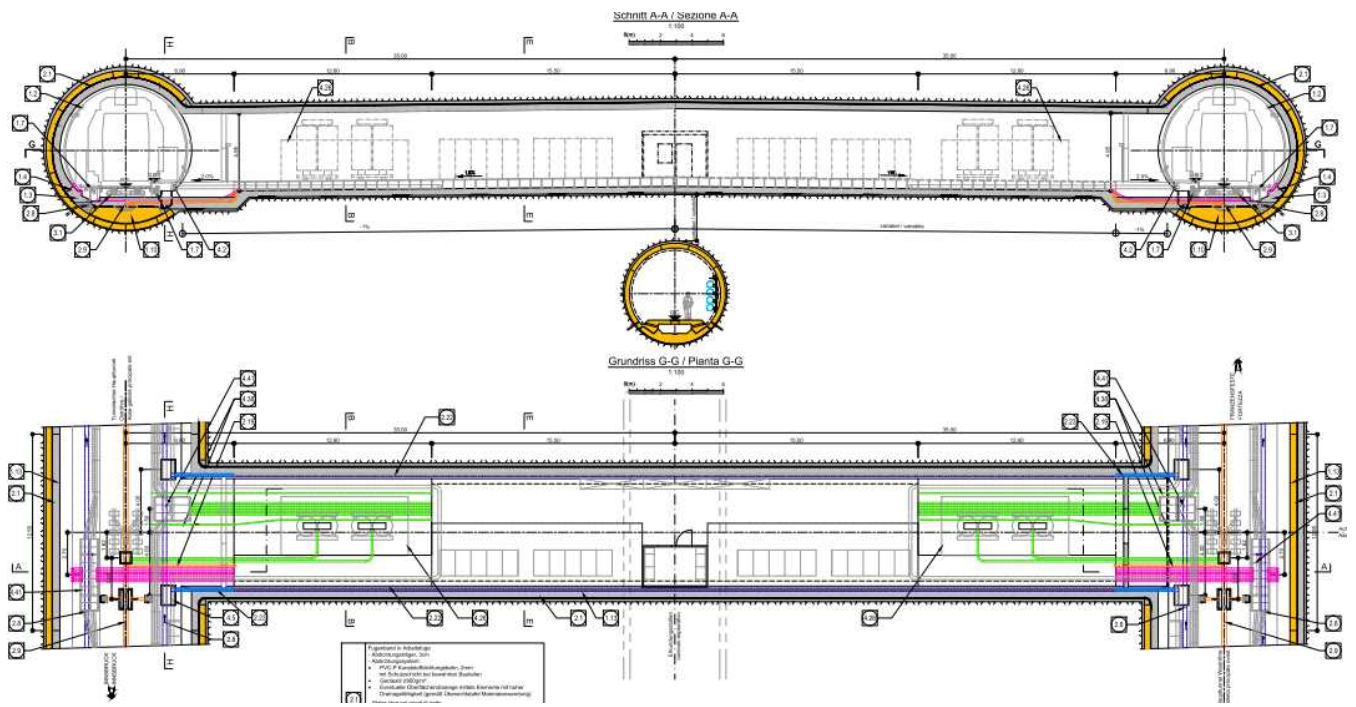


Abbildung 8: Querverbindung Typ 4. Querschnitt und Längsschnitt [68]

Figura 8: Cunicolo trasversale tecnico tipo 4 – Pianta e profilo longitudinale [68]

## 2.3 EIGENSCHAFTEN DES ERKUNDUNGSSTOLLENS, DER AUSWEICHE FÜR DIE BAULOGISTIK UND NISCHEN

### 2.3.1 Erkundungsstollen

Im Teil 3 erstreckt sich der Erkundungsstollen in der Hauptröhrenachse, mit einer um etwa 10-12 m tieferen Kote. Die Kilometrierung des Erkundungsstollens unterscheidet sich von der der Hauptröhren: Beim Erkundungsstollen fängt die Kilometrierung des Teils 3 südlich bei km 13.2+90 an, die km 46.0+14 des Ostrohres entspricht, und läuft in Richtung Norden bis zu km 27.2+17 (km 32.0+88 Ostrohr). Diese Strecke verläuft meistens geradelinig, die einzige planimetrische Kurve liegt zwischen km 21.8+33-21.8+40 mit einem Krümmungsradius von  $R = 10035$  m.

Unter dem Aspekt der Höhen bleibt die Neigung des Erkundungsstollens für 14 km konstant -3.907‰ ausgehend von der Staatsgrenze bis zu km 13.3+03. Ab Kilometer 13.3+03 bis zur Verbindung mit der vorhandenen Montagekaverne der TBM beträgt die Neigung -5.013‰. Weitere Details sind in [12] zu finden.

Analog zu den Hauptröhren ist auch der Erkundungsstollen mit Schild-TBM realisiert und somit dementsprechender Installation von vorfabrizierten Tübbing.

Entlang dieser Strecke ist die Anwendung zwei verschiedener Regelprofile vorgesehen. Diese unterscheiden sich in der Anwesenheit der Innenschale:

- Erkundungsstollen mit einschaliger Auskleidung;
- Erkundungsstollen mit Innenschale.

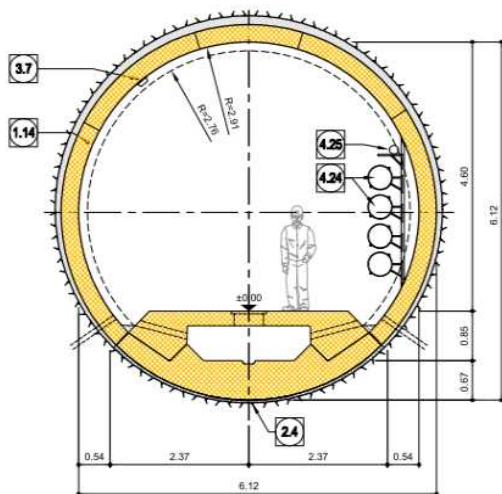


Abbildung 9: Erkundungsstollen, Regelprofil mit und ohne Innenschale [46]

## 2.3 CARATTERISTICHE DEL CUNICOLO ESPLORATIVO, PIAZZOLE LOGISTICHE E NICCHIE

### 2.3.1 Cunicolo Esplorativo

Il Cunicolo Esplorativo viene realizzato nella Parte 3 in asse alle due gallerie ferroviarie, ad una quota di circa 10 m – 12 m più bassa rispetto ad esse. Il chilometraggio del Cunicolo Esplorativo è differente da quello che caratterizza le Gallerie di Linea. La tratta di scavo del Cunicolo Esplorativo nella Parte 3 va partendo da sud dal km 13.2+90 (corrispondente al km 46.0+14 della canna est) fino al confine di stato al km 27.2+17 (corrispondente al km 32.0+88). Questa tratta è perlopiù rettilinea e l'unica curva planimetrica (di raggio  $R = 10035$  m) si trova tra il km 21.5+33 e il km 21.8+40).

Dal punto di vista altimetrico il tracciato del Cunicolo Esplorativo è caratterizzato da una pendenza costante per quasi 14 km di -3.907‰ a partire dal confine di stato fino al vertice in corrispondenza del km 13.3+03. Da quel punto fino al raccordo con l'esistente camerone di lancio della fresa, il cunicolo presenta una pendenza del -5.013‰. I dettagli dell'andamento altimetrico sono rilevabili dalle tavole di progetto [12].

Analogamente alle Gallerie di Linea, anche lo scavo del Cunicolo Esplorativo nella Parte 3 avverrà tramite TBM scudata con la messa in opera in continuo di anelli di conci prefabbricati.

In questa tratta è quindi prevista l'applicazione di due sezioni tipo che si differenziano per la presenza o meno di un rivestimento definitivo:

- Cunicolo Esplorativo ad anello singolo;
- Cunicolo Esplorativo con rivestimento definitivo.

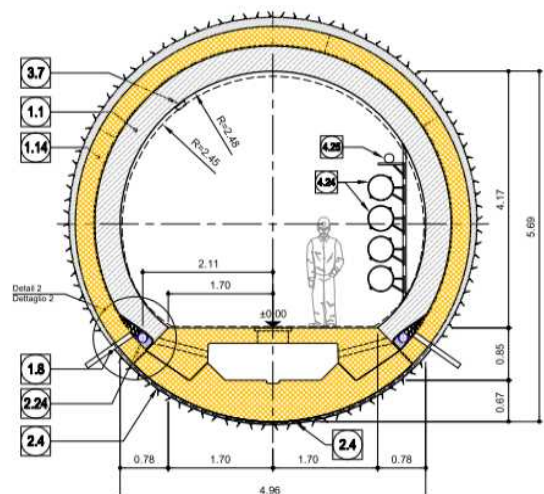
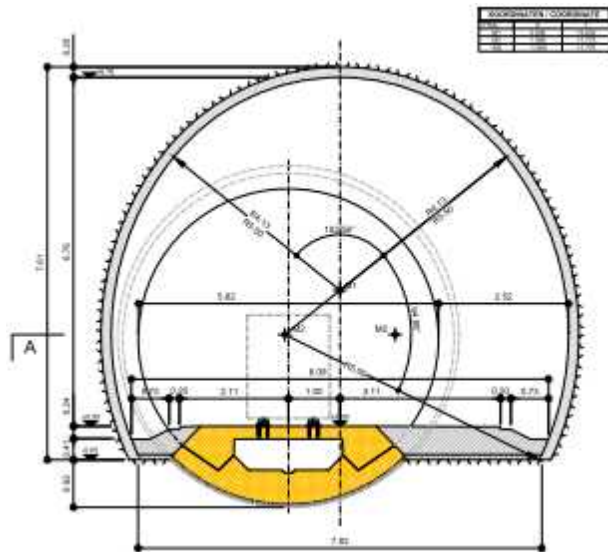


Figura 9: Cunicolo Esplorativo, sezione tipo applicata con e senza rivestimento definitivo [46]

### 2.3.2 Ausweiche für die Baulogistik

Entlang dem Erkundungsstollen sind Ausweiche für die Baulogistik alle 2 km verteilt. Da die Abmessungen des Erkundungsstollens sehr beschränkt sind, werden diese ausgeweiteten Querschnitte in der Bauphase für die Container, elektromechanischen Anlagen, Ventilation und für das Material gebraucht. Die Ausweiche für die Baulogistik sind 40 m lang, und werden in traditionellem Vortrieb vom Erkundungsstollen her realisiert. In der Abbildung 11 ist die Baulogistik während dem Bau dargestellt.



### 2.3.2 Piazzole logistiche

Lungo il tracciato del Cunicolo Esplorativo sono poste ogni 2 km delle piazzole logistiche che hanno, dato il diametro limitato del cunicolo, la funzione di alloggiare in fase di costruzione i container di sicurezza, gli impianti elettromeccanici e di ventilazione, il materiale necessario per i lavori. Le piazzole hanno una lunghezza di 40 m ed il loro scavo avverrà con metodi tradizionali tramite allargo del Cunicolo Esplorativo. Nella Figura 10 è rappresentata la piazzola logistica in fase di costruzione.

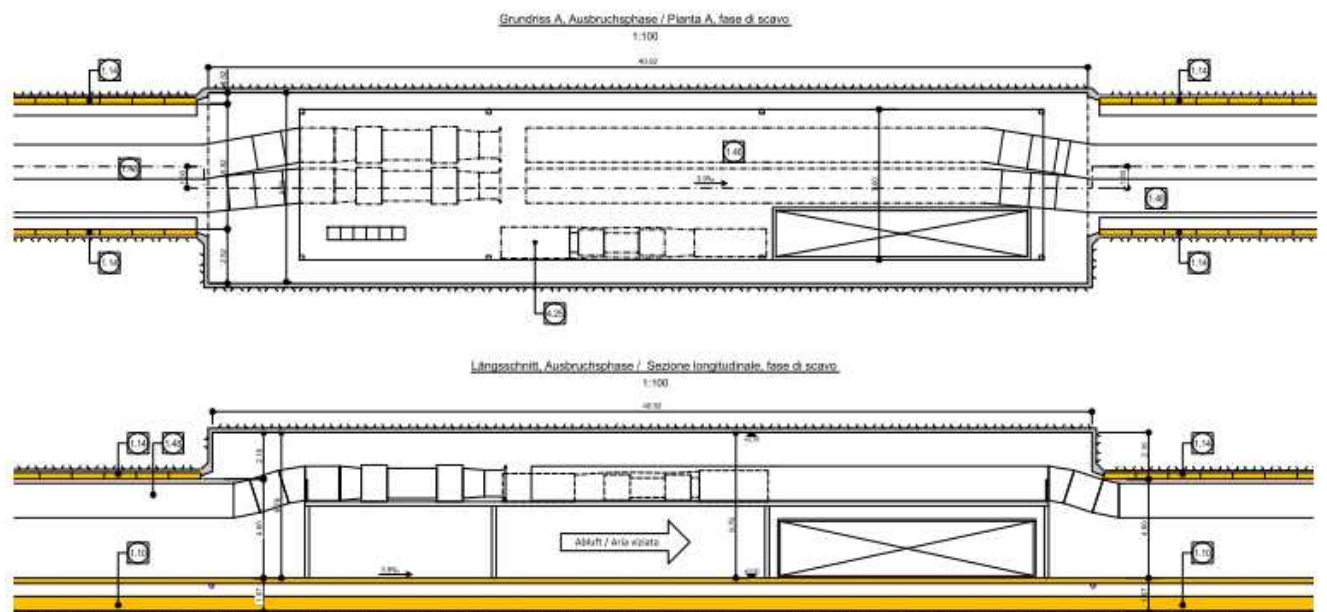
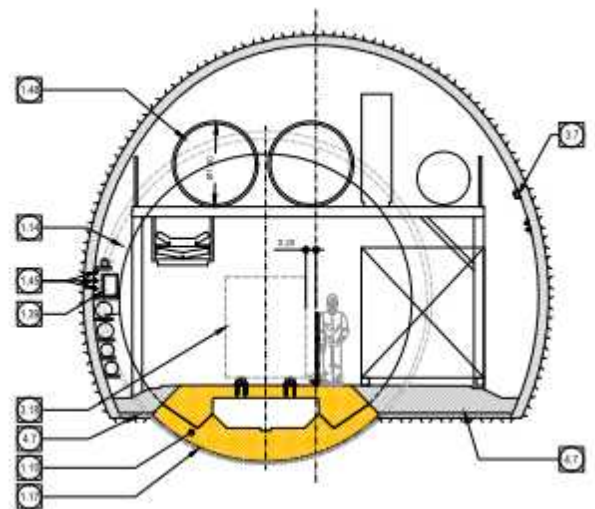


Abbildung 10: Ausweiche für Baulogistik, Querschnitt und Längsschnitt in Ausbruchphase [47].

Figura 10: Piazzola logistica. Sezione, pianta e profilo longitudinale in fase di scavo [47].

### 2.3.3 Nischen

Entlang des Erkundungsstollens sind im Bereich der vertikalen Verbindungen zwischen dem Erkundungsstollen und den Querverbindungen drei verschiedene Arten von Nischen geplant. Man unterscheidet zwischen folgenden Nischenarten:

#### **Nischen bei den Querverbindungen Typ CT1**

Die Nischen des Erkundungsstollens im Bereich der Querverbindungen Typ 1 dienen der Ableitung des Gebirgswassers (Abb. 5). Die Verbindung erfolgt allein über ein Bohrloch von 50 cm Durchmesser, in dem das Ableitungsrohr untergebracht ist. Diese Verbindungen sind bei den Querverbindungen 33/2, 35/1 und 38/2 geplant.

Die Abmessungen der Nischen sind entsprechend der Form im Grundriss variabel zwischen 1.9 m bis 4.2 m bei einer max. Höhe in der Kalotte von 3.7 m. In den Abbildungen 11 und 12 wird die Nischengeometrie dargestellt.

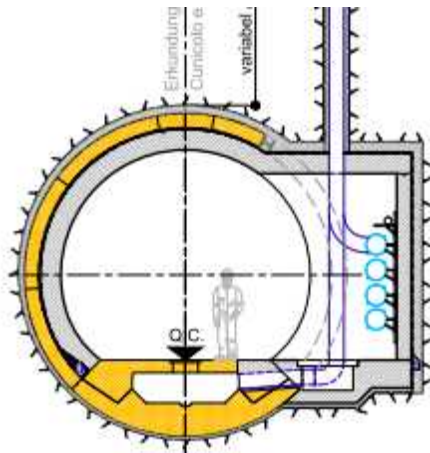


Abbildung 11: Regelquerschnitt Nische bei den Querverbindungen Typ CT1 (Abbildung links)

Abbildung 12: Grundriss Nische bei den Querverbindungen Typ CT1 (Abbildung rechst)

#### **Nischen bei den Querverbindungen Typ CT2**

Entlang des Abschnittes des Erkundungsstollens sind sechs Nischen im Bereich der Querverbindungen Typ 2 mit vertikalem Verbindungsschacht (Abbildung 6) vorgesehen. Diese Nischen mit vertikalem Verbindungsschacht dienen der Aufnahme der Ableitungen für das Gebirgs- und Fahrbahnwasser, sowie als Verbindungsweg für das Personal. Diese Nischen sind im Bereich der Querverbindungen 34/2, 36/2, 37/3, 41/2, 39/3 und 43/2 geplant.

Die Abmessungen der Nischen belaufen sich auf 4.6 m im Grundriss bei einer max. Höhe in der Kalotte von 3.5 m. In

### 2.3.3 Nicchie

Lungo il tracciato del Cunicolo Esplorativo sono previste tre tipi di nicchie collocate in corrispondenza dei collegamenti verticali tra il Cunicolo Esplorativo ed i cunicoli trasversali. Si distinguono le seguenti tipi di nicchie:

#### **Nicchie in corrispondenza Cunicoli Traversali tipo CT1**

Le nicchie del Cunicolo Esplorativo in corrispondenza dei Cunicoli Traversali tipo 1 servono per lo scarico delle acque di ammasso (Figura 5). Il collegamento è dato unicamente da un foro di diametro di 50 cm per l'installazione del tubo di scarico. Tali collegamenti sono previsti ai Cunicoli Traversali 33/2, 35/1 e 38/2.

Le dimensioni utili delle nicchie sono, data la forma, variabili da 1.9 m fino a 4.2 m in pianta per un'altezza massima in calotta di 3.7 m. Nelle figure Figura 11 e Figura 12 è riportata la geometria della nicchia.

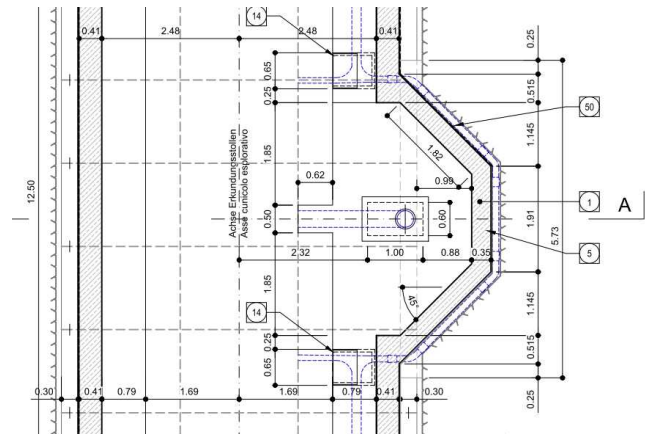


Figura 11: Sezione tipo applicata nicchia in corrispondenza dei Cunicoli Traversali tipo CT1 (Figura a sinistra).

Figura 12: Pianta nicchia in corrispondenza dei Cunicoli Traversali tipo CT1 (Figura destra)

#### **Nicchie in corrispondenza Cunicoli Traversali tipo CT2**

Lungo la tratta del Cunicolo Esplorativo sono previste sei nicchie in corrispondenza dei Cunicoli Traversali tipo 2 con pozzo verticale di collegamento (Figura 6). Queste nicchie con pozzo verticale sono previste per l'alloggio dei tubi di scarico delle acque di ammasso e di piattaforma oltre ad un collegamento per il personale. Tali nicchie sono previste in corrispondenza dei Cunicoli Traversali 34/2, 36/2, 37/3, 41/2, 39/3 e 43/2.

Le dimensioni utili delle nicchie sono pari a 4.6 m in pianta per un'altezza massima in calotta di 3.5 m. Nelle figure

Abb. 13 und 14 wird die Nischengeometrie dargestellt.

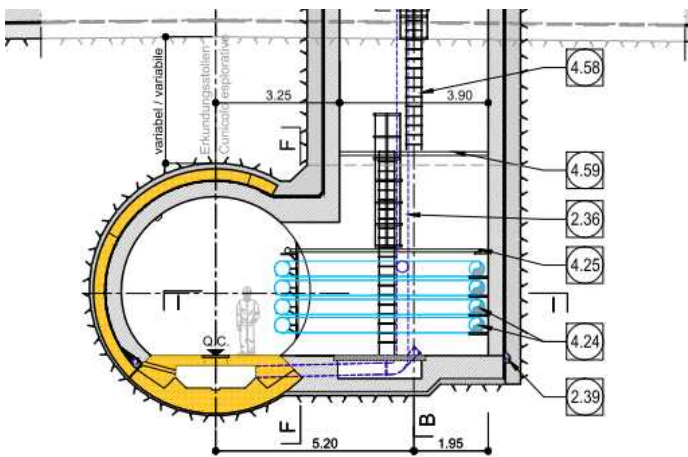


Abbildung 13: Regelquerschnitt Nische bei den Querverbindungen Typ CT2 (Abbildung links)

Abbildung 14: Grundriss Nische bei den Querverbindungen Typ CT2 (Abbildung rechst)

### Nische bei der Querverbindung Typ CT3

Bei Km 39+333 (CT 39/2) findet sich die die einzige Querverbindung des Typs 3, in der die Brandschutzbecken untergebracht sind. Bei dieser Querverbindung ist im Bereich des Erkundungsstollens eine Nische für die Betriebseinrichtungen der Brandschutzanlage vorgesehen. Querverbindung und Erkundungsstollen sind allein über ein Bohrloch von 60 cm durchmesser verbunden.

Die Abmessungen der Nischen belaufen sich auf 3.9 m im Grundriss bei einer max. Höhe in der Kalotte von 3.5 m. In Abb. 15 und 16 wird die Nischengeometrie dargestellt.

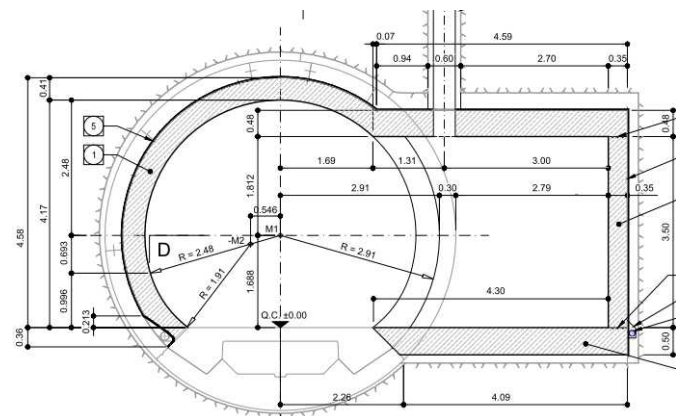


Abbildung 15: Querschnitt Nische bei der Querverbindung Typ CT3 (Abbildung links)

Abbildung 16: Grundriss Nische bei der Querverbindung Typ CT3 (Abbildung rechst)

Figura 13 e Figura 14 è riportata la geometria della nicchia.

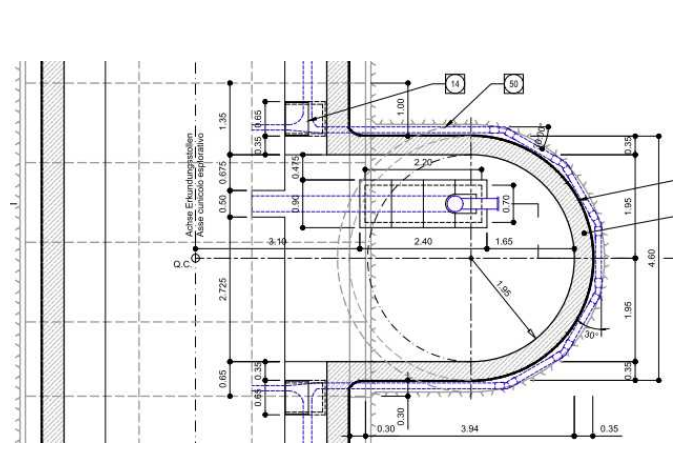


Figura 13: Sezione tipo applicata nicchia in corrispondenza dei Cunicoli Trasversali tipo CT2 (Figura a sinistra).

Figura 14: Pianta nicchia in corrispondenza dei Cunicoli Trasversali tipo CT2 (Figura destra)

### Nicchia in corrispondenza Cunicolo Traversale tipo CT3

Al km 39+333 (CT 39/2) è collocato l'unico Cunicolo Trasversale tipo 3 nel quale sono predisposte le vasche antincendio. In corrispondenza del citato Cunicolo Trasversale, a livello Cunicolo Esplorativo, è prevista una nicchia per predisposizione degli impianti necessari al funzionamento del sistema antincendio. Il Cunicolo Trasversale ed il Cunicolo Esplorativo sono collegati unicamente da un foro di diametro 60 cm.

Le dimensioni utili delle nicchie sono pari a 3.9 m in pianta per un'altezza massima in calotta di 3.5 m. Nelle figure Figura 15 e Figura 16è riportata la geometria della nicchia.

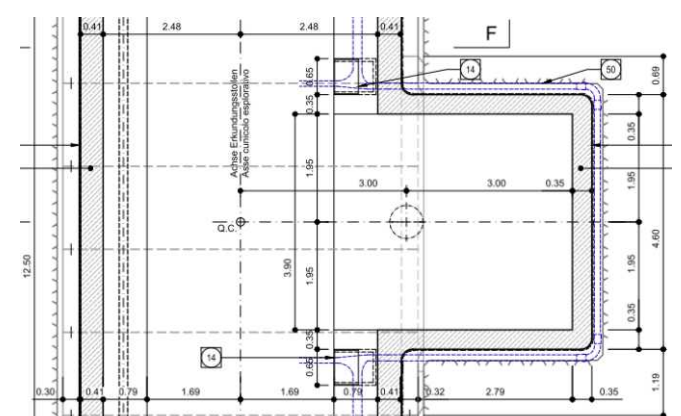


Figura 15: Sezione nicchia in corrispondenza del Cunicolo Trasversale tipo CT3 (Figura a sinistra).

Figura 16: Pianta nicchia in corrispondenza dei Cunicoli Trasversali tipo CT2 (Figura destra)

### **3 GEOLOGISCHE UND GEOMECHANISCHE GRUNDLAGEN, PROJEKTRELEVANTE KENNWERTE**

#### **3.1 ZIELE DES STUDIUMS**

Im folgenden Kapitel ist die Definition der Bemessungsschnitte beschrieben, die zur Dimensionierung der Innen- und Aussenschale dienen, also von der Nothaltestelle bis zur Staatsgrenze.

Für weitere Details bezüglich der geologischen hydrogeologischen und geomechanischen Verhältnisse, die nicht im vorliegenden Dokument eingetragen sind, verweisen wir auf:

- Allgemeiner geomechanischer Bericht
- Geomechanischer Detailbericht
- Geomechanisches Prognoseprofile der verschiedenen Bauwerke
- Zusammenfassung der geologischen und hydrogeologischen Informationen

Innerhalb eines Bemessungsschnitts sind die geologischen Verhältnisse homogen und deswegen stellen diese die Basis zur Auswahl der Ausbruchsquerschnitte und deren Dimensionierung dar.

Die folgende geologische Situation ist aus der kritischen Analyse der vorhandenen, in verschiedenen Detaillierungsphasen gesammelten, Dokumentation hergeleitet worden

#### **3.2 GEOLOGISCHER HINTERGRUND**

##### **3.2.1 Regionaler geologischer Aufbau**

Die Trasse des Brenner-Basistunnels ist geografisch im zentralen Bereich der Ostalpen gelegen und quert die Alpen von Innsbruck (Österreich) bis zum Franzén (Italien), östlich des Brennerpasses.

In Abbildung 17 ist der geologische Aufbau des Projektumfanges dargestellt.

##### **3.2.2 Struktureller Aufbau**

Die Trasse des Brenner-Basistunnels quert im italienischen Projektraum alle tektonischen Grosseinheiten der zentralen Ostalpen (Einheiten des Tauernfensters, ostalpines Kristallin südlich des Tauernfensters) sowie die Grenze zwischen Ostalpin und Südalpin. Die tektonischen Kontakte dieser Einheiten entsprechen zum Teil krustenmassstäblichen

### **3 BREVE CENNO DI GEOLOGIA, GEOMECCANICA E DATI DI INTERESSE PROGETTUALE**

#### **3.1 OBIETTIVI DELLO STUDIO**

Il presente capitolo - relativo alle opere generali Parte 3 - tratta in particolare la definizione dei settori di calcolo per la definizione degli interventi di prima fase e definitivi del Cunicolo Esplorativo (tratta scavata con TBM scudata) e delle Gallerie Principali nella tratta Fermata di emergenza – Confine.

Per tutti i dettagli riguardanti le condizioni geologiche, idrogeologiche e geomeccaniche del progetto non contenute nel presente documento si rimanda alla seguente documentazione:

- Relazione geomeccanica generale
- Relazione geomeccanica di dettaglio
- Profili geomeccanici e progettuali di previsione delle diverse parti d'opera
- Sintesi delle informazioni geologiche e idrogeologiche

I settori di calcolo sono caratterizzati al loro interno da condizioni geologiche omogenee e sono alla base dell'individuazione delle sezioni di scavo e consolidamento e del loro dimensionamento.

Il contesto geologico riportato nel presente documento deriva dall'esame critico della documentazione di carattere geologico prodotta nelle diverse fasi di approfondimento progettuale.

#### **3.2 CONTESTO GEOLOGICO**

##### **3.2.1 Assetto geologico regionale**

Il tracciato della Galleria di Base del Brennero è situato, dal punto di vista geografico, nella parte centrale delle Alpi orientali e attraversa l'arco alpino da Innsbruck (Austria) fino a Fortezza (Italia) ad est del passo del Brennero.

Nella Figura 17 si mostra l'assetto geologico generale dell'area di progetto.

##### **3.2.2 Assetto strutturale**

Il tracciato della Galleria di Base del Brennero attraversa, nella parte italiana, tutte le maggiori unità tettoniche centrali delle Alpi orientali (unità della Finestra dei Tauri, cristallino dell'Austroalpino a S della Finestra dei Tauri) così come il limite di placca tra l'Austroalpino ed il Sudalpino. I contatti tettonici di queste unità corrispondono in parte a faglie

spröden Störungen, die lateral und vertikal über grosse Distanzen verfolgbar sind und die zu den grössten bekannten Störungssystemen in den Alpen zählen.

Selbst wenn nicht direkt wird der Tunnel über weite Strecken im Einflussbereich der duktilen Brenner-Abschiebung betroffen, mit einer flach bis mittelsteil W-gerichteten Abschiebung (sekundäre duktile und spröde Extensionsstrukturen), die wesentlich mit der Deformations- und Metamorphosegeschichte im Tauernfensterabschnitt verknüpft ist und welche die Grenze zwischen Penninikum (Tauernfenster) und Ostalpin für den Projektabschnitt darstellt.

Die meisten Grossstörungen im Planungsraum sind Produkte der tertiären (oligozänen und miozänen) tektonischen Entwicklung, die durch das ostgerichtete Ausweichen der Einheiten des Tauernfensters und die nordgerichtete Bewegung der südalpinen Einheiten gekennzeichnet ist. Dieser Prozess beschreibt die Aufdomung und Abkühlung des Tauernfensters, das unter der Brennerabschiebung tektonisch exhumiert wird und welches sich zwischen der Inntalstörung und der Pustertalstörung um ca. 20-30 km nach Osten bewegt.

#### **Spröde Deformation: Störungen und Klüfte**

Zusammenfassend werden die folgenden regionalen Störungssysteme für die interessierte Strecke dargestellt. Für die Zuteilung einer Störung zu dem bezüglichen System ist erstens deren Orientierung massgebend und zweitens deren Kinematik, falls bestimmbar. Daraus resultiert, dass die Störungen innerhalb eines System anhand ihres Alters, ihrer Tiefe und der umliegenden Gebirge variieren kann.

Folgende Störungssysteme werden für den vorliegenden Planungsabschnitt definiert:

- Wipptal-Störungssystem (SZ-WT): flach bis steil nach W und O einfallende Abschiebungen im Zusammenhang mit der Brenner-Abschiebung;
- Pfitschtal-Störungssystem (SZ-VI): ENO-WSW- bis annähernd O-W-streichende steilstehende Störungen im Nahbereich des Pfitschtales;
- Afener Störungssystem (SZ-AV): NNO-SSW-streichende steilstehende Störungen, sinistrale Seitenverschiebungen und steile WNW-OSO-gerichtete (Schräg-)Abschiebungen im gesamten Planungsbereich;
- Tulfen Störungssystem (SZ-TU): WNW-OSE streichende steilstehende Störungen. Dieses

fragili alla scala della crosta, che si estendono lateralmente e verticalmente per lunghe distanze ed appartengono ai più grandi e noti sistemi di faglie delle Alpi.

Seppur non attraversandola direttamente, la galleria in progetto interesserà su lunghe distanze la zona d'influenza della Faglia diretta del Brennero, con un'immersione da basso a medio angolo verso W (strutture di estensione secondarie, duttili e fragili), legata essenzialmente alla storia deformativa e metamorfica della Finestra dei Tauri occidentale, e che costituisce nel settore di progetto il limite tra il Dominio Pennidico (Finestra dei Tauri) ed il Dominio Austroalpino.

La maggior parte della faglie principali nell'area di progetto, prodotti dell'evoluzione tettonica terziaria (Oligocene e Miocene), sono caratterizzate da estrusione verso E delle unità della Finestra dei Tauri e da movimento verso N delle unità Sudalpine. Tale processo ha determinato la formazione del duomo ed il raffreddamento della Finestra dei Tauri, esumata tettonicamente ad est della Faglia del Brennero, e che si sviluppa tra la Faglia dell'Inntal e la Faglia della Val Pusteria per circa 20-30 km.

#### **Deformazione fragile: faglie e fratture**

In sintesi possono essere definiti dei sistemi di faglia regionali per il tratto oggetto di progettazione. Risulta determinante per l'assegnazione di una certa faglia a un sistema definito, in prima linea, l'orientamento della faglia in oggetto e, in secondo luogo e se determinabile, la cinematica. Da ciò risulta che la configurazione della faglia può variare all'interno di un sistema a seconda dell'età e della profondità della formazione nonché delle rocce circostanti.

Per il tratto oggetto di progettazione vengono definiti i sistemi di faglia di seguito indicati:

- Sistema di Faglia del Wipptal (SZ-WT): Faglie dirette che si immergono con pendenza da ridotta ad elevata verso W e E nel contesto della faglia diretta del Brennero;
- Sistema di Faglia della Val di Vizze (SZ-VI): Faglie subverticali con direzione da ENE-WSW a pressoché E-W in corrispondenza della Val di Vizze;
- Sistema di Faglia di Avenes (SZ-AV): Faglie subverticali con direzione NNE-SSW, trascorrenze sinistrali e faglie dirette (trasversali) ripide immergenti verso WNW e ESE in tutta l'area di progetto;
- Sistema di Faglia di Tulfes (SZ-TU): Faglie subverticali con direzione WNW-ESE. A livello locale, ovvero

Störungssystem tritt untergeordnet auf. Lokal vermehrt ist es im Bereich von Tulfer über den Pretzkofel Richtung Sengesalm verlaufend anzutreffen;

- Tauernsüdrand-Störungssystem (SZ-TWS): S-vergente Schrägaufschubung am Südrand des Tauernfensters; dieses System ist auf den direkten Nahbereich des Tauernfenster-Südrandes begrenzt und beschränkt sich wahrscheinlich auf eine Störung im Form der Deckengrenze.

nell'area da Tulves attraverso il monte Pretzkofel in direzione della malga di Senges, questo sistema si presenta più frequentemente;

- Sistema di Faglia del limite meridionale dei Tauri (SZ-TWS): Faglia inversa S-vergente presso il limite meridionale della Finestra dei Tauri. Questo sistema si limita all'area direttamente interessata dal limite meridionale della Finestra dei Tauri e, presumibilmente, alla zona direttamente interessata dal limite delle falde.



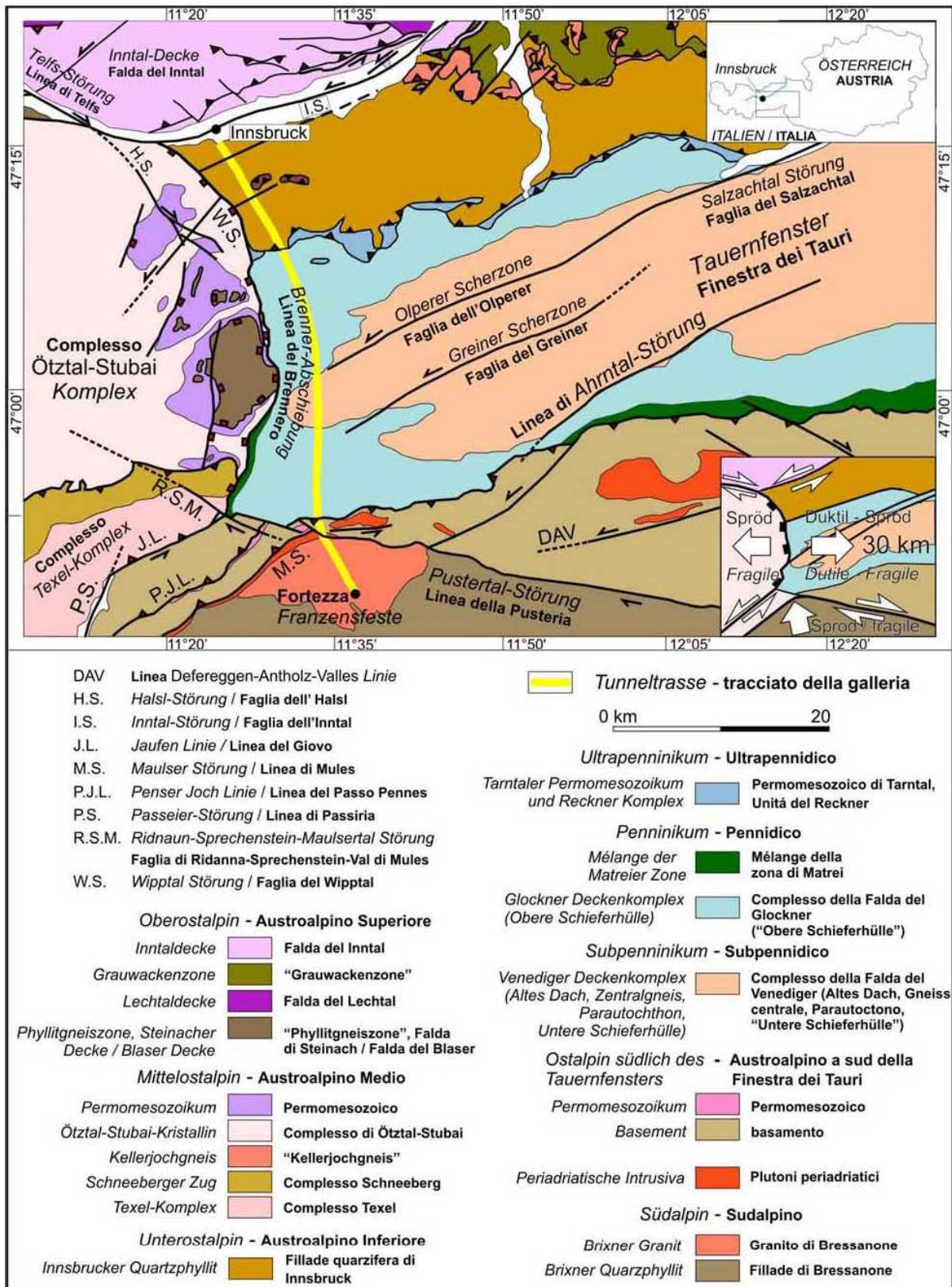


Abbildung 17: Geologische Übersichtskarte des Projektumfangs

Figura 17: Carta geologica dell' area di progetto

### 3.2.3 Hydrogeologischer Aufbau

#### Wasserzutritte

Die hydrogeologische Situation im Projektgebiet kann hinsichtlich dem Inhalt der Berichte und der hydrogeologischen Längsschnitte wie folgt zusammenfasst werden:

Nördlich der periadriatischen Zone, ausgeschlossen Störzonen, sind für den Ausbruch des Erkundungsstollens weite Schieferabschnitte (insbesondere im Bereich der kalkarmen Bündnerschiefer, dem Paragneis und Amphibolit des Ostalpins und dem Zentralgneis) prognostiziert, wobei Wasserzutritte  $< 0.2 \text{ l/s/10m}$  pro Rohr auftreten können. Die maximalen Schüttungen werden auf  $0.4\text{-}2\text{l/s/10m}$  Tunnel prognostiziert.

Generell in den Abschnitten der kalkreichen Bündner Schiefer, Marmore und Seidlwinkel Formationen werden wahrscheinliche Wasserzutritte von  $0,4\text{-}2\text{l/s/10m}$  Tunnel prognostiziert. Die maximalen Wassermengen werden auf  $2\text{-}10 \text{ l/s/10m}$  Tunnel prognostiziert.

Für die Störungszonen werden instationäre Wasserzutritte  $Q$  [ $\text{l/s} / 10 \text{ m}$ ] prognostiziert.

Die kumulierten, stabilisierten Wassermengen, die aus dem Erkundungsstollen nördlich der periadriatischen Zone abfließen, wurden konservativ gleich  $100\text{l/s}$  abgeschätzt.

In den Störungszonen sind mächtigere Wasserzutritte in der Damage Zone vorgesehen, und daher in der Core Zone kleinere Durchlässigkeit und Volumen.

### 3.3 GEOMECHANISCHE HOMOGENBEREICHE

#### 3.3.1 Allgemein

Die geomechanischen Homogenbereiche entlang dem Erkundungsstollen und den Hauptröhren nördlich der Mauls Fenster sind im geomechanischen Bericht – Detail und in den voraussichtlichen geomechanischen- und Projektierungsprofilen beschrieben.

#### 3.3.2 Identifizierungskriterien der Gesteinmassentypen

Im Allgemeinen kommen die geomechanischen Homogenbereiche von den tektonischen Einheiten des Projekts her. Die Homogenbereiche werden weiter aufgrund der prognostizierten lithologischen Einheiten (Gesteinstypen) in Gesteinsarten unterschieden.

Die Gebirgsarten sind aus einer einzelnen (oder einer vorherrschenden) lithologischen Einheit charakterisiert, und

### 3.2.3 Assetto idrogeologico

#### Venute idriche

Le condizioni idrogeologiche lungo lo sviluppo delle opere in progetto, definite sulla base dei contenuti delle relazioni e dei profili idrogeologici, possono essere così sintetizzate.

Nel settore a nord del Lineamento Periadriatico, con esclusione delle zone di faglia, per lo scavo del Cunicolo Esplorativo sono pronosticabili in ampi tratti dei calcescisti (in particolare dei calcescisti poco calcarei, dei paragneiss, delle anfiboliti dell'Austroalpino e dello gneiss centrale) delle venute d'acqua in regime transitorio, per ogni galleria, inferiori a  $0,2\text{l/s/10m}$  di galleria con punte massime di  $0,4\text{-}2\text{l/s/10m}$  di galleria.

Nei tratti dei calcescisti molto calcarei, dei marmi e delle formazioni evaporitiche vengono pronosticate delle probabili venute d'acqua in regime transitorio pari, per ogni galleria, a  $0,4\text{-}2\text{l/s/10m}$  di galleria, con punte massime pari a  $2\text{-}10 \text{ l/s/10m}$  di galleria.

Nelle zone di faglia si prevedono venute d'acqua a regime transitorio generalmente superiori a  $10 \text{ l/s/10 m}$ .

Le portate stabilizzate cumulate defluenti dal cunicolo a nord del Lineamento Periadriatico sono stimate in circa  $100 \text{ l/s}$  arrotondando cautelativamente per eccesso.

Per quanto riguarda le zone di faglia in linea di massima si prevedono venute d'acqua maggiori nelle Damage Zones, mentre nelle Core Zones la conducibilità idraulica e di conseguenza il volume delle venute sono inferiori.

### 3.3 DOMINI GEOMECCANICI OMOGENEI

#### 3.3.1 Generalità

I domini geomeccanici omogenei lungo lo sviluppo del Cunicolo Esplorativo e delle gallerie principali a nord della finestra di Mules sono definiti e caratterizzati nella relazione geomeccanica di dettaglio e nei profili geomeccanici e progettuali di previsione.

#### 3.3.2 Criteri di individuazione dei tipi di ammasso roccioso

In linea generale i domini geomeccanici sono principalmente basati sulle unità tettoniche presenti nell'area di progetto. Questi domini sono a loro volta suddivisi sulla base dei dati litologici in diversi tipi di ammasso roccioso (unità geomeccanica omogenea di base).

I tipi di ammasso sono caratterizzati da una singola litologia o da una litologia prevalente nel caso siano presenti più tipi

stellen den kleinsten geomechanischen Grundstein für die Projektgrafik dar.

Die Bezeichnung der Gebirgsarten ist 3-teilig:

- Tektonische Einheit: z.B. ZG (Zentralgneis)
- Lithologische Einheit: Abkürzung entsprechend dem Hauptgestein, z.B. G (Gneis)
- Name des strukturellen Homogenbereiches, z.B. 1b

Die Homogenbereiche der Projektstrecke gruppieren und lokalisieren die Anwesenheit von den verschiedenen Lithologien. Die Verteilung dieser lithologischen Einheiten innerhalb der Homogenbereiche ist in Prozentanteil angegeben.

Ausserdem zeigen die geomechanischen Parameter schwankende Veränderungen innerhalb desselben Homogenbereiches, wegen der Komplexität der charakterisierenden tektonischen und lithologischen Einheiten.

Da die Überlagerung entlang der Projektierungsstrecke und die geologische Komplexität sehr hoch sind, bleiben die Vorhersagen auch relativ unsicher, insbesondere dort wo die eigenen Einheiten wiederholend zusammenfallen. Lokale Bohrungen erlauben genaue Abgaben über die Lithologien und ihre mechanischen Eigenschaften.

### 3.3.3 Kriterien zur Bestimmung der Bemessungsschnitte

Aus Projektierungszwecken wurden die vorherig und im detaillierten geomechanischen Bericht [31] definierten geomechanischen Homogenbereiche in Bemessungsschnitte weitergruppiert. Diese dienen nicht nur zur Bestimmung der Widerstands- und Verformungsparameter, sondern auch als Mass für den Einsatz der verschiedenen Regelprofile und Konsolidierungsmassnahmen.

Der intensive Rückzug der tektonischen Einheiten, der die Projektierungszone charakterisiert, verursacht die Wiederholung der Gebirgsarten.

Durch diese Wiederholung zeigen die Homogenbereiche sehr ähnliche Charakteristika.

Die Auswahl, aus Projektierungsgründen, die Homogenbereiche in Bemessungsschnitte weiter zu gruppieren, kommt aus zwei Überlegungen:

- Die Ungewissheit der exakten Lage der Lithologien

litologici che non possono essere separati alla scala degli elaborati grafici relativi al progetto.

La denominazione dei tipi di ammasso roccioso riassume quindi tre elementi:

- Unità tettonica: ad es. ZG - Gneis centrale
- Unità litologica: abbreviazione in funzione della litologia dominante, ad es. G... Gneis
- Numero progressivo dell'ammasso roccioso: ad es. 1b

I domini geomeccanici omogenei individuati nell'area di progetto definiscono in quali tratte delle gallerie è possibile o certa la presenza dei differenti tipi di ammasso descritti. La distribuzione dei differenti ammassi all'interno di questi domini è però fornita solamente in valori percentuali.

Inoltre i parametri geomeccanici presentano variazioni più o meno grandi all'interno dei domini omogenei a seconda della complessità delle singole unità tettoniche e del conseguente numero e tipo di ammasso roccioso e che le caratterizzano.

Data l'elevata copertura che caratterizza il tracciato del tunnel e la complessità geologica dell'area di progetto l'incertezza della previsione, in particolare sulla posizione dove le differenti litologie e/o tipi di ammasso roccioso possono essere incontrate lungo le gallerie, rimane grande. Solo localmente i sondaggi effettuati offrono delle indicazioni precise sulle litologie presenti a quota gallerie e sulle loro caratteristiche meccaniche.

### 3.3.3 Criteri di individuazione dei settori di calcolo

Ai fini della progettazione i domini geomeccanici omogenei definiti nel paragrafo precedente, e descritti nella relazione geomeccanica di dettaglio della parte 3 [31], sono stati ulteriormente raggruppati in settori per il calcolo dei parametri di resistenza e deformabilità d'ammasso ai fini della individuazione delle sezioni di scavo e consolidamento e del loro dimensionamento.

L'intenso ripiegamento delle unità tettoniche che caratterizza la zona di progetto provoca il ripetersi lungo il tracciato della galleria delle stesse unità tettoniche.

Questo ripetersi delle unità tettoniche lungo il tracciato comporta che diversi domini omogenei, che si basano principalmente sulle unità tettoniche, presentino caratteristiche molto simili o pressoché identiche tra loro.

La scelta, ai fini della progettazione, di riunire alcuni dei tredici domini omogenei in modo da formare sei settori di calcolo è legata a due fattori principali.

- Da un lato all'incertezza sull'esatta posizione

innerhalb des Homogenbereiches.

- Die Vortriebsmethode, die für den Erkundungsstollen und für die Hauptröhre angewendet wird, ist der Schild-TBM Vortrieb, mit Anwendung von Tübbing aus Stahlbeton.

Dieser Vortrieb erlaubt eine sehr beschränkte Beobachtung des Gebirges und Überprüfung der Eignung ihres Modells.

Ausserdem wurde die Anwendung von mehreren Homogenbereichen für die statischen Berechnungen der voraussichtlichen Zusammensetzung der Lithologie entsprechen, jedoch wäre diese Methode nicht nützlich für eine Verfeinerung der Projektierung.

Aus diesem und weiteren Gründen wurde beschlossen, einen Tübbingssystem für die ganze Ausbruchslänge anzuwenden, welcher die Standsicherheit des Gebirges in allen Bemessungsschritten gewährleisten wird.

Auf jeden Fall wäre der Einsatz von verschiedenen, zu den Lithologien angepassten Tübbing unmöglich, nicht nur Aufgrund der schwierigen Lokalisierung der Gebirgstypen (wegen der Schild-TBM), sondern auch aus logistischen und zeitlichen Gründen, damit die Tübbing für die entsprechenden Verhältnisse vorbereitet und installiert werden.

Die Bezeichnung der Bemessungsschnitte fasst sich wie folgt zusammen:

- Zahl des Bemessungsschnittes: z.B. OB-1
- Tektonische Einheit: z.B. ZG (Zentralgneis)

Für jeden Homogenbereich sind die folgenden geomechanische Parameter bestimmt worden:

- Parameter des Gebirgsartes
  - $\gamma$  ist das Eigengewicht des Gebirges
  - $\sigma_{ci}$  ist der einachsiale Druckwiderstand der Matrix
  - $m_i$  ist ein Krümmungsparameter von der triachsialen Geflechtbruch des Gebirges
  - $E_i$  ist das Verformungsmodul der Matrix
- Parameter des Homogenbereiches
  - RMR ist das Rock Mass Rating 1989

lungo le gallerie dei singoli tipi di ammasso all'interno dei domini omogenei.

- Dall'altro lato al tipo di avanzamento scelto per il Cunicolo Esplorativo e le gallerie principali nella tratta verso il confine di stato, che prevede l'utilizzo di frese scudate ed un rivestimento in continuo con conci in calcestruzzo armato.

Il tipo di avanzamento permette una visione molto parziale dell'ammasso, rendendo difficile la verifica in continuo dell'attendibilità del modello geologico.

Inoltre l'utilizzo per i calcoli di stabilità di un numero maggiore di domini omogenei rispecchierebbe la distribuzione prevista lungo la tratta, ma non permetterebbe nel caso specifico di queste gallerie un ulteriore affinamento della progettazione.

In base anche a queste considerazioni è stato inoltre deciso di utilizzare un rivestimento in anelli di conci prefabbricati lungo tutto il tracciato che garantisca la stabilità del cavo lungo gran parte dello scavo ed in tutti i settori di calcolo.

In ogni caso l'installazione di tipi di anelli differenti in base alle condizioni geologiche incontrate sarebbe impossibilitato non solo dalla difficoltà di identificare correttamente i tipi di ammasso in uno scavo con TBM scudata ma anche, dal punto di vista logistico e temporale, dipoter preparare il concio corretto in tempo per il montaggio alla progressiva desiderata.

La denominazione dei settori di calcolo geomeccanici omogenei così individuati si riassume con i seguenti elementi:

- Numero progressivo del settore di calcolo: ad es. OB-1
- Unità tettonica: abbreviazione in funzione della unità tettonica dominante ad es. ZG - Gneis centrale

Per ciascuna zona geomeccanica omogenea sono stati definiti i seguenti parametri geomeccanici di base necessari per la parametrizzazione:

- Parametri della roccia intatta
  - peso di volume naturale della roccia intatta  $\gamma_k$
  - resistenza a compressione monoassiale di matrice  $\sigma_{ci}$
  - parametro dell'involuppo di rottura  $m_i$
  - Modulo di deformazione della roccia intatta  $E_i$
- Parametri dell'ammasso roccioso
  - Rock Mass Rating RMR'89

- GSI ist der Geological Strength Index

Die Parameter, die für die Bemessung des Tübbings berücksichtigt werden, sind also konservativ und massgebend für jede Lithologie innerhalb des Bemessungsschnittes.

Die Gebirgstypen der Rauhacken (R) und Anhydriten (A), welche ähnliche Charakteristika wie die Gebirgstypen der Störzonen zeigen, werden nicht für die Dimensionierung berücksichtigt.

Falls während des Ausbruches diese Gebirgstypen durchquert werden, werden sie als Störungszonen berücksichtigt, und damit mit Konsolidierungsmaßnahmen zur Steuerung der schlechten mechanischen Verhältnisse behandelt.

- „Geological Strength Index“ GSI

I valori scelti per i calcoli per il dimensionamento dell'anello di rivestimento sono quindi quelli ritenuti allo stesso tempo cautelativi e rappresentativi della la maggior parte delle rocce presenti lungo il tracciato.

Gli ammassi di tipo R (Carniole) e A (anidriti) che presentano caratteristiche equiparabili a quelle delle rocce di faglia non sono considerati ai fini del dimensionamento.

L'attraversamento di questi settori che rappresentano una percentuale minima dei tipi di ammasso previsti lungo lo scavo viene equiparato a quello delle zone di faglia e prevede l'esecuzione di preconsolidamenti nel caso le indagini in avanzamento individuino zone con caratteristiche meccaniche scadenti.

Bemessungsschnitte Settori di calcolo	OB-6-ZG	OB-5-UST	OB-4-BS	OB-3-US	OB-2-BST	OB-1-BCA
Kilometrierung Oströhre von (km) / Progressiva Galleria principale canna est - (km)	32+088	36+000	37+300	41+000	42+800	45+100
Bis (km) /a (km)	36+000	37+300	41+000	42+800	45+100	46+850
Schnittlänge (m) / Lunghezza tratta (m)	3'912	1'300	3'700	1'800	2'300	1'750
Tektonische Einheiten / Unità tettoniche	Subpenni- sches Basament (Zentralgneis und altes Dach). / Basamento Subpennidico	Untere Schieferhülle / Schieferhülle inf.	Obere Schieferhülle (Pfitscherdecke) / Schieferhülle sup. (Falda di Vizze)	Untere Schieferhülle – Obere Schieferhülle (Pfitscherdecke und basis Glocknerdecke) / Schieferhülle inf.- Schieferhülle sup. (Falda di Vizze e base falda del Glockner)	Obere Schieferhülle (Glocknerdecke) / Schieferhülle superiore (Falda del Glockner)	Ostalpin / Austroalpino

Tabelle 5: Bemessungsschnitte für die Hauptröhre und den Erkundungsstollen entlang der Strecke Mault-Brenner

Tabella 5: Settori di calcolo galleria principale canna est canna ovest e Cunicolo Esplorativo lungo la tratta Mules – Brennero.

#### 3.3.4 Störungszonen

Die geomechanischen Verhältnisse der Lithologien sind von den zahlreichen Störungstönen entlang der Strecke beeinflusst.

Entlang der Strecke gibt es ausser der hauptsächlichen, genau im geomechanischen Profil lokalisierten Störungszonen auch zahlreiche kleinere Störungszonen, die zu verschiedenen Systemen gehören.

Die genaue Lage dieser kleineren Störungszonen ist nicht bekannt, aber ihre Anwesenheit und Menge ist im geomechanischen Profil eingetragen [32].

Die Störungszonen wurden auf klassische Weise unterteilt: in eine Core Zone (Kernzone) – welche den höchsten Deformationsgrad erfahren hat und aus Störungsgesteinen besteht – sowie Damage Zonen, die durch Gebirgsbereiche dargestellt sind, die sich unmittelbar an der Hauptstörungsfläche befinden und durch einen starken Zerklüftungsgrad gekennzeichnet sind.

Die Damage Zonen zeigen schlechtere mechanische- und Durchlässigkeitsparameter in Bezug auf die umliegenden Gebirge.

Die Querung der Störungszonen bedingt zuerst ihre Lokalisierung durch Bohrungen in der Vortriebsphase und dann vorbeugende Konsolidierungsmassnahmen im Fall, dass die Auffindungen schlechte mechanische Verhältnisse zeigen, welche von den dimensionierten Tübbingen nicht getragen werden können.

#### 3.3.4 Zone di faglia

Le condizioni geomeccaniche dell'ammasso roccioso sono influenzate inoltre dalla presenza di numerose faglie previste lungo il tracciato del cunicolo e delle gallerie principali.

Lungo il tracciato sono previste, oltre alle faglie principali la cui posizione è conosciuta con una buona approssimazione, e segnalata sul profilo geomeccanico numerose faglie minori appartenenti a diversi sistemi.

L'esatta posizione di queste faglie minori non è nota ma la loro presenza e numero è indicata per tratte sul profilo geomeccanico [32].

Tutte le faglie previste lungo il tracciato sono caratterizzate da un nucleo (core zone) formato prevalentemente da rocce di faglia (cataclasiti, cachitriti, breccce e gauge) e da una zona di danneggiamento formata da rocce tipiche dell'ammasso roccioso circostante, affette da un elevato grado di fratturazione ed alterazione (damage zone).

Le zone di danneggiamento presentano caratteristiche meccaniche peggiori ed una permeabilità maggiore rispetto all'ammasso circostante.

L'attraversamento delle zone di faglia prevede la loro individuazione tramite le indagini in avanzamento e la successiva esecuzione di preconsolidamenti nel caso le indagini in avanzamento individuino zone con caratteristiche meccaniche scadenti non adatte al rivestimento previsto dal progetto.

#### 4 AUSWAHL VORTRIEBSMETHODE

Die Auswahl und die Festlegung des geplanten maschinellen Vortriebsverfahrens für den 12 km langen Hauptröhrenabschnitt nördlich der Nothaltestelle und den 14 km langen Abschnitt des Erkundungsstollens bis zur Staatsgrenze, basiert auf der Auswertung der erwarteten geologischen und hydrogeologischen Gegebenheiten sowie deren Abwägung im Hinblick auf technische Machbarkeit, grösstmögliche technische Verfügbarkeit, bestmögliche Risikominimierung und somit projektspezifische Wirtschaftlichkeit.

Aus der Datenanalysen fällt die Entscheidung auf eines mechanisierten Vortriebsmethode ein.

Die Entscheidung des TBM-Typs wurde anhand der Gebirgsstandzeit und des Laibungssicherungsaufwand. Bei überwiegend hoher Standzeit und geringem Laibungssicherungsaufwand kommt häufig präferiert das („ungeschildete“) Gripper-TBM Verfahren zum Einsatz. Mit abnehmender Standzeit des Gebirges und mit zunehmendem Aufwand für die Tunnellaibungssicherung wird jedoch eine umfangliche und ständige Tunnellaibungsstützung notwendig und somit wird im Falle, dass derartige Gebirgsverhältnisse überwiegen, präferiert eine Schildmaschine zu Einsatz kommen.

Die Schildmaschinenteknologie (Hartgestein) kann weiter in die Verfahrenstypen Einfachschilde und Doppelschilde unterteilt werden, deren massgeblicher Unterschied auf der „Entkopplung“ der einzelnen Zyklen Vortrieb und Ringbau basiert und somit dem Doppelschild bei entsprechend guter Gebirgsqualität sehr hohe Vortriebsleistungen ermöglicht. Jedoch ist hierbei anzumerken, dass der verfahrenstechnische Vorteil der hohen Vortriebsleistung beim Doppelschild unter bestimmten geologischen Bedingungen (geringe Gebirgsqualität) gegenüber dem Einfachschild verloren geht bzw. das Doppelschild konstruktionsbedingt sogar deutliche Nachteile gegenüber dem Einfachschild mit sich bringen kann.

Auf Basis dessen wurden für das Projekt Brenner Basis Tunnel die verfügbaren geologisch/geotechnischen Unterlagen ausgewertet und im speziellen auf erwartete und speziell für den TBM Vortrieb relevante geologische, geotechnische und hydrogeologische Eigenschaften entlang der Trassierung untersucht. Insbesondere wurden hier die Parameter GSI (Geological Strengt Index), RMR (Rock Mass Rating), Gesteins- und Gebirgsfestigkeit, die Gebirgsbeanspruchung am Hohlraumrand und potentielle Gebirgswasserzutritte entlang der Trassierung näher begutachtet. Als Ergebnis dieser Untersuchung konnte festgestellt werden, dass entsprechend der zur Verfügung

#### 4 SCELTA DEL TIPO DI AVANZAMENTO

La scelta e la determinazione del tipo di avanzamento per la costruzione della tratta di circa 12 km delle Gallerie di Linea a nord della Fermata di Emergenza e di circa 14 km del Cunicolo Esplorativo fino al confine di Stato, si basa sull'analisi dei dati geologici e idrogeologici caratteristici, sulla ponderazione dell'attuabilità tecnica, alla minimizzazione dei rischi e quindi all'economicità specifica al progetto.

Dall'analisi di questi dati si è arrivati alla scelta di un avanzamento di tipo meccanizzato.

La scelta del tipo di TBM da utilizzare avviene in base al tempo di autosostentamento della roccia ed alla necessità, o meno, di provvedimenti di messa in sicurezza dello scavo. Nel caso di ammassi rocciosi con buon tempo di autosostentamento e che quindi richiedono interventi di messa in sicurezza ridotti, si predilige l'avanzamento con una TBM aperta di tipo "Gripper". Nel caso, invece, che il tempo di autosostentamento dell'ammasso roccioso sia limitato e gli interventi di messa in sicurezza richiedano maggiore dispendio di tempo e di materiale, si preferisce, in generale, l'avanzamento con una TBM scudata.

Le TBM di tipo scudato possono essere ulteriormente suddivise in TBM a scudo semplice o a scudo doppio. La differenza sostanziale tra le due è che nel caso di una TBM doppio-scudata i singoli cicli di avanzamento ed il montaggio dell'anello di conci avvengono contemporaneamente permettendo quindi alti rendimenti di avanzamento in caso di presenza di ammassi con buone caratteristiche geomeccaniche. Tuttavia si deve comunque osservare che in caso di condizioni geologiche scadenti oppure di ammassi problematici, i vantaggi di un avanzamento con TBM doppio-scudata vengono annullati o possono facilmente tradursi in chiari svantaggi rispetto ad una TBM a scudo semplice.

Per il progetto della Galleria di Base del Brennero sono stati quindi analizzati ed interpretati i dati disponibili relativi alle caratteristiche geologiche e geomeccaniche rilevanti per l'avanzamento meccanizzato. In particolare sono stati analizzati attentamente i parametri GSI (Geological Strength Index), RMR (Rock Mass Rating), la stabilità dell'ammasso e della roccia, il rapporto di sollecitazione sul paramento e la probabilità di venute d'acqua. Dalla valutazione dei parametri sopraccitati risulta che il 30-35% della tratta da scavare è caratterizzata da buone condizioni geologiche che permetterebbero l'impiego di una TBM di tipo "Gripper". Il rimanente 65-70% del tracciato presenta invece

stehenden geologisch/geotechnischen Unterlagen ca. 30 bis 35 % der Trassierung in „guten“ Gebirgsverhältnissen (mittlere bis hohe Gebirgsfestigkeit, leicht blockiger bis intakter Gebirgskörper, geringe Gebirgsbeanspruchungen am Hohlraumrand) zu liegen kommen, was grundsätzlich eine gute Machbarkeit des Grippervortriebs ermöglichen sollte. Ca. 65 – 70 % der Trassierung kommen jedoch in Gebirgsbereichen mit „mittlerer bis schlechter“ Gebirgsqualität zu liegen (geringe Gebirgsfestigkeit, leicht blockiger bis sehr blockiger Gebirgskörper, mittlere bis hohe Gebirgsbeanspruchungen am Hohlraumrand), was generell eine erhöhte Sicherheit im Hinblick auf Arbeitsschutz und Verfügbarkeit der TBM in schwierigen Gebirgsbereichen notwendig macht und somit für diese Bereiche dem Einsatz einer Schildmaschine der Vorzug gegeben wird.

caratteristiche geologiche fanno proporre l'impiego di una TBM scudata.

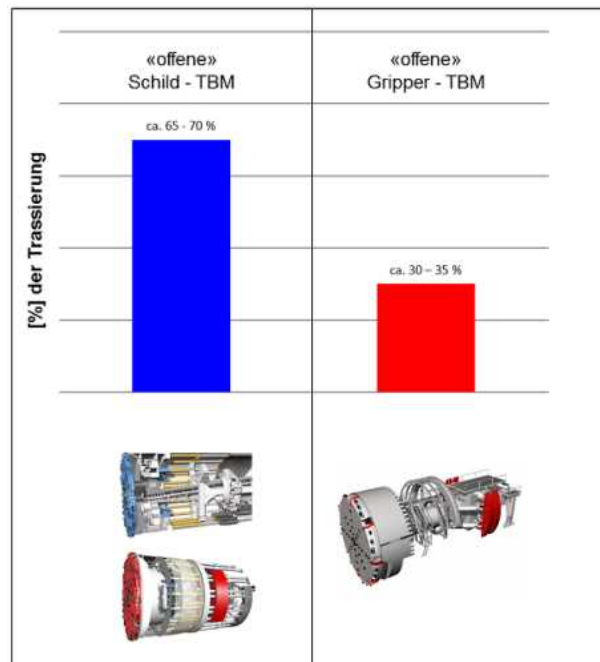


Abbildung 18: Prozentuelle Anwendungsbereiche der TBM-Typen

Figura 18: Percentuali dell' ammasso roccioso favorevoli ai diversi tipi di TBM

In einer weiteren Betrachtung wurde untersucht, inwieweit der Einsatz eines Doppelschildes für das Projekt des Brenner Basis Tunnels vorteilhaft sein könnte bzw. ob eine potentiell hohe Vortriebsleistung den Einsatz eines Doppelschildes unter den gegebenen geologische Risiken rechtfertigen würde und somit eine Wirtschaftlichkeit für das Doppelschild gegeben ist.

In seguito è stato valutato e messo a confronto l'impiego di una TBM scudata "semplice" rispetto a quello di una TBM doppio - scudata. In particolare è stato valutato se l'impiego di una TBM doppio-scudata porterebbe per il progetto della Galleria di Base del Brennero vantaggi significativi per quanto riguarda la velocità di avanzamento ed il superamento delle zone con rischi geologici e se quindi sarebbe redditizio.

Hierbei wurden folgende Nachteile des Doppelschildverfahrens gegenüber dem Einzelschild identifiziert:

Di seguito sono elencate per il caso specifico del Brennero gli svantaggi dell'impiego di una TBM doppio-scudata rispetto ad una TBM semplice.



- Nachbrüchiges Gebirge oder Keilablösungen machen häufig ein Verschliessen der Teleskopfuge erforderlich. Dabei wird es notwendig, auf ein Einfachschildmodus zu wechseln, mit einem Verlust des „Doppelschildvorteils“.
- Fehlende Bettung beim Einsatz der Gripper - Verspannplatten macht häufig ein Verschliessen der Teleskopfuge erforderlich. Dabei wird es notwendig, auf ein Einfachschildmodus zu wechseln, mit einem Verlust des „Doppelschildvorteils“.
- Eventuali cedimenti dell'ammasso roccioso, o ammassi molto fratturati, potrebbero creare dei problemi nel caso che dei blocchi cadessero tra i due scudi. In questo caso si renderebbe necessario unire il doppio scudo. La TBM diventerebbe di fatto una TBM a scudo semplice: I vantaggi del tipo TBM a scudo doppio svanirebbero.
- Nelle zone in cui l'ammasso roccioso presenta caratteristiche geomeccaniche scadenti, l'impiego dei Gripper posti nel secondo scudo non sarebbe possibile e quindi si renderebbe necessario accoppiare i due scudi (utilizzo tipo TBM scudo semplice): I vantaggi del tipo TBM scudo doppio ugualmente svanirebbero.

#### ***Bereiche „schlechter Gebirgsqualität“***

- Beim Doppelschild ist die Schildlänge deutlich länger als beim Einfachschild und somit wird diese Problematik beim Einsatz eines Doppelschildes durch die größere Schildoberfläche und die damit verbundene höhere Reibung forciert.

#### ***Bohrungen durch den Schildmantel***

- Bohrungen durch Laibung und Bohrkopf sind bei einer Schildmaschine generell konstruktiv erschwert, beim Doppelschild ist diese Problematik aufgrund der großen Schildmantellänge zusätzlich erschwert.

#### ***Investitionskosten***

- Die Investitionskosten für ein Doppelschild sind aufgrund der höheren Komplexität des TBM – Designs höher als beim Einfachschild.

#### ***Schildsteuerung***

- Die Steuerung eines Doppelschildes besitzt eine höhere Komplexität gegenüber dem Einfachschild und erfordert somit hochqualifiziertes und erfahrenes Bedienpersonal, um den „Doppelschildvorteil“ nutzen zu können.

In Abwägung dieser Nachteile für das Doppelschild gegenüber dem Einfachschild wird für die weitere Planung und auf Grundlage der bis dato zur Verfügung stehenden Informationen im weiteren Planungsverlauf der Einsatz einer Einfachschildmaschine angenommen.

#### ***Zone geologicamente di bassa qualità***

- Le TBM doppio-scudate hanno lo scudo nettamente più lungo rispetto alla TBM-scudata semplice. Importanti convergenze della roccia possono accrescere l'attrito sulla maggiore superficie dello scudo doppio incastrando di fatto la TBM e bloccandone l'avanzamento.

#### ***Iniezioni e infilaggi***

- Perforazioni, iniezioni ecc. sono più difficoltose nel caso di impiego di una TBM-scudata. I problemi vengono notevolmente accentuati nell'impiego di una TBM doppio-scudata a causa della lunghezza dello scudo.

#### ***Costi***

- I costi d'investimento per una TBM doppio-scudata sono più elevati a causa della maggiore complessità tecnica.

#### ***Controllo e manovrabilità dello scudo***

- Il controllo e “guida” del doppio scudo è decisamente più complesso rispetto allo scudo semplice, il che richiede l'impegno di personale molto qualificato e con molta esperienza per usufruire dei vantaggi del sistema TBM a scudo doppio.

In base alle informazioni a disposizione e ponderando i punti sopraccitati, si ritiene che l'impiego di una TBM a scudo semplice sia quindi il sistema di avanzamento meccanizzato più idoneo alla situazione e quindi questo è proposto per il progetto.

## 5 BESCHREIBUNG DER REGELQUERSCHNITTE DER HAUPTRÖHRE

### 5.1 INNERES PROFIL

Im folgenden Kapitel werden die Abmasse des inneren Profils dargestellt [2].

Die Mindestabmessungen des Regelprofils der Haupttunnel müssen den Anforderungen der eisenbahntechnischen Lichtraumprofile, der Aerodynamik und des Tunnelklimas entsprechen und das Vorhandensein technischer Anlagen berücksichtigen.

Getreu den Überlegungen des allgemeinen technischen Berichtes [4] berücksichtig der minimale Regelquerschnitt das Lichtraumprofil der Züge, den minimalen Raum zur Widerstandsverminderung für den Fortschritt der Schnellzüge, den Raum für technische Installationen und deren Kabel, den Sicherheitsraum und die Fluchtwege, die 1.2 m breit und 2.25 m hoch sein müssen und den Raum für die Instandsetzung, mit einer Grösse von 0.7 x 2.20 m.

Mit Einhaltung des in folgenden Kapiteln dargestellten lichten Querschnitts ist die Einhaltung aller betrieblichen Vorgaben (Lichtraumprofil, Fahrleitungsprofil, technischer Nutzraum, erforderliche aerodynamische Querschnittsfläche) gegeben.

#### 5.1.1 Hauptrohr, kontinuierlicher maschineller Vortrieb

In der folgenden Abbildung 19 ist das einzuhaltende Minimalprofil für den Ausbruch des Hauptrohrs mit kontinuierlichem mechanischen Vortrieb (TBM) und zweischaliger Auskleidung beschrieben.

Dieses Profil wurde als Bezug für die Analyse der Ausbruchgeometrie und Innenschalengeometrie der folgenden Regelquerschnitte vorgesehen: GL-MS.

## 5 DESCRIZIONE SEZIONI GALLERIE PRINCIPALI

### 5.1 SAGOMA INTERNA

Nel presente capitolo vengono richiamate le dimensioni delle sagome interne minime definite [2].

Le dimensioni minime della sezione trasversale delle gallerie principali devono rispettare i requisiti connessi alla circolazione ferroviaria alla presenza di impianti tecnici ed alle condizioni aerodinamiche e di clima nella galleria.

Come discusso in dettaglio nella relazione descrittiva generale [4], la sezione trasversale minima tiene conto delle dimensioni della sagoma cinematica dei treni, della sezione libera minima, necessaria per ridurre la resistenza all'avanzamento di convogli veloci, dello spazio occupato dai vani per gli impianti tecnici e relativi cablaggi, del tipo di sovrastruttura ferroviaria, della sagoma di ingombro per la via di fuga e di soccorso, larga 1.2 m e alta 2.25 m, e della sagoma della via di manutenzione avente dimensioni 0.7 x 2.20m.

Mantenendo la sezione libera come discusso nei capitoli successivi si rispettano quindi tutte le indicazioni per l'esercizio sopra elencate (sagoma d'ingombro, sagoma delle linee di contatto, spazi tecnici e di fuga).

#### 5.1.1 Galleria principale, scavo con avanzamento continuo (scavo meccanizzato)

Nella seguente illustrazione si definisce la sagoma minima da rispettare per lo scavo della galleria con avanzamento continuo e doppio rivestimento (con TBM aperta o semplice).

Tale sagoma minima è stata presa come riferimento per lo studio delle geometrie degli scavi e dei rivestimenti definitivi delle seguenti sezioni: GL-MS.

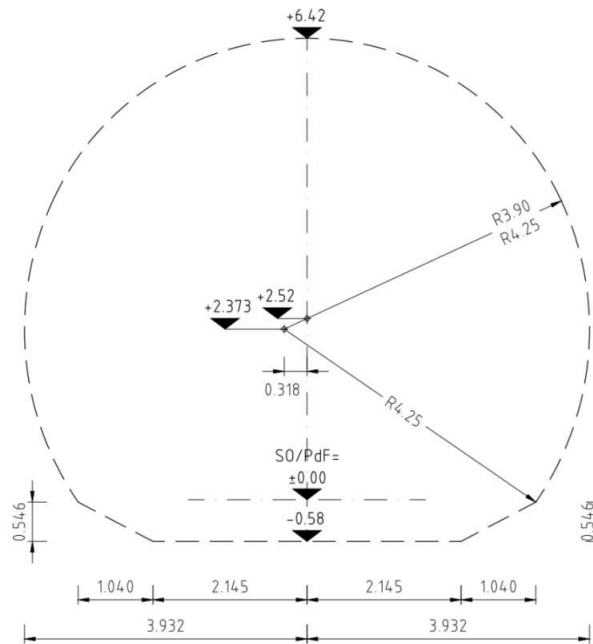


Abbildung 19: Mindestprofil – Hauptrohr, kontinuierlicher Ausbruch, zweischaliger Auskleidung (offene TBM oder TBM-S/DS)

Figura 19: Sagoma minima – Galleria principale, scavo con avanzamento continuo e doppio rivestimento (TBM aperta o TBM-S/DS) .

Allgemein gilt im Fall einer einschaligen Auskleidung bestehend aus Tübbingringen, dass der notwendige Raum für die eventuelle Installation einer Innenschale berücksichtigt werden muss. Bei diesem Projektabschnitt trifft diese Situation zu, indem die Innenschale teilweise erforderlich ist. Folglich ist in Abbildung 20 das minimale Profil dargestellt.

In generale nel caso di rivestimento singolo, quindi con i soli conci prefabbricati si deve tenere in considerazione lo spazio necessario per l'eventuale successiva realizzazione di un rivestimento definitivo. Questa condizione si verifica nella tratta oggetto della presente relazione, in quanto lo scavo è previsto con TBM scudata (GL-MS) con l'impiego parziale del doppio rivestimento. Di seguito si riporta la sagoma minima di riferimento.

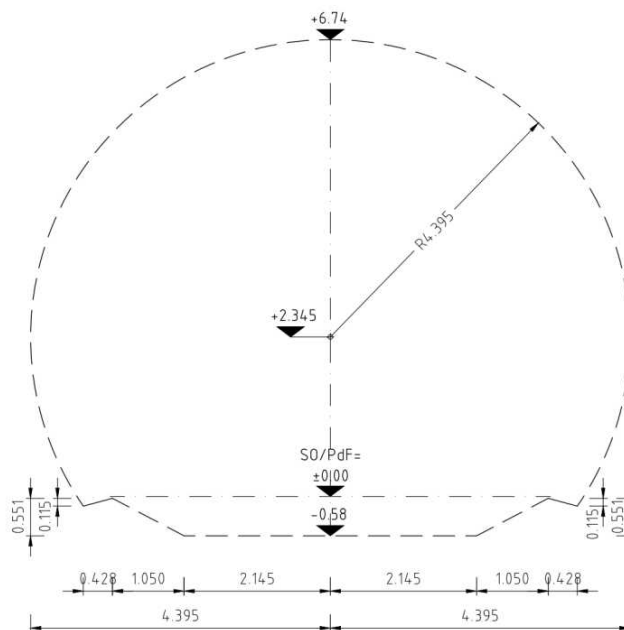


Abbildung 20: Mindestprofil – Hauptrohr, kontinuierlicher Ausbruch, einschaliger Auskleidung (TBM-S/DS)

Figura 20: Sagoma minima – Galleria principale, scavo con avanzamento continuo e rivestimento singolo (TBM-S/DS).

## 5.2 GRUNDSÄTZLICHE AUSBILDUNG DER REGELQUERSCHNITTE FÜR SCHILD-TBM

Der innere Radius des Regelquerschnitts (Innerkante der Innenschale) wurde anhand der bezüglichen Bautoleranzen optimiert, und ist gleich:

- 4.20 m für den Regelquerschnitt mit Einzelgleis und mechanisiertem Vortrieb, zweischalige Auskleidung (GL-MS);
- 4.64 m für den Regelquerschnitt mit Einzelgleis und mechanisiertem Vortrieb, einschalige Auskleidung (GL-MS).

Wie schon im Kapitel 4 erwähnt, ist für die Baumethodik der Haupttröhren von der Montagekaverne der TBM (km 44.1+91, Ostrohr) bis zum nördlichen Ende des Bauloses Mauls 2-3 (km 32.0+80, Ostrohr) die Anwendung einer Schild-TBM und die Auskleidung mit vorfabrizierten Tübbing gewährt worden. Entlang dieser Strecke wird der Einbau einer Innenschale anhand der vorhandenen Verhältnisse nur teilweise vorgesehen.

Die statische Aufgabe der Aussenschale ist die Stützung des Gebirges beziehungsweise die Aktivierung der Eigentragwirkung des Gebirges zu erlauben. Im Fall eines Vortriebs mit Schild-TBM ist die Stützung von den Tübbing gewährleistet.

Ausserdem erfüllt die Aussenschale die Sicherheitsaufgabe, die Arbeiter vor einer Keilablösung zu schützen.

Wie oben schon erwähnt wird die Realisierung einer Innenschale beim TBM Fortschritt nur abschnittsweise benötigt. Die Strecken mit vorort betonierter Innenschale sind:

- Anschlussbereich mit den Querverbindungen
- Abschnitte mit problematischen geomechanischen Verhältnissen (Störzonen oder bei Quellphänomenen)
- Abschnitte mit Sulfatgehalt im Wasser (SO<sub>4</sub>) grösser 3000 mg/l.

Die Geometrie der Ausbruchquerschnitte und die Mächtigkeit der Aussen- und Innenschalen werden nach dem Mindestprofil (Abbildung 19 und Abbildung 20), den Bautoleranzen [39] und den notwendigen statischen Anforderungen ausgelegt, die in den Technischen Statischen Berichten zu finden sind. In den folgenden Kapiteln sind die

## 5.2 CONFIGURAZIONE GENERALE DELLE SEZIONI TIPO PER L'AVANZAMENTO MECCANIZZATO

Il raggio interno per la sezione tipo (intradosso del rivestimento interno) è ottimizzato in funzione delle tolleranze costruttive risulta essere pari a:

- 4.20 m per sezione a singolo binario nel caso di scavo meccanizzato con rivestimento doppio (GL-MS);
- 4.64 m per sezione a singolo binario nel caso di scavo meccanizzato con rivestimento singolo (GL-MS).

Come spiegato nel Capitolo 4, la metodologia costruttiva delle Gallerie di linea dai cameroni di montaggio delle TBM al km 44.1+91 (canna est) fino al limite nord del lotto Mules 2-3 al km 32.0+88 (canna est) prevede l'avanzamento con TBM tipo scudata e rivestimento con conci prefabbricati. Lungo questa tratta l'applicazione di un rivestimento definitivo sarà, laddove le condizioni lo permettano, solo parziale.

Dal punto di vista statico il rivestimento di prima fase ha il compito di confinare l'ammasso roccioso durante l'avanzamento e/o attivare la capacità portante propria dell'ammasso. Nel caso dello scavo con TBM scudata, questo confinamento è garantito dalla messa in opera degli anelli di conci prefabbricati.

Oltre a ciò, il rivestimento di prima fase contribuisce alla sicurezza dei lavoratori, evitando il distacco con caduta di cunei di roccia.

Come accennato in precedenza, l'avanzamento con TBM scudata prevede la messa in opera solo parziale del rivestimento definitivo. Le tratte nelle quali è previsto un rivestimento di seconda fase in calcestruzzo gettato in opera, sono sostanzialmente le seguenti:

- Zone degli innesti con i cunicoli trasversali
- Zone con condizioni geomeccaniche problematiche (zone disturbate o in presenza di fenomeni di gessificazione dell'anidrite, rigonfiamento dell'ammasso roccioso)
- Zone il cui contenuto di solfati (SO<sub>4</sub>) nella acque d'ammasso è maggiore di 3000 mg/l.

La geometria delle sezioni di scavo e gli spessori dei rivestimenti di prima e seconda fase vengono definiti a partire dalla sagoma minima (rappresentata in Figura 19 e Figura 20), congruamente con le esigenze statiche (descritte nel dettaglio nelle relazioni di calcolo) e tenendo conto delle tolleranze costruttive (definite nel dettaglio in [39]). Nei seguenti capitoli vengono riassunte le

hauptsächlichen Eigenschaften zusammengefasst.

#### 5.2.1 Regelquerschnitte für den mechanisierten Vortrieb

Der Ausbruch der Hauptröhre mit TBM erstreckt sich von km 32.0+88 – 44.1+91 (Ostrohr) und von km 32.0+87 – 44.1+54 (Westrohr).

Der Ausbruchsradius beträgt 5,335 m, inklusiv 10 cm Übermass. Die Mächtigkeit der vorfabrizierten Tübbingen ist 40 cm in der Strecken mit einschaliger Auskleidung und 45 cm in der Strecken mit zweischaliger Auskleidung. Die Länge der Tübbingen ist gleich 1.50 m.

Zum Tübbingring dazu gehört der Einbau eines vorfabrizierten Sohlsteins, der als Baustellenoberfläche dienen wird und für die sofortige Aufstellung der Gleise für den provisorischen Zug.

#### **Zweischalige Auskleidung mit Gegengewölbe**

Für die Streckenabschnitte, welche ungünstige geomechanische Verhältnisse zeigen (Störzonen und/oder in Anwesenheit von Quellen) und die Strecken, welche einen hohen Sulfatgehalt in den Wässern aufweisen, ist eine zweischalige Auskleidung mit Gegengewölbe vorgesehen.

Der hohe Sulfatgehalt der Wässer trägt zur Beeinträchtigung der Dauerhaftigkeit des Betons deutlich bei. Im Fall eines einschaligen Tübbingeinbaus wird die Dauerhaftigkeit und die Tragfähigkeit nur dank einer Innenschale aus Ortsbeton und einer geeigneten Abdichtung gewährleistet.

Bei den Zonen, wo Quellen erwartet ist, wird der Sohlübbing aus statischen Gründen entfernt. Der Druck des quellenden Gebirges wird vom Gegengewölbe aus Ortsbeton aufgenommen. Die Stärke des Gegengewölbes beträgt 1.66 m.

Beim Gewölbe weist die Innenschale eine nominale Dicke von 46 cm. Den Bau- und Trassierungstoleranzen netto ist diese gleich 40 cm. Das Gewölbe wird meistens nicht armiert.

Die Strecken, wo dieser Auskleidungstyp (Abbildung 21) vorgesehen ist, sind hier aufgelistet:

- km 35.9 bis km 37.5
- km 40.3 bis km 43.3.

caratteristiche principali di ogni sezione.

#### 5.2.1 Sezioni tipo per l'avanzamento meccanizzato

La tratta delle Gallerie di Linea scavata con TBM scudata si estende dal km 32.0+88 e 44.1+91 (Canna Est) e tra km 32.0+87 e 44.1+54 (Canna Ovest).

Il raggio di scavo è di 5,335 m compresi 10 cm di extrascavo. Lo spessore dei conci prefabbricati è pari a 40 cm nelle zone con rivestimento doppio e 45cm dove il rivestimento è singolo. La lunghezza dei conci prefabbricati è di 1.50m.

Oltre all'anello in conci la sezione prevede la posa di un concio di base, anch'esso prefabbricato, che fungerà quale pista di cantiere e permetterà la posa immediata dei binari provvisori del treno-navetta.

#### **Rivestimento doppio con arco rovescio**

Le tratte di galleria in cui le condizioni geomeccaniche sono sfavorevoli (zone disturbate e/o zone in presenza di ammasso spingente) e nelle zone il cui contenuto di solfati nelle acque sotterranee è elevato è previsto il rivestimento doppio con arco rovescio.

L'elevata concentrazione di solfati nelle acque sotterranee incide notevolmente sulla durabilità del calcestruzzo esposto (conci prefabbricati). La durabilità dell'opera può essere garantita quindi unicamente prevenendo un rivestimento definitivo gettato in opera e con adeguata impermeabilizzazione.

In queste zone, per ragioni statiche per equilibrare le pressioni generate dall'ammasso roccioso, è necessaria l'asportazione del concio di base prefabbricato e l'esecuzione di un arco rovescio in calcestruzzo armato gettato in opera. Lo spessore massimo dell'arco rovescio risultante è di 1.66 m.

In calotta il rivestimento definitivo in calcestruzzo gettato in opera ha uno spessore di 46 cm (nominale). Al netto delle tolleranze di costruzione e di tracciamento lo spessore si attesta a 40 cm minimi. La calotta non verrà armata.

Le tratte in cui è previsto questo tipo di sezione, rappresentata nella Figura 21, sono di seguito elencate:

- Circa km 35.9 a circa km 37.5;
- Circa km 40.3 a circa km 43.3.

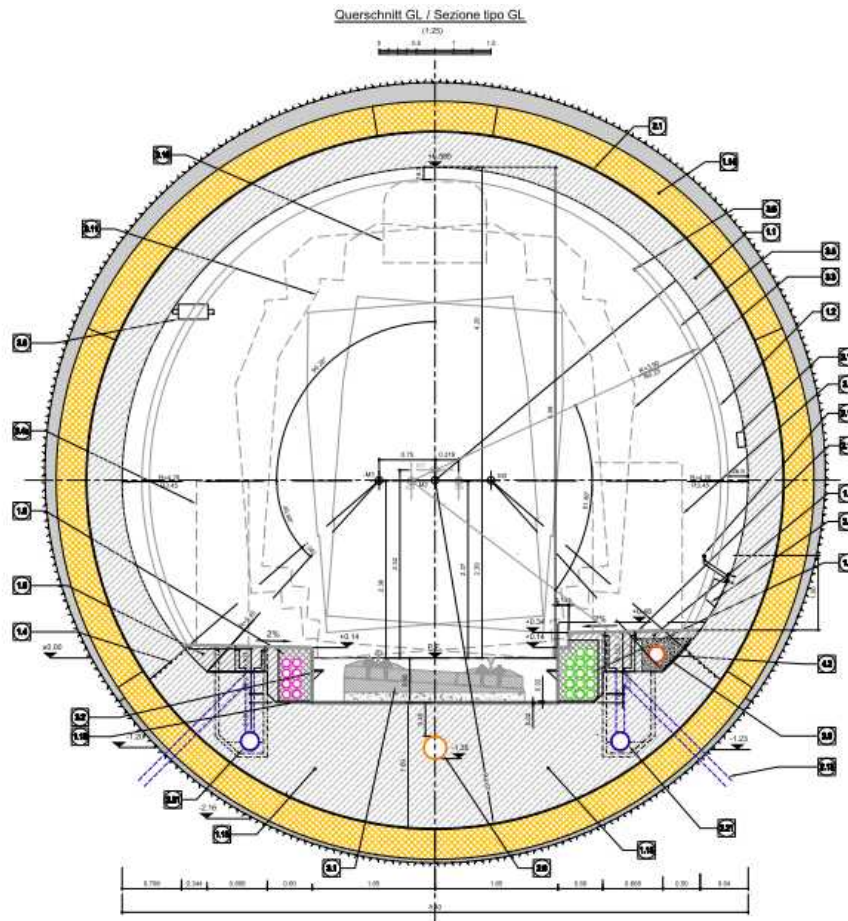


Abbildung 21: Regelquerschnitt mit zweischaliger Auskleidung und Gegengewölbe [54].

Figura 21: Sezione tipo con rivestimento doppio e arco rovescio [54].

### **Zweischalige Auskleidung bei den Anschlüssen mit Querverbindungen**

Im Anschlussbereich mit der Querverbindungen ist eine zweischalige Auskleidung vorgesehen, unabhängig von der geomechanischen Situation.

Es ist vorgesehen, den Beton in drei 12.5 m Etappen aufzubringen: Der zentrale Block, der der Anschlussstrecke entspricht, wird ins Gewölbe und in die Sohle armiert, die seitlichen Blöcke werden nur in die Sohle armiert.

Die Innenschale besteht aus einer Ortsbetonschicht, ihre Mächtigkeit variiert von 46 cm im Bereich des Gewölbes bis zu 60 cm im Bereich der Sohle. Diese nominelle Dicken betragen, entsprechend den netto Toleranzen, beziehungsweise 40 und 53 cm.

In Abbildung 22 ist der Regelquerschnitt mit zweischaliger Auskleidung dargestellt:

### **Rivestimento doppio zone innesti Cunicoli Trasversali**

Nelle zone degli innesti con i cunicoli trasversali è previsto un rivestimento doppio indipendentemente dalla situazione geomeccanica presente.

È previsto il getto di tre blocchi di calcestruzzo ognuno di 12.5m: quello centrale in corrispondenza dell'innesto sarà armato sia in platea che in calotta mentre i blocchi di "spalla" saranno armati solo in platea.

Il rivestimento definitivo è costituito da calcestruzzo gettato in opera con spessore variabile da 46 cm, in corrispondenza della calotta, a 60 cm in platea. Tali spessori sono da intendersi come spessori nominali che, al netto delle tolleranze di costruzione e di tracciamento, si traducono in 40 e 53 cm minimi, rispettivamente in calotta e platea.

Nella Figura 22 è rappresentata la sezione tipo con rivestimento doppio:

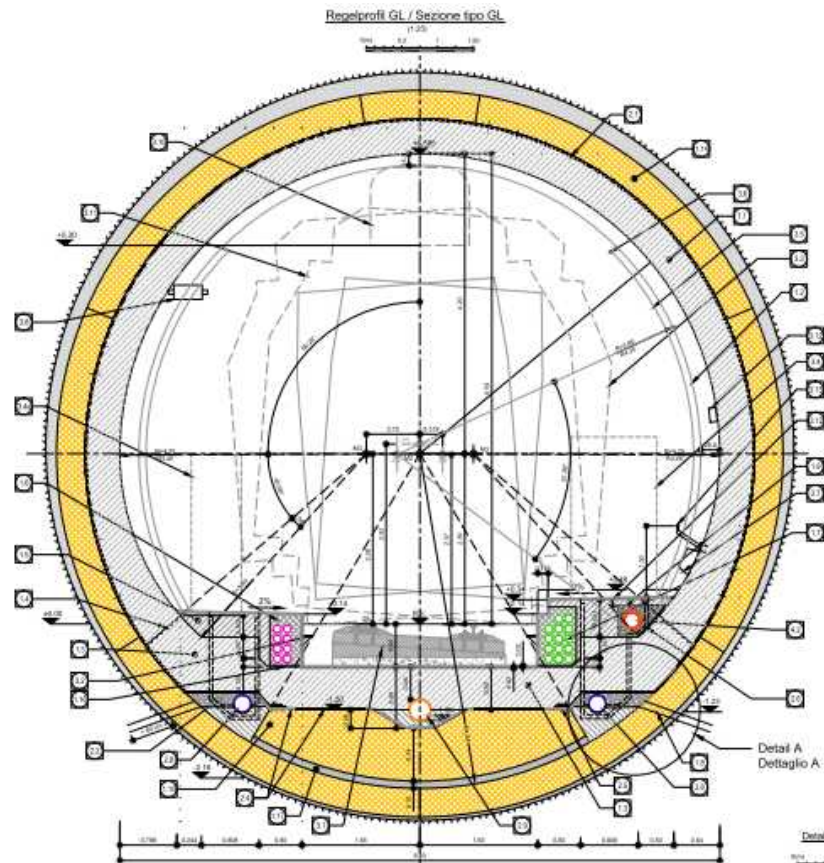


Abbildung 22: Regelquerschnitt mit zweischaliger Auskleidung [53].

Figura 22: Sezione tipo con rivestimento doppio [53].

### **Einschalige Auskleidung**

Nach Abzug der Anschlussbereiche mit den Querverbindungen werden die Hauptröhren in den folgenden Strecken nur mit der Ortsbetonsohle (neben den Tübbing) ausgekleidet:

- km 32.0 bis km 35.9
- km 37.5 bis km 40.3
- km 43.3 bis km 44.2

Entlang diesen Strecken weisen die Tübbinge eine Stärke von 45 cm auf. Die Abwesenheit einer Innenschale bedingt ein anderes Abdichtungskonzept als was im Kapitel 5.3 beschrieben ist.

Die Mächtigkeit der Ortsbetonsohle beträgt maximal 60 cm, und sie wird armiert. Dieser nominale Wert ergibt eine Stärke, entsprechend den netto Bau- und Trassierungstoleranzen, gleich 53 cm.

In Abbildung 23 ist der Regelquerschnitt der einschaliger Auskleidung dargestellt.

### **Rivestimento singolo**

Nelle seguenti tratte, ad eccezione delle zone d'innesto con i cunicoli trasversali, la galleria di linea non verrà rivestita con getto in calcestruzzo definitivo ma solo con il getto della platea:

- Circa km 32.0 a circa km 35.9
- Circa km 37.5 a circa km 40.3
- Circa km 43.3 a circa km 44.2

In queste tratte i conci prefabbricati avranno uno spessore di 45cm. L'assenza del rivestimento definitivo implica un concetto di impermeabilizzazione differente rispetto a tutte le altre parti dell'opera come dettagliatamente descritto nel capitolo seguente 5.3.

Il getto di calcestruzzo della platea avrà uno spessore massimo di 60 cm e sarà armato. Tale spessore è da intendersi come spessore nominale che, al netto delle tolleranze di costruzione e di tracciamento, si traduce in 53 cm minimi.

Nella Figura 23 è rappresentata la sezione tipo con rivestimento singolo:

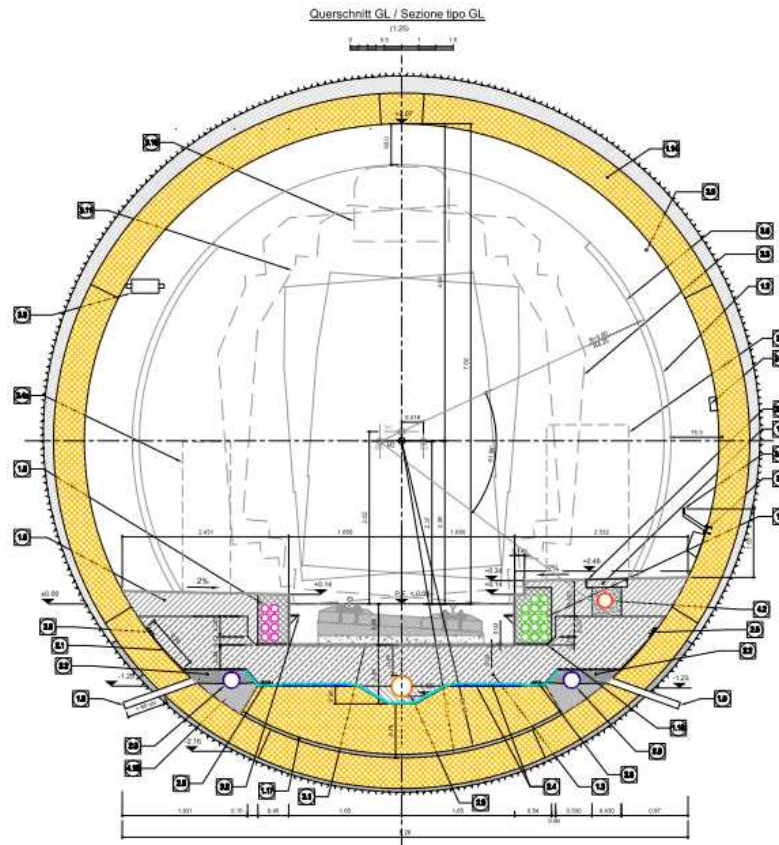


Abbildung 23: Regelquerschnitt mit einschaliger Auskleidung [55].

Figura 23: Sezione tipo con rivestimento singolo [55].

### 5.3 ABDICHTUNG

#### 5.3.1 Vorwort

In den vorherigen Kapiteln wurden die Eigenschaften der Strecken beschrieben, welche auch Abschnitte beinhalten, wo der Ausbruch mit einer Innenschale aus Ortbeton ausgestattet wird. Diese Bereiche entsprechen den Gebirgsabschnitten, wo ein Quellpotential in Anwesenheit von Wasser erwartet wird, gemäss Plänen „Voraussichtliche geomechanische Profile und Projektierungsprofile“ gezeigt.

Aus diesen Gründen ist das Abdichtungssystem des Hauptrohrs nicht kontinuierlich. Die Unterschiede sind in der Folge beschrieben.

#### 5.3.2 Abdichtung mit zweischaliger Auskleidung

Die Abdichtung der Tübbinge, welche als Ausbruchssicherung dienen, wird mit einer Dichtung an der Aussenkante versiegelt. Die Fugenabdichtung ist im Tubbing verankert, wie in Abbildung 24 gezeigt ist.

Das Bauverfahren mit zweischaliger Auskleidung erlaubt den Einbau von Membranen zwischen Aussen- und Innenschale.

Diese Membranen dienen zur Abdichtung des

### 5.3 IMPERMEABILIZZAZIONE

#### 5.3.1 Premessa

Nei capitoli precedenti sono state descritte le caratteristiche della tratta in oggetto, la quale include tratte rivestite da un getto in opera di calcestruzzo. Queste corrispondono alle zone che presentano ammassi aventi fenomeni di rigonfiamento se a contatto con l'acqua, come illustrato nel profilo geologico e geomeccanico di previsione.

Per queste ragioni il sistema d'impermeabilizzazione della Galleria di linea non è costante lungo tutta la tratta. I differenti sistemi sono descritti nei paragrafi seguenti.

#### 5.3.2 Impermeabilizzazione con rivestimento doppio

I giunti dei conci che formano il rivestimento di prima fase saranno sigillati con semplice guarnizione (verso l'estradosso) ancorata al getto come rappresentato nella Figura 24.

La tipologia costruttiva con doppio rivestimento consente l'installazione di membrane tra rivestimento interno e il rivestimento esterno.

Tali membrane servono a impermeabilizzare la calotta della



Tunnelgewölbes dort wo unterirdisches Wasser vorkommt und zur Steuerung seiner Zuflüsse.

Die Ausbildung des Tunnels geschieht in zwei Phasen:

- Ausbruch und Installation der Tübbing;e;
- Aufbringung der Abdichtung und der Innenschale.

Die Membranen werden aufgeschichtet, und bestehen aus einem Geotextil für den Schutz vor mechanischen Einwirkungen, einer Bahn aus synthetischem Material zur Abdichtung und zuletzt aus einer Schicht für den Schutz der Abdichtung dort wo die Innenschale armiert wird.

Dieses Abdichtungssystem wurde für nicht drückende Wässer projektiert, und ist mit einem Drainagesystem verbunden.

In den Tunnelabschnitten, welche Schüttungen grösser als 0.1 l/s/10m Tunnellänge erwartet sind, ist das Abdichtungssystem aus einer zusätzlichen drainierenden Schicht versehen (aus drainierendem Geokomposit), damit die Wasserabflüsse hinter der Auskleidung begünstigt werden und keine Überdrücke ausgebildet werden.

In Anwesenheit von aggressiven unterirdischen Wässern und bei quelfähigem Gebirge muss der Kontakt der Wässer mit der Innenschale verhindert werden, damit vorzeitige Beton- und Strukturschäden nicht ausgelöst werden. Bei diesen Strecken, wie schon im Kapitel 5.2.1 erwähnt, ist eine totale Abdichtung des Tunnels vorzusehen.

galleria in presenza di acque sotterranee e a permettere la raccolta controllata delle acque d'ammasso.

La costruzione della galleria avviene di norma in due fasi:

- scavo e montaggio dei conci prefabbricati;
- posa in opera dell'impermeabilizzazione e del rivestimento definitivo.

Le membrane sono disposte a più strati e consistono in un geotessile per la protezione dalle azioni meccaniche e in un telo in materiale sintetico per l'impermeabilizzazione. In ultimo è prevista un'ulteriore membrana a protezione dell'impermeabilizzazione in corrispondenza delle parti armate del rivestimento definitivo.

Questo sistema di impermeabilizzazione è progettato per acque non in pressione ed è combinato con un sistema di drenaggio.

Nelle tratte di galleria dove sono previste portate superiori a 0.1l/s ogni 10m di galleria, il sistema impermeabilizzante contempla anche la messa in opera di uno strato drenante (geocomposito drenante) onde facilitare la raccolta delle acque a tergo del rivestimento e scongiurare l'eventuale nascita di sovrappressioni idrauliche sul rivestimento stesso.

In presenza di acque sotterranee molto aggressive e di ammassi spingenti si deve evitare il contatto di queste acque con il rivestimento definitivo per evitare il deterioramento precoce del calcestruzzo e/o della struttura. In queste tratte, già descritte nel capitolo 5.2.1 è quindi prevista l'impermeabilizzazione completa della galleria.

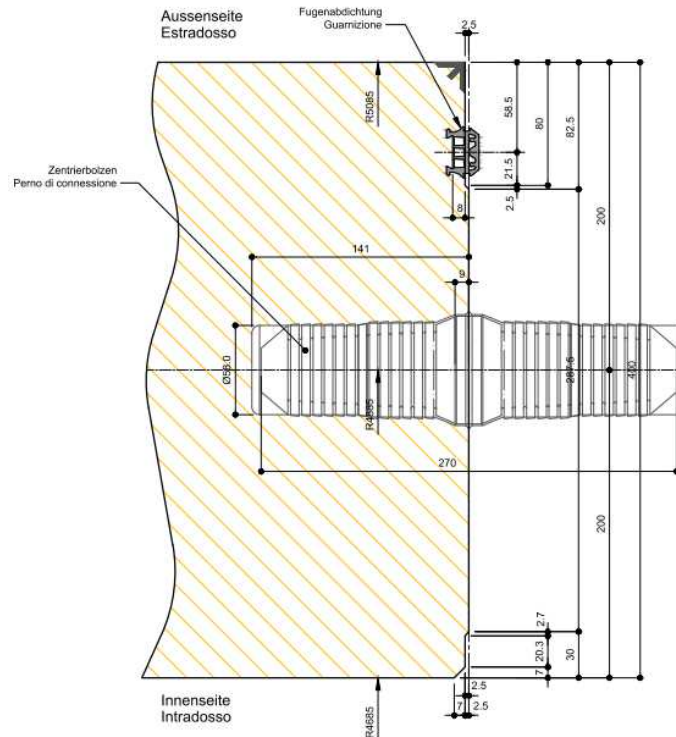


Abbildung 24: Detail eines vorfabrizierten Tübbing mit einfacher Dichtung, die zur Aussenkante verankert ist [56].

Figura 24: Dettaglio conco prefabbricato con guarnizione semplice ancorata al getto verso l'estradosso [56].

### 5.3.3 Abdichtung der einschaligen Auskleidung

Im Fall einer einschaligen Auskleidung ist die Abdichtung des Tunnels wie folgt gelöst, da sie nicht zwischen der zwei Schalen eingebaut werden kann. Es werden tatsächlich alle Verbindungen zwischen den Tübbingelementen versiegelt.

Dabei sind die Tübbinge aus einer doppelten Fugenabdichtung gestaltet: Eine an der Innenseite und eine an der Aussenkante. Die externe einbetonierte Fugenabdichtung ist eine mit der hydrophilen, expandierenden Quellband. Die andere ist eine einfache Fugenabdichtung. Die Tübbinge werden ausserdem mit kleiner Röhre und Verschlussstopfen ausgestattet, welche für die ev. Injektion von hydrophilem Acrylharz dienen.

In Abbildung 25 ist das Detail des doppelversiegelten Tübbings gezeigt:

### 5.3.3 Impermeabilizzazione con rivestimento singolo

Nel caso del rivestimento singolo, l'impermeabilizzazione della galleria è progettata in modo differente. Questa infatti non può avvenire tra due strati di calcestruzzo ma sarà ottenuta sigillando adeguatamente i giunti tra gli anelli dei conci.

In questo caso i conci saranno dotati di doppia guarnizione: una verso l'estradosso e l'altra verso intradosso. La guarnizione verso l'estradosso sarà ancorata al getto e dotata di cordone idrofilo espansivo. Verso l'intradosso la guarnizione sarà semplice. Inoltre i conci, ad eccezione di quello chiave, saranno predisposti di tubicoli con tappo di chiusura per eventuale iniezione di resine acriliche idrofiliche

Nella Figura 25 è rappresentato il dettaglio del conco a doppia guarnizione:

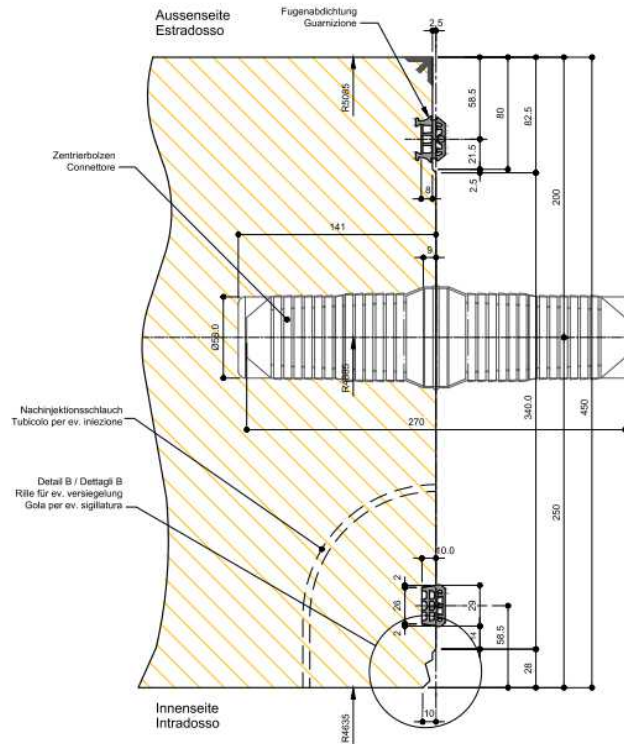


Abbildung 25: Detail der Abdichtung für die einschalige Auskleidung [57].

Figura 25: Dettaglio impermeabilizzazione tratta a rivestimento singolo dei conci prefabbricati [57].

#### 5.3.4 Abdichtung zwischen einschalige und zweischalige Auskleidung

Die Übergangszone zwischen einschaligen und zweischaligen Auskleidungen entspricht der Zusammenlegung von 40cm und 45cm starken Tübbingringen. In diesem Fall muss die Fugenabdichtung der Tüblingsinnenkante einschaligem Aufbau verzichtet werden. Die Spalte zwischen den Tübbing der einschaligen und zweischaligen Auskleidung muss mit Silikon gefüllt werden. In Abbildung 26 ist dieses Detail dargestellt.

#### 5.3.4 Impermeabilizzazione al passaggio tra rivestimento singolo e doppio

La zona di transizione tra rivestimento singolo e rivestimento doppio corrisponde al passaggio tra anelli con 40cm ad anelli con 45cm di spessore. Nel caso specifico la guarnizione di intradosso dell'anello dei conci non dovrà essere installata. La cavità risultante dovrà essere riempita con un mastice siliconico. Nella Figura 26 è rappresentato il dettaglio della transizione tra rivestimento singolo e doppio.

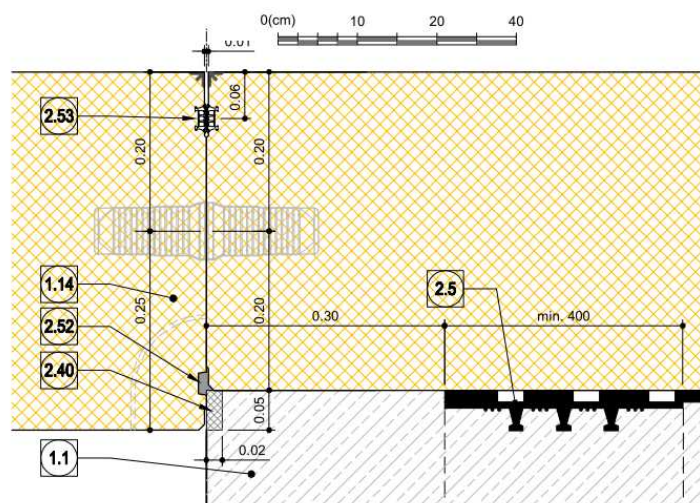


Abbildung 26: Detail Abdichtung Übergangszonen

Figura 26: Dettaglio impermeabilizzazione zona di transizione

## 5.4 DRAINAGE IN BETRIEBSPHASE

Das Drainagesystem in der Betriebsphase ist detaillierter im hydrogeologischen Bericht [20] dargestellt und in den bezüglichen Plänen (Verzeichnis im Kapitel 9.3.3) diskutiert. In der Folge werden die hauptsächlichen Eigenschaften des Drainagesystems kurz beschrieben

### 5.4.1 Allgemeines

Die Drainage in der Betriebsphase erfolgt aus Sicherheitsgründen für die Gebirgswässer und die Fahrbahnwässer unterschiedlich.

Daraus resultieren drei verschiedene voneinander unabhängige Drainagesysteme:

- System der Ulmendrainage;
- System der Fahrbahnentwässerung (Ostrohr);
- System der Fahrbahnentwässerung (Westrohr).

Die Gebirgswässer werden in mikrogerissten Drainageleitungen gesammelt, die sich im Auflagerbereich befinden, und werden alle 2 km durch die Querverbindungen in den Erkundungsstollen zugeführt.

Die Drainagesysteme nutzen die natürliche Neigung aus.

#### 5.4.1.1 Drainage der Fahrbahnwässer

Die Drainage im Bereich der Zugdurchfahrt im Tunnel geschieht durch die Drainage der Fahrbahnplatte.

Die Fahrbahnentwässerung leitet die Wässer, die aus den Zügen kommen, sowie auch die gefährlichen Wässer, die im Notfall freigelassen werden. Demzufolge muss das Drainagesystem dafür geeignet ausgerüstet werden.

In diesem Sinn sind die folgenden Massnahmen angewendet:

- Abstand der Schächte 11 m;
- Siphonen für den Zutritt und die Vertreibung in den Schächten;
- Kontinuierlicher Wasserabfluss im Sammelbecken.

Der Abstand zwischen den Schächten stützt sich auf Risikoanalysen, die bestätigen, dass die Explosionsgefahr für eine Länge der geschlossenen Leitung von grösser als 70 m deutlich kleiner ist. Die Schächte sind mit verschraubten Gittern ausgestattet. Der Abstand zwischen den Schächten ist auf die Abstände zwischen den Erkundungsstollen angepasst (ungefähr 333 m).

Die Siphonen in den Schächten dienen zum Verhindern der

## 5.4 DRENAGGIO FASE D'ESERCIZIO

Il sistema di drenaggio in fase di esercizio viene discusso nel dettaglio nella Relazione Idraulica [20] e schematizzato nei relativi elaborati grafici (per l'elenco dettagliato si veda Capitolo 9.3.3). Nei capitoli successivi si discutono brevemente le caratteristiche principali del sistema di drenaggio.

### 5.4.1 Generalità

Durante la fase di esercizio per motivi di sicurezza i drenaggi delle acque di piattaforma delle due canne vengono convogliati separatamente al sistema di raccolta.

In tal modo risultano tre sistemi di drenaggio- tra loro indipendenti:

- sistema di drenaggio delle acque d'ammasso;
- drenaggio della zona di transito (piattaforma) canna principale binario dispari;
- drenaggio della zona di transito (piattaforma) canna principale binario pari.

Le acque ipogee vengono raccolte in tubazioni di drenaggio (tubi microfessurati) poste nella zona dei piedritti e vengono scaricate almeno ogni 2 km attraverso i Cunicoli Trasversali nel Cunicolo Esplorativo.

I dispositivi di drenaggio sfruttano la pendenza naturale.

#### 5.4.1.1 Drenaggio delle acque di piattaforma

Il drenaggio della zona di transito dei treni in galleria avviene attraverso il drenaggio della piattaforma.

Il drenaggio della piattaforma smaltisce oltre alle acque portate in galleria dai treni anche i liquidi pericolosi liberati in caso di evento dannoso; ne consegue che il sistema di drenaggio deve essere adeguatamente attrezzato.

In tale ottica vengono impiegate le seguenti misure:

- distanza tra i pozzetti di 111 m;
- sifoni per l'immissione e la cacciata nei pozzetti;
- flusso continuo di acqua nel collettore di raccolta.

La distanza tra i pozzetti scelta si basa su studi che indicano che il pericolo che si verifichi un'esplosione si riduce drasticamente se la lunghezza della condotta chiusa risulta maggiore a circa 70m. I pozzetti sono attrezzati con griglie avvitate. Le distanze tra i pozzetti sono adattate alle distanze tra i Cunicoli Trasversali di collegamento (in linea di massima pari a 333m).

I sifoni nei pozzetti hanno la funzione di impedire la

Brandausbreitung.

Der kontinuierliche Abfluss – kontinuierliche Versorgung des Sammelbeckens mit einem kleinen Wasserzufluss – dient zur Abkühlung der Explosivgase durch besprühte Wassertropfen. Dieses Phänomen wurde anhand einer Studie bestätigt, und mit dem 111 m Schachtabstand stellt es eine konstruktive Massnahme gegen Explosionsvorkommen im Fall Verbreitung gefährlicher Flüssigkeiten dar.

Die Drainage von gefährlichen Flüssigkeiten, damit sie nicht in Kontakt treten, bedingt auch die totale Trennung der Fahrbahnplattenentwässerung der zwei Röhren.

#### 5.4.1.2 Ulmendrainage

Die Gebirgswässer werden an beiden Tunnelseiten im Wiederlagerbereich gesammelt. Der Widerlagerbereich ist bei der Innenschale mit einem Drainageelement gestattet, welches eine hohe Durchlässigkeit dank geschlitzten Leitungen DN250 und darüber liegendem grobkörnigen Kies und aufweist. Die Entwässerungsleitungen DN250 nutzen die Schwerkraft zur Leitung der Gebirgswässer.

Im Fall einer einschaligen Auskleidung sind die vorfabrizierten Tübbinge mit doppelter Abdichtung ausgestattet, damit das Eindringen der Gebirgswässer vermieden werden kann. Die Gebirgswässer fließen zwischen Tübbing und Gebirge stehenden Pea-gravel bis zur Erreichung der Auslasslöcher ab, die mit der Gewölbedrainage verbunden sind.

In den Strecken mit totaler Abdichtung (bei zweischaliger Auskleidung mit Gegengewölbe) werden die Gebirgswässer punktuell durch seitliche Drainagelöcher DN110 gesammelt. Die Verankerungslänge der Drainagerohre ist geschlitzt. Dieser Schachttyp kommt alle 12.5 m vor.

Das untere Tubbingelement wird auf einem Mörtelbett gelegt, damit die Basis des Tübbingrings befestigt wird und die Gebirgswässer besser in die Drainagelöcher geleitet werden.

Die seitlichen Drainagelöcher, die durch die Tübbinge realisiert wurden, gewährleisten die Drainage der Spalte zwischen Tübbinge und Gebirge, zur Vermeidung von Tübbingsschäden durch Wassereinwirkung.

Die Gebirgswässer wurden so gesammelt und in Richtung Erkundungsstollen in Übereinstimmung mit einigen Querverbindungen abgeleitet. Im Erkundungsstollen sind die Gebirgswässer dank Schwerkraft nach Aichaeingang geleitet, und dort behandelt bevor sie den letzten Empfänger

diffusionen von flammen.

Il flusso continuo – rifornimento continuo del collettore con una piccola portata d'acqua – serve a raffreddare i gas esplosivi attraverso le gocce d'acqua nebulizzate. Tale capacità è stata dimostrata con studi e, in combinazione con la distanza tra i pozzetti di 111 m circa, costituisce una misura costruttiva contro il pericolo di esplosione nel caso di liberazione di liquidi pericolosi.

Il drenaggio dei liquidi pericolosi comporta anche la separazione completa dei drenaggi di piattaforma della galleria principale binario dispari e della galleria principale binario pari, al fine di garantire che i liquidi in fiamme non penetrino nelle zone sicure.

#### 5.4.1.2 Drenaggio delle acque di ammasso

Le acque di infiltrazione dall'ammasso vengono raccolte su entrambi i lati della galleria, nella zona dei piedritti. In questa parte della sezione e nel caso di rivestimento doppio è presente un elemento drenante caratterizzato da elevata permeabilità costituito dalla ghiaia di grossa pezzatura e da tubazioni microfessurate DN250 che convogliano a gravità le acque di infiltrazione.

Nel caso di rivestimento singolo, i conci prefabbricati sono dotati di doppia guarnizione per evitare l'infiltrazione delle acque d'ammasso tra i singoli elementi. Le acque d'ammasso scorrono attraverso il pea-gravel posto tra i conci prefabbricati e l'ammasso roccioso fino al raggiungimento di fori di sfogo collegati al drenaggio della galleria.

Nelle tratte con impermeabilizzazione totale (rivestimento doppio con arco rovescio) le acque ammasso vengono raccolte solo puntualmente da fori laterali di drenaggio DN110 il cui tratto in roccia è microfessurato. Questo tipo di pozzetti è previsto ogni 12.5m.

L'elemento inferiore dell'anello di conci verrà poggiato su un letto di malta in modo da garantire la stabilità della base dell'anello e meglio convogliare le acque dell'ammasso nei fori di sfogo.

Questi fori laterali realizzati attraverso i conci prefabbricati garantiscono il drenaggio dell'intercapedine tra conci e ammasso roccioso per evitare carichi idraulici che potrebbero danneggiare i conci prefabbricati.

Le acque d'ammasso così raccolte vengono poi scaricate verso il Cunicolo Esplorativo in corrispondenza di alcuni Cunicoli Trasversali. Nel Cunicolo Esplorativo le acque di ammasso vengono convogliate, a gravità, verso l'imbocco di Aica dove vengono sottoposte ad opportuni trattamenti prima

erreichen (Fluss Eisak).

Das System der Ulmendrainage sieht alle 111 m Inspektionsschächte vor.

#### 5.4.2 **Wasserschächte**

Die Wasserschächte stellen Störungspunkte für die Struktur des Drainagesystems dar. Daher können die folgenden Schachttypen unterschieden werden:

- Inspektionsschacht für das Drainagesystem der Gebirgswässer beim Widerlager, bei jedem Regelquerschnitt, mit dem Gewölbe und dem Widerlager verbunden;
- Inspektionsschacht für das Drainagesystem der Fahrbahnwässer, auf Gleisachse, bei jedem Regelquerschnitt, mit der Sohle / dem Gegengewölbe / Sohlübbing verbunden.

Zur Optimierung wurden die Geometrie der Regelquerschnitte der Hauptrohre und die Geometrie der Schächte so ausgelegt, damit der Ausbruchsquerschnitt vom Drainagesystem unverändert bleibt.

Ausserdem ist es vorgesehen, dass die Schächte aus zwei separaten Teilen bestehen (unterer Teil und oberer Teil), die zu zwei verschiedenen Zeitpunkten eingebaut werden können: das erste Element während der Aufbringung der definitiven Auskleidung, das Zweite bei der Vervollständigung der Bankette und der Eisenbahneinrichtungen. Weitere Details sind in den bezüglichen Plänen zu finden.

### 5.5 **AUSLEGUNG ANLAGEN**

#### 5.5.1 **Allgemein**

Das System des Brenner-Basistunnels ist durch die wiederholende Anbringung der kritischen Anlagen und verschiedener Verkabelungen gekennzeichnet.

Allgemein liegen die für das Projekt vorgesehenen Kabel im vorfabrizierten gelochten Element, welches unter dem Bankett verlegt ist.

Wie vorher schon erwähnt ist im Regelquerschnitt des Hauptrohrs auch der Platz für den Flucht- und Rettungsweg (internes Bankett, auf die gleiche Seite der Querverbindungen) und den Instandsetzungsraum (externes Bankett) enthalten.

di defluire verso il ricettore finale (fiume Isarco)

Anche il sistema di drenaggio delle acque di ammasso è completato dalla presenza di pozzetti di ispezione posti ogni 111m.

#### 5.4.2 **Pozzetti idraulici**

I pozzetti idraulici costituiscono dei punti di interferenza del sistema di drenaggio sulla parte strutturale della sezione. Da questo punto di vista si possono distinguere le seguenti tipologie di pozzetti:

- pozzetti di ispezione del sistema di drenaggio delle acque di ammasso in corrispondenza del piedritto, presenti in tutte le tipologie di sezioni ed interferenti con le murette e piedritti;
- pozzetti di ispezione del sistema di drenaggio delle acque di piattaforma, posti in corrispondenza dell'asse del binario, presenti in tutte le tipologie di sezioni ed interferenti con la platea/arco rovescio e/o concio di base.

Le geometrie delle sezioni delle Gallerie di Linea e le geometrie dei pozzetti stessi sono state ottimizzate in modo da mantenere invariata la sezione di scavo indipendentemente dalla presenza o meno di questi elementi del sistema di drenaggio durante la fase di esercizio.

E' inoltre previsto che i pozzetti siano composti da due parti separabili (parte inferiore + parte superiore) che possono essere posate in due momenti distinti: il primo elemento in fase della posa del rivestimento definitivo, il secondo in fase di completamento delle banchine e della sovrastruttura ferroviaria. Per dettagli si vedano gli elaborati grafici specifici.

### 5.5 **PREDISPOSIZIONE IMPIANTI**

#### 5.5.1 **Generalità**

Il sistema Galleria di Base del Brennero si contraddistingue per la posa ridondante di tutti gli impianti critici ed anche dei diversi fasci di cavi.

In generale i cavi previsti nel progetto di attrezzaggio vengono posati nelle polifore prefabbricate posizionate sotto le banchine.

Come menzionato in precedenza la sezione tipo della galleria di linea comprende la sagoma di ingombro della via di fuga e di soccorso (banchina interna, posta sullo stesso lato dei Cunicoli Trasversali) e della sagoma della via di manutenzione (banchina esterna).

Bei den eingleisigen Strecken weist die Aussenkante des externen Banketts eine Kote von +0.14m bezüglich der Gleisebene auf und für das interne Bankett variiert die Kote zwischen +0.31 m beim geradlinigen Verlauf und +0.44 m beim kurvenförmigen Verlauf (Aussenbogen), wie in den graphischen Darstellungen gezeigt ist. Die transversale Neigung des Banketts ist gleich 2%.

Der Höhenübergang zwischen den verschiedenen Banketten wird in den ersten 10 m der planimetrischen Klothoide überwunden.

Der Abstand vom externen Bankett zur Gleisachse beträgt 1.65 m. Der Abstand von der Gleisachse zum internen Bankett beträgt 1.65 m beim geradlinigen Verlauf und 1.75 m beim bogenförmigen Verlauf (Innenbogen).

Die Entfernung des Banketts wurde anhand einer kleinen Aussparung realisiert, welche am Bankett selbst ausgeführt wird und einen kleinen Sockel ausbildet. Die Sockelausbildung ist linear und vollzieht sich in den letzten 10 m des geradlinigen Verlaufs.

Die Veränderlichkeit der zwei Bankette (intern und extern) wird von der Geometrie der vorgefertigten Elemente gesteuert. Entlang der Strecken werden also bei Bedarf vorgefertigte, der Geometrie des Regelquerschnitts angepasste Elemente benutzt.

Alle transversalen Schnitte der vorgefertigten Elemente des Projektteils 3 sind in den bezüglichen Plänen dargestellt [44] [45]. Sie weisen eine Länge von 5 m auf. Diese Elemente werden auf eine Mörtelbett aufgelegt. Längs sind die Elemente zum Nächsten durch einer Verschraubung verbunden.

Überall dort, wo die Leitungen einen ungeraden Verlauf zeigen (z.B. beim Schachtzugang), werden die vorgefertigten Elemente von biegsamen einbetonierten Leitungen ersetzt.

#### 5.5.2 Schächte für Anlagen

Die Räume (Leitungsschächten), die für die Auslegung der Leitungen notwendig sind, befinden sich in der Nähe der Querverbindungen und entlang des Hauptrohrs alle 84 m. Dieser Abstand wurde anhand der Angaben des Ausrüstungsprojekts definiert, der einen Mindestabstand von 110 m vorschrieb. Damit ist die Wiederholung entlang des Hauptrohrs gewährleistet, und die Interferenz mit den Wasserschächten vermieden (111 m Achsabstand).

Ausserdem befinden sich in der Nähe von Querverbindungen Schächte zum Führen der Leitungen in

Nelle tratte a singolo binario l'estradosso della banchina esterna ha una quota di +0.14m rispetto al piano del ferro, indipendentemente dall'andamento planimetrico, mentre per quanto riguarda la banchina interna la sua altezza varia tra +0.31 m, in rettilineo, fino ad un massimo di +0.44 m in curva (sul lato esterno dell'arco), come descritto nel dettaglio negli elaborati grafici. La pendenza trasversale di entrambe le banchine è pari a 2%.

Il passaggio tra le diverse altezze della banchina avviene nei primi 10m della clotoide planimetrica.

La distanza della banchina esterna dall'asse del binario è di 1.65m. La distanza dall'asse binario alla banchina interna presenta invece una variabilità: è di 1.65m in rettilineo e 1.75m nelle tratte in curva (solo sul lato interno dell'arco).

L'allontanamento della banchina avviene tramite la creazione di un piccolo scasso nella stessa, che va a formare quindi un gradino ("dentello"). La creazione di tale "dentello" è lineare ed avviene negli ultimi 10m del rettilineo.

La variabilità sopra descritta delle due banchine (interna ed esterna) governa la geometria degli elementi prefabbricati che ne costituiscono una parte integrante. Lungo la tratta vengono quindi impiegate alcune tipologie di elementi prefabbricati adattate anche alla geometria della sezione tipo applicata.

Tutte le sezioni trasversali degli elementi prefabbricati previste nella tratta in esame (Parte 3) sono rappresentate nelle tavole [44] [45]. Longitudinalmente questi elementi prefabbricati hanno una lunghezza 5m. Tali elementi vengono posati su uno strato di malta di allettamento; la connessione longitudinale tra due elementi consecutivi è assicurata da un giunto maschio-femmina.

Nelle zone dove i cavidotti hanno un andamento non rettilineo (p.e. all'entrata nei pozzetti) gli elementi prefabbricati vengono sostituiti da una serie di cavidotti flessibili annegati nel calcestruzzo gettato in opera.

#### 5.5.2 Pozzetti impianti

Per la posa dei cavi sono necessari dei vani (pozzetti tiracavi), situati nelle vicinanze dei Cunicoli Trasversali e lungo la galleria ad un interasse di circa 84m. Tale interasse è stato studiato, coerentemente con le indicazioni del progetto di attrezzaggio (che imponeva interasse massimo di 110m), in modo da assicurare un modulo ripetitivo lungo la galleria e di evitare l'interferenza con pozzetti idraulici (il cui interasse è di 111m).

Inoltre in prossimità dei Cunicoli Trasversali sono presenti pozzetti che servono per condurre i cavi verso il cunicolo

Richtung der Querverbindungen selbst.

Die Abdeckungsbleche jedes Schachts müssen aus Brandschutzgründen mindestens 12 cm dick sein.

Die Schächte für die Anlagen stellen vom Gesichtspunkt der Bauwerke eine Interferenz mit der Struktur dar. Die genaue Lage der Schächte entlang der Hauptröhre ist in den Gaphiken dargestellt [44] [45].

trasversale stesso.

Ai fini della protezione antincendio le lastre di copertura di tutti i pozzetti impianti devono avere uno spessore di 12 cm.

Dal punto di vista delle opere civili i pozzetti degli impianti costituiscono delle interferenze con la struttura. La posizione esatta lungo le gallerie principali di tutti i pozzetti impianti è rappresentata nelle tavole [44] [45].



## 6 BESCHREIBUNG DER REGELPROFILE DER QUERVERBINDUNGEN

### 6.1 INTERNES PROFIL

Im folgenden Kapitel sind die Mindestabmessungen der internen Profile hervorgerufen, die in [2] definiert sind.

#### 6.1.1 Internes Strukturprofil – Querverbindung (Typ 1)

Die internen Abmessungen des Profil der Querverbindung Typ 1 sind anhand des Sicherheitsraum und des Raums für die Fluchtwege bestimmt und zwar mit 2,25 x 2,25 m (B x H), die im Tunnelsicherheitskonzept enthalten sind.

In der folgenden Graphik ist das einzuhalten Mindestprofil der Querverbindung Typ 1 definiert.

Diese Darstellung wird auch in den Abschnitten mit Mindestausbruch der Querverbindungen Typ 2 und Typ 3 angewendet, die eine Veränderung des Querschnitts zeigen.

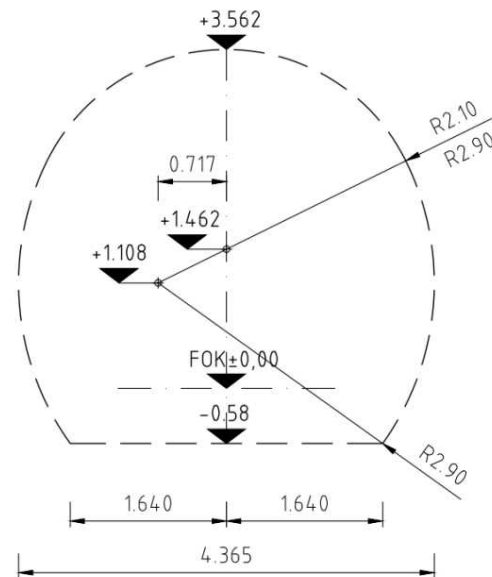


Abbildung 27: Mindestprofil – Querverbindung Typ 1

## 6 DESCRIZIONE SEZIONE CUNICOLI TRASVERSALI DI COLLEGAMENTO

### 6.1 SAGOMA INTERNA

Nel presente capitolo vengono richiamate le dimensioni delle sagome interne minime definite in [2].

#### 6.1.1 Sagoma interna della struttura – cunicolo trasversale (Tipo 1)

Le dimensioni interne della sezione del cunicolo trasversale tipo sono determinate dalla sagoma di ingombro necessaria per le vie di fuga e di soccorso 2,25 x 2,25 m (B x H) stabilita nel concetto per la sicurezza in galleria.

Nella seguente illustrazione si definisce la sagoma minima da rispettare per il cunicolo trasversale di collegamento Tipo 1.

La sagoma sotto riportata viene applicata anche nelle tratte a sezione minima nei Cunicoli Trasversali Tipo 2 e Tipo 3 che presentano una configurazione a sezione variabile.

Figura 27: Sagoma minima – Cunicolo trasversale di collegamento Tipo 1

#### 6.1.2 Internes Strukturprofil – Querverbindung (Typ 2, 3 und 4)

Im Teil 3 des Bauloses 2 und 3 sind die Querverbindungen Typ 2 und Typ 3 70 m lang, und sind durch eine Querschnittsveränderung entlang ihrer Abwicklung gekennzeichnet. In diesen Fällen ist zwischen einem Mindestprofil an den Querverbindungsenden und einem maximalen Profil in der Mitte zu unterscheiden (Abbildung 5 und Abbildung 6).

Dabei ist das Mindestprofil anhand des Mindestprofils der im Voraus erwähnten Querverbindung 1 ausgelegt worden. Die

#### 6.1.2 Sagoma interna della struttura – cunicolo trasversale (Tipo 2, 3 e 4)

Nella Parte 3 del lotto Mules 2 e 3 i cunicoli di Tipo 2 e di Tipo 3 sono di lunghezza pari a 70m e sono caratterizzati da una variazione di sezione lungo il loro sviluppo. In questi casi, come risulta evidente dalla Figura 5 e Figura 6, è possibile distinguere una sezione minima, alle estremità del cunicolo, e una sezione massima, nella zona centrale.

In questa configurazione la sezione alle estremità del cunicolo viene definita a partire dalla sagoma minima del

Mindestabmessungen des maximalen Querschnitts in der Mitte der Querverbindung sind anhand der folgenden Überlegungen ausgelegt worden:

Die internen Abmessungen des Profils der Querverbindung für die Technik sind anhand des Sicherheitsraums und des Raums für die Fluchtwege bestimmt, die im Tunnelsicherheitskonzept enthalten sind, sowie auch anhand des Raums für die technische Auslegung der Ausrüstungen.

Der Sicherheitsraum und der Raum für die Fluchtwege beträgt 2,25 x 2,25 m (B x H).

Der einzuhaltende Freiraum für die technische Auslegung der Ausrüstungen beträgt 2,54 x 3,00 m (BxH) + 0,84 x 2,20 m (BxH) + 0,75 x 2,20 m (BxH).

In der folgenden Graphik ist das Mindestprofil für die Querverbindung Typ 2, 3 und 4 dargestellt.

cunicolo Tipo 1 precedentemente discussa. Mentre la sagoma minima della tratta centrale (sezione massima) è determinata secondo quanto riportato nel presente paragrafo.

Le dimensioni interne della sezione del cunicolo trasversale tecnico sono determinate da un lato dalla sagoma di ingombro necessaria per le vie di fuga e di soccorso stabilita nel concetto per la sicurezza in galleria e dall'altro dallo spazio richiesto dagli impianti tecnici indicati dai requisiti dell'attrezzaggio.

La sagoma di ingombro necessaria per la via di fuga e di soccorso è di 2,25 x 2,25 m (BxH).

Lo spazio da mantenere libero per gli impianti tecnici è stato fissato a 2,54 x 3,00 m (BxH) + 0,84 x 2,20 m (BxH) + 0,75 x 2,20 m (BxH).

Nella seguente illustrazione si definisce la sagoma minima da rispettare per il cunicolo trasversale di collegamento Tipo 2, 3 e 4.

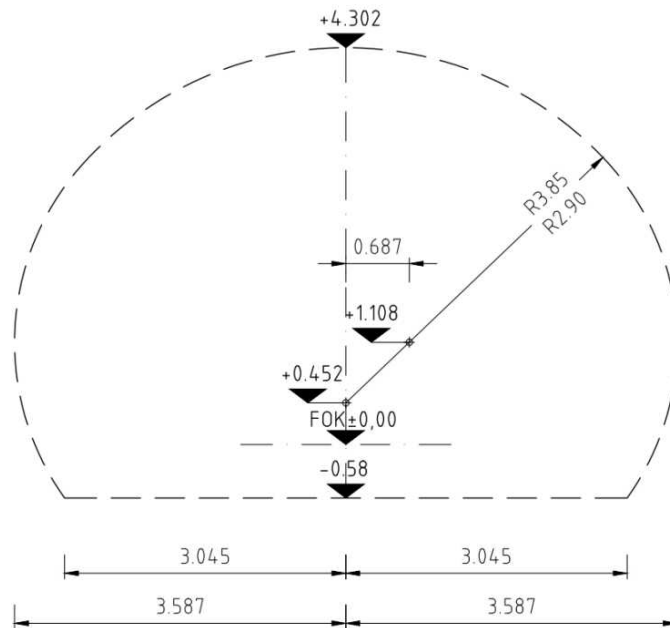


Abbildung 28: Mindestprofil – Querverbindung Typ 2, 3, 4

Figura 28: Sagoma minima – Cunicolo trasversale di collegamento Tipo 2, 3, 4

## 6.2 ALLGEMEINE EIGENSCHAFTEN DER /REGELPROFILE (INNEN- UND AUSSENSCHALE)

Die Querverbindungen Typ 2 weisen immer eine zweischalige Auskleidung auf, die aus einer Aussenschale (Ausbruchsicherung) und einer Innenschale aus Ortsbeton (definitive Auskleidung) besteht. Die Innenschale wird je nach statischem Anspruch bewehrt. Die beiden Auskleidungen sind von der Abdichtung getrennt.

## 6.2 CONFIGURAZIONE GENERALE DELLE SEZIONI TIPO (RIVESTIMENTI DI 1<sup>A</sup> E 2<sup>A</sup> FASE)

I Cunicoli Trasversali di tipo 2 vengono realizzati sempre con rivestimento doppio, costituito da un rivestimento esterno (rivestimento di prima fase) e da un rivestimento interno in calcestruzzo gettato in opera, armato secondo necessità statiche, generalmente armato in calotta. I due rivestimenti sono separati dal sistema di impermeabilizzazione.

Wie oben schon erwähnt werden die Querverbindungen im Allgemeinen in der Anschlusszone an den Enden und den Regelprofilen unterschieden. Die Regelprofile weisen entweder einen konstanten Querschnitt (Typ 1 und 4) oder einen veränderlichen Querschnitt (Typ 2 und 3) auf.

Die Ausbruchsgeometrie und die Mächtigkeit der Aussen- und Innenschale sind anhand des Minimalprofils (Abbildung 31 und Abbildung 28) definiert, in Übereinstimmung mit den statischen Notwendigkeiten (detailliert in den Technischen Berichten beschrieben) und unter Berücksichtigung der Bautoleranzen (detailliert in [39] beschrieben).

Die Ausbruchsgeometrien sind vollständig in den Projektierungsdokumentation dargestellt und im Bericht [33] beschrieben.

Allgemein für die Querverbindungen sind die folgenden Ausbruchsicherungen vorgesehen:

- Radiale Anker und faserverstärkter Spritzbetonring der Stärke 15 cm (min. 10 cm) für die Klassen I, II, III;
- Radiale Anker oder Ortsbrustanker, eventuelle Ortsbrustsicherung; faserverstärkter Spritzbetonring der Stärke 25 cm für die Querverbindungen Typ 1 und 29 cm für die anderen Querverbindungstypen (min. bez. 20 cm und 25 cm), steife Stahlprofile für die Klasse IV und verformbare Stahlprofile für die Klasse V.

Die Zusammenfassung der Ausbruchsquerschnitte ist in Tabelle 6 aufgelistet.

Bei den Anschlüssen ist die Sicherung der vorgefertigten Tübbing vor dem Ausbruch der Querverbindungen unerlässlich. Zur Sicherung der Tübbing sind radiale Verankerungen vorgesehen, wie in Abbildung 29 dargestellt.

Come discusso in precedenza, in generale, in un cunicolo trasversale si distinguono le zone di innesto, alle estremità, e una zona di sezione corrente che può essere a geometria costante (tutti i cunicoli tipo 1) o variabile (nel passaggio dalla sezione "minima" a sezione allargata (tutti i cunicoli tipo 2 e 3). Nel caso del cunicolo tipo 4 (un solo caso, BP 33/2) la sezione è massima anche nella zona d'innesto.

La geometria delle sezioni di scavo e gli spessori dei rivestimenti di prima e seconda fase vengono definiti a partire dalla sagoma minima (rappresentata in Figura 31 e in Figura 28), congruentemente con le esigenze statiche (descritte nel dettaglio nelle relazioni di calcolo) e tenendo conto delle tolleranze costruttive (definite nel dettaglio in [39]).

Le geometrie delle sezioni di scavo sono definite compiutamente negli elaborati di progetto "Sezione tipo - Sezione di scavo" e descritte nella relazione [33].

In generale per i Cunicoli Trasversali sono previsti i seguenti interventi di stabilizzazione dello scavo:

- chiodature radiali e un anello di calcestruzzo proiettato fibrorinforzato di spessore nominale 15 cm (minimo 10 cm) per classe I, II, III;
- chiodature radiali o in avanzamento, eventuale consolidamento del fronte di scavo, anello di betoncino proiettato fibrorinforzato di spessore nominale di 25 cm per i cunicoli tipo 1 e 29 cm per altri Cunicoli Trasversali (spessore minimo rispettivamente di 20cm e 25 cm) e centine rigide per classe IV o centine deformabili per la classe V.

Un riepilogo delle sezioni tipo di scavo è riportato nella seguente Tabella 6.

In corrispondenza degli innesti è necessario procedere alla messa in sicurezza dei conci prefabbricati prima di iniziare lo scavo del cunicolo trasversale. Per fissare i conci sono previsti chiodature radiali. Nella Figura 29 è riportato la sezione tipo della messa in sicurezza dei conci.

Querschnitte / Sezioni	Querschlag Typ / Tipologia di cunicolo	Riferimento Canna Est	L	Wahrscheinlichkeit Anwendung / Probabile applicazione	
		[km]	[m]		
32/2	4	32+090.0	70	CT4-T3bis	50%
				CT4-TRb	50%
32/3	2	32+333.0	70	CT2-T2	10%
				CT2-T3	20%
				CT2-T3 bis	20%
				CT2-TRb	50%
32/4	1	32+667.0	70	CT1-T2	10%
				CT1-T3	20%
				CT1-T3 bis	20%
				CT1-TRb	50%
33/1	1	33+000.0	70	CT1-T2	10%
				CT1-T3	20%
				CT1-T3 bis	20%
33/2	1	33+333.0	70	CT1-TRb	50%
				CT1-T2	10%
				CT1-T3	20%
				CT1-T3 bis	20%
33/3	1	33+667.0	70	CT1-TRb	50%
				CT1-T2	10%
				CT1-T3	20%
				CT1-T3 bis	20%
34/1	1	34+000.0	70	CT1-TRb	50%
				CT1-T2	10%
				CT1-T3	20%
				CT1-T3 bis	20%
34/2	2	34+333.0	70	CT1-TRb	50%
				CT2-T2	10%
				CT2-T3	20%
				CT2-T3 bis	20%
34/3	1	34+667.0	70	CT1-TRb	50%
				CT1-T2	10%
				CT1-T3	20%
				CT1-T3 bis	20%
35/1	1	35+000.0	70	CT1-TRb	50%
				CT1-T2	10%
				CT1-T3	20%
				CT1-T3 bis	20%
35/2	1	35+333.0	70	CT1-TRb	50%
				CT1-T2	10%
				CT1-T3	20%
				CT1-T3 bis	20%
35/3	1	35+667.0	70	CT1-TRb	50%
				CT1-T2	10%
				CT1-T3	20%
				CT1-T3 bis	20%
36/1	1	36+000.0	70	CT1-T4	70%
				CT1-T5	30%
36/2	2	36+333.0	70	CT2-T4	70%
				CT2-T5	30%
36/3	1	36+667.0	70	CT1-T4	70%
				CT1-T5	30%

Tabelle 6: Ausbruchquerschnitte der Querverbindungen

Querschnitte / Sezioni	Querschlag Typ / Tipologia di cunicolo	Riferimento Canna Est	L	Wahrscheinlichkeit Anwendung / Probabile applicazione	
		[km]	[m]		
37/1	1	37+000.0	70	CT1-T4	70%
				CT1-T5	30%
37/2	1	37+333.0	70	CT1-T4	50%
				CT1-T5	50%
37/3	2	37+667.0	70	CT2-T2	15%
				CT2-T3	45%
				CT2-T3 bis	40%
38/1	1	38+000.0	70	CT1-T2	15%
				CT1-T3	60%
				CT1-T3 bis	25%
				CT1-TRb	50%
38/2	1	38+333.0	70	CT1-T2	20%
				CT1-T3	60%
				CT1-T3 bis	20%
38/3	1	38+667.0	70	CT1-T2	20%
				CT1-T3	60%
				CT1-T3 bis	20%
39/1	1	39+000.0	70	CT1-T2	20%
				CT1-T3	60%
				CT1-T3 bis	20%
39/2	3	39+333.0	70	CT3-T3	100%
				CT2-T2	20%
39/3	2	39+667.0	70	CT2-T3	60%
				CT2-T3 bis	20%
				CT1-T2	15%
40/1	1	40+000.0	70	CT1-T3	60%
				CT1-T3 bis	25%
				CT1-T2	15%
				CT1-T3	60%
40/2	1	40+333.0	70	CT1-T3 bis	25%
				CT1-T4	30%
				CT1-T5	70%
40/3	1	40+667.0	70	CT1-T4	30%
				CT1-T5	70%
				CT2-T4	30%
41/1	1	41+000.0	70	CT1-T4	30%
				CT1-T5	70%
41/2	2	41+333.0	70	CT2-T4	30%
				CT2-T5	70%
41/3	1	41+667.0	70	CT1-T4	30%
				CT1-T5	70%
42/1	1	42+000.0	70	CT1-T4	30%
				CT1-T5	70%
42/2	1	43+333.0	70	CT1-T4	30%
				CT1-T5	70%
42/3	1	42+667.0	70	CT1-T4	30%
				CT1-T5	70%
43/1	1	43+000.0	70	CT1-T4	30%
				CT1-T5	70%
43/2	2	43+333.0	70	CT2-T4	30%
				CT2-T5	70%
43/3	1	43+667.0	70	CT1-T2	25%
				CT1-T3	50%
				CT1-T3 bis	25%
44/1	1	44+000.0	70	CT1-T2	25%
				CT1-T3	50%
				CT1-T3 bis	25%

Tabella 6: Sezioni di scavo dei cunicoli di collegamento

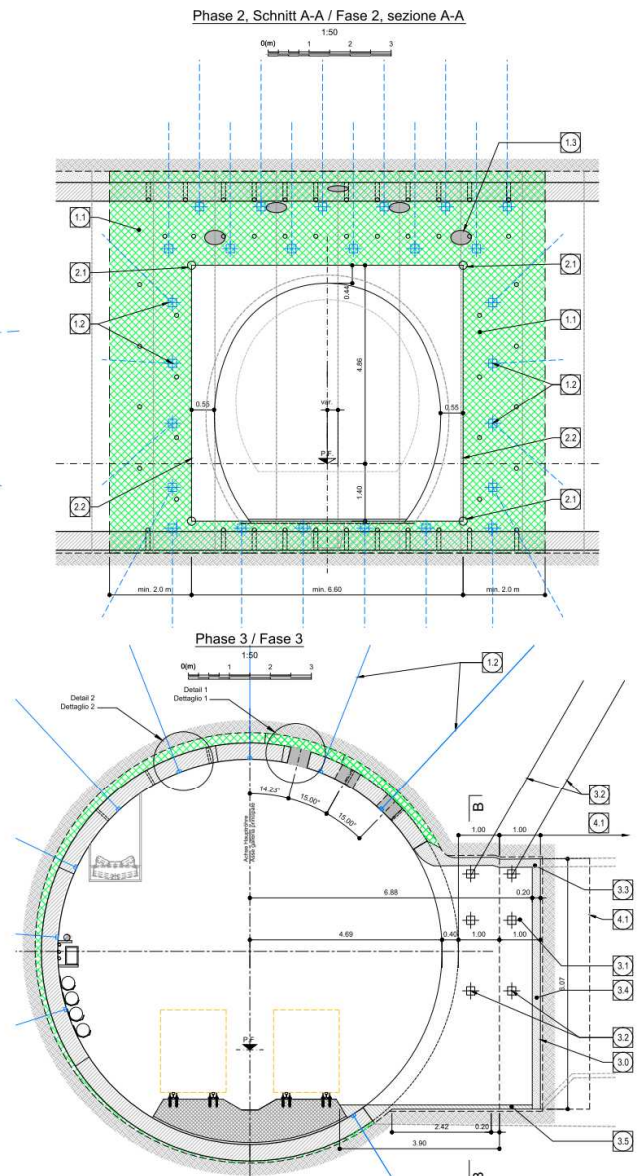
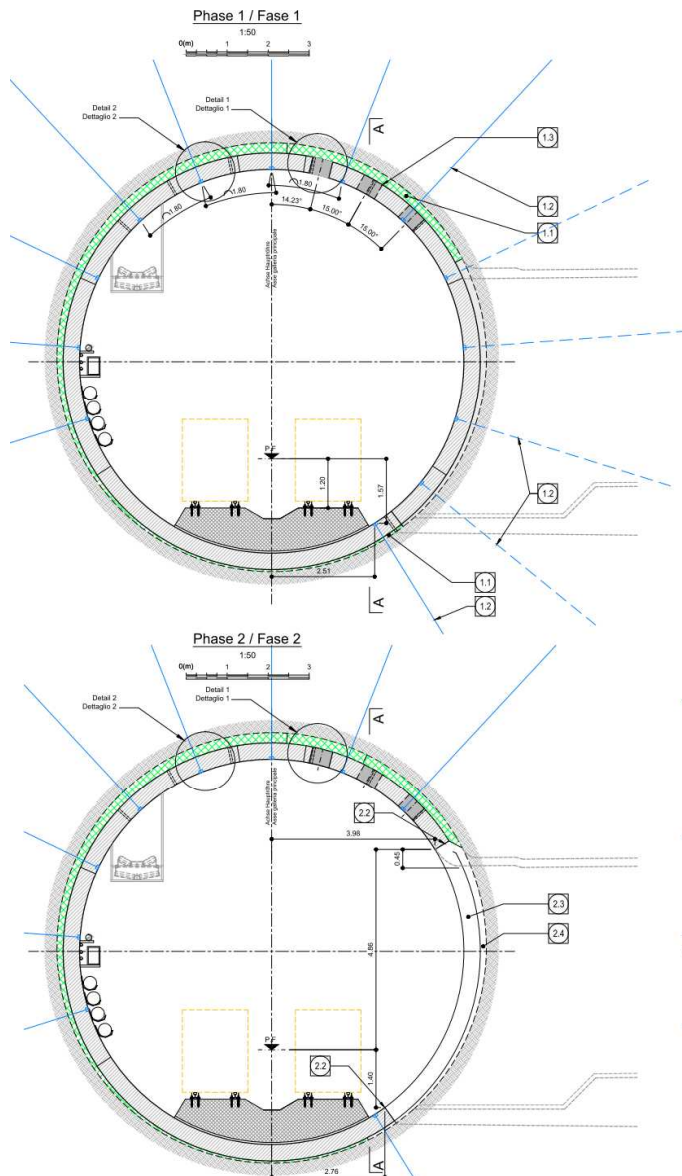


Abbildung 29: Ausbruch Anschluss – Sicherung der Tübbinge

Figura 29: Scavo innesto – messa in sicurezza dei conci prefabbricati

Die Eigenschaften der Innenschale sind ausführlich in den bezüglichen Plänen dargestellt, und in den technischen Berichten beschrieben.

Le caratteristiche dei rivestimenti definitivi sono rappresentate in dettaglio nelle tavole "Sezione tipo - Carpenteria" e descritte nelle relazioni di calcolo.

Allgemein sind die folgenden Mächtigkeiten vorgesehen:

In generale sono previsti i seguenti spessori dei rivestimenti:

- Nominalbetrag Gewölbe 35 cm (min. 30 cm) für Klassen I, II, III, Mindestquerschnitt;
- Nominalbetrag Gewölbe 40 cm (min. 35 cm) für Klassen I, II, III, maximaler ausgeweiteter Querschnitt;
- Nominalbetrag Sohle 41 cm (min. 35 cm) für Klassen I, II, III, Mindest- und maximaler Querschnitt;

- spessore nominale in calotta 35 cm (minimo 30 cm) per classe I, II, III in sezione minima;
- spessore nominale in calotta 40 cm (minimo 35 cm) per classe I, II, III in sezione allargata (massima);
- spessore nominale in platea di 41 cm (minimo di 35 cm) per classe I, II, III in sezione minima e massima;

- Nominalbetrag Gewölbe 40 cm (min. 35 cm) für Mindestquerschnitt, 50 cm (min. 45 cm) für maximalen Querschnitt, Klassen IV und V;
- Nominalbetrag Gegengewölbe 89 cm für Mindestquerschnitte der Klassen IV und V und bei den Anschlüssen;
- Nominalbetrag Gegengewölbe 124 cm für maximalen Querschnitte der Klassen IV und V.
- spessore nominale in calotta di 40 cm per i cunicoli in sezione minima e 50 cm per i cunicoli in sezione massima (spessore minimo rispettivamente di 35 cm e 45 cm) per classe IV e V;
- spessore nominale in arco rovescio di 89 cm per le sezioni minime per classe IV o V e in corrispondenza degli innesti;
- spessore nominale in arco rovescio di 124 cm per le sezioni massime per classe IV o V.

Im Anschlussbereich mit dem Hauptrohr wird der ganze Querschnitt bewehrt. Bei der Sohle, welche eine Gewölbegeometrie aufweist, beträgt die nominelle Mächtigkeit 108 cm für die Querverbindungen Typ 1 und 126 cm für die anderen Querverbindungen (min. bez. 102 und 120) und für das Gewölbe beträgt die Nominaldicke 40 cm (min. 35 cm).

### 6.3 ABDICHTUNG

Das Abdichtungssystem dient zum Schutz des Tunnelgewölbes gegen eindringendes Wasser und zur gesteuerten Entsorgung der unterirdischen Wässer in der Wiederlagerdrainage.

Wie bei den Hauptrohren besteht das Abdichtungssystem aus einer geotextilen Membran zum mechanischen Schutz der Abdichtung und einer Membran aus synthetischem Material zur eigentlichen Abdichtung.

Bei den Abschnitten, die eine zweischalige Auskleidung aufweisen, ist die Abdichtungsmembran bei den armierten Zonen durch eine zusätzliche Membran geschützt, zur Gewährleistung der Funktionsfähigkeit des Abdichtungssystem.

Aus im Kapitel 5.2 aufgelisteten Gründen sind aggressive Wässer in den folgenden Abschnitten zu erwarten.

- Ca. km 35.9 bis ca. km 37.5;
- Ca. km 40.3 bis ca. km 43.3.

Analog wie bei den Hauptrohren ist in diesen Strecken eine Vollabdichtung der Innenschale zur Gewährleistung der Beständigkeit des Betons vorgesehen.

Abbildung 30 und Abbildung 31 zeigen die zwei Abdichtungstypen.

Nella zona dell'innesto con la galleria di linea è prevista la realizzazione di una sezione interamente armata caratterizzata dalla presenza dell'arco rovescio di spessore nominale di 108 cm per i cunicoli di tipo 1 e di 126 cm per altri cunicoli (spessore minimo rispettivamente di 102 cm e 120 cm) e di una calotta avente spessore nominale di 40 cm (minimo 35 cm).

### 6.3 IMPERMEABILIZZAZIONE

Il sistema di impermeabilizzazione ha la funzione di proteggere la calotta della galleria dall'acqua di infiltrazione e consente lo smaltimento controllato delle acque sotterranee nei drenaggi previsti nei piedritti.

Come nelle canne principali, il sistema di impermeabilizzazione è costituito da un supporto, il geotessile, per la protezione meccanica del foglio di impermeabilizzazione, e da un foglio in materiale sintetico, che rappresenta l'impermeabilizzazione vera e propria.

Nelle tratte in cui è previsto il rivestimento definitivo con calcestruzzo armato il manto impermeabile viene ricoperto da una membrana di protezione applicata nelle zone delle armature al fine di garantire l'integrità del sistema di impermeabilizzazione stesso.

Per i motivi citati nel capitolo 6.2, nelle seguenti tratte l'aggressività delle acque prevista è molto elevata.

- Circa km 35.9 a circa km 37.5;
- Circa km 40.3 a circa km 43.3.

Analogamente alle gallerie principali, in queste tratte è prevista l'impermeabilizzazione completa del rivestimento interno allo scopo di garantire la durabilità del calcestruzzo e quindi dell'opera.

Nella Figura 30 e Figura 31 sono rappresentate i due tipi di impermeabilizzazione.

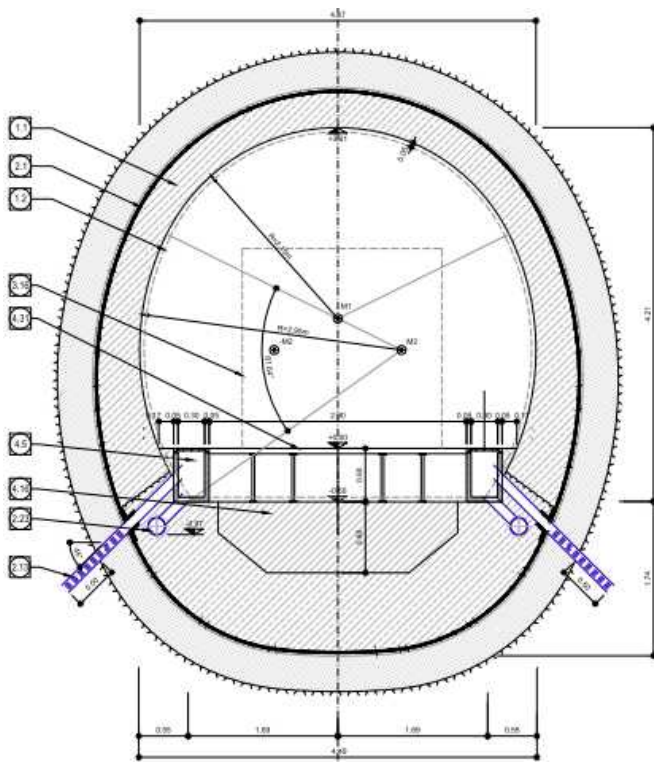


Figura 30: Impermeabilizzazione completa

Abbildung 30: Vollabdichtung

#### 6.4 DRAINAGE IN BETRIEBSPHASE

Die Gebirgsässer werden in Drainageleitungen (Fussdrainage, DN/OD 200 mm) gesammelt, die sich an beiden Seiten der Querverbindung im Bereich der Wiederlager befinden. Die Gebirgsässer werden damit in Richtung der Hauptröhre in seinem Drainagesystem geleitet.

In diesem Fall handelt es sich auch um ein drainierendes Abdichtungssystem, dass nicht beständig gegen Druckwasser ist.

Die Fahrbahnwässer der Querverbindung werden am Ende einer Querleitung gesammelt, die durch eine DN150 Leitung mit dem Drainagesystem der Hauptröhre verbunden ist.

Die Details des Drainagesystems der Querverbindungen sind detailliert in den Graphiken in Kapitel 9.3.3 gezeigt.

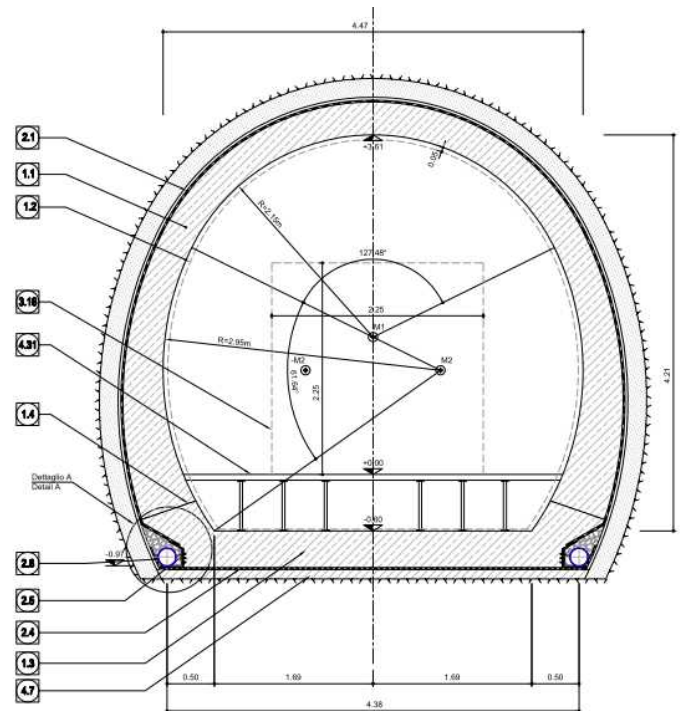


Figura 31: Impermeabilizzazione con drenaggio al piede

Abbildung 31: Abdichtung mit Fussdrainage

#### 6.4 DRENAGGIO FASE D'ESERCIZIO

Le acque d'ammasso vengono raccolte nei tubi di drenaggio (drenaggi al piede, DN/OD 200 mm) collocati su entrambi i lati del cunicolo nella zona dei piedritti, e vengono convogliate verso le canne principali nel sistema di drenaggio di quest'ultime.

Anche in questo caso si tratta quindi di un sistema di impermeabilizzazione drenante, non resistente all'acqua in pressione.

Le acque raccolte internamente al cunicolo trasversale scorrono sulla superficie della soletta (o arco rovescio) in calcestruzzo e vengono raccolte alle estremità in una canaletta trasversale. Tale canaletta è collegata quindi, attraverso una tubazione DN150, al sistema di drenaggio delle acque di piattaforma delle gallerie principali.

I dettagli del sistema di drenaggio per tutti i Cunicoli Trasversali sono descritti in dettaglio negli elaborati grafici elencati nel Capitolo 9.3.3 a cui si rimanda.

## 6.5 AUSLEGUNG ANLAGEN

In den Querverbindungen ist die Auslegung der Anlagen für die Hauptröhre vorgesehen. Die Projektierung dieser Anlagen ist nicht im vorliegenden Projektierungs-Baulos enthalten, jedoch die Bauwerke des Bauloses Muls 2-3 dienen zu deren Auslegung. Zur Information werden diese Anlagen kurz beschrieben.

Zur Verbindung der technischen Anlagen in den Querverbindungen und damit die Verbindung zur Hauptröhre gewährleistet ist, sind die folgende Leitungen in den Querverbindungen vorgesehen:

- Kabelschutzrohre für Mittel- und Niederspannung und für Telecom;
- Weitere Kabel, z.B. Kabel für Signale, Kontrolle/Steuerung der Anlagen, etc., werden in den Kabelschutzröhren gelegt gemäss Ausrüstungsrichtlinien;
- 2 Leitungen Ø200 mm für Brandwasser, die als Teil des Brandsystem ausgelegt sind.

Allgemein interferieren die Anlagen der Querverbindungen nicht mit den Bauwerken, da sie unter der technischen Sohle laufen und ist nicht Bestandteil des Loses Muls 2-3. Der einzige Unterschied liegt im Anschlussbereich, wo je nach Querverbindungstyp verschiedene Aussparungen bei der Ortsbetonierung der Innenschale vorgesehen werden.

Ausserdem ist die technische Sohle im Anschlussbereich von einer Ausfüllung aus nicht strukturellem Ortsbeton ersetzt. Dadurch sind gelochte vorgefabrizierte Elemente zum Durchgang der Leitungen sowie PVC Schutzrohre für die weiteren Kabel- und Brandausrüstung vorzusehen (Abbildung 32 und Abbildung 33).

## 6.5 PREDISPOSIZIONE IMPIANTI

Nei Cunicoli Trasversali di collegamento è previsto il posizionamento degli impianti a servizio delle Gallerie di Linea. La progettazione di tali impianti non rientra nel presente lotto di progettazione; tuttavia le opere civili del lotto Muls 2-3 prevedono alcune predisposizioni per il loro alloggiamento. A scopo informativo si riporta una breve descrizione di tali impianti.

Per l'allacciamento degli impianti tecnici collocati nei Cunicoli Trasversali di collegamento e per consentire i collegamenti necessari delle due canne, sono previsti nei Cunicoli Trasversali le seguenti condotte:

- Cavidotti per cavi di media tensione, di bassa tensione e cavidotti Telecom;
- Ulteriori cavi, come ad esempio i cavi per segnalamento, comando/controllo impianti, ecc., vengono posati qualora necessario nei tubi di protezione per cavi secondo le prescrizioni dell'attrezzaggio;
- 2 condotte per l'acqua antincendio Ø200 mm collocate come parte del circuito dell'acqua antincendio.

In generale nei Cunicoli Trasversali gli impianti non interferiscono con le opere civili in quanto tutte le installazioni passano sotto al pavimento tecnico non facente parte delle opere di lotto Muls 2-3. L'unica interferenza è presente nella zona di innesto del cunicolo trasversale con la galleria principale. Qui, in funzione del tipo di cunicolo (Tipo 1, 2, 3, 4), sono previsti dei risparmi nel getto del rivestimento definitivo di diverse dimensioni.

Nella zona dell'innesto inoltre il pavimento tecnico è sostituito da un getto di riempimento in calcestruzzo non strutturale. La presenza di tale getto comporta la necessità di predisposizione di polifore passacavi e controtubi in PVC per permettere il successivo attrezzaggio con cavi e condotta antincendio (Figura 32 e Figura 33).



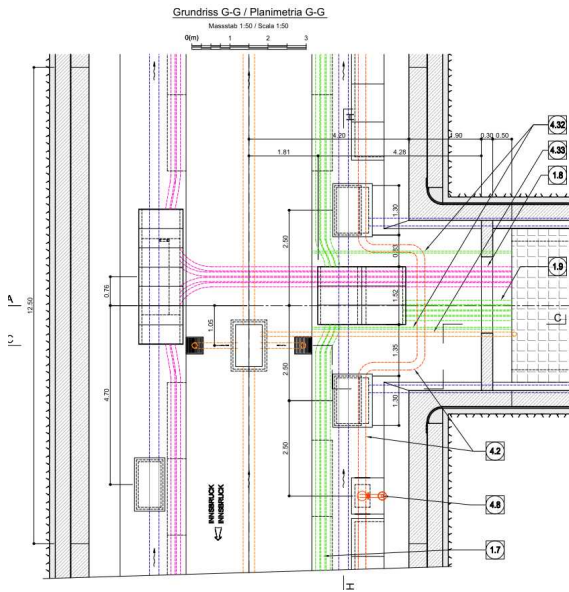


Figura 32: Predisposizione impianti zona innesto, pianta  
 Abbildung 32: Auslegung Anlagen bei den Anschlüssen, Grundriss

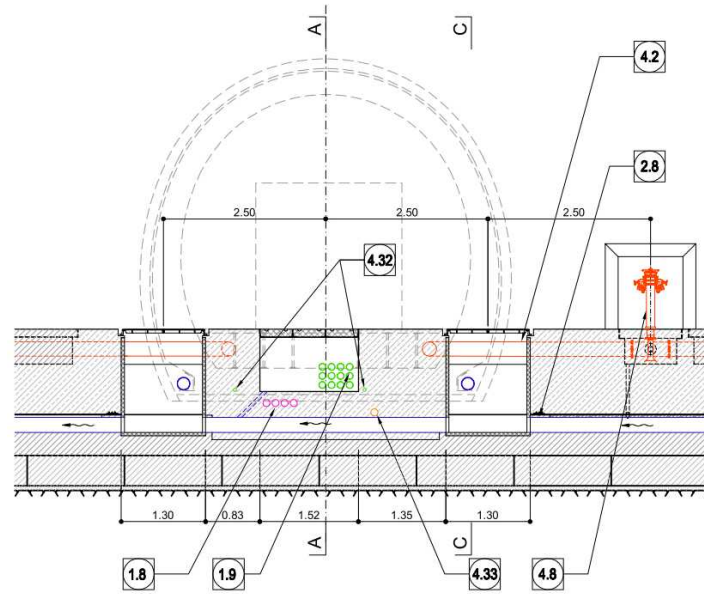


Figura 33: Predisposizione impianti zona innesto, sezione  
 Abbildung 33: Auslegung Anlagen bei den Anschlüssen, Schnitt

## 7 BESCHREIBUNG DER REGELQUERSCHNITTE DES ERKUNDUNGSSTOLLENS

### 7.1 INTERNES PROFIL

Im folgenden Kapitel sind die Abmessungen der internen Mindestquerschnitte des Erkundungsstollens hervorgerufen [2].

Da die Dimensionen des Erkundungsstollens beschränkt sind, hängt die Definition des Regelquerschnitts von konstruktiven und logistischen Aspekten ab. Tatsächlich muss der Mindestquerschnitt die Kreuzung zweier Pendelzüge für die Durchfahrt und die provisorischen Ausrüstungen erlauben (z.B. Lüftungsleitungen).

Wie bei den Hauptröhren wird der Vortrieb des Erkundungsstollens mit Schild-TBM ausgeführt. In der folgenden Abbildung sind das minimale Ausbruchprofil für den kontinuierlichen Vortrieb mit Innenschale und für den maschinellen Vortrieb ohne Innenschale dargestellt.

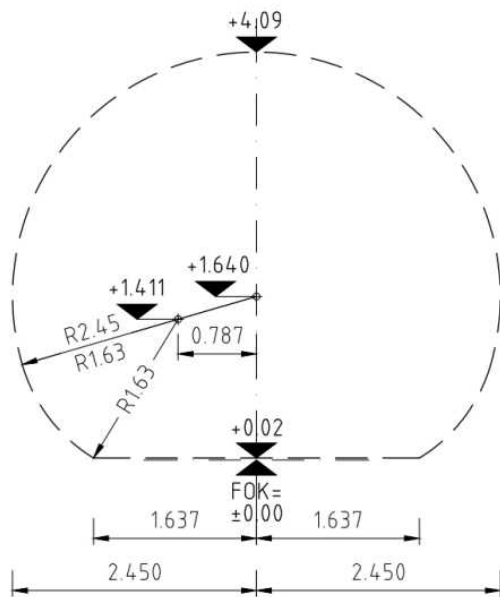


Figura 34: Sagoma minima – Cunicolo trasversale di collegamento Tipo 1

Abbildung 34: Querverbindung Typ 1

## 7 DESCRIZIONE SEZIONI CUNICOLO ESPLORATIVO

### 7.1 SAGOME INTERNE

Nel presente capitolo vengono richiamate le dimensioni delle sagome interne minime definite in [2].

Essendo le dimensioni del Cunicolo Esplorativo limitate, la definizione della sezione tipo del Cunicolo Esplorativo è data dalle esigenze legate agli aspetti costruttivi e logistici. Infatti la sezione minima deve permettere l'intersezione di due treni navetta necessari all'avanzamento e l'alloggio di tutta l'impiantistica provvisoria necessaria come p.es. le condotte della ventilazione.

Come per le Gallerie di linea, anche il Cunicolo Esplorativo sarà scavato con TBM-scudata. Nella seguente illustrazione si definisce la sagoma minima da rispettare per lo scavo con avanzamento meccanizzato con rivestimento definitivo e senza rivestimento definitivo.

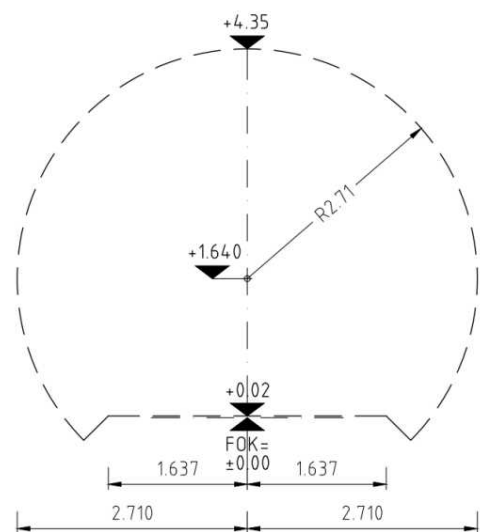


Figura 35: Sagoma minima – Cunicolo Esplorativo

Abbildung 35: Erkundungsstollen

## 7.2 ALLGEMEINE EIGENSCHAFTEN DER REGELQUERSCHNITTE DES ERKUNDUNGSSTOLLENS

### 7.2.1 Maschineller Vortrieb Erkundungsstollen

Unter Berücksichtigung der Bautoleranzen und deren Optimierung beträgt der Innenradius des Regelquerschnittes (Innenkante der Innenschale):

- 2.42 m bei zweischaliger Auskleidung;
- 2.91 m bei einschaliger Auskleidung.

Wie im Kapitel 4 erwähnt besteht die Realisierung aus einem Schild-TBM mechanisierten Vortrieb mit kontinuierlicher Auskleidung aus vorfabrizierten Tübbing.

Die Ausbruchssicherung ist vom Tübbingsring gewährleistet, die nach der Durchfahrt der TBM installiert werden, damit das umliegende Gebirge gestützt bleibt.

Ausserdem dient die Ausbruchssicherung zur Sicherung der Arbeiter, indem sie die Keilablösung verhindert.

Der Basistübbing weist eine besondere Gometrie auf, und besteht aus zwei Teilen. Der Basisring ist mit zwei Auskragungen ausgerüstet, damit die abschliessende Basissohle darauf abgestellt werden kann. Der darunter resultierende Raum dient zur Sammlung der Gebirgs- und Fahrbahnwässer. Für den Erkundungsstollen ist kein abgetrennter Abfluss vorgesehen.

Der Basistübbing dient als Vorschrittbasis sowohl in der Bauphase als auch in Betriebsphase.

Analog zu den Hauptröhren ist auch beim Erkundungsstollen die Realisierung der Innenschale nur abschnittsweise geplant.

Insbesondere wird die Innenschale bei den Ausweichen für die Baulogistik, bei den Nischen zur Verbindung mit den Schächten und bei ungünstigsten geomechanischen Verhältnissen vorhergesehen.

### 7.2.2 Regelquerschnitte für den mechanisierten Vortrieb

Der Ausbruchsradius beträgt 6,82 m, inklusiv 10 cm Übermass. Die Dicke der vorfabrizierten Tübbinge beträgt 30 cm, die Länge 1.50 m.

Bei den Abschnitten mit zweischaliger Auskleidung beträgt die nominelle Stärke des Ortbetons 41 cm beim Gewölbe (min. 35 cm).

## 7.2 CONFIGURAZIONE GENERALE DELLE SEZIONI TIPO PER IL CUNICOLO ESPLORATIVO

### 7.2.1 Avanzamento meccanizzato Cunicolo Esplorativo

Il raggio interno per la sezione tipo (intradosso del rivestimento interno), ottimizzato in funzione delle tolleranze costruttive risulta essere pari a:

- 2.42 m per sezione con rivestimento doppio;
- 2.91 m per sezione con rivestimento singolo.

Come spiegato nel capitolo 5, la metodologia costruttiva del Cunicolo Esplorativo consiste in un avanzamento meccanizzato con TBM scudata e rivestimento in continuo con conci prefabbricati.

Il rivestimento di prima fase è dato dall'anello in conci prefabbricati posti a tergo dell'avanzamento che garantisce il confinamento dell'ammasso roccioso durante l'avanzamento.

Oltre a ciò, il rivestimento di prima fase contribuisce alla sicurezza dei lavoratori, evitando il distacco e/o la caduta di cunei di roccia.

Il concio di base ha una geometria particolare ed è costituito da due pezzi separati: uno è dotato di due "spalle" sul quale verrà posato l'elemento di chiusura. Il vano risultante ha lo scopo di raccogliere le acque sotterranee drenate dal cunicolo e le acque di piattaforma. Per il Cunicolo Esplorativo non è previsto uno smaltimento delle acque separate.

Il concio di base fungerà pure da piano di scorrimento sia in fase di costruzione che in fase d'esercizio.

Analogamente alle Gallerie di linea, anche per il Cunicolo Esplorativo è previsto il getto del rivestimento definitivo solo parziale.

In particolare è previsto il getto di un rivestimento interno in prossimità delle piazzole logistiche, delle nicchie e in caso le condizioni geomeccaniche lo richiedano.

### 7.2.2 Sezioni tipo per l'avanzamento meccanizzato

Il raggio di scavo è di 6,82 m compresi 10 cm di extrascavo. Lo spessore dei conci prefabbricati è di 30 cm e la loro lunghezza di 1.50m.

Nelle zone dove è previsto il rivestimento doppio, in calotta il in calcestruzzo gettato in opera ha uno spessore di 41 cm (nominale). Al netto delle tolleranze di costruzione e di tracciamento lo spessore risulta di 35 cm minimi.

In Abbildung 36 sind die Regelquerschnitte des Erkundungsstollens mit und ohne Innenschale dargestellt.

Nelle Figura 36 sono rappresentate le sezioni tipo del Cunicolo Esplorativo con e senza rivestimento doppio.

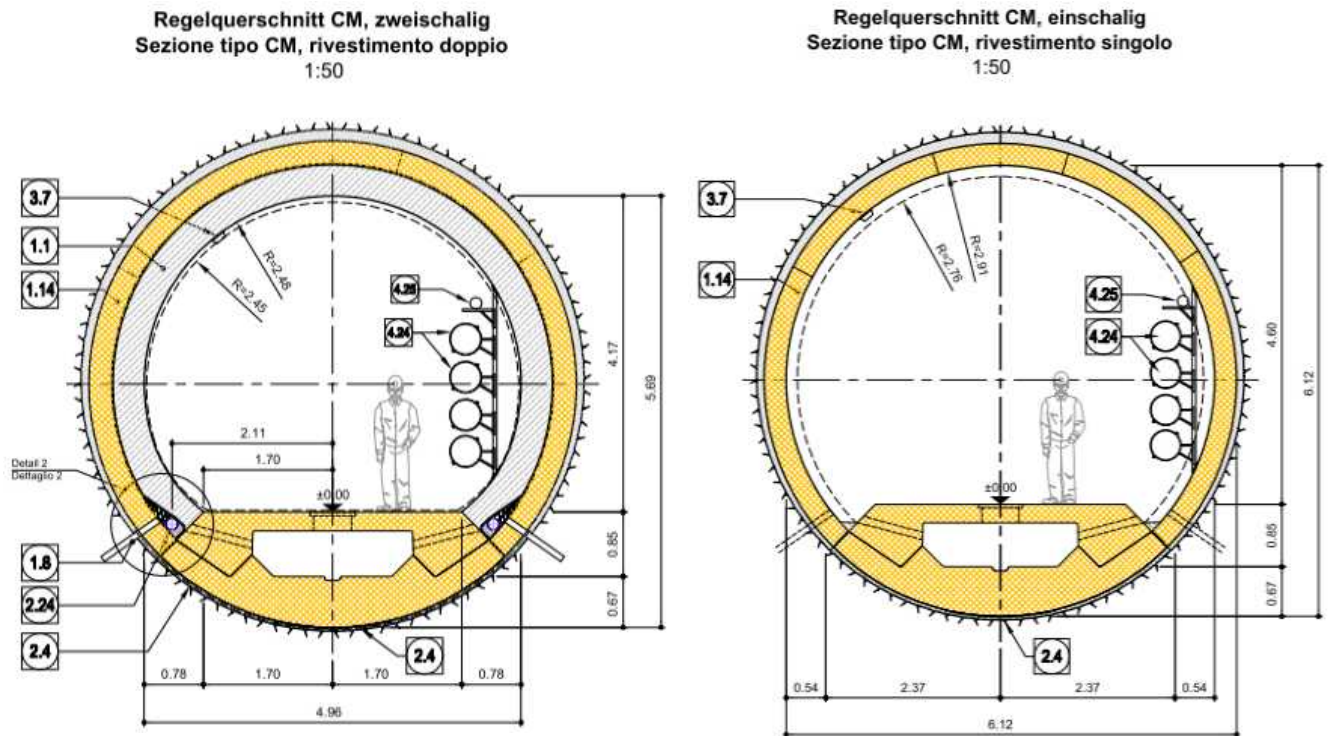


Figura 36: Cunicolo Esplorativo, sezione tipo applicata con e senza rivestimento definitivo [46]

Abbildung 36: Erkundungsstollen, Regelquerschnitt mit und ohne Innenschale [46]

### 7.2.3 Ausweiche für Baulogistik

Alle 2 km ist die Ausführung von Ausweichen für die Baulogistik der Länge 40 m geplant. Diese sind Ausweitungen des Erkundungsstollens für die Fortschritts- und Sicherheitsanlagen.

Die Ausweiche weisen immer eine zweischalige Auskleidung aus, eine Aussenschale (nach der Zerstörung der Tübbing) und Innenschale aus Ortsbeton, die nach statischem Bedarf armiert wird.

Allgemein erfolgt der Ausbruch der Ausweiche wie folgt:

- Sicherung der Tübbing durch Anker.
- Zerstörung der Tübbing und Ausweitung des Ausbruchprofils, Ausbruchssicherung aus radialen Ankern und faserverstärktem Spritzbeton.

### 7.2.3 Piazzole logistiche

Ogni 2km è prevista la costruzione di una piazzola logistica di lunghezza 40m. La piazzola logistica è un allargamento del Cunicolo Esplorativo che ha lo scopo di alloggiare gli impianti necessari per lo scavo del Cunicolo Esplorativo oltre a prevedere le infrastrutture necessarie di sicurezza.

La realizzazione delle piazzole logistiche è prevista sempre con rivestimento doppio costituito da un rivestimento di prima fase (dopo la demolizione dei conci del Cunicolo Esplorativo) e da un rivestimento interno in calcestruzzo gettato in opera, armato secondo le necessità statiche.

In generale lo scavo delle piazzole logistiche è previsto con le seguenti fasi:

- Messa in sicurezza con chiodature radiali dei conci.
- Rimozione dei conci prefabbricati e allargamento dello scavo con messa in sicurezza dello scavo con chiodature radiale e betoncino fibroriforzato.

### 7.3 ABDICHTUNG

#### 7.3.1 Abdichtung mit einschaliger Auskleidung

Bei der einschaligen aus vorfabrizierten Tübbingsringen bestehenden Auskleidung ist die Abdichtung durch eine einfache hydrophile, expandierende Dichtung gewährleistet, die an die Aussenkante des Tübbings bei seiner Auslegung verankert wird. Die Tübbinge sind mit einer Rille an der Innenkante ausgestattet, für eine eventuelle Versiegelung durch PUR Verbindungsmittel und Silikonkitt.

Die Gebirgsässer fließen durch pea-gravel bis zur Erreichung der Auslauflöcher, die mit der Drainage des Hauptrohrs verbunden sind.

Das untere Element des Tübbingsring wird auf ein Mörtelbett gelegt, damit die Basis befestigt wird und die Gebirgsässer besser zu den Auslauflöchern geleitet werden.

Diese seitlichen Löcher werden von den Tübbingen hinaus realisiert, und dienen zur Gewährleistung der Drainage der Rille, die sich zwischen Tübbingelement und Gebirge befindet. Damit werden hydraulische Drücke vermieden, die die Tübbinge zerstören könnten.

In Abbildung 37 ist das Detail des Tübbings vom Erkundungsstollen gezeigt.

### 7.3 IMPERMEABILIZZAZIONE

#### 7.3.1 Impermeabilizzazione con rivestimento singolo

Nella tipologia costruttiva a rivestimento singolo, valevole solo per la sezione scavata con conci prefabbricati, l'impermeabilizzazione è data da semplice guarnizione con cordone idrofilo espansivo ancorata al getto del concio prefabbricato posta verso l'estradosso. I conci saranno dotati anche di gola di intradosso per l'eventuale sigillatura con elemento di fondo-giunto poliuretano e mastice siliconico.

Le acque d'ammasso scorrono attraverso il "pea-gravel" fino al raggiungimento di fori di sfogo collegati al drenaggio della galleria.

L'elemento inferiore dell'anello di conci verrà appoggiato su un letto di malta in modo garantirne la stabilità e meglio convogliare le acque dell'ammasso nei fori di sfogo.

Questi fori laterali realizzati attraverso i conci prefabbricati garantiscono il drenaggio dell'intercapedine tra conci e ammasso roccioso per evitare carichi idraulici che potrebbero danneggiare i conci prefabbricati.

Nella Figura 37 è rappresentato il dettaglio del concio Cunicolo Esplorativo

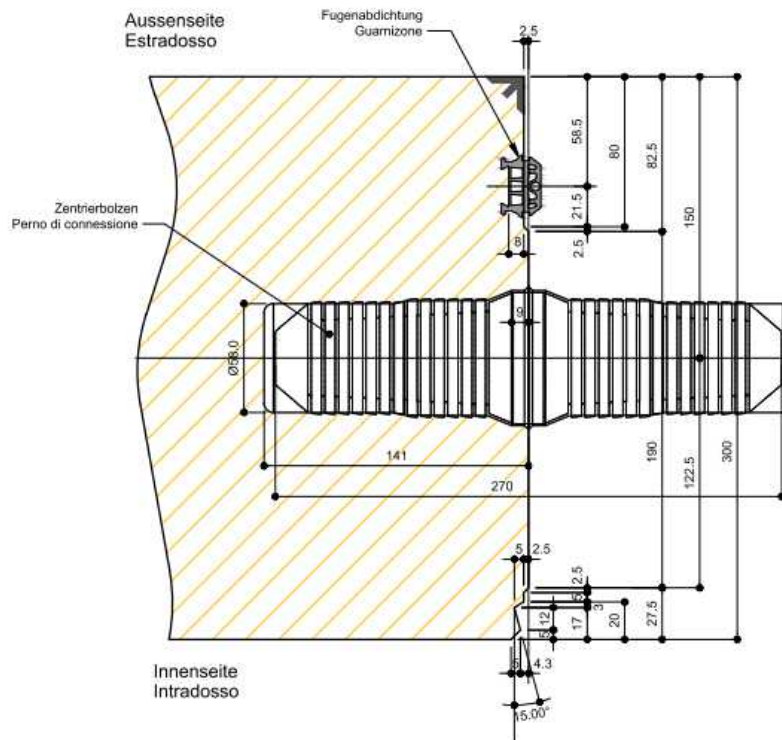


Abbildung 37: Detail des vorfabrizierten Tübbings mit einfacher Dichtung, Verankerung an die Aussenkante

Figura 37: Dettaglio concio prefabbricato con guarnizione semplice ancorata al getto verso l'estradosso .

### 7.3.2 Abdichtung mit Innenschale

Der Baumodus mit Innenschale erlaubt die Installation von Membranen zwischen den zwei Auskleidungen.

Diese Membranen dienen zur Abdichtung des Tunnelgewölbes in Anwesenheit von unterirdischen Wässern, und erlaubt die gesteuerte Ansammlung der Gebirgswässer.

Die Membranen sind mehrschichtig angeordnet, und bestehen aus einem Geotextil zum Schutz gegen die mechanischen Einwirkungen und einer Schicht aus synthetischem Material für die Abdichtung. Bei den Tunnelabschnitten mit erwarteter Ausschüttung grösser als 0.1 l/s/10 m Tunnel wird eine zusätzliche drainierende Schicht vorgesehen (drainierender Geokomposit), damit die Ansammlung der Wässer hinter die Innenschale vereinfacht wird und hydraulische Überdrücke ausgeschlossen werden können. Bei den Abschnitten mit armerter Innenschale wird eine Membran zum Abdichtungsschutz vorgesehen.

## 7.4 DRAINAGE IN BETRIEBSPHASE

Das Drainagesystem in Betriebsphase ist detailliert im Bericht [20] beschrieben und in den bezüglichen graphischen Darstellungen gezeigt (im Kapitel 9.3.3 aufgelistet). In den folgenden Kapiteln sind die wichtigsten Eigenschaften des Drainage-Systems kurz beschrieben.

### 7.4.1 Allgemein

Wie schon im Kapitel 7.2 eingeführt ist das System der Abwässer ungetrennt. Die Gebirgs- und Fahrbahnwässer werden in der gleichen Leitung gesammelt, die sich unterhalb der OK Sohlplatte befindet, gemäss der dafür angewendeten besonderen Geometrie.

#### 7.4.1.1 Drainage der Fahrbahnwässer

Bei einschaliger Auskleidung werden die Fahrbahnwässer in longitudinale, seitlich angeordneten Rinnen gesammelt. Bei zweischaliger Auskleidung sind die Fahrbahnwässer in longitudinale, in der vorfabrizierten Sohlplatte angeordnete Rinnen gesammelt. Der Abfluss der unterliegenden Leitung erfolgt in beiden Fällen durch DN120 Leitungen, die im vorfabrizierten Tübbing angeordnet sind (Abbildung 38).

Die transversalen Rinnen und die DN120 sind alle 105 m angeordnet.

### 7.3.2 Impermeabilizzazione con rivestimento definitivo

La tipologia costruttiva con doppio rivestimento consente l'installazione di membrane tra rivestimento interno e il rivestimento esterno.

Tali membrane servono a impermeabilizzare la calotta della galleria in presenza di acque sotterranee e a permettere la raccolta controllata delle acque d'ammasso.

Le membrane sono disposte a più strati e consistono in un geotessile per la protezione dalle azioni meccaniche e in un telo in materiale sintetico per l'impermeabilizzazione. Nelle tratte di galleria dove sono previste portate superiori a 0.1l/s ogni 10m di galleria, il sistema impermeabilizzante contempla anche la messa in opera di uno strato drenante (geocomposito drenante) onde facilitare la raccolta delle acque a tergo del rivestimento e scongiurare l'eventuale nascita di sovrappressioni idrauliche sul rivestimento stesso. In ultimo è previsto una ulteriore membrana a protezione dell'impermeabilizzazione in corrispondenza delle parti armate del rivestimento definitivo.

## 7.4 DRENAGGIO FASE D'ESERCIZIO

Il sistema di drenaggio in fase di esercizio viene discusso nel dettaglio nella Relazione Idraulica [20] e schematizzato nei relativi elaborati grafici (per l'elenco dettagliato si veda Capitolo 9.3.3). Nei capitoli successivi si discutono brevemente le caratteristiche principali del sistema di drenaggio.

### 7.4.1 Generalità

Come accennato nel capitolo 8.2, il sistema di smaltimento delle acque è misto. Le acque d'ammasso e di piattaforma saranno entrambe raccolte nel canale posto sotto la superficie di camminamento data dalla geometria appositamente studiata dei conci prefabbricati del Cunicolo Esplorativo.

#### 7.4.1.1 Drenaggio delle acque di piattaforma

Le acque di piattaforma vengono raccolte, nelle tratte con rivestimento singolo, lungo le canalette longitudinali poste ai lati del cunicolo. Nelle tratte a rivestimento doppio le acque di piattaforma vengono raccolte in canalette trasversali poste dell'elemento prefabbricato di chiusura. Lo scarico nel canale sottostante avviene, in entrambi i casi, attraverso tubi di scolo DN120 posti nel concio prefabbricato come rappresentato in Figura 38.

Le canalette trasversali così come i tubi di scarico DN120 verso in canale sono disposti ad intervallo di 105m.

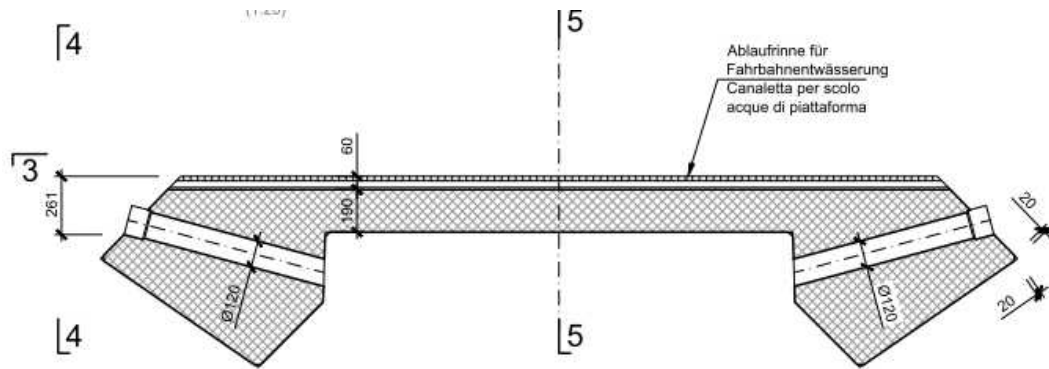


Abbildung 38: Detail der Sohlplatte mit Abflussleitung

Figura 38: Dettaglio concio di chiusura con tubo di scarico

#### 7.4.1.2 Drainage der Gebirgsässer

Die Gebirgsässer werden seitlich bei den Wiederlagern gesammelt.

Im Fall der einschaligen Auskleidung werden die Gebirgsässer durch Löcher mit Durchmesser 80 mm gesammelt, damit die hydraulische Einwirkung auf die Struktur beschränkt wird. Die Löcher werden von den Tübbingen realisiert und queren das Gebirge 60 cm. Die Gebirgsässer werden in der seitlichen, longitudinalen Rinne gesammelt und in die unterliegenden Leitung abgeleitet.

Im Fall der zweischaligen Auskleidung ist ein weiteres drainierendes, hoch durchlässiges Element vorhanden, welches aus grobkörnigem Kies und geschlitzten DN160 Leitungen besteht. Diese dienen zur Leitung der Gebirgsässer mittels Gravitation.

Eine in der vorfabrizierten Sohle angeordnete Leitung erlaubt den Abfluss alle 75 m zur darunterliegenden Leitung.

### 7.5 ANLAGEN

In der Betriebsphase sind drei Typen von Anlagen im Erkundungsstollen vorhanden:

- Ø 400 mm Leitungen zum Abfluss der Fahrbahn- und Gebirgsässer aus den Haupttröhren;
- Brandschutz Leitungen zur Versorgung der Becken der Querverbindungen Typ 3;
- Einrichtungen für die Kabel die in der Betriebsphase nicht gebraucht werden.

#### 7.4.1.2 Drenaggio delle acque di ammasso

Le acque ipogee vengono raccolte su entrambi i lati della galleria, nella zona dei piedritti.

Nel caso di rivestimento singolo, per limitare il carico idraulico sulla struttura, la raccolta delle acque d'ammasso avviene attraverso fori diametro 80mm eseguiti attraverso i conchi prefabbricati e nell'ammasso roccioso per almeno 60cm. Le acque ipogee sono convogliate nella canaletta laterale longitudinale e scaricate nel canale sottostante.

Nel caso di rivestimento doppio è presente un elemento drenante caratterizzato da elevata permeabilità costituito dalla ghiaia di grossa pezzatura e dalle tubazioni microfessurate DN160 che convogliano a gravità le acque di infiltrazione.

Un tubo predisposto nel concio di base ogni 75m permette lo scarico delle acque d'ammasso verso il canale sottostante.

### 7.5 IMPIANTI

In fase di esercizio gli impianti nel Cunicolo Esplorativo sono di tre tipi:

- Tubazioni Ø 400 mm dello smaltimento delle acque di ammasso e di piattaforma delle gallerie principali;
- Tubo antincendio per l'alimentazione delle vasche poste nei Cunicoli Trasversali tipo 3;
- Equipaggiamenti porta cavi i quali però non servono all'esercizio della galleria di base.

## 8 STÖRZONENBEWÄLTIGUNG

### 8.1 VORWORT

Im folgenden Kapitel sind die technische Lösungen beschrieben, die für die Überwindung der geologisch kritischen Zonen und der Zonen mit hydrogeologischen Problematiken wie z.B. Interferenz mit Quellen angewendet werden.

Insbesondere werden die Zonen behandelt, welche nur dank dieser besonderen Massnahmen durchgequert werden können und gleichzeitig die Stabilität des Ausbruches gewährleistet werden kann, unter Verminderung der Umweltauswirkungen.

Die geologischen Zonen mit kritischen geomechanischen Verhältnissen sind im Kapitel 3 beschrieben.

Die technischen Lösungen zur Durchquerung dieser Zonen sind in der Folge beschrieben:

### 8.2 STÖRZONENBEWÄLTIGUNG TYP 1

Die Störzonenbewältigung Typ 1 bedingt Konsolidierungsmassnahmen zur Überwindung von relativ kurzen Strecken mit schlechten geomechanischen Verhältnissen.

Entlang dem Ausbruchsprofil werden punktuelle Drainagebohrungen nach Bedarf ausgeführt, damit der hydraulische Druck lokal reduziert wird. Die Bohrungen werden eventuell mit Preventer ausgeführt, die ungefähre Menge ist gleich 7.

Der lokale Druck wird anhand eines Druckmesswandlers bemessen, welcher innerhalb der Bohrung installiert ist, oder mit einem am Ortsbrust angelehnten Manometer.

Die Konsolidierungen werden während des Vortriebs vom Schild und vom Kopf der TBM her ausgeführt und zwar durch die Installation von GFK Röhren.

Die GFK Röhren weisen eine Länge von 12-15 m auf, mit einer Überlappung von 6 m und werden vermörtelt.

Die Konsolidierungsmassnahme ist in der oberen Hälfte des Ausbruchsprofils vorgesehen.

In Abbildung 39 ist eine schematische Darstellung der Störzonenbewältigung Typ 1 für den Erkundungsstollen dargestellt. Das gleiche Prinzip gilt für die Hauptröhren.

## 8 INTERVENTI PARTICOLARI

### 8.1 PREMESSA

Nel presente capitolo vengono descritte le soluzioni tecniche adottate per l'attraversamento di zone geologicamente particolari, definite "critiche" sia per aspetti connessi alle caratteristiche geomeccaniche scadenti degli ammassi, che per problemi idrogeologici relativi a possibili interferenze con sorgenti ed acquiferi.

In particolare si farà riferimento ad aree all'interno delle quali sono presenti tratte in cui attraversamento comporterà misure particolari per garantire lo scavo in piena sicurezza delle gallerie e ridurre gli impatti ambientali.

Le zone geologicamente particolari con caratteristiche geomeccaniche scadenti sono descritte nel capitolo 3 del presente documento.

Le soluzioni tecniche previste per l'attraversamento di queste zone sono quattro e di seguito descritte.

### 8.2 INTERVENTI PARTICOLARI TIPO 1

L'intervento particolare tipo 1 prevede interventi di consolidamento per il superamento delle tratte con caratteristiche geomeccaniche scadenti e relativamente corte.

Sul contorno della cavità verranno – se necessario - realizzati una serie di drenaggi puntuali al solo scopo di ridurre localmente le pressioni idrauliche. Le perforazioni verranno eseguite eventualmente con preventer e il numero indicativo delle perforazioni di drenaggio è di 7.

La pressione locale sarà misurata tramite l'installazione di un trasduttore di pressione all'interno della perforazione o tramite apposito manometro da porre a bocca foro.

I consolidamenti saranno eseguiti in avanzamento direttamente dalla TBM con installazione di tubi in VTR sul contorno attraverso lo scudo e attraverso la testa della fresa.

I tubi in VTR avranno una lunghezza tra 12-15m, con sovrapposizione di 6m e saranno cementati con malta cementizia.

L'intervento di consolidamento è previsto nella metà superiore dello scavo.

Nella Figura 39 è rappresentato l'intervento tipo 1 per il Cunicolo Esplorativo. Lo stesso principio è valevole per le Gallerie di linea.



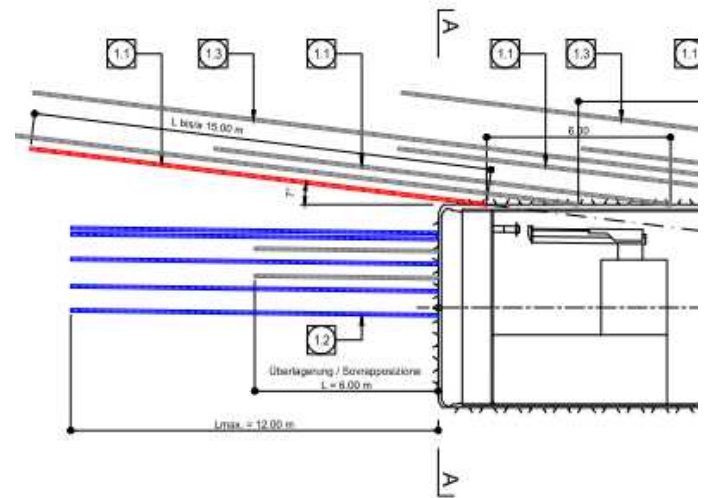
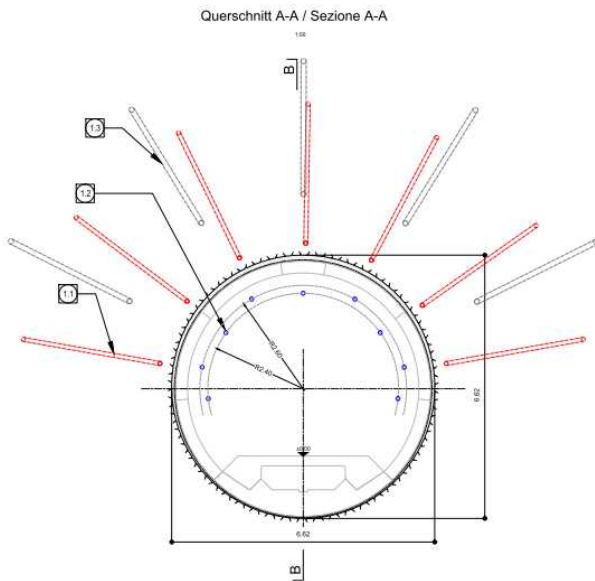


Figura 39: Schema interventi di consolidamento tipo 1 [49]

Abbildung 39: Schematische Darstellung der Konsolidierungsmassnahmen Typ 1 [49]

### 8.3 STÖRZONENBEWÄLTIGUNG TYP 2

Bei Zonen mit ungünstigen geomechanischen Verhältnissen, möglichem Vorhandensein von Wasser oder möglichen Interferenzen mit dem hydrogeologischen Netz wird mit der Störzonenbewältigung Typ 2 fortgeschritten.

Analog zu der Störzonenbewältigung Typ 1 werden auch diese Massnahmen zur Überwindung der kritischen Zonen direkt von der TBM aus realisiert.

Entlang dem Ausbruchprofil werden punktuelle Drainagebohrungen realisiert, um den hydraulischen Druck lokal abzumindern. Die Bohrungen werden eventuell mit Prevente ausgeführt, die ungefähre Menge ist 7.

Der lokale Druck wird anhand eines Druckmesswandlers bemessen, welcher innerhalb der Bohrung installiert ist, oder mit einem am Ortsbrust angelehnten Manometer.

Die Drainagebohrungen werden eine 30 m Länge aufweisen, und werden mit einem GFK Rohr ausgestattet, welches aus einem betonierten Sackende der Länge 20 m und einer geschlitzten Länge von 10 m besteht, die von einem Gewehrschloss getrennt sind.

Die Installation dieser Röhre wird zur Vermeidung der Verstopfung und der Leistungsverminderung der Drainage während der Injektionen eingesetzt.

Nach der Drainagephase folgt die Phase der Realisierung der Konsolidationsmassnahmen und der Massnahmen zur Reduktion der Gebirgsdurchlässigkeit.

### 8.3 INTERVENTO PARTICOLARE TIPO 2

In corrispondenza delle zone in cui, oltre alle condizioni geomeccaniche sfavorevoli, si riscontra la possibilità di presenza di acqua o la possibilità di interferenza significativa con il reticolo idrogeologico, si ipotizza di procedere con interventi di tipo 2.

Analogamente al tipo di intervento particolare 1, anche in questo caso gli interventi per il superamento delle zone critiche verranno realizzati direttamente dalla TBM.

Sul contorno della cavità verranno realizzati una serie di drenaggi puntuali al solo scopo di ridurre localmente le pressioni idrauliche. Le perforazioni verranno eseguite eventualmente con preventer. Il numero indicativo delle perforazioni di drenaggio è di 7.

La pressione locale misurata tramite l'installazione di un trasduttore di pressione all'interno della perforazione o tramite apposito manometro da porre a bocca foro.

Le perforazioni di drenaggio, che avranno una lunghezza di 30m, devono essere attrezzate con un apposito tubo in PVC avente tratto cieco cementato di lunghezza 20m e un tratto microfessurato di lunghezza 10m separati da un otturatore.

Con l'installazione di questi tubi si potrà evitare l'intasamento e la perdita di efficacia dei dreni durante le iniezioni.

La fase successiva al drenaggio è quella connessa alla realizzazione degli interventi atti al consolidamento ed alla riduzione della permeabilità dell'ammasso.

Diese Massnahmen werden direkt von der Ausbruchsfrent her durchgeführt und werden in Massnahmen am Ausbruchprofil und an der –ortsbrust unterteilt.

Am Ausbruchprofil und –ortsbrust werden die Mörtelinjektionen mit MPSP-System realisiert, d.h. mit GFK Röhre mit Ventilen alle 1.0 m. Die Injektion wird bis zur Abstossung oder zur Erreichung des bestimmten Maximalvolumens gespritzt. Das Maximalvolumen wird anhang der Funktion oder der Gebirgestruktur der Massnahmezone bestimmt. Die Länge der Massnahmen beträgt 12-15 m, mit einer Überlappung von 6 m.

Die Massnahme zur Konsolidierung und Abdichtung erfolgt zuerst am Ausbruchprofil, dann am Ortsbrust.

Abbildung 40 zeigt die Störzonenbewältigung Typ 2.

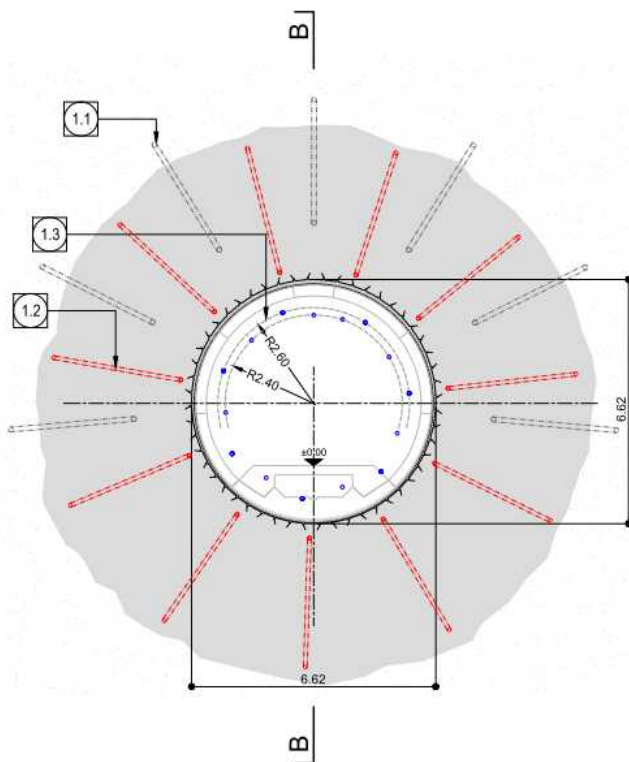


Figura 40: Schema interventi particolari tipo 2 [50]

Abbildung 40: Graphische Darstellung Störzonenbewältigung Typ 2 [50]

#### 8.4 STÖRZONENBEWÄLTIGUNG TYP 3

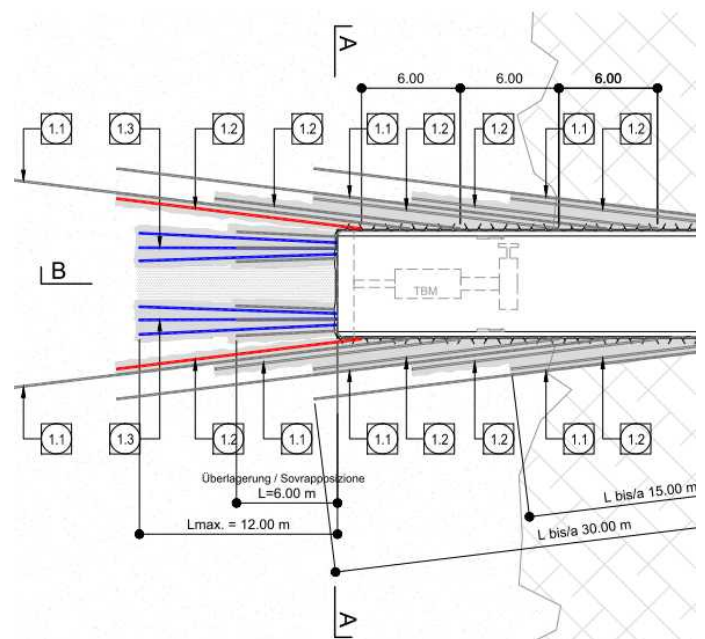
Ca. zwischen km 22 und km 23 des Erkundungsstollens und km 36.3 bis km 37.3 der Hauptöhre kann die geologische und geomechanische Situation die Ausführung von Abdichtungs- und Konsolidierungsmassnahmen verlagern, die nicht von der TBM realisierbar sind. Dort werden

Questi interventi verranno realizzati direttamente dal fronte di scavo e saranno suddivisi, come per gli interventi di tipo 1, in interventi al contorno ed interventi sul fronte di scavo.

Sia sul fronte di scavo che sul contorno della cavità verranno eseguite iniezioni di miscela cementizia entrambe realizzate in pressione con sistema MPSP ossia con tubazioni VTR valvolate ogni 1.0m. L'iniezione verrà spinta fino al rifiuto o stabilendo un volume massimo di iniezione in funzione dello stato o della struttura dell'ammasso nella zona oggetto di intervento. La lunghezza degli interventi è di 12-15 m. con sovrapposizione di 6 m.

L'intervento di consolidamento e impermeabilizzazione sarà eseguito realizzando dapprima gli interventi sul contorno e poi su fronte di scavo.

Nella Figura 40 sono rappresentate l'intervento di tipo 2.



#### 8.4 INTERVENTO PARTICOLARE TIPO 3

Circa tra le progressive km 22 e km 23 del Cunicolo Esplorativo e tra km 36.3 e km 37.3 delle Gallerie principali, la situazione geologica e geomeccanica di previsione potrebbe richiedere interventi di consolidamento e impermeabilizzazione tali da non poter essere eseguiti

Bypässe in der Massnahmezone gebraucht, die seitlich parallel zum Erkundungsstollen laufen.

D.h., dass das operative Procedere das Halten der TBM zur Realisierung der Bypässe impliziert.

Die Realisierung des Bypasses dient zur Überwindung der am stärksten zerstörten Zone und damit die Abdichtungs- und Konsolidierungsmassnahmen für den Erkundungsstollen ausgeführt werden können.

Die Ausführung der Überwindung der kritischen Zone ist analog wie bei der Störzonenbewältigung Typ 2.

D.h., dass beim Ausbruch des Bypasses erfolgt zuerst eine Sicherung des Ausbruches, dann die Realisierung der Drainagen und zuletzt die Konsolidierungs- und Abdichtungsmassnahmen.

Nachdem die kritische Zone dank des Bypasses überwunden wird, erfolgt in der nächsten Phase die Konsolidierung und die Abdichtung des Erkundungsstollens aus dem Bypass her.

Alle 6 m Abstand wird eine Drainagebohrung der Länge 30 m in Richtung des Erkundungsstollens realisiert, damit der hydraulische Druck vermindert wird. Die Bohrung wird über die Zone der Injektionsmassnahmen realisiert.

Die Abbildung 41 zeigt die schematische Darstellung der Störzonenbewältigung Typ 3 des Erkundungsstollens.

direktamente dalla TBM. In questo caso si dovrà procedere con interventi di consolidamento della zona da un by-pass laterale parallelo al Cunicolo Esplorativo.

Ciò significa che le procedure operative programmate prevedono il fermo della TBM e la realizzazione del by-pass.

La realizzazione del bypass ha lo scopo di superare il settore maggiormente destrutturato e poi dallo stesso eseguire gli interventi di consolidamento e di impermeabilizzazione verso il Cunicolo Esplorativo.

Le modalità esecutive per l'attraversamento del settore critico sono analoghe al quelle descritte nel tipo 2.

Ciò significa che lo scavo del by-pass sarà eseguito con la messa in sicurezza dello scavo, con la realizzazione di drenaggi e con gli interventi di consolidamento e impermeabilizzazione in avanzamento.

Superato, con lo scavo del by-pass, il settore critico, la fase successiva prevede il consolidamento e l'impermeabilizzazione del Cunicolo Esplorativo direttamente a partire dal by-pass.

Ad intervallo di 6 m verrà realizzata una perforazione di drenaggio di lunghezza 30 m verso il Cunicolo Esplorativo per ridurre la pressione idraulica. La perforazione sarà eseguita sopra la zona degli interventi di iniezione.

Nella Figura 41 è rappresentato lo schema di interventi verso il Cunicolo Esplorativo.

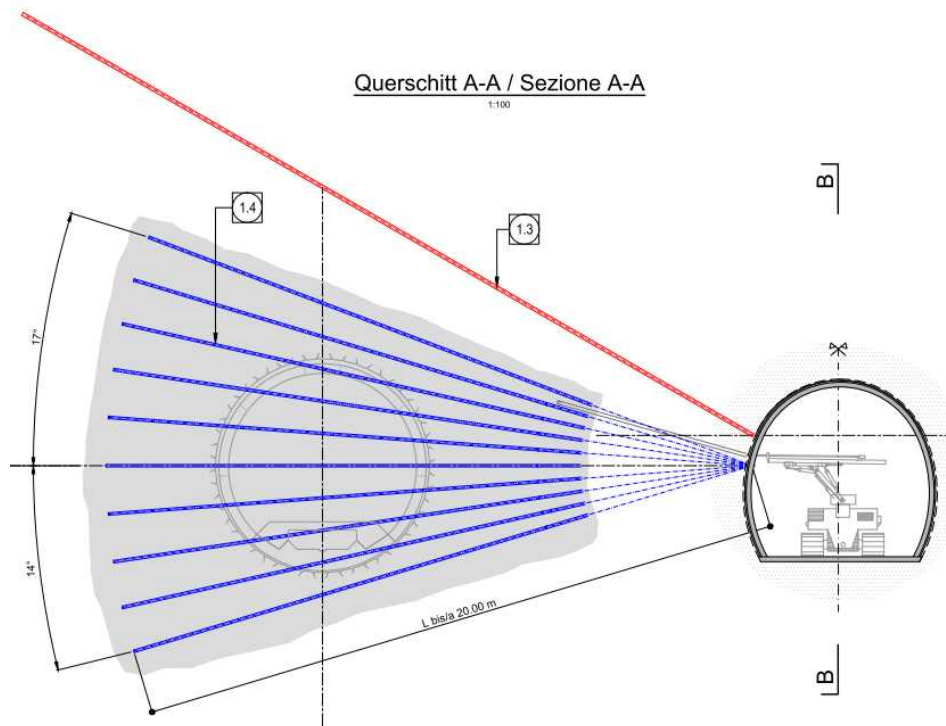


Abbildung 41: Schematische Darstellung der Störzonenbewältigung Typ 3 (vom Bypass in Richtung Erkundungsstollen her [51])

Figura 41: Schema interventi particolari tipo 3 (da bypass verso Cunicolo Esplorativo [51])

Die zu realisierenden Konsolidierungs- und Abdichtungsmassnahmen bestehen aus 10 Injektionsbohrungen der Länge von 20 m, und Installation von GFK mit Ventilen alle 1.0 m. Die Neigung der 10 Bohrungen wird zwischen  $-14^\circ$  und  $+17^\circ$ , damit der Querschnitt des Erkundungsstollens abgedeckt wird.

Diese Massnahmen werden alle 1.5 m Abstand entlang der ganzen kritischen Zone ausgeführt.

Folglich kann mit dem Ausbruch des Erkundungsstollens weiter fortgefahren werden.

In Anbetracht der ungünstigen geomechanischen Situation, muss es vorgesehen werden, dass die Konsolidierung auch in Richtung der Haupttröhre ausgeführt werden kann.

Damit eine bessere Wirkung der Massnahmen in Richtung der Haupttröhre gewährleistet werden kann, muss die Ausführung eines zweiten Bypasses auf der anderen Seite erfolgen und damit wird der Massnahmenabstand vermindert.

Die Konsolidierung der Haupttröhre wird von beiden Bypassen her realisiert, mit mind. 13 Injektionsbohrungen der Länge bis 30 m. Die Neigung der Bohrungen zur Gewährleistung der Abdeckung des ganzen Schnitts der Haupttröhre muss  $+15^\circ$  bis  $+52^\circ$  betragen. Die Mörtelinjektionen werden in der GFK Röhre mit Ventilen alle 1.0 m erfolgen.

Abbildung 42 zeigt die Störzonenbewältigung Typ 3 in Richtung der Haupttröhre.

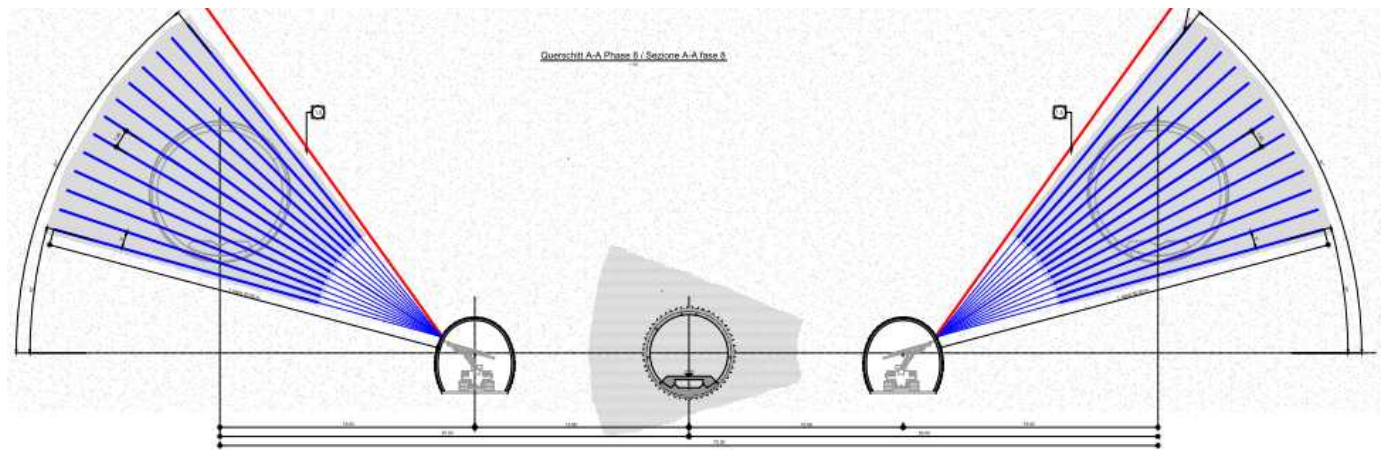


Abbildung 42: Schematische Darstellung der Störzonenbewältigung Typ 3 (vom Bypass in Richtung Haupttröhre her [51])

Gli interventi di consolidamento e impermeabilizzazione da realizzarsi consistono in una serie di 10 fori di iniezione di lunghezza 20m e installazione di VTR valvolati ogni 1.0m. I 10 fori avranno un angolazione tra circa  $-14^\circ$  e  $+17^\circ$  così da garantire la copertura della sezione del Cunicolo Esplorativo.

Questi interventi saranno eseguiti a passo 1.5m lungo tutta la tratta critica.

Successivamente lo scavo del Cunicolo Esplorativo può riprendere.

Data la situazione geomeccanica particolarmente difficile, si prevede di anticipare il consolidamento anche verso le gallerie di linea.

Al fine di garantire una maggiore efficacia degli interventi verso le gallerie di linea, si procederà allo scavo di un secondo by-pass sul lato opposto al precedente che permette di ridurre le distanze d'intervento.

Da entrambi i by-pass si procederà al consolidamento verso le Gallerie di linea con la realizzazione di almeno 13 fori di iniezione di lunghezza fino a 30m. L'angolazione delle perforazioni prevista per garantire la copertura della sezione della Galleria di linea è di  $+15^\circ$  fino a  $+52^\circ$  rispetto l'orizzontale. Le iniezioni saranno di miscela cementizia in pressione da tubi VTR valvolati ogni 1.0m.

Nella Figura 42 sono rappresentati gli interventi verso le Gallerie di linea.

Figura 42: Schema interventi particolari tipo 3 (da bypass verso Gallerie di linea [51])

## 8.5 STÖRZONENBEWÄLTIGUNG TYP 4

In Anwesenheit der Schutzwässer (Brennerthermen oder Kaltwasserquelle) und im Fall das die Abdichtungsmassnahmen im Vortrieb ungenügend sein sollten, um den erwünschten Abdichtungsgrad zu erreichen, muss man mit radialen Abdichtungsmassnahmen fortschreiten.

In diesem Fall werden die radialen Bohrungen mit Harz gespritzt, damit eine Abdichtungskrone realisiert wird, die den Wasserumlauf verhindert.

Die Massnahme wird in zwei Phasen realisiert.

In der ersten Phase sind radiale Bohrungen der Länge von 6 m bei der Hauptröhre und der Länge 4 m beim Erkundungsstollen vorgesehen, mit einem Abstand von ca. 1.6 m.

Im Fall das die primären Massnahmen nicht ausreichend sein sollten, wird es mit der Ausführung von sekundären Massnahmen weitergemacht, d.h. mit weiteren Bohrungen zwischen den Voherigen die halb so lang sind.

Damit die chemische Zusammensetzung der Wässer nicht beeinflusst wird, müssen die injezierten Harze aus PUR oder umweltfreundlichen Biokomponenten bestehen.

Damit die Abdichtung in Zone der Brennerthermen und Kaltwasserquelle eine Reduzierung des anfänglichen Wasseraufkommen um 95% erreicht, müssen die radialen Massnahmen einen Abstand von 1.5 m aufweisen.

Abbildung 43 zeigt die Störzonenbewältigung Typ 4.

## 8.5 INTERVENTO PARTICOLARE TIPO 4

In presenza di risorse idriche da preservare (Terme del Brennero o la sorgente Kaltwasser) e nel caso in cui gli interventi di impermeabilizzazione in avanzamento non siano stati sufficienti a raggiungere il grado di impermeabilità richiesto, si dovrà procedere ad interventi di impermeabilizzazione radiali.

In questo caso le perforazioni radiali saranno iniettate con resina al fine di creare una corona impermeabile che impedisca la circolazione d'acqua.

L'intervento verrà eseguito in due fasi distinte tra loro in primaria e secondaria.

L'intervento primario prevede una serie di perforazioni radiali di lunghezza 6m nel caso delle Gallerie di linea e di 4m nel caso del Cunicolo Esplorativo. La distanza delle perforazioni è di circa 1.6 m.

Nel caso gli interventi primari non fossero sufficienti, si potrà procedere all'esecuzione degli interventi secondari che prevedono ulteriori perforazioni (intercalate a quelle primarie) di lunghezza dimezzata rispetto alle prime.

Al fine di non intaccare la composizione chimica delle acque di queste risorse idriche, le resine iniettate dovranno essere di tipo poliuretano o organominerale bicomponenti non inquinanti.

Gli interventi radiali dovranno avere un passo di 1.5 m per garantire la riuscita dell'impermeabilizzazione che, nel caso di presenza di risorse idriche importanti come le Terme del Brennero o la sorgente Kaltwasser, dovranno raggiungere un grado di impermeabilità tale da ridurre del 95% le venute d'acqua iniziali.

Nella Figura 43 è rappresentata l'intervento di tipo 4.

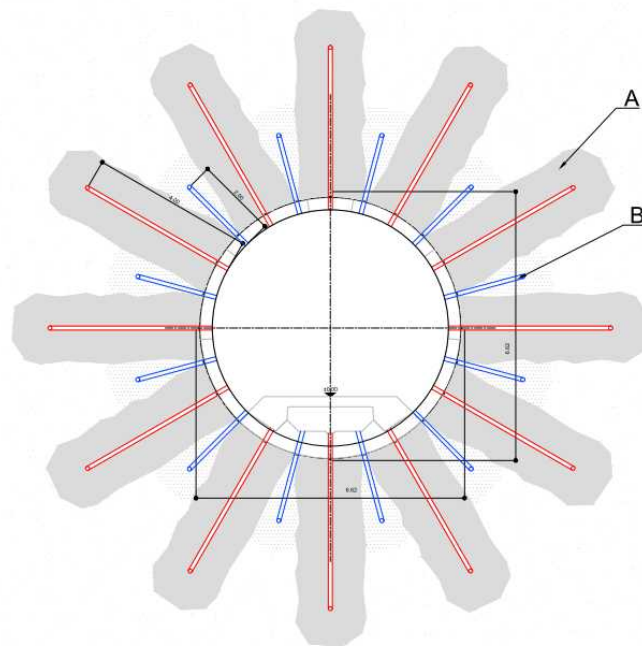


Abbildung 43: Schematische Darstellung der Störzonenbewältigung Typ 4, Abdichtung [52]

Figura 43: Schema interventi particolari tipo 4, impermeabilizzazione [52]

## 9 REFERENZDOKUMENTE

### 9.1 NORMEN

- [1] Ministero dei LL.PP.- D.M. 14.01.2008 - "Technische Baunormen".

### 9.2 BBT-BASISDOKUMENTE

- [2] D0616-III-01-TB-03002-25: Brenner Basistunnel - Regelplanung - Grundlagen für die Planung – Technische Merkmale und Spezifikationen – Technischer Bericht – Bautoleranzen, Technische Vertragsbestimmungen
- [3] D0616-VI-04-LP-06201-25 - Brenner Basistunnel - Regelplanung - Ausrüstung – Traktionsstrom – Schema – Versorgungsschema Traktionsstrom

### 9.3 REFERENZDOKUMENTE – AUSFÜHRUNGSPROJEKT MAULS 2-3

#### 9.3.1 Allgemeine Dokumente

- [4] 02\_H61\_EG\_991\_KTB\_D0700\_12001 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Technischer Bericht – Allgemeiner Bericht
- [5] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12004 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Absteckplan – Grundriss Trassierung Oströhre
- [6] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12005 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Absteckplan – Grundriss Trassierung Weströhre
- [7] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12006 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Absteckplan – Grundriss Trassierung Erkundungsstollen
- [8] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12007 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Lageplan – Schematischer Lageplan, Aushubmethoden
- [9] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12050-12061 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Lageplan – Lageplan der Bauwerke 15-25

## 9 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 9.1 NORMATIVA

- [1] Ministero dei LL.PP.- D.M. 14.01.2008 - "Norme tecniche per le Costruzioni".

### 9.2 DOCUMENTI BBT DI BASE

- [2] D0616-III-01-TB-03002\_25 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione di Sistema – Relazione tecnica – Tolleranze costruttive – condizioni contrattuali tecniche
- [3] D0616-VI-04-LP-06201-25 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione di Sistema - Attrezzaggio - Documenti generali - Relazione tecnica - Dimensionamento delle vie cavi

### 9.3 DOCUMENTI PROGETTO ESECUTIVO MULES 2-3

#### 9.3.1 Elaborati generali

- [4] 02\_H61\_EG\_991\_KTB\_D0700\_12001 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali – Relazione tecnica - Relazione descrittiva generale
- [5] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12004 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali – Planimetria – Planimetria di tracciamento Galleria principale Est
- [6] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12005 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali – Planimetria – Planimetria di tracciamento Galleria principale Ovest
- [7] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12006 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali – Planimetria – Planimetria di tracciamento Cunicolo Esplorativo
- [8] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12007 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali – Planimetria – Planimetria schematica metodo di scavo
- [9] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12050-12061 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali – Planimetria – Planimetria delle opere 12 – 25

- [10] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12100-12110 – Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Längenprofil – Bautechnisches Längenprofil und Trassierung-Oströhre – 15/25 – 25/25
- [11] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12200-12210 – Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Längenprofil – Bautechnisches Längenprofil und Trassierung-Weströhre – 15/25 – 25/25
- [12] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12300-12308 – Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Längenprofil – Bautechnisches Längenprofil und Trassierung Erkundungsstollen – 15/23 – 23/23
- [13] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12540-12552 – Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Längenprofil – Bautechnisches Längenprofil und Trassierung – Querverbindungen
- [14] 02\_H61\_OP\_085\_KLP\_D0700\_22127 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Logistikknoten – Lageplan – NL-Übersichtsplan

- [10] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12100-12110 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali – Profilo longitudinale - Profilo longitudinale delle opere e di tracciamento - Galleria principale Est - Tav. 15/25 - 25/25
- [11] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12200-12210 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali – Profilo longitudinale - Profilo longitudinale delle opere e di tracciamento - Galleria principale Ovest - Tav. 15/25 - 25/25
- [12] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12300-12308 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali – Profilo longitudinale - Profilo longitudinale delle opere e di tracciamento – Cunicolo Esplorativo - Tav. 15/23 - 23/23
- [13] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12540-12552 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 – Profili cunicoli trasversali – Profilo longitudinale delle opere di tracciamento – Cunicoli trasversali
- [14] 02\_H61\_OP\_060\_KHS\_D0700\_22127 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 – Nodo logistico – Planimetria – NL-Planimetria generale

### 9.3.2 **Generelle Geologie, Geomechanik, Seismik und Hydrologie**

- [15] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13016 –Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Technischer Bericht – Zusammenfassung der geologischen und hydrogeologischen Daten
- [16] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13019 –Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Längenprofil – Geomechanischer Längenschnitt - 1/4 - von km 32+000 bis km 38+250
- [17] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13020 –Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke – Längenprofil – Geomechanischer Längenschnitt - 2/4 - von km 38+250 bis km 43+850
- [18] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13021 –Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos

### 9.3.2 **Geologia, geotecnica, sismica e idrogeologia generale**

- [15] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13016 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali – Relazione tecnica - Sintesi delle informazioni geologiche e idrogeologiche
- [16] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13019 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali - Profilo longitudinale - Profilo geomeccanico - 1/4 - da km 32+000 a km 38+250
- [17] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13020 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali - Profilo longitudinale - Profilo geomeccanico - 2/4 - da km 38+250 a km 43+850
- [18] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13021 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva -



Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke -- Längenprofil –  
Geomechanischer Längenschnitt - 3/4 - von km  
43+850 bis km 49+000

D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali - Profilo  
longitudinale - Profilo geomeccanico - 3/4 - da km  
43+850 a km 49+000

[19] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13022 – Brenner  
Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos  
Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke -- Längenprofil –  
Geomechanischer Längenschnitt - 4/4 - von km  
49+000 bis km 54+100

[19] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13022 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali - Profilo  
longitudinale - Profilo geomeccanico - 4/4 - da km  
49+000 a km 54+100

### 9.3.3 Unterirdische Hydraulik

[20] 02\_H61\_WB\_993\_KRC\_D0700\_16001 – Brenner  
Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos  
Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke --  
Berechnungsbericht – Allgemeiner hydraulischen  
Bericht

### 9.3.3 Idraulica in sotterraneo

[20] 02\_H61\_WB\_993\_KRC\_D0700\_16001 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - Lotto  
Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo - Relazione  
idraulica generale

[21] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16002 – Brenner  
Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos  
Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke --  
Entwässerungsplan – Allgemeine schematische  
Darstellung der Netzwerkdrainage und Profil

[21] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16002 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - Lotto  
Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo - Schema  
generale rete di drenaggio e profilo

[22] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16003 – Brenner  
Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos  
Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke --  
Entwässerungsplan – Allgemeine schematische  
Darstellung der Ulmendrainage und Profil

[22] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16003 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - Lotto  
Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo - Schema  
generale rete di drenaggio acque di falda e profilo

[23] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16004 – Brenner  
Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos  
Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke --  
Entwässerungsplan – Allgemeine schematische  
Darstellung der Fahrbahndrainage und Profil

[23] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16004 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - Lotto  
Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo - Schema  
generale rete di drenaggio acque di piattaforma e  
profilo

[24] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16005 – Brenner  
Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos  
Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke --  
Entwässerungsplan – Schematische Darstellung  
Bauphasedrainage

[24] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16005 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - Lotto  
Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo - Schema di  
drenaggio in fase di costruzione

[25] 02\_H61\_WB\_993\_KLP\_D0700\_16101-16114 –  
Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung -  
D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke --  
Entwässerungsplan – Pläne Projekthydraulik,  
Blätter 1/14 ÷ 14/14

[25] 02\_H61\_WB\_993\_KLP\_D0700\_16101-16114 –  
Galleria di Base del Brennero - Progettazione  
Esecutiva - Lotto Mules 2-3 - Opere generali -  
Planimetria idraulica di progetto - tav. 1/14 ÷ 14/14

[26] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16222 – Brenner  
Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos  
Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke --  
Entwässerungsplan – Hydraulikanordnung CT1 –  
T4 – T5

[26] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16222 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - Lotto  
Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo – Sistemazione  
idraulica – CT1-T4-T5

[27] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16223 – Brenner  
Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos

[27] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16223 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - Lotto

Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke –  
Entwässerungsplan – Hydraulikanordnung CT1 –  
T1 – T2 – T3

[28] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16224 – Brenner  
Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos  
Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke –  
Entwässerungsplan – Hydraulikanordnung CT1-GL-  
MS mit Abfluss

[29] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16225 – Brenner  
Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos  
Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke –  
Entwässerungsplan – Hydraulikanordnung CT2-T1-  
T2-T3 ohne Abfluss

[30] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16226-16227 –  
Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung -  
D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke –  
Entwässerungsplan – Hydraulikanordnung CT2-T4-  
T5 mit Abfluss

#### 9.3.4 Ausführung der Bauwerke, Teil 3

[31] 02\_H61\_GD\_090\_GTB\_D0700\_23001 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3 –  
Technischer Bericht – Geologischer Bericht – Detail

[32] 02\_H61\_GD\_035\_GTB\_D0700\_23001-23008 –  
Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung –  
D0700: Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3  
– Längenschnitt – Voraussicht Geomechanische-  
und Projektierungsprofile

[33] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23053 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3 –  
Technischer Bericht – Leitfaden für die Wahl der  
Ausbruchsquerschnitte

[34] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23054 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3 –  
Technischer Bericht - Materialienbericht

[35] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23055 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3 –  
Technischer Bericht – Statische Berechnung –  
Haupttröhre

[36] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23056 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Mauls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3 –  
Technischer Bericht – Statische Berechnung –

Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo – Sistemazione  
idraulica – CT1-T1-T2-T3

[28] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16224 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - Lotto  
Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo – Sistemazione  
idraulica – CT1-GL-MS con scarico

[29] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16225 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - Lotto  
Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo – Sistemazione  
idraulica – CT2-T1-T2-T3 senza scarico

[30] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16226-16227 -  
Galleria di Base del Brennero - Progettazione  
Esecutiva - Lotto Mules 2-3 - Idraulica in  
sotterraneo – Sistemazione idraulica – CT2-T4-T5  
con scarico

#### 9.3.4 Progettazione delle opere, Parte 3

[31] 02\_H61\_GD\_090\_GTB\_D0700\_23001 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 – Opere generali Parte 3 –  
Relazione tecnica - Relazione geomeccanica di  
dettaglio

[32] 02\_H61\_GD\_035\_GTB\_D0700\_23001-23008 -  
Galleria di Base del Brennero - Progettazione  
esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 – Opere  
generali Parte 3 – Relazione tecnica - Profilo  
geomeccanico e progettuale di previsione

[33] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23053 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 – Opere generali Parte 3 –  
Relazione tecnica – Linee guida per l'applicazione  
delle sezioni tipo di scavo

[34] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23054 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 – Opere generali Parte 3 –  
Relazione tecnica - Relazione sui materiali

[35] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23055- Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 – Opere generali Parte 3 –  
Relazione tecnica - Relazioni di calcolo – Gallerie di  
linea

[36] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23056 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 – Opere generali Parte 3 –  
Relazione tecnica - Relazioni di calcolo – Cunicoli

Querschläge

- [37] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23057 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3 – Technischer Bericht – Statische Berechnung – Erkundungsstollen
- [38] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23058 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3 – Technischer Bericht – Schutz der Grundwasserreserven
- [39] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23059 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3 – Technischer Bericht – Bautoleranzen und Sollmass
- [40] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23061 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3 – Technischer Bericht – Synoptischer Plan – Anwendung der Materialien
- [41] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23062 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3 – Technischer Bericht – Statische Berechnung – Logistik Nischen
- [42] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23063 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3 – Technischer Bericht – Statische Berechnung – Sohlplatte Erkundungsstollen
- [43] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23064 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3 – Technischer Bericht – Statische Berechnung – Anschlüsse
- [44] 02\_H61\_OP\_035\_KLP\_D0700\_23070-23080 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3 – Lageplan – Anordnung Schächte, Grundrisse (vom Blatt 1/11 bis Blatt 11/11)
- [45] 02\_H61\_OP\_035\_KLP\_D0700\_23081 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3 – Schnitt – Anordnung Schächte und Bankette, Schnitte und Details
- [46] 02\_H61\_KU\_015\_KRP\_D0700\_23101 – Brenner

trasversali

- [37] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23057 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 – Opere generali Parte 3 – Relazione tecnica - Relazioni di calcolo – Cunicolo Esplorativo
- [38] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23058 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 – Opere generali Parte 3 – Relazione tecnica – Relazione sulla salvaguardia delle risorse idriche
- [39] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23059 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 – Opere generali Parte 3 – Relazione tecnica – Tolleranze e spessori costruttivi
- [40] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23061 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 – Opere generali Parte 3 – Relazione tecnica – Tavola sinottica di applicazione dei materiali
- [41] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23062 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 – Opere generali Parte 3 – Relazione tecnica - Relazioni di calcolo – Piazzola logistica
- [42] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23063 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 – Opere generali Parte 3 – Relazione tecnica – Soletta di chiusura Cunicolo Esplorativo
- [43] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23064 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 – Opere generali Parte 3 – Relazione tecnica - Relazioni di calcolo – Innesti GL-IN-CT
- [44] 02\_H61\_OP\_035\_KLP\_D0700\_23070-23080 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 – Generale Parte 3 - Disposizione pozzetti e banchine- Pianta (da Tav. 1/11 fino Tav. 11/11)
- [45] 02\_H61\_OP\_035\_KLP\_D0700\_23081 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 – Generale Parte 3 – Disposizione pozzetti e banchine – Sezioni e particolari
- [46] 02\_H61\_KU\_015\_KRP\_D0700\_23101 - Galleria di

- Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Mauls 2-3 – Erkundungsstollen – Regelprofil  
– Regelprofil C-MS
- [47] 02\_H61\_KU\_015\_KRP\_D0700\_23103 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Mauls 2-3 – Erkundungsstollen – Regelprofil  
– Regelprofil PL-T2, Endzustand
- [48] 02\_H61\_KU\_015\_KRP\_D0700\_23105 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Mauls 2-3 – Erkundungsstollen – Regelprofil  
– Regelprofil PL-T5, Endzustand
- [49] 02\_H61\_KU\_015\_KBN\_D0700\_23280 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 – Erkundungsstollen –  
Bauphasenplan – Bessondere Massnahmen zur  
Verbesserung des Gebirges C-MS Typ 1
- [50] 02\_H61\_KU\_015\_KBN\_D0700\_23281 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Mauls 2-3 – Erkundungsstollen –  
Bauphasenplan – Bessondere Massnahmen zur  
Verbesserung des Gebirges C-MS Typ 2
- [51] 02\_H61\_KU\_015\_KBN\_D0700\_23282-23286 –  
Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung –  
D0700: Baulos Mauls 2-3 – Erkundungsstollen –  
Bauphasenplan – Bessondere Massnahmen zur  
Verbesserung des Gebirges C-MS Typ C-MS Typ 3
- [52] 02\_H61\_KU\_015\_KRP\_D0700\_23290 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Mauls 2-3 – Erkundungsstollen –  
Bauphasenplan – Spezielle  
Abdichtungsmassnahmen C-MS Typ 4
- [53] 02\_H61\_TY\_030\_KRP\_D0700\_23301 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Mauls 2-3 – Hauptröhren – Regelprofil –  
Regelprofil GL-MS Zweischalig
- [54] 02\_H61\_TY\_030\_KRP\_D0700\_23307 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Mauls 2-3 – Hauptröhren – Regelprofil –  
Regelprofil GL-MS Zweischalig, Gewölbe ohne  
Sohlstein
- [55] 02\_H61\_TY\_030\_KRP\_D0700\_23312 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Mauls 2-3 – Hauptröhren – Regelprofil –  
Regelprofil GL-MS Einschalg
- Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 – Cunicolo esplorativo –  
Sezione tipo - Sezione tipo applicata C-MS
- [47] 02\_H61\_KU\_015\_KRP\_D0700\_23103 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 – Cunicolo esplorativo –  
Sezione tipo - Sezione tipo applicata PL-T2, fase di  
esercizio
- [48] 02\_H61\_KU\_015\_KRP\_D0700\_23105 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 – Cunicolo esplorativo –  
Sezione tipo - Sezione tipo applicata PL-T5, fase di  
esercizio
- [49] 02\_H61\_KU\_015\_KBN\_D0700\_23280 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 – Cunicolo esplorativo –  
Fasi di costruzione – Interventi particolari di  
consolidamento C-MS tipo 1
- [50] 02\_H61\_KU\_015\_KBN\_D0700\_23281 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 – Cunicolo esplorativo –  
Fasi di costruzione – Interventi particolari di  
consolidamento C-MS tipo 2
- [51] 02\_H61\_KU\_015\_KBN\_D0700\_23282-23286 -  
Galleria di Base del Brennero - Progettazione  
esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 – Fasi di  
costruzione – Interventi particolari di  
consolidamento C-MS tipo 3
- [52] 02\_H61\_KU\_015\_KRP\_D0700\_23290 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 – Cunicolo esplorativo –  
Fasi di costruzione – Interventi speciali di  
impermeabilizzazione C-MS tipo 4
- [53] 02\_H61\_TY\_030\_KRP\_D0700\_23301 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 – Gallerie principali –  
Sezione tipo - Sezione tipo applicata GL-MS  
rivestimento doppio
- [54] 02\_H61\_TY\_030\_KRP\_D0700\_23307 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 – Gallerie principali –  
Sezione tipo - Sezione tipo applicata GL-MS  
rivestimento doppio con arco rovescio
- [55] 02\_H61\_TY\_030\_KRP\_D0700\_23312 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 – Gallerie principali –  
Sezione tipo - Sezione tipo applicata GL-MS

rivestimento singolo

- [56] 02\_H61\_TY\_030\_KSC\_D0700\_23408 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Mault 2-3 – Hauptröhren – Schalungsplan – Schalung Tübbingring GL-MS, d=40cm, Details
- [57] 02\_H61\_TY\_030\_KSC\_D0700\_23417 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Mault 2-3 – Hauptröhren – Schalungsplan – Schalung Tübbingring GL-MS, d=45cm, Details
- [58] 02\_H61\_TM\_030\_KBN\_D0700\_23680 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Mault 2-3 – Hauptröhren – Bauphasenplan – Besondere Massnahmen zur Verbesserung des Gebirges GL-MS, Typ 1
- [59] 02\_H61\_TM\_030\_KBN\_D0700\_23681 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Mault 2-3 – Hauptröhren – Bauphasenplan – Besondere Massnahmen zur Verbesserung des Gebirges GL-MS, Typ 2
- [60] 02\_H61\_TM\_030\_KBN\_D0700\_23682 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Mault 2-3 – Hauptröhren – Bauphasenplan – Spezielle Abdichtungsmassnahmen GL-MS, Typ 4
- [61] 02\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23701 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Mault 2-3 – Querverbindungen – Regelquerschnitt – Regelprofil CT1-T4-T5, Grundriss und Längsschnitt
- [62] 02\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23702 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Mault 2-3 – Querverbindungen – Regelquerschnitt – Regelprofil CT1-T1-T2-T3, mit Ablauf, Grundriss und Längsschnitt
- [63] 02\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23703 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Mault 2-3 – Querverbindungen – Regelquerschnitt – Regelprofil CT1-T1-T2-T3, ohne Ablauf, Grundriss und Längsschnitt
- [64] 02\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23704 – Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Mault 2-3 – Querverbindungen – Regelquerschnitt – Regelprofil CT2-T4-T5, mit Ablauf, Grundriss und Längsschnitt
- [65] 02\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23705 – Brenner
- [56] 02\_H61\_TY\_030\_KSC\_D0700\_23408 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 – Gallerie principali – Carpenteria – Carpenteria conci GL-MS, d=40, particolari
- [57] 02\_H61\_TY\_030\_KSC\_D0700\_23417 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 – Gallerie principali – Carpenteria – Carpenteria conci GL-MS, d=45, particolari
- [58] 02\_H61\_TM\_030\_KBN\_D0700\_23680 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 – Fasi di costruzione – Interventi particolari di consolidamento GL-MS tipo 1
- [59] 02\_H61\_TM\_030\_KBN\_D0700\_23681 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 – Gallerie principali – Fasi di costruzione – Interventi particolari di consolidamento GL-MS tipo 2
- [60] 02\_H61\_TM\_030\_KBN\_D0700\_23682 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 – Gallerie principali – Fasi di costruzione – Interventi speciali di impermeabilizzazione GL-MS tipo 4
- [61] 02\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23701 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 – Cunicoli trasversali – Sezione tipo - Sezione tipo applicata CT1-T4-T5, pianta e profilo
- [62] 02\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23702 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 – Cunicoli trasversali – Sezione tipo - Sezione tipo applicata CT1-T2-T3 con scarico, pianta e profilo
- [63] 02\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23703 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 – Cunicoli trasversali – Sezione tipo - Sezione tipo applicata CT1-T2-T3 senza scarico, pianta e profilo
- [64] 02\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23704 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 – Cunicoli trasversali – Sezione tipo - Sezione tipo applicata CT2-T4-T5 con scarico, pianta e profilo
- [65] 02\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23705 - Galleria di

Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Muls 2-3 – Querverbindungen –  
Regelquerschnitt – Regelprofil CT2-T1-T2-T3, mit  
Ablauf, Grundriss und Längsschnitt

[66] 02\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23706 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Muls 2-3 – Querverbindungen –  
Regelquerschnitt – Regelprofil CT2-T1-T2-T3, ohne  
Ablauf, Grundriss und Längsschnitt

[67] 2\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23707 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Muls 2-3 – Querverbindungen –  
Regelquerschnitt – Regelprofil CT3, mit Ablauf,  
Grundriss und Längsschnitt

[68] 02\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23708 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Muls 2-3 – Querverbindungen –  
Regelquerschnitt – Regelprofil CT4, mit Ablauf,  
Grundriss und Längsschnitt

#### 9.3.5 Baulüftung und Kühlung

[69] 02\_H61\_LE\_940\_MTB\_D0700\_31002 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Muls 2-3 – Baulüftung und Kühlung –  
Technischer Bericht – Technischer Bericht  
Baulüftung-/kühlung

#### 9.3.6 Bauleistik und Bauprogramm

[70] 02\_H61\_EG\_991\_KBA\_D0700\_55001 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke –  
Arbeitsprogramm

[71] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_55009 – Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700:  
Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke – Schema  
Ausführungsstrecken der definitiven Auskleidung

### 9.4 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Hauptrohr mit Innenschale. ....	14
Abbildung 2: Hauptrohr mit einschaliger Auskleidung. ....	14
Abbildung 3: Hauptrohr mit Gegengewölbe aus Ortsbeton und Innengewölbe. ....	15
Abbildung 4: Querverbindung Typ 1, ohne Abfluss. Querschnitt und Längsschnitt [63]. ....	21
Abbildung 5: Querverbindung Typ 1, mit Abfluss. Querschnitt	

Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Muls 2-3 – Cunicoli trasversali –  
Sezione tipo - Sezione tipo applicata CT2-T1-T2-T3  
con scarico, pianta e profilo

[66] 02\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23706 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Muls 2-3 – Cunicoli trasversali –  
Sezione tipo - Sezione tipo applicata CT2-T1-T2-T3  
senza scarico, pianta e profilo

[67] 02\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23707 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Muls 2-3 – Cunicoli trasversali –  
Sezione tipo - Sezione tipo applicata CT3, pianta e  
profilo

[68] 02\_H61\_QS\_025\_KRP\_D0700\_23708 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Muls 2-3 – Cunicoli trasversali –  
Sezione tipo - Sezione tipo applicata CT4, pianta e  
profilo

#### 9.3.5 Ventilazione e raffreddamento

[69] 02\_H61\_LE\_940\_MTB\_D0700\_31002 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Muls 2-3 – Ventilazione – Relazione  
tecnica – Relazione della ventilazione e  
raffreddamento in fase di costruzione

#### 9.3.6 Cantierizzazione - Cronoprogramma

[70] 02\_H61\_EG\_991\_KBA\_D0700\_55001 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali –  
Cronoprogramma – Programma lavori

[71] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_55009 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione esecutiva -  
D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali –  
Cronoprogramma – Schema tratte di esecuzione  
rivestimenti definitivi

### 9.4 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1: Galleria di linea con rivestimento definitivo. ....	14
Figura 2: Galleria di linea con rivestimento singolo. ....	14
Figura 3: Galleria di linea con rivestimento definitivo e arco rovescio gettato in opera. ....	15
Figura 4: Cunicolo trasversale tipo 1 senza scarico verso il Cunicolo Esplorativo. Pianta e profilo longitudinale [63]. ...	21
Figura 5: Cunicolo trasversale tipo 1 con scarico verso il	

und Längsschnitt [62].	21	Cunicolo Esplorativo. Pianta e profilo longitudinale [62].	21
Abbildung 6: Querverbindung Typ 2, mit Schacht zum Erkundungsstollen. Querschnitt und Längsschnitt [64].	22	Figura 6: Cunicolo trasversale tipo 2 con pozzo di collegamento verso Cunicolo Esplorativo. Pianta e profilo longitudinale [64].	22
Abbildung 7: Querverbindung Typ 3. Querschnitt und Längsschnitt [67].	23	Figura 7: Cunicolo trasversale tipo 3 – Pianta e profilo longitudinale [67].	23
Abbildung 8: Querverbindung Typ 4. Querschnitt und Längsschnitt [68].	24	Figura 8: Cunicolo trasversale tecnico tipo 4 – Pianta e profilo longitudinale [68].	24
Abbildung 9: Erkundungsstollen, Regelprofil mit und ohne Innenschale [46].	25	Figura 9: Cunicolo Esplorativo, sezione tipo applicata con e senza rivestimento definitivo [46].	25
Abbildung 10: Ausweiche für Baulogistik, Querschnitt und Längsschnitt in Ausbruchphase [47].	26	Figura 10: Piazzola logistica. Sezione, pianta e profilo longitudinale in fase di scavo [47].	26
Abbildung 11: Regelquerschnitt Nische bei den Querverbindungen Typ CT1 (Abbildung links).	27	Figura 11: Sezione tipo applicata nicchia in corrispondenza dei Cunicoli Trasversali tipo CT1 (Figura a sinistra).	27
Abbildung 12: Grundriss Nische bei den Querverbindungen Typ CT1 (Abbildung rechts).	27	Figura 12: Pianta nicchia in corrispondenza dei Cunicoli Trasversali tipo CT1 (Figura destra).	27
Abbildung 13: Regelquerschnitt Nische bei den Querverbindungen Typ CT2 (Abbildung links).	28	Figura 13: Sezione tipo applicata nicchia in corrispondenza dei Cunicoli Trasversali tipo CT2 (Figura a sinistra).	28
Abbildung 14: Grundriss Nische bei den Querverbindungen Typ CT2 (Abbildung rechts).	28	Figura 14: Pianta nicchia in corrispondenza dei Cunicoli Trasversali tipo CT2 (Figura destra).	28
Abbildung 15: Querschnitt Nische bei der Querverbindung Typ CT3 (Abbildung links).	28	Figura 15: Sezione nicchia in corrispondenza del Cunicolo Trasversale tipo CT3 (Figura a sinistra).	28
Abbildung 16: Grundriss Nische bei der Querverbindung Typ CT3 (Abbildung rechts).	28	Figura 16: Pianta nicchia in corrispondenza dei Cunicoli Trasversali tipo CT2 (Figura destra).	28
Abbildung 17: Geologische Übersichtskarte des Projektumfanges	32	Figura 17: Carta geologica dell'area di progetto.	32
Abbildung 18: Prozentuelle Anwendungsbereiche der TBM-Typen	39	Figura 18: Percentuali dell'ammasso roccioso favorevoli ai diversi tipi di TBM.	39
Abbildung 19: Mindestprofil – Hauptrohr, kontinuierlicher Ausbruch, zweischaliger Auskleidung (offene TBM oder TBM-S/DS)	42	Figura 19: Sagoma minima – Galleria principale, scavo con avanzamento continuo e doppio rivestimento (TBM aperta o TBM-S/DS).	42
Abbildung 20: Mindestprofil – Hauptrohr, kontinuierlicher Ausbruch, einschaliger Auskleidung (TBM-S/DS).	42	Figura 20: Sagoma minima – Galleria principale, scavo con avanzamento continuo e rivestimento singolo (TBM-S/DS).	42
Abbildung 21: Regelquerschnitt mit zweischaliger Auskleidung und Gegengewölbe [54].	45	Figura 21: Sezione tipo con rivestimento doppio e arco rovescio [54].	45
Abbildung 22: Regelquerschnitt mit zweischaliger Auskleidung [53].	46	Figura 22: Sezione tipo con rivestimento doppio [53].	46
Abbildung 23: Regelquerschnitt mit einschaliger Auskleidung [55].	47	Figura 23: Sezione tipo con rivestimento singolo [55].	47
Abbildung 24: Detail eines vorfabrizierten Tübbing mit einfacher Dichtung, die zur Aussenkante verankert ist [56].	49	Figura 24: Dettaglio concio prefabbricato con guarnizione semplice ancorata al getto verso l'estradosso [56].	49
Abbildung 25: Detail der Abdichtung für die einschalige		Figura 25: Dettaglio impermeabilizzazione tratta a	

Auskleidung [57].	50	rivestimento singolo dei conci prefabbricati [57].	50
Abbildung 26: Detail Abdichtung Übergangszonen.....	50	Figura 26: Dettaglio impermeabilizzazione zona di transizione	50
Abbildung 27: Mindestprofil – Querverbindung Typ 1 .....	56	Figura 27: Sagoma minima – Cunicolo trasversale di collegamento Tipo 1.....	56
Abbildung 28: Mindestprofil – Querverbindung Typ 2, 3, 4	57	Figura 28: Sagoma minima – Cunicolo trasversale di collegamento Tipo 2, 3, 4.....	57
Abbildung 29: Ausbruch Anschluss – Sicherung der Tübbinge	60	Figura 29: Scavo innesto – messa in sicurezza dei conci prefabbricati	60
Abbildung 30: Vollabdichtung.....	62	Figura 30: Impermeabilizzazione completa .....	62
Abbildung 31: Abdichtung mit Fussdrainage .....	62	Figura 31: Impermeabilizzazione con drenaggio al piede..	62
Abbildung 32: Auslegung Anlagen bei den Anschlüssen, Grundriss	64	Figura 32: Predisposizione impianti zona innesto, pianta..	64
Abbildung 33: Auslegung Anlagen bei den Anschlüssen, Schnitt	64	Figura 33: Predisposizione impianti zona innesto, sezione	64
Abbildung 34: Querverbindung Typ 1 .....	65	Figura 34: Sagoma minima – Cunicolo trasversale di collegamento Tipo 1.....	65
Abbildung 35: Erkundungsstollen .....	65	Figura 35: Sagoma minima – Cunicolo Esplorativo .....	65
Abbildung 36: Erkundungsstollen, Regelquerschnitt mit und ohne Innenschale [46].....	67	Figura 36: Cunicolo Esplorativo, sezione tipo applicata con e senza rivestimento definitivo [46].....	67
Abbildung 37: Detail des vorfabrizierten Tübbings mit einfacher Dichtung, Verankerung an die Aussenkante .....	68	Figura 37: Dettaglio concio prefabbricato con guarnizione semplice ancorata al getto verso l'estradosso .	68
Abbildung 38: Detail der Sohlplatte mit Abflussleitung.....	70	Figura 38: Dettaglio concio di chiusura con tubo di scarico	70
Abbildung 39: Schematische Darstellung der Konsolidierungsmassnahmen Typ 1 [49] .....	72	Figura 39: Schema interventi di consolidamento tipo 1 [49]	72
Abbildung 40: Graphische Darstellung Störzonenbewältigung Typ 2 [50]	73	Figura 40: Schema interventi particolari tipo 2 [50] .....	73
Abbildung 41: Schematische Darstellung der Störzonenbewältigung Typ 3 (vom Bypass in Richtung Erkundungsstollen her [51]) .....	74	Figura 41: Schema interventi particolari tipo 3 (da bypass verso Cunicolo Esplorativo [51]) .....	74
Abbildung 42: Schematische Darstellung der Störzonenbewältigung Typ 3 (vom Bypass in Richtung Haupttröhre her [51]) .....	75	Figura 42: Schema interventi particolari tipo 3 (da bypass verso Gallerie di linea [51]) .....	75
Abbildung 43: Schematische Darstellung der Störzonenbewältigung Typ 4, Abdichtung [52].....	77	Figura 43: Schema interventi particolari tipo 4, impermeabilizzazione [52].....	77

## 9.5 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Beschreibung der Bauwerke im Teil 3.....	13
Tabelle 2: Anwendungsabschnitte der Regelprofile.....	16
Tabelle 3: Typologie und Kilometrierung der Querverbindungen – Muls 2-3.....	18
Tabelle 4: Bezeichnung der Querverbindungstypen .....	19
Tabelle 5: Bemessungsschnitte für die Haupttröhre	

## 9.5 ELENCO TABELLE

Tabella 1: Opere Parte 3.....	13
Tabella 2: Tratte di applicazione delle sezioni .....	16
Tabella 3: Tipologie e posizione dei cunicoli trasversali di collegamento - Muls 2-3.....	18
Tabella 4: Nomenclature delle sezioni tipo dei cunicoli trasversali	19



und den Erkundungsstollen entlang der Strecke Muls-  
Brenner 36

Tabelle 6: Ausbruchsquerschnitte der Querverbindungen 59

Tabella 5: Settori di calcolo galleria principale canna  
est canna ovest e Cunicolo Esplorativo lungo la tratta Mules  
– Brennero. 36

Tabella 6: Sezioni di scavo dei cunicoli di collegamento ... 59