



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 Mauls 2-3</b>		<b>D0700: Lotto Mules 2-3</b>					
<b>Projekteinheit</b> Gesamtbauwerke		<b>WBS</b> Opere generali					
<b>Dokumentenart</b> Berechnungsbericht		<b>Tipo Documento</b> Relazione di calcolo					
<b>Titel</b> Allgemeiner Bericht Hydraulik		<b>Titolo</b> Relazione idraulica generale					
 <b>RTI 4P</b> Raggruppamento Temporaneo di Imprese 4P <small>via Pio I.lli S.r.l., Via G.B. Sanmartini 5, 20125 Milano, Tel.: +39 026787911, Fax: +39 0287152612</small>		Generalplaner / Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470					
<b>Mandataria</b>  PRO ITER Progetto Infrastrutture Territorio s.r.l.	<b>Mandante</b>  PÖYRY	<b>Mandante</b>  pini swiss engineers	<b>Mandante</b>  PASQUALI-RAUSA ENGINEERING S.r.l./G.m.b.H.				
Fachplaner / il progettista specialista Ing. Enrico Maria Pizzarotti Ord. Ingg. Milano N° A 29470		Fachplaner / il progettista specialista					
	<b>Datum / Data</b>	<b>Name / Nome</b>	<b>Gesellschaft / Società</b>				
	Bearbeitet / Elaborato 13.02.2015	Costa	Pro Iter				
	Geprüft / Verificato 13.02.2015	Borsani	Pro Iter				
 <b>BBT</b> Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE		<b>Name / Nome</b> R. Zurlo	<b>Name / Nome</b> K. Bergmeister				
Projekt-kilometer / Chilometro progetto von / da 32.0+88 bis / a 54.0+15 bei / al	Projekt-kilometer / Chilometro opera von / da bis / a bei / al	Status Dokument / Stato documento	Massstab / Scala -				
Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Dokumentenart Tipo Documento	Vertrag Contratto	Nummer Codice	Revision Revisione
02	H61	WB	993	KRC	D0700	16001	21

## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
21	Abgabe für Ausschreibung / Emissione per Appalto	Borsani	13.02.2015
20	Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.2014	Borsani	04.12.2014
11	Projektvollständigung und Umsetzung der Verbesserungen aus dem Prüfverfahren / Completamento progetto e recepimento istruttoria	Borsani	09.10.2014
10	Endabgabe / Consegna definitiva	Borsani	31.07.2014
01	Revision / Revisione	Borsani	22.05.2014
00	Erstversion / Versione preliminare	Borsani	23.01.2014

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>BESCHREIBUNG DER BAUWERKE</b>	
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE</b> .....	<b>7</b>
	2.1 DEFINITION DER BAUWERKE DES BAULOSES MAULS 2-3	
	2.1 DEFINIZIONE DELLE OPERE DEL LOTTO DI COSTRUZIONE MULES 2-3 .....	7
	2.2 UNTERTEILUNG DES BAULOS MAULS 2-3	
	2.2 SUDDIVISIONE IN PARTI DEL LOTTO MULES 2-3 .....	9
<b>3</b>	<b>ALLGEMEIN</b>	
<b>3</b>	<b>GENERALITÀ</b> .....	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>ZIELE DER STUDIE</b>	
<b>4</b>	<b>OBIETTIVI DELLO STUDIO</b> .....	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>WASSERFÜHRUNG</b>	
<b>5</b>	<b>VENUTE IDRICHE</b> .....	<b>15</b>
	5.1 VORÜBERGEHENDE WASSERZUTRITTE	
	5.1.1 Bereich Mauls-Brenner	
	5.1 VENUTE IDRICHE IN FASE TRANSITORIA .....	15
	5.1.1 Settore Mules-Brennero .....	15
	5.1.2 Bereich Nothaltestelle	
	5.1.3 Bereich Maulsertalstörung	
	5.1.4 Bereich Franzensfeste-Mauls	
	5.1.5 Kumulative vorübergehende Schüttungen	
	5.1.2 Settore Fermata di Emergenza .....	16
	5.1.3 Settore Faglia Val di Mules.....	16
	5.1.4 Settore Fortezza-Mules .....	16
	5.1.5 Portate cumulate transitorie.....	17
	5.2 STABILISIERTE WASSERZUTRITTE	
	5.2.1 Bereich Mauls-Brenner	
	5.2 VENUTE IDRICHE IN FASE DI ESERCIZIO .....	17
	5.2.1 Settore Mules-Brennero .....	17
	5.2.2 Bereich Nothaltestelle	
	5.2.3 Bereich Maulsertalstörung	
	5.2.4 Bereich Franzensfeste-Mauls	
	5.2.5 Kumulative stabilisierten Schüttungen	
	5.2.2 Settore Fermata di Emergenza .....	17
	5.2.3 Settore Faglia Val di Mules.....	17
	5.2.4 Settore Fortezza-Mules .....	18
	5.2.5 Portate stabilizzate cumulate.....	18
	5.3 SCHÄTZUNG DER MAXIMALEN VORÜBERGEHENDEN ANGESAMMELTEN DURCHFLUSSMENGE ZUR BEMAßUNG DER AUFBEREITUNGSANLAGE	
	5.3 STIMA DELLA PORTATA TRANSITORIA CUMULATA MASSIMA PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO .....	21
<b>6</b>	<b>SYSTEM IM ÜBERGANG</b>	
<b>6</b>	<b>SISTEMA IN TRANSITORIO</b> .....	<b>22</b>
	6.1 HEBESYSTEME	
	6.1 SISTEMI DI SOLLEVAMENTO .....	24
<b>7</b>	<b>GEPLANTE NEZTE</b>	
<b>7</b>	<b>RETI IN PROGETTO</b> .....	<b>27</b>

7.1	GRUNDGEWÄSSERNETZ	
7.1	RETE ACQUE DI FALDA .....	28
7.1.1	QUESRSTOLLEN MIT ABFLUSS	
7.1.1	CUNICOLI TRASVERSALI CON SCARICO .....	32
7.2	NETZ DER BODENPLATTENGEWÄSSER	
7.2	RETE ACQUE DI PIATTAFORMA .....	34
7.2.1	HAUPTTUNNELS - EINGLEISQUESRSCHNITT	
7.2.1	GALLERIE PRINCIPALI - SEZIONE SINGOLO BINARIO .....	35
7.2.2	QUERSTOLLEN	
7.2.2	CUNICOLI TRASVERSALI.....	37
7.3	DOPPELGLEISQUERSCHNITT	
7.3	SEZIONE A DOPPIO BINARIO.....	40
7.4	DOPPELGLEISIGER QUERSCHNITT MIT MASSE-FEDER-SYSTEM	
7.4	SEZIONE A DOPPIO BINARIO CON SISTEMA A MASSE FLOTTANTI.....	41
<b>8</b>	<b>ÜBERPRÜFUNG DER GEPLANTEN NETZE</b>	
<b>8</b>	<b>VERIFICA RETI IN PROGETTO .....</b>	<b>42</b>
8.1	ÜBERPRÜFUNG DES GRUNDGEWÄSSER NETZ	
8.1	VERIFICA RETE ACQUE DI FALDA.....	42
8.2	ÜBERFRÜFUNG DER ABFLÜSSE	
8.2	VERIFICA DEGLI SCARICHI .....	44
8.3	ÜBERFRÜFUNG DES BASISBOGENSEGMENTS DES ERKUNDUNGSSTOLLENS	
8.3	VERIFICA CANALE DEL CONCIO DI BASE DEL CUNICOLO ESPLORATIVO .....	46
8.4	NETZÜBERPRÜFUNG DER BODENPLATTENGEWÄSSER	
8.4	VERIFICA RETE DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA .....	48
<b>9</b>	<b>KONTROLLSCHÄCHTE</b>	
<b>9</b>	<b>POZZETTI DI ISPEZIONE .....</b>	<b>49</b>
<b>10</b>	<b>HYDRAULISCHE EINRICHTUNGEN</b>	
<b>10</b>	<b>PRESIDI IDRAULICI.....</b>	<b>50</b>
10.1	GRUNDGEWÄSSERABFLUSS	
10.1	SCARICO DELLE ACQUE DI FALDA .....	51
10.2	ABFLUSS DES STÄNDIGEN FLUSSES	
10.2	SCARICO DEL FLUSSO CONTINUO.....	51
10.3	ABFLUSS DER ZUFALLSÜBERSCHÜTTUNGEN	
10.3	SCARICO DEGLI SVERSAMENTI ACCIDENTALI .....	51
<b>11</b>	<b>ABFLUSSLEITUNGSSYSTEM VOM ENDE DES AICHA TUNNELS ZUR AUFBEREITUNGSANLAGE</b>	
11.1	BAUWERKBESCHREIBUNG	
11.2	LEITUNGSKANÄLE	
<b>11</b>	<b>SISTEMA DI CONVOGLIAMENTO SCARICHI DA TERMINE CUNICOLO AICA AD IMPIANTO</b>	
	<b>TRATTAMENTO.....</b>	<b>55</b>
11.1	DESCRIZIONE DELLE OPERE .....	55
11.2	COLLETTORI DI CONVOGLIAMENTO .....	56
11.2.1	SCHÄCHTE	
11.2.2	VERLAUF AUF DER EISACKBRÜCKE	
11.3	ENDABGABEN	
11.4	HYDRAULISCHE ÜBERPRÜFUNG DER KANÄLE	
11.5	ÜBERPRÜFUNG DER KANALSTATIK	
11.2.1	POZZETTI .....	59
11.2.2	PASSAGGIO SUL PONTE DELL'ISARCO .....	59
11.3	RECAPITI FINALI.....	60

11.4 VERIFICA IDRAULICA COLLETTORI .....	60
11.5 VERIFICA STATICA COLLETTORI .....	62
<b>12 VERZEICHNISSE</b>	
<b>12 ELENCHI .....</b>	<b>65</b>
12.1 TABELLENVERZEICHNIS	
12.1 ELENCO DELLE TABELLE.....	65
12.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS	
12.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.....	65
12.3 REFERENZDOKUMENTE	
12.3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	66
12.3.1 Eingangsdokumente	
12.3.1 Documenti in ingresso .....	66
12.3.1.1 Normen und Richtlinien	
12.3.1.1 Normative e linee guida.....	68
12.3.1.2 Bibliografie	
12.3.1.2 Bibliografia.....	68
12.3.2 Ausgangsdokumente	
12.3.2 Documenti in uscita .....	68

## 1 EINLEITUNG

Der Brenner Basistunnel ist mit einer Länge von knapp über 55 km das Kernelement des Eisenbahnkorridors München-Verona.

Das Baulos Muls 2-3 ist auf italienischer Seite der Hauptteil der BBT Streckenführung; insbesondere erstreckt es sich von der Staatsgrenze im Norden (km 32.0+88 Oströhre) und bis zum angrenzenden Baulos "Eisack Unterführung" im Süden (km 54.1+00 Oströhre).

Nach einer kurzen Beschreibung des gesamten Baulos Muls 2-3 des Brenner Basistunnels behandelt dieser Bericht die Planung der Sammelnetze der Bodenplatten- und Grundgewässer

## 1 INTRODUZIONE

La Galleria di base del Brennero (BBT) si sviluppa per una lunghezza di poco superiore ai 55 Km e costituisce la parte centrale del corridoio ferroviario Monaco di Baviera-Verona.

Il lotto costruttivo Muls 2-3 costituisce la principale parte del tracciato BBT sul versante italiano; in particolare è compreso tra il confine di Stato, a Nord (km 32.0+88 canna Est) e il lotto adiacente "Sottoattraversamento dell'Isarco", a Sud (km 54.0+0.15 canna Est).

La presente relazione, dopo una breve descrizione dell'intero Lotto Muls 2-3 della Galleria di Base del Brennero, tratterà della progettazione delle reti di raccolta delle acque di piattaforma e di falda.

## 2 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 Mails 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 Mails 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 Mails 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 [1], [2] 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 Mails 1 zu verbinden, mussten für die Weströhre zahlreiche geringfügige Neigungsänderungen eingeführt werden, welche jedenfalls auf die Enden des Bauloses Mails 1 begrenzt sind. Die Details zum Höhenverlauf sind in den Plänen [4], [5] erfasst.

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

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

## 2 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 Mules 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 Mules 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 Mules 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 [1], [2].

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 Mules 1 già realizzato, ha comportato l'introduzione di numerosi cambi di pendenza della livelletta limitati, in ogni caso, agli estremi del lotto Mules 1. I dettagli dell'andamento altimetrico sono rilevabili dalle tavole di progetto [4], [5].

### 2.1 DEFINIZIONE DELLE OPERE DEL LOTTO DI COSTRUZIONE MULES 2-3

Le opere previste nel Progetto Esecutivo del lotto Mules 2 – 3, rappresentate sulla Planimetria delle opere [3], 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 cameroni di Montaggio TBM (km 48.9+02 circa) e sistemazione definitiva dei cameroni 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 cameroni di Montaggio TBM (km 48.8+73 circa) sistemazione definitiva dei cameroni 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 Hauptrohren sowie einem Verbindungsschacht zum Erkundungsstollen [6]

- 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 [3] hervor, auf die verwiesen wird.

#### **2.2 UNTERTEILUNG DES BAULOS MAULS 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 [6].

- 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 [3], alle quali si rimanda.

#### **2.2 SUDDIVISIONE IN PARTI DEL LOTTO MAULS 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 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

**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;
  - 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

- Verbindungstunnel (GC): Endgestaltung des bereits im Baulos Muls 1 errichteten Bauwerks, zwischen der Weströhre und dem Erkundungsstollen auf einer Länge von ca. 420 m.
- 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).

## **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 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 Muls.
- Neuer Logistikknoten (NL), konventioneller Vortrieb und Endgestaltung; befindet sich seitlich der Trasse

- 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.
- 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).

## **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 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 Muls.
- Nuovo Nodo Logistico (NL), scavo con metodi tradizionali e sistemazione definitiva; situato lateralmente al tracciato della Galleria di Accesso

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.

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

Dieser Bericht konzentriert sich auf alle Strecken des Baulos Muls 2-3.

(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.

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

La presente relazione si concentra su tutte le tratte del lotto Muls 2-3.

### 3 ALLGEMEIN

Der Brenner Basistunnel BBT SE sieht den Bau eines Tunnels von ca. 55 km zwischen Innsbruck und Franzensfeste im Osten der Brenner Verwerfung vor.

Das Hauptbauwerk besteht aus *zwei Röhren* mit einem variablen Achsenabstand von ca. 40 m bis ca. 70 m und einen vor den zwei Hauptröhren realisierten *Erkundungsstollen*, der sich meistens gleichachsig zu den zwei Röhren befindet außer an der Stollenstrecke zwischen den Kilometrierungen km 0.0 und 7.7 ca. wo die Streckenführung des Stollens sich weit entfernt von den zwei Haupttunnels entwickelt. Die Stollenhöhe liegt ca. 11 - 12m unter der Tunnelhöhe.

Ziel dieses Dokuments ist es die Kriterien und die bei der Ausführungsplanung durchgeführten Auswahlen für die Projektierung der Sammelnetze der Bodenplatten- und Grundgewässer darzulegen.

Während der Betriebsphase findet die Dränage der Grund- und der Bodenplattengewässer auf getrennte Weise statt. Auf dieser Weise ergeben sich drei vollkommen unabhängige Netze:

- Dränage Netz der Grundgewässer;
- Dränage Netz der Bodenplattengewässer - Oströhre;
- Dränage Netz der Bodenplattengewässer - Weströhre.

Die Dränage Netz der Bodenplattengewässer ermöglicht:

- die Sammlung der sogenannte *ständiger Fluss*, d.h. ein Fluss von insgesamt 16 l/s welcher aus den Becken der Brandanlage kommt. Dieser Fluss ermöglicht die Reinigung der Abwasserkanäle, die Begrenzung der Brand- und Explosionsauswirkungen und gewährleistet einen konstanten Wasserstand im Inneren der Abwasserkanäle selbst sowie der Schächte.
- die Sammlung und Entfernung möglicher *Zufallsüberschüttungen* bei Unfällen.

Ziel der Netztrennung ist es zukünftig eine eventuelle Wiederverwertung der Grundgewässer zu ermöglichen.

Die zwei vollkommen unabhängigen Netze, nachdem sie alle Gewässer in den Erkundungsstollen geleitet haben, führen diese in zwei unterschiedliche Aufbereitungsbecken, welche sich talwärts der Erkundungsstollenmündung in Aicha im Baustellenareal befinden.

Insbesondere:

- die Bodenplattengewässer und ständiger Fluss werden direct in einem Voraufbereitungsbecken im

### 3 GENERALITÀ

La Galleria di Base del Brennero BBT-SE prevede la Costruzione di una galleria lunga circa 56 km tra Innsbruck e Fortezza, a est della faglia del Brennero.

L'opera principale consiste in *due canne* con una distanza fra gli assi variabile da ca. 40 m a ca. 70 m e in un *Cunicolo Esplorativo*, realizzato in anticipo rispetto alle due canne principali, solitamente posizionato in asse alle due canne; fa eccezione la tratta di cunicolo tra le progressive km 0.0 e 7.7 circa, dove il tracciato del cunicolo si sviluppa lontano dalle due Gallerie di Linea. La quota del cunicolo è circa 11 - 12m inferiore rispetto a quella delle gallerie.

Il presente documento mira a esporre i criteri e le scelte effettuate in sede di Progettazione Esecutiva per la progettazione delle reti di raccolta delle acque di piattaforma e di falda.

Durante la fase di esercizio il drenaggio delle acque di falda e delle acque di piattaforma avviene in maniera separata. In questo modo risultano tre reti totalmente indipendenti:

- rete di drenaggio delle acque di falda;
- rete di drenaggio delle acque di piattaforma - canna Est;
- rete di drenaggio delle acque di piattaforma - canna Ovest.

La rete di drenaggio delle acque di piattaforma permette:

- la raccolta del cosiddetto *flusso continuo*, ovvero un flusso pari in totale a 16 l/s provenienti dalle vasche dell'impianto antincendio. Tale flusso permette un lavaggio dei collettori, limita gli effetti di eventuali incendi e/o esplosioni e garantisce un livello di acqua costante all'interno dei collettori stessi e dei pozzetti.
- la raccolta e allontanamento di eventuali *sversamenti accidentali* in caso di incidente.

L'obiettivo nel mantenere le reti separate è quello di permettere in un futuro un eventuale riutilizzo delle acque di falda.

Le due reti, completamente indipendenti, dopo aver convogliato tutte le acque nel Cunicolo Esplorativo, recapitano in due vasche di trattamento differenti poste a valle dello sbocco del Cunicolo Esplorativo ad Aicha, nell'area di cantiere.

In particolare:

- le acque di falda e del flusso continuo sono immesse direttamente in una vasca di pretrattamento ubicata all'interno di un impianto di trattamento e vengono

Inneren der Aufbereitungsanlage und dort abgekühlt bevor es auch in den Endabfluss des Eisacks Fluss geleitet wird.

- die Zufallsüberschüttungen werden in ein angemessene Aufbereitungsbecken geleitet, wo die bei Unfällen eventuell ins Netz verschütteten gefährlichen Flüssigkeiten aufbereitet werden.

raffreddate prima dell'immissione nel recapito finale, rappresentato dal fiume Isarco.

- gli sversamenti accidentali sono convogliati in una adeguata vasca di trattamento, dove gli eventuali liquidi pericolosi sversati in caso di incidente nella rete subiscono un opportuno trattamento.

#### 4 ZIELE DER STUDIE

Dieser Bericht hat einen zweifachen Ziel:

- die Ablafrichtung der Gewässer während der Aushubphase verbunden mit den Eigenschaften der benutzten Hebesysteme zu bestimmen;
- die Eigenschaften der Sammelnetze während der Aushubphase zu bestimmen.

Insbesondere entwickelt sich der Bericht gemäß folgendem Schema:

- Beschreibung der Durchflussmenge zur Netzplanung und -überprüfung;
- Beschreibung der geplanten Netze;
- Netzüberprüfung;
- Beschreibung der eingesetzten Hydraulikeinrichtungen.

Es wird hervorgehoben, dass für sämtliche hydrogeologische Informationen auf die geologischen, hydrogeologischen und geomechanischen Berichte, Geomechanik- und Planungsprofile der Ausführungsplanung [6] Bezug genommen wurde.

#### 4 OBIETTIVI DELLO STUDIO

La presente relazione ha un duplice obiettivo:

- definire la direzione di scolo delle acque durante la fase di scavo unitamente alle caratteristiche dei sistemi di sollevamento utilizzati;
- definire le caratteristiche delle reti di raccolta durante la fase di esercizio dell'opera.

In particolare, la relazione si sviluppa secondo il seguente schema:

- descrizione delle portate utilizzate per la progettazione e verifica delle reti;
- descrizione delle reti in progetto;
- verifica delle reti;
- descrizione dei presidi idraulici introdotti.

Si sottolinea che per tutte le informazioni di carattere idrogeologico si è fatto riferimento agli elaborati geologici, idrogeologici e geomeccanici, profili geomeccanici e progettuali di previsione del Progetto Esecutivo [6].

## 5 WASSERFÜHRUNG

In diesem Kapitel werden die Schüttungen und die hydraulischen Belastungen angegeben, die aus den Unterlagen der Regelplanung und der Ausführungsplanung der Erweiterung des Bauloses Mauls 1 stammen. Für Details zum hydrogeologischen Modell, siehe Bericht [7].

### 5.1 VORÜBERGEHENDE WASSERZUTRITTE

#### 5.1.1 Bereich Mauls-Brenner

Im Bericht [8] der nur den Erkundungsstollen betrifft, wurden die folgenden kritischen Punkte angegeben, die sich durch hohe instationäre Schüttungen auszeichnen (von Süden nach Norden):

- Querung Störung SWNW01 (km 42+950 ca. Oströhre, km 11+380 ca. Erkundungsstollen): starke kumulative Schüttungen in der Größenordnung von 100-150 l/s, wenn diese Extremwerte auch nur von kurzer Dauer sein dürften, da diese Störung keine größere Kapazität besitzt.
- Querung Marmor von Hochstegen (km 36+300 ca. Oströhre, km 23+000 ca. Erkundungsstollen): der Spitzenwert der kumulativen Schüttungen liegt bei 250l/s. Schüttungen von vergleichbarem Ausmaß und auch wenig geringere werden schon vorher entwässert, und zwar um km 37 Oströhre (km 22+300 ca. Erkundungsstollen), da vor der Querung mit dem Hochstegener Marmor eine Überschneidung mit einigen Störungen vorgesehen ist, die bedeutende vorübergehende Zuflüsse erzeugen könnten.
- Querung Störung S504 (km 32+520 ca. Oströhre, km 26+780 ca. Erkundungsstollen): die kumulativen Schüttungen liegen bei einem Maximum von 300l/s. Auch in diesem Fall können vergleichbare oder wenig geringere Zuflüsse schon vorher angetroffen werden, nämlich bei der Querung mit der Störung SL01 (km 33+120 ca. Oströhre, km 26+180 ca. Erkundungsstollen).
- Zwischen den letzten Bereichen (km 37 - km 33+120 Oströhre) kann man eine Zone erwarten, in der sich die kumulativen Schüttungsmengen verringern, wahrscheinlich bleiben sie aber oberhalb der 150 l/s-Grenze.

Diese Schüttungen beziehen sich wie erwähnt auf den Ausbruch des Erkundungsstollens. Mangels zusätzlicher Informationen über die kumulativen Schüttungen in den Haupttröhren wurde in der Projektphase ein Wert von 300

## 5 VENUTE IDRICHE

Nel presente Capitolo si riportano portate e carichi idraulici ricavati dai documenti della Progettazione di Sistema e della Progettazione Esecutiva dell'Estensione del Lotto Mules 1. Per dettagli in merito al modello idrogeologico si veda la relazione [7].

### 5.1 VENUTE IDRICHE IN FASE TRANSITORIA

#### 5.1.1 Settore Mules-Brennero

Nella relazione [8], relativa al solo Cunicolo Esplorativo, sono indicati i seguenti punti critici, caratterizzati da elevate portate in fase transitoria (da sud verso nord):

- Intersezione faglia SWNW01 (km 42+950 circa Canna Est, km 11+380 circa Cunicolo Esplorativo): portate cumulate piuttosto consistenti, dell'ordine dei 100-150 l/s, anche se in questo caso si dovrebbe trattare di picchi di breve durata, poiché questa faglia non è molto capacitiva.
- Intersezione Marmi di Hochstegen (km 36+300 circa Canna Est, km 23+000 circa Cunicolo Esplorativo): picco di portate cumulate sarà dell'ordine dei 250 l/s; in ogni caso portate di entità paragonabile e solo di poco inferiori inizieranno ad essere drenate già da prima, intorno al km 37 Canna Est (km 22+300 circa Cunicolo Esplorativo), dal momento che prima dell'intersezione con i Marmi di Hochstegen è prevista l'intersezione con una serie di faglie che potrebbero produrre significativi afflussi transitori.
- Intersezione faglia S504 (km 32+520 circa Canna Est, km 26+780 circa Cunicolo Esplorativo): picco di portate cumulate transitorie stimato nell'ordine dei 300 l/s. Anche in questo caso portate paragonabili e solo di poco inferiori potranno essere incontrate già dall'intersezione con la faglia SL01 (km 33+120 circa Canna Est, km 26+180 circa Cunicolo Esplorativo)
- Tra gli ultimi due settori (km 37 - km 33+120 Canna Est) ci si attende una zona in cui le portate cumulate si ridurranno, presumibilmente restando sempre al di sopra dei 150 l/s.

Queste portate si riferiscono, come detto, allo scavo del Cunicolo Esplorativo. In mancanza di ulteriori indicazioni circa le portate cumulate nelle Gallerie di Linea, in fase di progetto si è assunto il valore di 300l/s (massimo tra i picchi sopra

l/s (der höchste der oben angegebenen Höchstwerte) als kumulative instationäre Höchstschüttung angenommen.

#### 5.1.2 Bereich Nothaltestelle

In den Berichten [9] [10] und Profilen [11] [12] [13] sind keine Werte für die kumulativen instationären Schüttungen in den Bauwerken angegeben, die Gegenstand dieses Abschnitts sind. Aufgrund der geringfügigen Mengen der erwarteten Schüttungen, werden vorsichtshalber kumulative instationäre Schüttungen im Ausmaß der stabilisierten Schüttungen angenommen (siehe nachfolgendes Kapitel 5.2.2):

- Haupttunnel: 6l/s ca.
- Zugangstunnel und Mittelstollen Trens: 10l/s ca.
- Logistikknoten: 1l/s ca.

#### 5.1.3 Bereich Maulsertalstörung

Der Bereich der Maulsertalstörung (ca. km 47+800 - 46+800 der Oströhre) unter dem hydrogeologischen Gesichtspunkt im Profil [14] der Erweiterung des Bauloses Mauls 1 beleuchtet.

Im Erkundungsstollen werden instationäre Schüttungen von weniger als 0.4l/s/10m erwartet, mit Spitzen, die im Bereich zwischen den Störungen M13 und M14 bis 10l/s/10m erreichen können. Die in den Haupttunneln prognostizierten Schüttungen sind hingegen geringer als 0,16-0,4l/s/10m, mit Spitzen von höchstens 2l/s/10m zwischen den genannten Störungen.

Auch in diesem Fall liegen keine Werte für die kumulativen instationären Schüttungen vor. Daher werden vorsichtshalber kumulative instationäre Schüttungen im Ausmaß der stabilisierten Schüttungen angenommen, also 5l/s (insgesamt für den Erkundungsstollen und den Haupttunnel).

#### 5.1.4 Bereich Franzensfeste-Mauls

Im Abschnitt südlich des Fensterstollens Mauls, in dem Brixner Granit durchörtert wird, werden für den größten Teil der Haupttunnel feuchte oder leicht tropfende Verhältnisse erwartet [15] [16]. Zwischen km 52+000 ca. und km 52+950 (Oströhre) können wie bereits beim Bau des Erkundungsstollens im mäßig klüftigen Gestein lokal vorübergehende Wasserzutritte in größeren Mengen, aber von kurzer Dauer auftreten (> 50l/s/10 m).

In den Störzonen werden in den Damage Zones grundsätzlich höhere Wasserzutritte erwartet, während in den Core Zones die hydraulische Leitfähigkeit und dementsprechend das Volumen der Wasserzutritte geringer ist. Vorübergehende Wasserzutritte werden prognostiziert, die - pro Tunnel bis zu 2-10l/s/10m betragen.

riportati) come portata massima cumulata del sistema in fase transitoria.

#### 5.1.2 Settore Fermata di Emergenza

Nelle relazioni [9] [10] e nei profili [11] [12] [13] non si indicano valori di portata cumulata in fase transitoria per le opere oggetto del presente paragrafo. Data l'esiguità delle venute previste, in via cautelativa si assumono portate transitorie cumulate pari a quelle stabilizzate (si veda anche il successivo Capitolo 5.2.2):

- Gallerie di Linea: circa 6l/s.
- Galleria di Accesso e Cunicolo centrale di Trens: circa 10l/s.
- Nodo logistico: circa 1l/s.

#### 5.1.3 Settore Faglia Val di Mules

La zona della Faglia della Val di Mules (km 47+800 - 46+800 circa Canna Est) è trattata dal punto di vista idrogeologico nel profilo [14] dell'Estensione Lotto Mules 1.

Nel Cunicolo Esplorativo sono previste portate in fase transitoria inferiori a 0.4l/s/10m, con un picco che può raggiungere i 10l/s/10m nella zona tra le faglie M13 e M14. Nelle Gallerie di Linea si prevedono invece portate inferiori a 0.16-0.4l/s/10m, con un picco massimo di 2l/s/10m tra le due faglie citate.

Anche in questo caso non sono disponibili valori di portata cumulata in fase transitoria; si assumono quindi cautelativamente portate transitorie cumulate pari a quelle stabilizzate, cioè 5l/s (complessive per Cunicolo Esplorativo e Gallerie di Linea).

#### 5.1.4 Settore Fortezza-Mules

Nel settore a sud della Finestra di Mules, scavato all'interno del Granito di Bressanone, per la maggior parte delle canne principali si prevedono condizioni di lieve "umidità" o lievi "trasudamenti" [15] [16]. Tra km 52+000 ca. e km 52+950 (canna Est) negli ammassi rocciosi mediamente fratturati si possono verificare, localmente, venute d'acqua a regime transitorio di grande portata ma di breve durata (> 50 l/s/10 m), come già riscontrato durante la costruzione del Cunicolo Esplorativo.

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. Si prevedono venute d'acqua a regime transitorio che possono ammontare per ogni galleria a 2-10l/s/10m.



Die kumulative vorübergehende Schüttungen in diesem Abschnitt, die die Summe der Zutritte aus den zwei Haupttunneln darstellen, betragen bis zu ungefähr 160l/s:

- Vom Ende der TBM Montagekavernen bis zum Tiefpunkt: 30l/s - Fall 4 Kapitel 10.1 Bericht [15].
- Vom Tiefpunkt bis zum Ende des Bauloses Muls 2-3 (km 54+015 Oströhre): 130l/s- Fall 2 Kapitel 10.1 Bericht [15].

#### 5.1.5 Kumulative vorübergehende Schüttungen

Die in der instationären Phase erwartete Schüttung beträgt insgesamt 560l/s, die wie folgt unterteilt ist:

- Erkundungsstollen und Haupttunnel Abschnitt Muls-Brenner: 300l/s.
- Zugangstunnel und Mittelstollen Trens: 10l/s.
- Bestehenden Erkundungsstollen und Haupttunnel, Fensterstollen Muls: 90l/s.
- Haupttunnel Abschnitt Franzensfeste-Muls: 160l/s.

### 5.2 STABILISIERTE WASSERZUTRITTE

#### 5.2.1 Bereich Muls-Brenner

Die stabilisierten und kumulierten Schüttungen, die aus dem Erkundungsstollen nördlich der Periadriatischen Naht abfließen, werden auf ca. 80l/s geschätzt, wobei vorsichtshalber auf 100l/s aufgerundet wurde [15].

Summiert man die im Bericht [17] angegebenen Schüttungen für das gesamte System, erhält man ca. 96l/s, während die Summe der Schüttungen des Profils [18] circa 108 l/s ergibt.

#### 5.2.2 Bereich Nothaltestelle

In der Betriebsphasen betragen die kumulativen Schüttungen in diesem Abschnitt ungefähr 17l/s:

- Haupttunnel: 6l/s ca.
- Zugangstunnel und Mittelstollen Trens: 10l/s ca.
- Logistikknote: 1l/s ca.

#### 5.2.3 Bereich Mulsertalstörung

Die stabilisierte Schüttung in diesem Bereich beträgt (0.06l/s/10m); Dieser Wert, der im Profil [14] der Erweiterung des Bauloses Muls 1 angegeben ist, umfasst die Zutritte aus den beiden Haupttunnelöhren und aus dem Erkundungsstollen.

Le portate transitorie cumulate di questa tratta, somma dei contributi delle due Gallerie di Linea, ammontano a circa 160l/s:

- Dalla fine dei cameroni TBM sud al punto di minimo: 30l/s - Caso 4 Capitolo 10.1 relazione [15].
- Dal punto di minimo alla fine del Lotto di costruzione Muls 2-3 (km 54+015 Canna Est): 130l/s- Caso 2 Capitolo 10.1 relazione [15].

#### 5.1.5 Portate cumulate transitorie

La portata attesa in fase transitoria ammonta complessivamente a 560l/s, così suddivisa:

- Cunicolo Esplorativo e Gallerie di Linea tratta Muls-Brennero: 300l/s.
- Galleria di Accesso e Cunicolo centrale Trens: 10l/s.
- Cunicolo Esplorativo e Gallerie di Linea esistenti, Finestra di Muls: 90l/s.
- Gallerie di Linea tratta Fortezza-Muls: 160l/s.

### 5.2 VENUTE IDRICHE IN FASE DI ESERCIZIO

#### 5.2.1 Settore Muls-Brennero

Le portate stabilizzate cumulate defluenti dal Cunicolo Esplorativo a nord del Lineamento Periadriatico sono stimate in circa 80l/s, cautelativamente approssimate in 100l/s [15].

Per quanto riguarda l'intero sistema, sommando le portate indicate nella relazione [17] si ottengono circa 96l/s, mentre sommando quelle indicate sul profilo [18] si arriva a circa 108l/s.

#### 5.2.2 Settore Fermata di Emergenza

Le portate cumulate in fase di esercizio in questa tratta ammontano a circa 17l/s:

- Gallerie di Linea: circa 6l/s.
- Galleria di Accesso e Cunicolo centrale di Trens: circa 10l/s.
- Nodo logistico: circa 1l/s.

#### 5.2.3 Settore Faglia Val di Muls

La portata stabilizzata cumulata in questa zona è pari a 5l/s (0.06l/s/10m); in questo valore, indicato sul profilo [14] dell'Estensione Lotto Muls 1, sono compresi gli afflussi delle due Gallerie di Linea e del Cunicolo Esplorativo.

#### 5.2.4 Bereich Franzensfeste-Mauls

Die stabilisierten kumulativen Schüttungen in diesem Abschnitt belaufen sich auf ca. 130l/s: [15]; Dieser Wert umfasst:

- Haupttunnel vom Ende der TBM Montagekavernen bis zum Ende Baulos Mauls 2-3.
- Erkundungsstollen von der Überschneidung mit Fensterstollen Mauls bis zum Portal Aicha.

#### 5.2.5 Kumulative stabilisierten Schüttungen

Die in der Betriebsphase erwartete Schüttung beträgt insgesamt 345l/s, die wie folgt unterteilt ist:

- Erkundungsstollen und Haupttunnel Abschnitt Mauls-Brenner: 108l/s. (tab. 1)
- Haupttunnel Nothaltestelle und ex-Überleitungsverbindung: 6l/s.
- Zugangstunnel und Mittelstollen Trens: 10l/s (tab. 3).
- Logistikknote: 1l/s.
- Bestehenden Erkundungsstollen und Haupttunnel im Norden von Fensterstollen Mauls, Fensterstollen Mauls: 90l/s.
- Haupttunnel Abschnitt Franzensfeste-Mauls und Erkundungsstollen: 130l/s (tab. 2).

Die obige Schätzung könnte konservativ sein, da die abfließende Menge aus dem Erkundungsstollen im Abschnitt Aicha-Mauls sowohl in den im Bericht [15] angegebenen 130l/s des Abschnittes Franzensfeste-Mauls inbegriffen sind, als auch in den 90l/s, die aus den bestehenden Bauwerken abfließen, da die einzige Messstation am Portal Aicha keine Aufteilung der Wassermengen aus den einzelnen Bauwerken erlaubt.

#### 5.2.4 Settore Fortezza-Mules

Le portate stabilizzate cumulate di questa tratta ammontano a circa 130l/s [15]; questo valore comprende:

- Gallerie di Linea dalla fine dei cameroni TBM sud alla fine del Lotto Mules 2-3.
- Cunicolo esplorativo dall'intersezione con la Finestra di Mules fino al portale di Aica.

#### 5.2.5 Portate stabilizzate cumulate

La portata attesa in fase di esercizio ammonta complessivamente a 345l/s, così suddivisa:

- Cunicolo Esplorativo e Gallerie di Linea tratta Mules-Brennero: 108l/s (tab. 1)
- Gallerie di Linea Fermata di Emergenza e ex Posto di Comunicazione: 6l/s.
- Galleria di Accesso e Cunicolo centrale Trens: 10l/s (tab. 3).
- Nodo logistico: 1l/s.
- Cunicolo Esplorativo e Gallerie di Linea esistenti a nord dell'innesto con la Finestra di Mules, Finestra di Mules: 90l/s.
- Gallerie di Linea e Cunicolo Esplorativo tratta Fortezza-Mules: 130l/s (tab. 2).

La stima sopra riportata potrebbe risultare cautelativa, in quanto la portata defluente dal Cunicolo Esplorativo nella tratta Aica-Mules è considerata sia nei 130l/s della tratta Fortezza-Mules, come indicato nella relazione [15], sia nei 90l/s defluenti dalle opere esistenti, dal momento che la presenza di una sola stazione di misura al portale di Aica non permette di suddividere i contributi delle singole opere.

Tratta (PK)		Tratto [m]	Q tot stabilizzata [l/s]
Da	A		
32085	32515	430	0.2
32515	32535	20	0.4
32535	33100	565	0.2
33100	33140	40	2.7
33140	35100	1960	0.9
35100	35600	500	0.2
35600	35960	360	0.2
35960	36030	70	0.8
36030	36090	60	19.0
36090	36270	180	0.1
36270	36300	30	2.0
36300	36405	105	0.1
36405	36450	45	7.6
36450	36630	180	2.2
36630	36650	20	0.5
36650	36720	70	0.8
36720	36850	130	0.1
36850	36960	110	1.3
36960	37245	285	0.1
37245	37265	20	1.8
37265	37310	45	2.0
37310	37330	20	2.0
37330	37340	10	2.0
37340	37460	120	0.1
37460	37500	40	0.7
37500	37620	120	0.1
37620	37715	95	1.5
37715	37780	65	10.5
37780	38190	410	6.6
38190	38280	90	7.2
38280	38850	570	4.7

Tabelle 1 - Beständige Durchflussmengen des Gesamtsystems.  
Strecke Brenner - Muls

Tratta (PK)		Tratto [m]	Q tot stabilizzata [l/s]
Da	A		
38850	38915	65	0.1
38915	38990	75	0.9
38990	39515	525	0.6
39515	39850	335	1.4
39850	40140	290	2.4
40140	40455	315	0.4
40455	40485	30	1.3
40485	40560	75	0.7
40560	40590	30	1.3
40590	40870	280	1.4
40870	41930	1060	0.5
41930	41990	60	4.7
41990	42240	250	0.1
42240	42325	85	0.1
42325	42400	75	0.1
42400	42470	70	0.1
42470	42820	350	0.2
42820	42920	100	1.2
42920	42940	20	0.4
42940	43045	105	1.2
43045	43065	20	0.3
43065	43155	90	0.1
43155	43175	20	0.2
43175	43740	565	0.4
43740	43780	40	3.0
43780	44300	520	0.4
44300	44780	480	0.6
44780	44930	150	3.0
44930	45480	550	0.8
45480	45550	70	0.2
45550	46925	1375	1.0

Tabella 1 - Portate stabilizzate dell'intero sistema, tratta Brennero - Mules

Tratta (PK)		Tratto [m]	Q tot stabilizzata [l/s]
Da	A		
49082	49750	668	2.0
49750	50030	280	15.0
50030	50450	420	1.0
50450	50560	110	3.0
50560	51285	725	2.0
51285	51390	105	3.0
51390	51850	460	1.0
51850	52050	200	3.0
52050	52360	310	1.0
52360	52600	240	15.0
52600	52820	220	10.0
52820	53080	260	15.0
53080	53310	230	5.0
53310	53450	140	5.0
53450	54090	640	2.0

Tabelle 2 - Beständige Durchflussmengen des Gesamtsystems. Strecke Muls - Franzensfeste

Tabella 2 - Portate stabilizzate dell'intero sistema, tratta Muls - Fortezza.

Tratta (PK)		Tratto [m]	Q tot stabilizzata [l/s]	
Da	A			
0	690	690	0.4	CcFdE
0	200	200	0.4	GA
200	1780	1580	2.0	
1780	1900	120	1.0	
1900	2350	450	0.5	
2350	2950	600	1.5	
2950	3150	200	2.0	
3150	3806	656	1.0	

Tabelle 3 - Beständige Durchflussmengen des Zentralstollens von Freienfeld und des Zugangstunnels, Strecke Nothaltestelle

Tabella 3 - Portate stabilizzate del Cunicolo Centrale di Trens e della Galleria di Accesso, tratta Fermata di Emergenza

### 5.3 SCHÄTZUNG DER MAXIMALEN VORÜBERGEHENDEN ANGESAMMELTEN DURCHFLUSSMENGE ZUR BEMAßUNG DER AUFBEREITUNGSANLAGE

Zur Schätzung der maximalen vorübergehenden Durchflussmenge zur Bemaßung der Wasseraufbereitungsanlage muss berücksichtigt werden, dass bei der Aushubphase, während der Tunnel allmählich im Gebirge voranschreitet, die Dränage neuer Wasserführungen aktiviert wird. An der Mündung wird also eine Durchflussmenge ausgestoßen welche das Ergebnis der Ansammlung von mehreren Wasserführungen sein wird. Da jede Wasserführung durch eine sinkende Kurve der Durchflussmenge in der Zeit charakterisiert ist (Erschöpfungskurve), wird die angesammelte Durchflussmenge das Ergebnis der Summe von mehreren Wasserführungen sein, welche sich an einem anderen Punkt ihrer sinkenden Phase der Durchflussmenge befinden.

Die Schätzung der angesammelten Durchflussmengen bildet eine sehr ungewisse Bewertung, sowohl weil sie von der Aushubgeschwindigkeit der Tunnel abhängt (was in der Praxis oft unterschiedlich ist als ursprünglich gedacht), als auch weil nicht ausschließbare Zufallselemente im hydrogeologischen Voraussichtmodell existieren.

Die Summe der erwarteten Höchstschüttungen in der instationären Phase beträgt insgesamt 560l/s, die wie folgt unterteilt ist:

- Erkundungsstollen und Haupttunnel Strecke Mauls-Brenner: 300l/s.
- Zugangstunnel und Zentralstollen Trens: 10l/s.
- bestehende Erkundungsstollen und Haupttunnels, Mauls Fensterstollen: 90l/s.
- Haupttunnel Strecke Franzensfeste-Mauls: 160l/s.

Obwohl durch den nicht gleichzeitig ausgeführten Ausbruch der betroffenen Strecken es unwahrscheinlich ist, dass sich der oben angegebene Schüttungswert (560l/s) ergibt, wird dieser Wert vorsichtshalber zur Bemessung des Dränagesystems des Gebirgswassers während der Ausbruchphase benutzt. In der Tat ist vernünftigerweise annehmbar, dass in Anbetracht des effektiven Ausbruchzeitplans die tatsächlich erwartete Höchstschüttung am Aichaportal geringer sein wird, und zwar in Höhe von 400-450 l/s. Dieser Wert wird daher zur Bemessung der Wasseraufbereitungsanlage genutzt [19].

### 5.3 STIMA DELLA PORTATA TRANSITORIA CUMULATA MASSIMA PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO DI TRATTAMENTO

Per la stima della portata massima transitoria su cui dimensionare l'impianto di trattamento acque è necessario considerare che in corso di scavo, man mano che la galleria avanzerà nell'ammasso roccioso, si attiverà il drenaggio di nuove venute. All'imbocco verrà quindi evacuata una portata che sarà il risultato del cumulo di più venute. Dal momento che ogni venuta è caratterizzata da una curva di decrescita della portata nel tempo (curva di esaurimento), la portata cumulata sarà il risultato della somma di più venute che si trovano in un punto diverso della loro fase di decrescita di portata.

La stima delle portate cumulate costituisce una valutazione estremamente aleatoria, sia perché dipende dalla velocità con cui la galleria viene scavata (che nella pratica è spesso differente da quella originariamente ipotizzata), sia perché esistono elementi di aleatorietà non eliminabili nel modello previsionale idrogeologico.

La somma delle portate massime attesa in fase transitoria ammonta complessivamente a 560l/s, così suddivisa:

- Cunicolo Esplorativo e Gallerie di Linea tratta Mules-Brennero: 300l/s.
- Galleria di Accesso e Cunicolo centrale Trens: 10l/s.
- Cunicolo Esplorativo e Gallerie di Linea esistenti, Finestra di Mules: 90l/s.
- Gallerie di Linea tratta Fortezza-Mules: 160l/s.

La portata sopra indicata (560l/s) viene cautelativamente utilizzata per il dimensionamento del sistema di drenaggio delle acque di ammasso in fase di scavo, nonostante la non contemporaneità dello scavo delle tratte interessate renda improbabile il verificarsi di tale valore. E' infatti ragionevole ipotizzare che, considerando l'effettivo cronoprogramma di scavo, la portata massima realisticamente attesa al portale di Aica risulti inferiore, dell'ordine dei 400-450l/s. Tale valore viene quindi utilizzato per il dimensionamento dell'impianto di trattamento delle acque [19].

## 6 SYSTEM IM ÜBERGANG

Zurzeit ist der einzige Verbindungspunkt zwischen den Tunnels und dem darunter liegenden Erkundungsstollen die *Strecke A*, eine Verzweigung des *Mauls Fensters*.

## 6 SISTEMA IN TRANSITORIO

Allo stato attuale, l'unico punto di connessione tra le gallerie e il cunicolo esplorativo sottostante è costituito dal *Ramo A*, diramazione della *Finestra di Mules*.

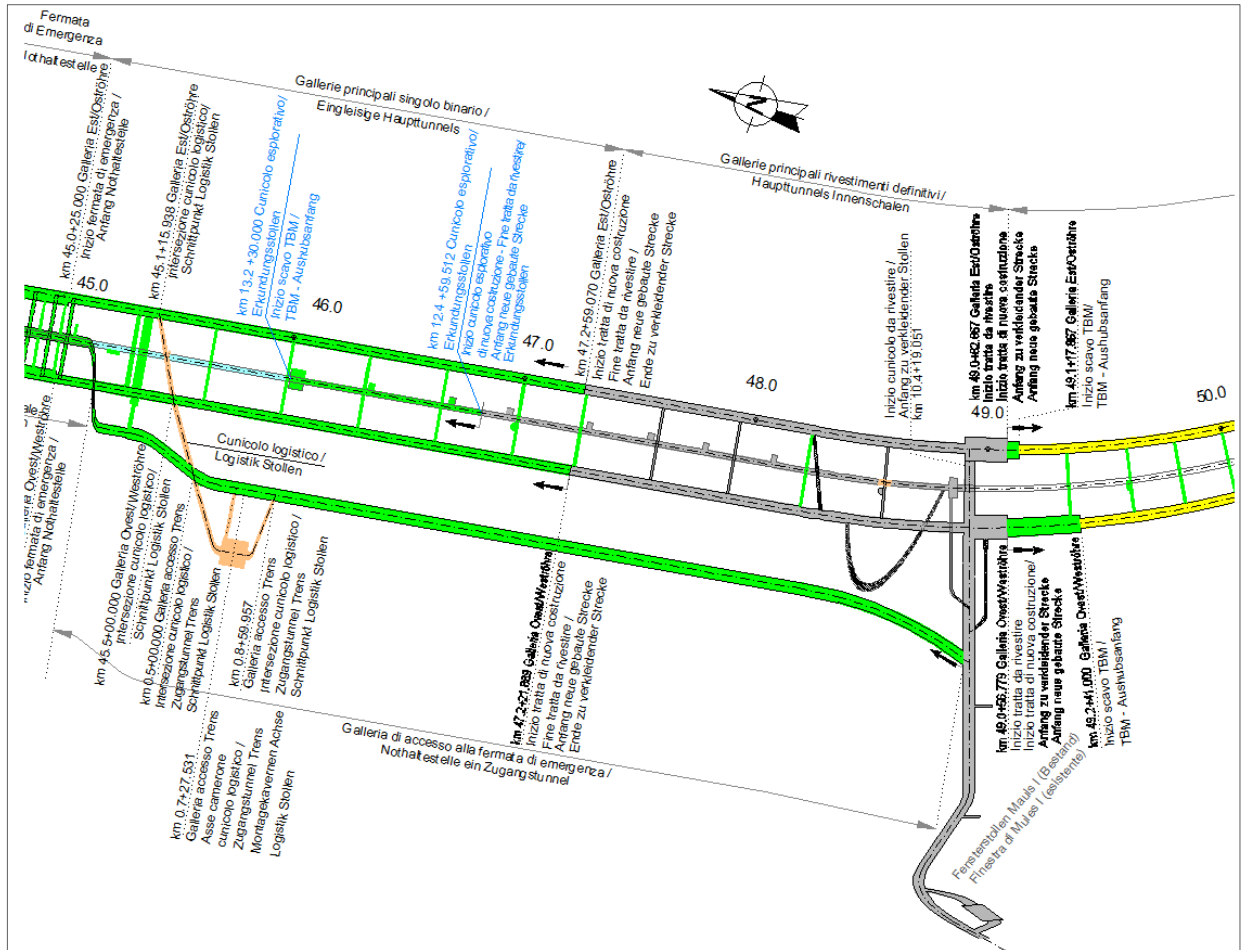


Abbildung 1 - Schematischer Lageplan Mauls Fenster. In grau die bereits ausgehobene Bauwerkstrecke, Ausgangspunkt für die neuen Abbaufrenten.

Figura 1 - Planimetria schematica Finestra di Mules. In grigio il tratto di opera già scavato, punto di partenza per i nuovi fronti di scavo.

In Abbildung 1 ist in grau die bereits ausgehobene Bauwerkstrecke dargestellt. Von den angegebenen Grenzen ausgehend werden zwei Abbaufrenten ermittelt:

Nella figura 1 è rappresentato in grigio il tratto di opera già scavato. Partendo dai limiti indicati si identificano 2 fronti di scavo:

- Abbaufrent Nord. Diese sieht den Aushub des Erkundungsstollens fast gleichzeitig mit dem der Haupttunnels vor.
- Abbaufrent Süd. Diese ist zeitgleich mit dem traditionellen Aushub der Strecke an der Nord Seite vorgesehen.

- Fronte di scavo Nord. Prevede lo scavo del Cunicolo Esplorativo quasi in contemporanea a quello delle gallerie principali.
- Fronte di scavo Sud. Previsto in contemporanea allo scavo della tratta in tradizionale del lato Nord.

Aufgrund der Neigungen der Aushübe werden 3 entsprechende Tiefpunkte ermittelt zu:

Date le pendenze degli scavi, si possono individuare 3 minimi relativi a:

- K 49.5+90.424 der Oströhre,

- PK 49.5+90.424 della canna Est;
- PK 49.5+70.955 della canna Ovest;

- an K 49.5+70.955 der Weströhre,
- an K 0.50+04.187 des Zentralstollens von Freienfeld.

- PK 0.50+04.187 del *Cunicolo Centrale di Trens*.

Die Gewässer fließen aufgrund des Gefälles zu den drei aufgelisteten Tiefpunkten und danach, durch geeignete Hebeseysteme, werden sie zum *Mauls Fenster* geleitet. Von dort aufgrund des Gefälles gelangen sie zur *Strecke A*.

Le acque confluiscono per gravità verso i tre minimi elencati e successivamente, tramite idonei sistemi di sollevamento, convogliate verso la *Finestra di Mules*. Da qui, per gravità, giungono al *Ramo A*.

Die *Strecke A* (Abb. 2) bleibt während des Aushubs der gesamten Strecke der einzige Punkt in dem die Gewässer der Haupttunnels zum Erkundungsstollen zusammenfließen können.

Il *Ramo A* (fig. 2) durante lo scavo di tutta l'opera continua ad essere l'unico punto in cui le acque delle gallerie principali possono confluire verso il cunicolo esplorativo.

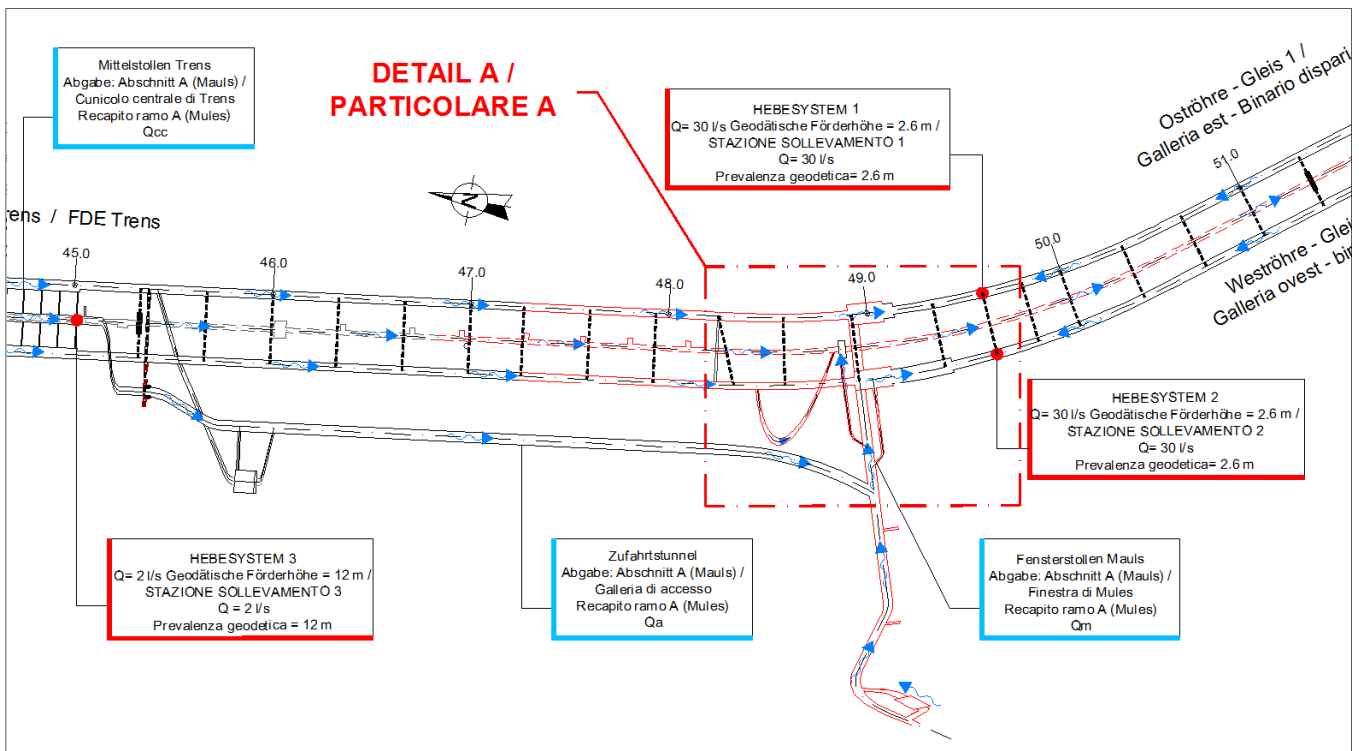


Abbildung 2 - Standort der Hebeseysteme.

Figura 2 - Ubicazione sistemi di sollevamento.

## 6.1 HEBESYSTEME

Anhand von der planimetrischen Höhenlageentwicklung des Bauwerks können drei Hebestationen bestimmt werden, die sich in unmittelbarer Nähe der im vorangehenden Absatz beschriebenen entsprechenden Tiefpunkte liegen.

Zur Bestimmung der Eigenschaften einer Hebeanlage und deren Skizzenbemaßung muss außer der Durchflussmenge der Wert der Gesamtförderhöhe  $H$  bekannt sein. Die Gesamtförderhöhe, d.h. die Differenz der Strömungsgesamtlasten an den Eingangs- und Ausgangsabschnitten der Pumpe, erhält man aus der Summe der geodätischen Förderhöhe mit den Lastverlusten. In folgenden Absätzen werden die Daten bzgl. der Durchflussmenge und dem *bloßen* Wert der geodätischen Förderhöhe dargestellt. Daher müssen die Lastverluste zur richtigen Anlagenbemaßung geschätzt werden.

Es wird außerdem festgestellt, dass die in Folge beschriebenen Hebesysteme provisorisch sind, d.h. sie werden zerlegt sobald die dazu bestimmten Verbindungen zwischen den Haupttunnels und dem Erkundungsstollen realisiert werden.

### **HEBESYSTEM 1**

Das *Hebesystem 1* befindet sich an K 49.5+90.424 der Oströhre, Tiefpunkt der Höhenmessung. Dieser dient als Abgabe der Grundgewässer welche von der Abbaufont Süd kommen.

Durch die Druckrohrleitung werden die Gewässer gehoben um die *Kaverne Süd* zu erreichen. Von der Kaverne aus gelangen die Gewässer aufgrund des Gefälles zur *Strecke A* indem sie den *Querstollen 48/4* und Teil der *Strecke B* durchfließen.

Die Eigenschaften des *Hebesystem 1* sind:

- Durchflussmenge 30 l/s,
- Geodätische Förderhöhe 2.6 m.

### **HEBESYSTEM 2**

Es befindet sich an K 49.5+70.955 der Weströhre und ist dessen Tiefpunkt. Es stellt die Abgabe der Grundgewässer der Weströhre dar, welche von der Abbaufont Süd kommen.

Durch die Druckrohrleitung werden die Gewässer gehoben um die *Kaverne Süd* zu erreichen. Von der Kaverne aus gelangen die Gewässer aufgrund des Gefälles zur *Strecke A* indem sie den *Querstollen 48/4* und Teil der *Strecke B* durchfließen.

## 6.1 SISTEMI DI SOLLEVAMENTO

Sulla base dello sviluppo plano-altimetrico dell'opera è possibile definire tre stazioni di sollevamento, poste in corrispondenza dei minimi relativi descritti al paragrafo precedente.

Per definire le caratteristiche di un impianto di sollevamento e procedere al dimensionamento di massima dello stesso occorre conoscere, oltre alla portata, il valore della prevalenza totale  $H$ . La prevalenza totale, ossia la differenza fra i carichi totali posseduti dalla corrente nelle sezioni di ingresso e uscita della pompa, si ottiene dalla somma della prevalenza geodetica con le perdite di carico. Nei successivi paragrafi saranno presentati i dati relativi alla portata e al *solo* valore della prevalenza geodetica. Sarà pertanto necessario stimare le perdite di carico per un corretto dimensionamento degli impianti.

Si precisa inoltre che i sistemi di sollevamento descritti nel seguito sono provvisori, ovvero saranno dismessi non appena verranno realizzati appositi collegamenti tra le Gallerie e il Cunicolo Esplorativo.

### **SISTEMA DI SOLLEVAMENTO 1**

Il *sistema di sollevamento 1* è posto alla PK 49.5+90.424 della canna Est, punto di minimo altimetrico. Funge da recapito per le acque di falda in arrivo dal fronte di scavo Sud.

Tramite la condotta di mandata le acque sono sollevate per raggiungere il *camerone Sud*. Dal camerone, le acque giungono per gravità al *ramo A* percorrendo il *cunicolo trasversale 48/4* e parte del *ramo B*.

Le caratteristiche del *sistema di sollevamento 1* sono:

- Portata 30 l/s,
- Prevalenza geodetica 2.6 m.

### **SISTEMA DI SOLLEVAMENTO 2**

Posto alla PK 49.5 + 70.955 della canna Ovest, è il punto di minimo altimetrico della stessa. Rappresenta il recapito delle acque di falda della canna Ovest in arrivo dal fronte di scavo Sud.

Tramite la condotta di mandata le acque sono sollevate per raggiungere il *camerone Sud*. Dal camerone, le acque giungono per gravità al *ramo A* percorrendo il *cunicolo trasversale 48/4* e parte del *ramo B*.



Die Eigenschaften des *Hebesystem 2* sind:

- Durchflussmenge 30 l/s,
- Geodätische Förderhöhe 2.6 m.

Le caratteristiche del *sistema di sollevamento 2* sono:

- Portata 30 l/s,
- Prevalenza geodetica 2.6 m.

In Abbildung 3, untenstehende Tafel, wird aufgezeigt:

- *roter Punkt* zeigt den Standort der Hebesysteme;
- *grüner Pfeil* zeigt planimetrisch die Gewässerabgabe;
- *blauen Pfeile* zeigen die Fließrichtung der Gewässer aufgrund des Gefälles;
- *grüner Punkt* zeigt den Verbindungspunkt zwischen *Strecke A* und *Erkundungsstollen*.

Nella figura 3, riquadro sottostante, si riporta:

- il *pallino rosso* che indica il punto di ubicazione dei sistemi di sollevamento;
- la *freccia verde* che indica planimetricamente il recapito delle acque;
- le *freccie azzurre* che indicano la direzione che assumono le acque per gravità;
- il *pallino verde* che indica il punto di connessione tra *Ramo A* e *Cunicolo Esplorativo*.

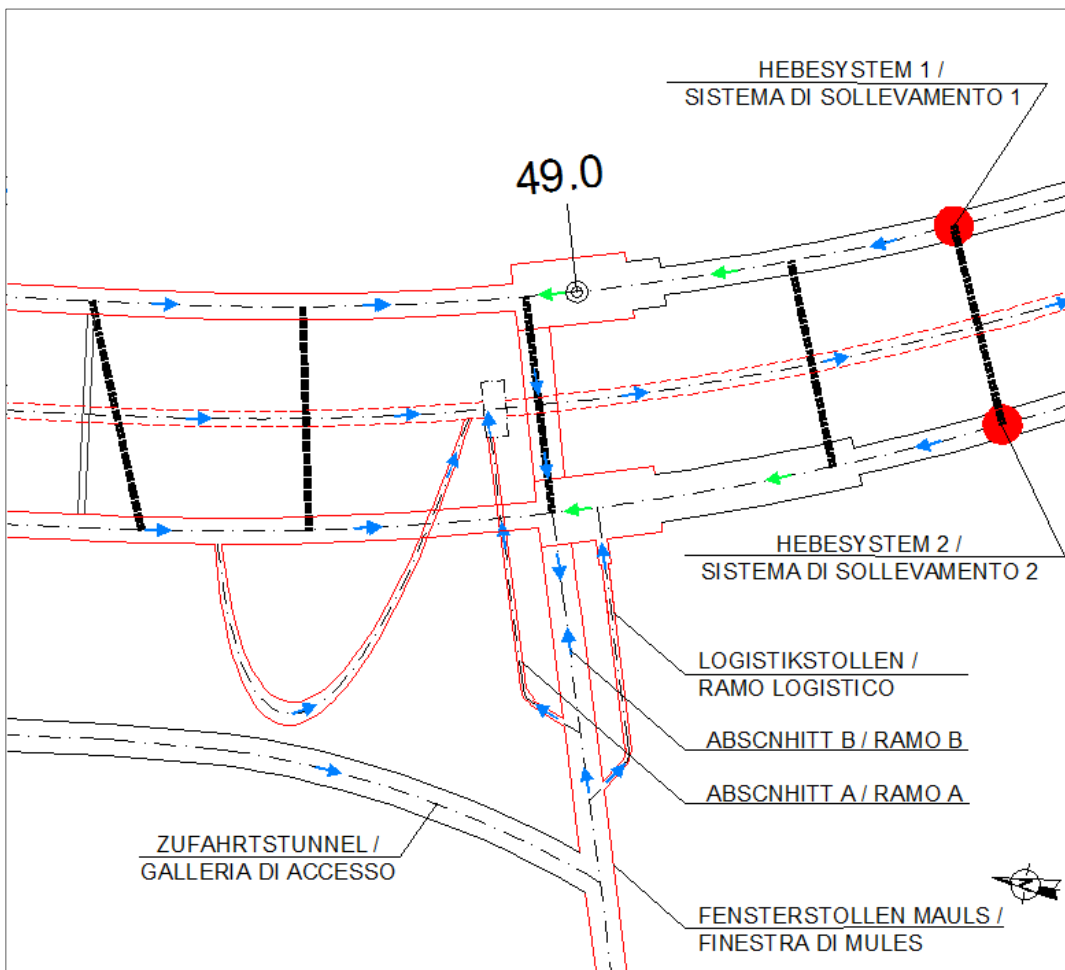


Abbildung 3 - Hebesysteme 1 und 2.

Figura 3 - Stazioni di sollevamento 1 e 2.

Die Hebesysteme 1 und 2 werden zerlegt sobald die Verbindung des entsprechenden Haupttunnels mit dem Verbindungsschacht des Tiefpunkts (Querstollen 49/2) ausgeführt wird. Um das Pumpen zu begrenzen müssen die zwei obengenannten Verbindungen so schnell wie möglich realisiert werden.

### **HEBESYSTEM 3**

Es befindet sich an K 0.50+04.187 des *Zentralstollens von Freienfeld*, sammelt und hebt die Grundgewässer welche vom Inneren des Zentralstollens kommen.

Die Gewässer werden bis zum Beginn des Zugangstunnels, relativer Höchstpunkt, gepumpt um von dort aufgrund des Gefälles zum *Mauls Fenster* zu gelangen und dann zur *Strecke A*.

Die Eigenschaften des *Hebesystem 3* sind:

- Durchflussmenge 2 l/s,
- Geodätische Förderhöhe 12 m.

In Abbildung 4, untenstehende Tafel, wird aufgezeigt:

- *roter Punkt* zeigt den Standort des Hebesystems;
- *grüner Pfeil* zeigt planimetrisch die Gewässerabgabe;
- *blauen Pfeile* zeigen die Fließrichtung der Gewässer aufgrund des Gefälles.

Le stazioni di sollevamento numero 1 e 2 andranno dismesse non appena verrà effettuata la connessione della relativa galleria di linea col pozzo di collegamento del punto di minimo (cunicolo trasversale 49/2). Al fine di limitare il pompaggio, le due connessioni sopra citate dovranno essere realizzate il prima possibile.

### **SISTEMA DI SOLLEVAMENTO 3**

Posto alla PK 0.50+04.187 del *cunicolo centrale della Fermata di emergenza* raccoglie e solleva le acque di falda che giungono dall'intero cunicolo centrale.

Le acque sono pompate sino all'inizio della Galleria di Accesso, punto di massimo relativo; da qui per gravità giungono alla *Finestra di Mules* e successivamente al *Ramo A*.

Le caratteristiche del *Sistema di sollevamento 3* sono:

- Portata 2 l/s,
- Prevalenza geodetica 12 m.

Nella figura 4, riquadro sottostante, si riporta:

- il *pallino rosso* che indica il punto di ubicazione del sistema di sollevamento,
- la *freccia verde* che indica planimetricamente il recapito delle acque,
- le *freccie azzurre* che indicano la direzione che assumono le acque per gravità.

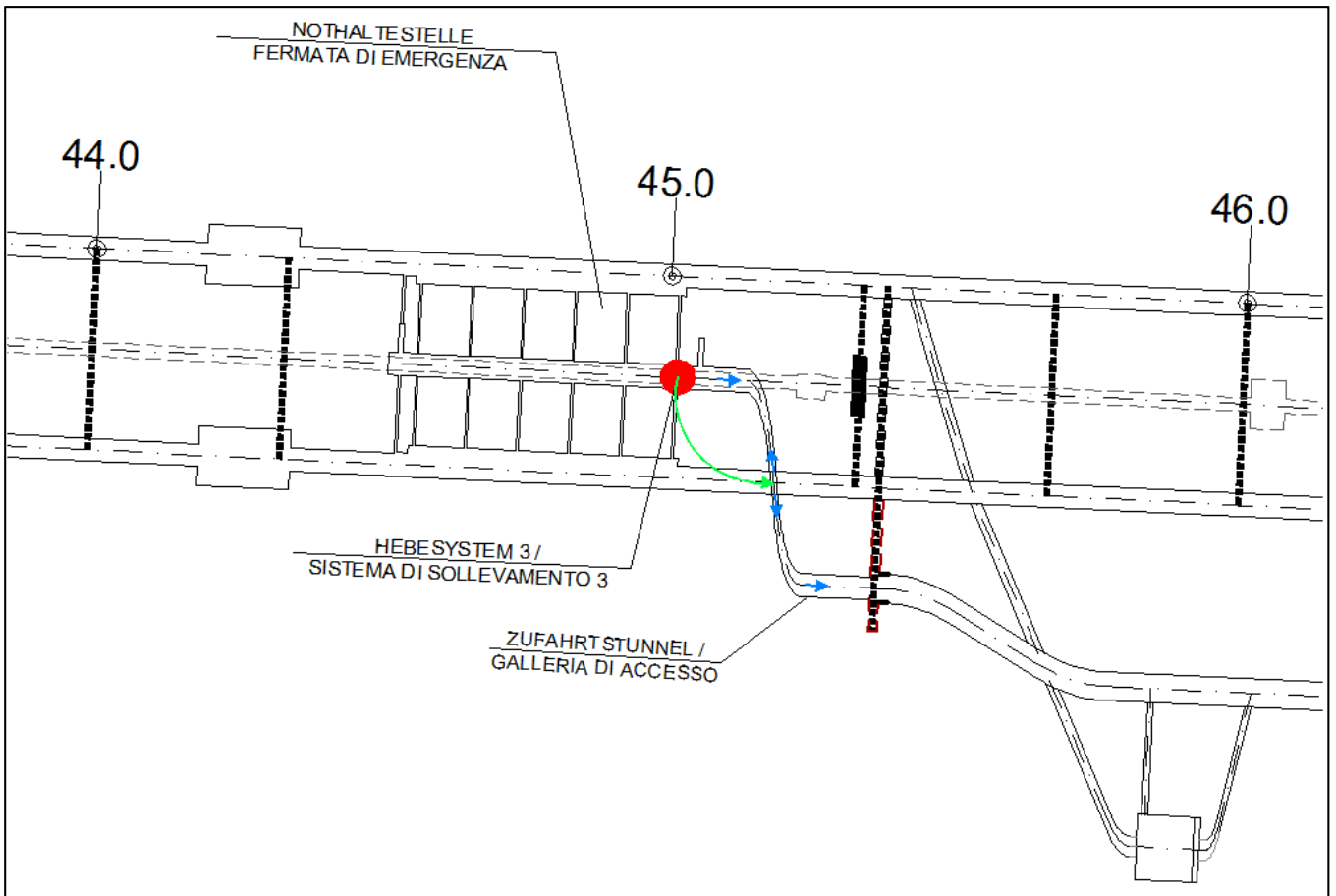


Abbildung 4 - Hebestationen 3.

Figura 4 - Stazione di sollevamento 3.

## 7 GEPLANTE NETZTE

Anhand der in Absatz 5 aufgezeigten Durchflussmengen, wird jetzt mit der Beschreibung der Bemessungskriterien und der Überprüfung der für die Bauwerkbetriebsphase geplanten Drainage Netzte fortgefahren.

Während der Betriebsphase findet die Drainage der Grund- und der Bodenplattengewässer auf getrennte Weise statt.

Auf dieser Weise ergeben sich drei vollkommen unabhängige Netzte:

- Drainage Netz der Grundgewässer;
- Drainage Netz der Bodenplattengewässer - Oströhre;
- Drainage Netz der Bodenplattengewässer - Weströhre.

Die Netzplanung sieht jedenfalls ein "geschlossenes System" vor: tatsächlich werden sämtliche Gewässer zur Abgabe geleitet ohne Zwischenberührungen.

## 7 RETI IN PROGETTO

Sulla base delle portate riportate nel paragrafo 5, si procede ora alla descrizione dei criteri di dimensionamento e verifica delle reti di drenaggio in progetto per la fase di esercizio dell'opera.

Durante la fase di esercizio il drenaggio delle acque di falda e delle acque di piattaforma avviene in maniera separata.

In questo modo risultano tre reti totalmente indipendenti:

- rete di drenaggio delle acque di falda;
- rete di drenaggio delle acque di piattaforma - canna Est;
- rete di drenaggio delle acque di piattaforma - canna Ovest.

Il progetto delle reti prevede, in tutti i casi, un "sistema chiuso": infatti tutte le acque sono condotte a recapito senza avere sfiori intermedi.

## 7.1 GRUNDGEWÄSSERNETZ

Zur Planung des Sammelsystem der Grundgewässer (Abb. 5) sind folgende Elemente benutzt worden:

- nicht mikrorissige Kanäle DN110 in PP SN16;
- mikrorissige Kanäle DN160 aus PP SN16;
- nicht mikrorissige Kanäle DN160 aus PP SN16;
- mikrorissige Kanäle DN200 aus PP SN16;
- nicht mikrorissige Kanäle DN200 aus PP SN16;
- mikrorissige Kanäle DN250 aus PP SN16;
- nicht mikrorissige Kanäle DN250 aus PP SN16;
- nicht mikrorissige Kanäle DN315 aus PP SN16;
- Edelstahl Kanäle DN400;
- Polymerbeton Schächte.

Die Abwasserkanäle sind aus PP gemäß Norm UNI EN 1852-1: einschichtig mit hoher Abriebfestigkeit, ohne Zusatz von Füllstoffen oder recyceltem Material, nicht geschäumt. Die Rissbreite darf nicht unter 5 mm sein.

Das Rohr muss widerstandsfähig sein auf:

- Hochdruckreinigung bei 340 bar, gemessen an der Düsenspitze;
- Reinigung mit Kettenschaber.

Die gemessene Ringsteifigkeit in den mikrorissigen und nicht mikrorissigen Abwasserkanälen muss gemäß UNI EN ISO 9969 von 16 kN/mq (SN 16) sein.

Die Verbindungspunkte der Abwasserkanäle müssen die Dichtigkeit in den nicht mikrorissigen Strecken gewährleisten.

Zur Verlegung wird ein Betonbett und eine geeignete seitliche Verstärkung vorgesehen: im Fall von mikrorissigen Abwasserkanäle mindestens bis auf Höhe des Rissbeginns.

In Tabelle 4 werden die Außen- und Innendurchmesser der Abwasserkanäle welche als Bezug zur Planung benutzt wurden aufgezeigt.

## 7.1 RETE ACQUE DI FALDA

Per la progettazione del sistema di raccolta delle acque di falda (fig. 5) sono stati utilizzati i seguenti elementi:

- collettori non microfessurati DN110 in PP SN16;
- collettori microfessurati DN160 in PP SN16;
- collettori non microfessurati DN160 in PP SN16;
- collettori microfessurati DN200 in PP SN16;
- collettori non microfessurati DN200 in PP SN16;
- collettori microfessurati DN250 in PP SN16;
- collettori non microfessurati DN250 in PP SN16;
- collettori non microfessurati DN315 in PP SN16;
- collettori in acciaio inossidabile DN400;
- pozzetti in calcestruzzo polimerico.

I collettori sono in PP secondo la norma UNI EN 1852-1: monostrato ad elevata resistenza all'abrasione, senza aggiunta di sostanze di riempimento oppure materiale riciclato, non schiumato. La larghezza delle fessure non dovrà essere inferiore ai 5 mm.

Il tubo dovrà resistere:

- al lavaggio ad alta pressione a 340 bar misurata sulla punta dell'ugello;
- alla pulizia con raschiatore a catena.

La rigidità anulare misurata dei collettori microfessurati, e non, deve essere in conformità alle UNI EN ISO 9969 pari a 16 kN/mq (SN 16).

I punti di giunzione dei collettori devono garantire la tenuta nei tratti non microfessurati.

Per la posa sarà previsto un letto in calcestruzzo ed un adeguato rinfiacco: nel caso di collettori microfessurati almeno fino alla quota di inizio delle fessurazioni.

In tabella 4 si riportano i diametri esterni ed interni dei collettori presi a riferimento per la progettazione.

DN/OD [mm]	ID [mm]	Spess. [mm]
110	100	5
160	146	7
200	182	9
250	228	11
315	288	14
400	365	18

Tabelle 4 - Außen- und Innendurchmesser der Abwasserkanäle aus PP.

Tabella 4 - Diametri esterni ed interni dei collettori in PP.

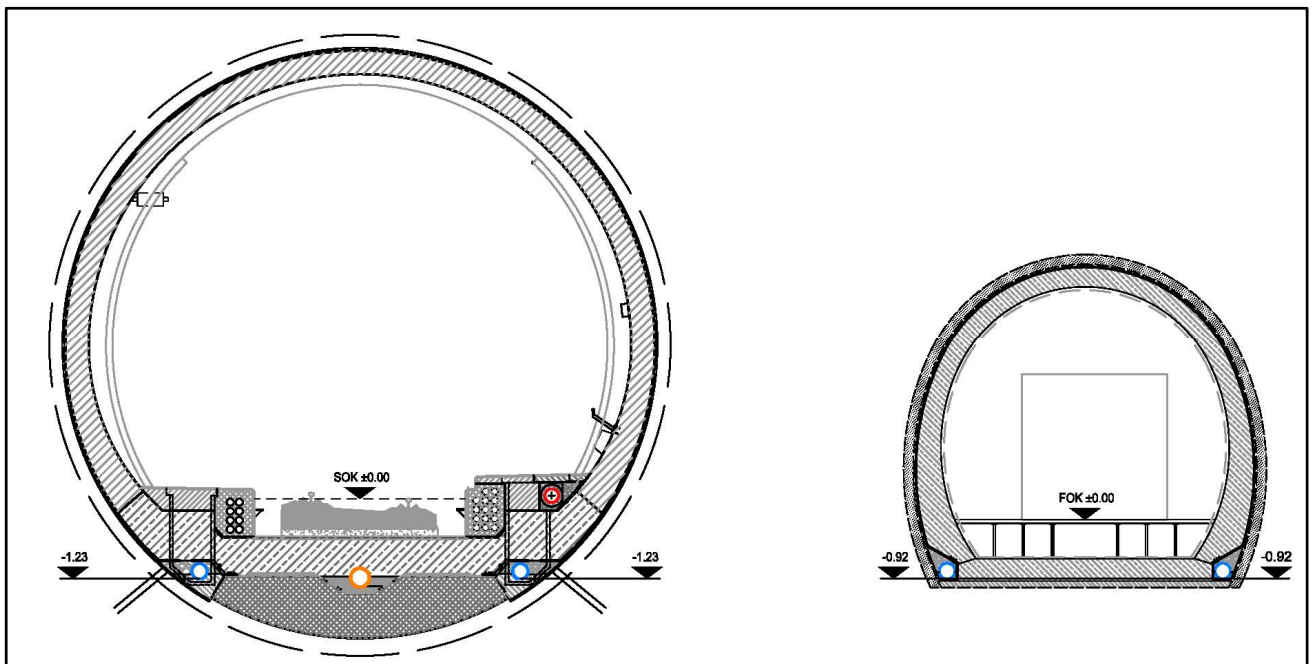


Abbildung 5 - Typologische Querschnitte des Haupttunnels und ein Querstollen mit Bemaßung der mikrorissigen Abwasserkanäle.

Figura 5- Sezioni tipologiche della galleria principale e un cunicolo trasversale, con quotati i collettori microfessurati.

Das Sammel- und Einlaufnetz der Grundgewässer ist so geplant worden, dass es gänzlich mit dem Gefälle arbeiten kann. Es ist keinerlei Hebesystem vorhanden.

Das Mindestgefälle der Abwasserkanäle beträgt 0,39%. Geringere Neigungen werden nur in Sonderfällen zugelassen, z.B. für die Abwasserkanäle DN400 im Erkundungsstollen an den Abflussschächten.

Zur Reinigung und Wartung des Netzes sind Kontrollschächte aus Polymerbeton vorgesehen mit einem maximalen Achsenabstand von 111 m.

Die gesammelten Gewässer werden an den Abflusstollen durch senkrechte Edelstahl Rohrleitungen DN200 oder DN300 abgelassen. Die Gewässer werden zu den 4 Kanälen DN400, auch diese aus Edelstahl, welche an der Schale des *Erkundungsstollens* (Abb. 6 und 7) verankert sind, geleitet.

Dieses System ist zur Realisierung einer *selektiven Grundgewässersammlung* (mit Trennung aufgrund der besonderen chemisch-physischen Eigenschaften) geplant worden, um später deren Wiederverwertung zu ermöglichen.

So ergibt sich die Möglichkeit die Strecke in 4 Makrobereiche zu unterteilen, wobei jeder einzelne einen der vier Abwasserkanäle DN400 des Erkundungsstollens betrifft:

- von K 32.0+90.290 zur K 36.3+33.0;
- von K 36.3+33.0 zur K 38.3+33.0;
- von K 38.3+33.0 zur K 41.3+33.0;
- von K 41.3+33.0 zur K 54.0+15.0.

Die Kilometrierungen beziehen sich auf die Oströhre.

La rete di raccolta e convogliamento delle acque di falda è stata progettata per poter funzionare completamente a gravità. Non vi è alcun sistema di sollevamento.

La pendenza minima dei collettori è dello 0,39%. Pendenze minori si accettano solo in casi eccezionali, ad esempio per i collettori DN400 nel cunicolo esplorativo in corrispondenza dei pozzi scarico.

Per poter effettuare la pulizia e la manutenzione della rete sono stati disposti pozzetti di ispezione in calcestruzzo polimerico con un interasse massimo pari a circa 111 m.

Le acque raccolte sono scaricate in corrispondenza dei cunicoli di scarico tramite tubazioni verticali DN200 o DN300 in acciaio inossidabile. Le acque sono convogliate verso i 4 collettori DN400, anch'essi in acciaio, ancorati al rivestimento del *Cunicolo Esplorativo* (fig. 6 e 7).

Questo sistema è stato studiato per realizzare una *raccolta selettiva delle acque di falda* (separandole in funzione delle particolari caratteristiche chimico-fisiche), e quindi permettere in un futuro il loro riutilizzo.

Risulta così possibile suddividere la tratta in quattro macro zone, ognuna delle quali afferente a uno dei quattro collettori DN400 disposti nel cunicolo esplorativo:

- dalla PK 32.0+90.290 alla PK 36.3+33.0;
- dalla PK 36.3+33.0 alla PK 38.3+33.0;
- dalla PK 38.3+33.0 alla PK 41.3+33.0;
- dalla PK 41.3+33.0 alla PK 54.0+15.0.

Le progressive sono riferite alla canna Est.

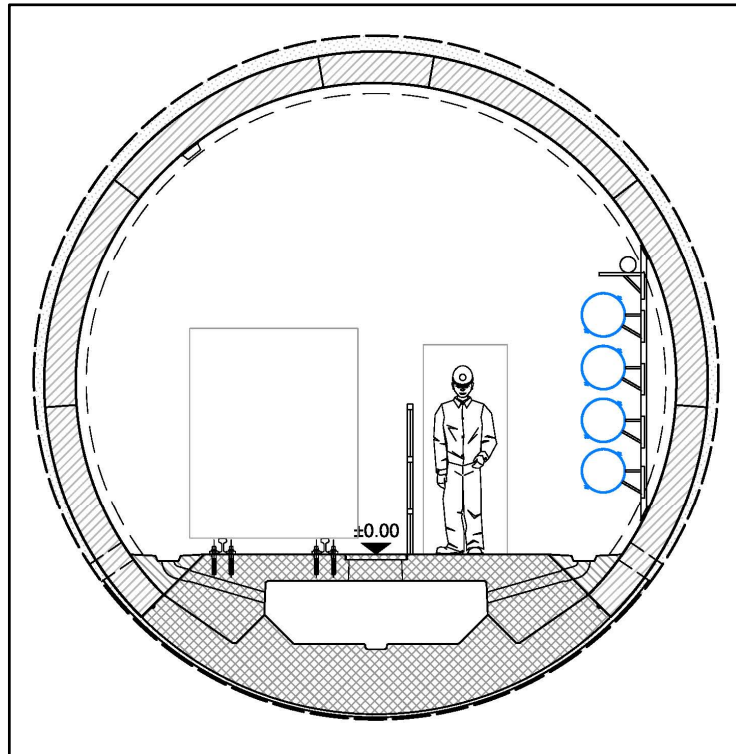


Abbildung 6 - Typologischer Querschnitt des Erkundungsstollens. In blau sind die 4 Kanäle DN400 dargestellt, welche die mögliche Abgabe der Grundgewässer aus den Querstollen sind.

Figura 6 - Sezione tipologica del Cunicolo Esplorativo. In azzurro sono rappresentati i 4 collettori DN400, possibile recapito delle acque di falda provenienti dai cunicoli trasversali.

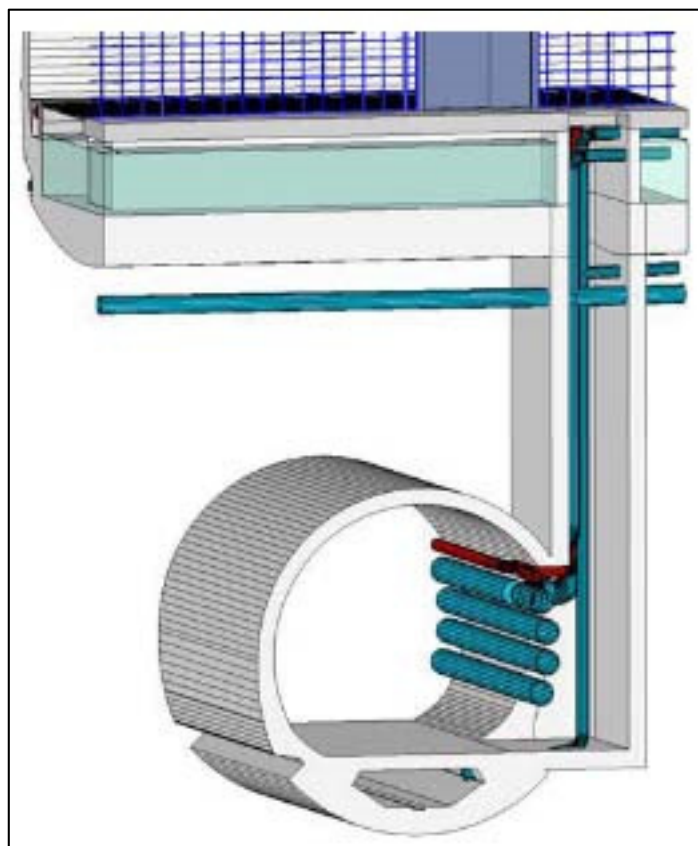


Abbildung 7 - Dreidimensionale Sicht des Erkundungsstollens und der 4 Abwasserkanäle DN400.

Figura 7 - Vista in 3 dimensioni del Cunicolo Esplorativo e dei 4 collettori DN400.

### 7.1.1 QUESRSTOLLEN MIT ABFLUSS

Das Sammelsystem der Grundgewässer ist so geplant worden, dass es gänzlich mit dem Gefälle arbeiten kann, ohne Zwischenpumpen.

Die mikrorissigen Abwasserkanäle fangen und leiten die Gewässer zu den für den senkrechten Abfluss zum *Erkundungsstollen* bestimmten *Querstellen*.

Der Abfluss (Abb. 8 und 9) kann geschehen auf Höhe der:

- Querstellen des Typs 1 mit Ablauf, mit senkrechtem Edelstahl Kanal DN200 oder DN300;
- Querstellen des Typs 2, mit senkrechtem Edelstahl Kanal DN300.

### 7.1.1 CUNICOLI TRASVERSALI CON SCARICO

Il sistema di raccolta delle acque di falda è stato progettato in modo che funzioni interamente per gravità, senza la necessità di pompaggi intermedi.

I collettori microfessurati captano le acque e le convogliano verso i *cunicoli trasversali* individuati per lo scarico verticale verso il *Cunicolo Esplorativo*.

Lo scarico (fig. 8 e 9) può avvenire in corrispondenza di:

- cunicoli trasversali di tipo 1 con scarico, con collettore verticale in acciaio inossidabile DN200 o DN300;
- cunicoli trasversali di tipo 2, con collettore verticale in acciaio inossidabile DN300.

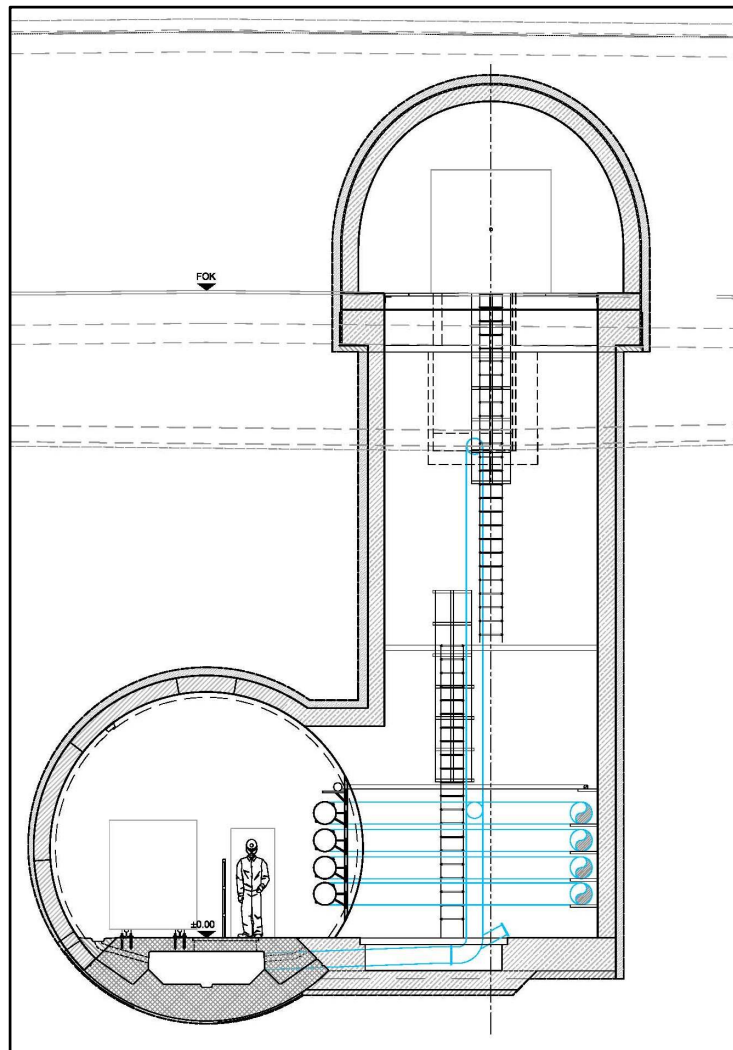


Abbildung 8 - Abfluss der Grundgewässer in den Querstellen TYP 2.

Figura 8- Scarico acque di falda nel cunicolo trasversale TIPO 2.



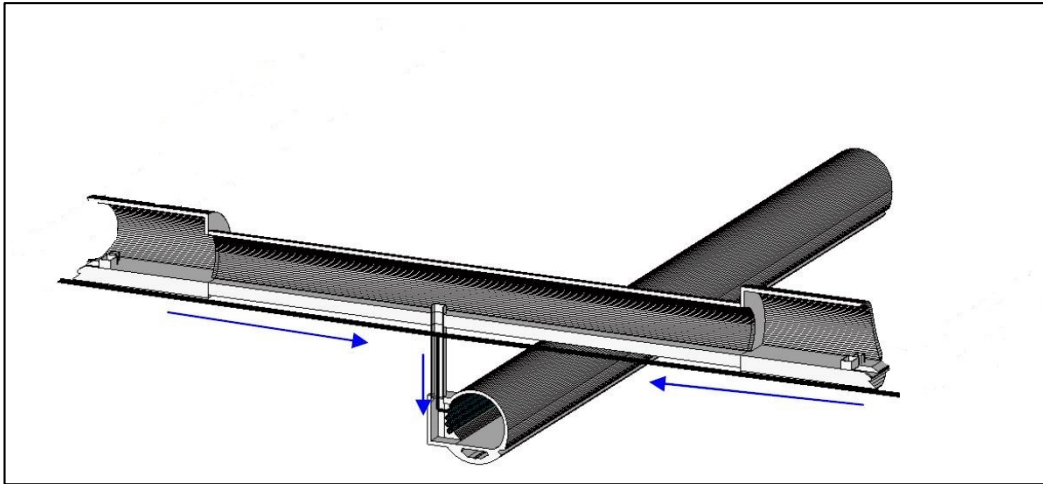


Abbildung 9 - Dreidimensionale Sicht eines Querstollens mit Abfluss zum Erkundungsstollen.

Figura 9 - Vista in tre dimensioni di un cunicolo trasversale dotato di scarico verso il Cunicolo Esplorativo.

Da zurzeit keine sichere Informationen bzgl. der möglichen Wiederverwertung der Grundgewässer verfügbar sind, hat man sich für die Planung der Abflüsse zum Erkundungsstollen mit einem zweifachen Ziel entschieden:

- es sind 4 Abwasserkanäle DN400 vorgesehen worden, sowie die dazugehörigen Rohranschlüsse mit den senkrechten Abflussrohren, für den Fall, dass man sich später für eine *selektive Grundgewässersammlung* entscheidet;
- der senkrechte Abflusskanal ist bis zu einem im Grubenboden gewonnenen Schacht verlängert. Der Kanal fließt, nach einer Kurve, in einem Trapezabschnitt ab, welcher im Inneren des Basisbogensegments des *Erkundungsstollens* ausgearbeitet ist.

Im zweiten Fall werden die Gewässer nicht getrennt und fließen durch den Trapezabschnitt, der im Inneren des Basisbogensegments gewonnen wird, zum Aufbereitungsbecken, welches talwärts der Mündung des Erkundungsstollens in Aicha liegt.

Dato che al momento non sono disponibili informazioni certe sull'eventuale riutilizzo delle acque di falda, si è scelto di studiare gli scarichi verso il cunicolo esplorativo perseguendo un duplice obiettivo:

- sono stati predisposti i 4 collettori DN400, e i relativi raccordi con le condotte verticali di scarico, nel caso in cui in un futuro si scelga di procedere ad una *raccolta selettiva delle acque di falda*;
- si è prolungato il collettore verticale di scarico fino a giungere ad un pozzetto ricavato nella platea del pozzo. Il collettore, dopo una curva, scarica nella sezione trapezia ricavata all'interno del concio di base del *Cunicolo Esplorativo*.

Nel secondo caso le acque non sono separate e confluiscono, attraverso la sezione trapezia ricavata all'interno del concio di base, alla vasca di trattamento posta a valle dello sbocco del Cunicolo Esplorativo ad Aica.

## 7.2 NETZ DER BODENPLATTENGEWÄSSER

Dieses Dränage Netz ermöglicht:

- die Sammlung der Bodenplattengewässer (*ständiger Fluss*);
- die Sammlung und Entfernung möglicher Zufallsüberschüttungen bei Unfällen.

Zur Planung des Sammelsystems der Bodenplattengewässer sind folgende Elemente benutzt worden:

- nicht mikrorissige Kanäle DN110 aus PP SN16;
- nicht mikrorissige Kanäle DN160 aus PP SN16;
- nicht mikrorissige Kanäle DN315 aus PP SN16;
- Edelstahl Kanäle DN300;
- Polymerbeton Rinnen und rundliche Gusseisen Gitter Klasse B125, Innenmaße 130x110 mm;
- Rundliche gusseiserne Abläufe Klasse B125, 40x40 cm groß mit Unterschacht aus Polymerbeton;
- Rinnstein auf französische Art in der Pflasterung;
- Polymerbeton Schächte.

Die Maße der Wasserabläufe hängen jedenfalls von dem für die Haupttunnels ausgewählten Bewehrungstyp ab.

Die Abwasserkanäle sind aus PP gemäß Norm UNI EN 1852-1: einschichtig mit hoher Abriebfestigkeit, ohne Zusatz von Füllstoffen oder recyceltem Material, nicht geschäumt.

Das Rohr muss widerstandsfähig sein auf:

- Hochdruckreinigung bei 340 bar, gemessen an der Düsen spitze;
- Reinigung mit Kettenschaber.

Die gemessene Ringsteifigkeit in den mikrorissigen und nicht mikrorissigen Abwasserkanälen muss gemäß UNI EN ISO 9969 von 16 kN/mq (SN 16) sein.

Die Verbindungspunkte der Abwasserkanäle müssen die Dichtigkeit in den nicht mikrorissigen Strecken gewährleisten. Zur Verlegung wird ein Betonbett und eine geeignete seitliche Verstärkung vorgesehen:

Die Außen- und Innendurchmesser der Abwasserkanäle, welche als Bezug zur Planung benutzt wurden, sind die gleichen die in der vorhergehenden Tabelle 4 aufgezeigt wurden

## 7.2 RETE ACQUE DI PIATTAFORMA

La rete di drenaggio in oggetto permette:

- la raccolta delle acque piattaforma (*flusso continuo*);
- la raccolta e allontanamento di eventuali sversamenti accidentali in caso di incidente.

Per la progettazione del sistema di raccolta delle acque di piattaforma sono stati utilizzati i seguenti elementi:

- collettori non microfessurati DN110 in PP SN16;
- collettori non microfessurati DN160 in PP SN16;
- collettori non microfessurati DN315 in PP SN16;
- collettori in acciaio inossidabile DN300;
- canalette in calcestruzzo polimerico e griglia in ghisa sferoidale classe B125 di dimensioni interne di 130x100 mm;
- caditoia in ghisa sferoidale classe B125 di dimensioni 40x40 cm con pozzetto sottostante in calcestruzzo polimerico;
- cunetta alla francese ricavata nella pavimentazione;
- pozzetti in calcestruzzo polimerico.

Le dimensioni delle caditoie dipendono comunque dal tipo di armamento che viene scelto per le Gallerie di Linea.

I collettori sono in PP secondo la norma UNI EN 1852-1: monostrato ad elevata resistenza all'abrasione, senza aggiunta di sostanze di riempimento oppure materiale riciclato, non schiumato.

Il tubo dovrà resistere:

- al lavaggio ad alta pressione a 340 bar misurata sulla punta dell'ugello;
- resistere alla pulizia con raschiatore a catena.

La rigidità anulare misurata dei collettori microfessurati, e non, deve essere in conformità alle UNI EN ISO 9969 pari a 16 kN/m<sup>2</sup> (SN 16).

I punti di giunzione dei collettori devono garantire la tenuta nei tratti non microfessurati. Per la posa sarà previsto un letto in calcestruzzo ed un adeguato rinfianco.

I diametri esterni ed interni dei collettori in PP presi a riferimento per la progettazione sono gli stessi di quelli riportati nella precedente tabella 4.

Zur Reinigung und Wartung des Netzes sind Kontrollschächte aus Polymerbeton vorgesehen mit einem maximalen Achsenabstand von 111 m.

Durch das Dränage Netz werden die Bodenplattengewässer direkt zum Tiefpunkt geleitet (Querstollen 49/2) und danach fließen sie zum Erkundungsstollen ab.

In den Netzkanälen fließt außerdem ein ständiger Fluss von insgesamt 16 l/s welcher aus den Becken der Brandanlage kommt. Dieser Fluss ermöglicht die Reinigung der Abwasserkanäle, die Begrenzung der Brand- und Explosionsauswirkungen und gewährleistet einen konstanten Wasserstand im Inneren der Abwasserkanäle selbst sowie der Schächte.

#### 7.2.1 HAUPTTUNNELS - EINGLEISQUESRSCHNITT

Entlang der Haupttunnels werden die Gewässer und die eventuell verschütteten Flüssigkeiten in rundlichen, 40x40 cm großen, gusseisernen Abläufen, Klasse B125, gesammelt, welche auf Schächte aus Polymerbeton montiert sind, die sich an den Außenseiten des Querstücks befinden.

Ein Kanal DN315 (Abb. 10) der gleichachsig zu den Gleisen liegt, auf -1,35 m zur *Eisenebene*, leitet die Gewässer zum Tiefpunkt des Bauwerks.

Nach dem Trennbecken werden die Gewässer zum Erkundungsstollen abgeleitet. Dort führt ein Edelstahlkanal DN300 die gesamte Durchflussmenge zum Aufbereitungssystem, welcher talwärts der Mündung des Erkundungsstollens in Aicha liegt.

Um das Abfließen der seitlichen Bahnsteige zu ermöglichen werden diese mit einem Gefälle von 2% ausgeführt.

Per poter effettuare la pulizia e la manutenzione della rete sono stati disposti pozzetti di ispezione in calcestruzzo polimerico con un interasse massimo pari a circa 111 m.

Tramite la rete di drenaggio, le acque di piattaforma vengono convogliate direttamente nel punto di minimo altimetrico (cunicolo trasversale 49/2) e successivamente scaricate verso il Cunicolo Esplorativo.

Nei collettori della rete circola inoltre un *flusso continuo* pari in totale a 16 l/s provenienti dalle vasche dell'impianto antincendio. Tale flusso permette un lavaggio dei collettori, limita gli effetti di eventuali incendi e/o esplosioni e garantisce un livello di acqua costante all'interno dei collettori stessi e dei pozzetti.

#### 7.2.1 GALLERIE PRINCIPALI - SEZIONE SINGOLO BINARIO

Lungo le gallerie principali la raccolta delle acque e dei liquidi eventualmente sversati è affidata a caditoie di dimensioni 40x40 cm in ghisa sferoidale classe B125, montate su pozzetti in calcestruzzo polimerico, poste ai lati esterni della traversa.

Un collettore DN315 (fig. 10) posto in asse alle rotaie, a quota -1,35 m rispetto al *Piano del Ferro*, convoglia le acque presso il punto di minimo altimetrico dell'opera.

Superata la vasca di separazione, le acque sono scaricate verso il Cunicolo Esplorativo. Qui un collettore in acciaio inossidabile DN300 trasporta l'intera portata verso il sistema di trattamento posto a valle dello sbocco del Cunicolo Esplorativo ad Aica.

Per consentire il deflusso delle banchine laterali esse vengono realizzate con una pendenza del 2%.

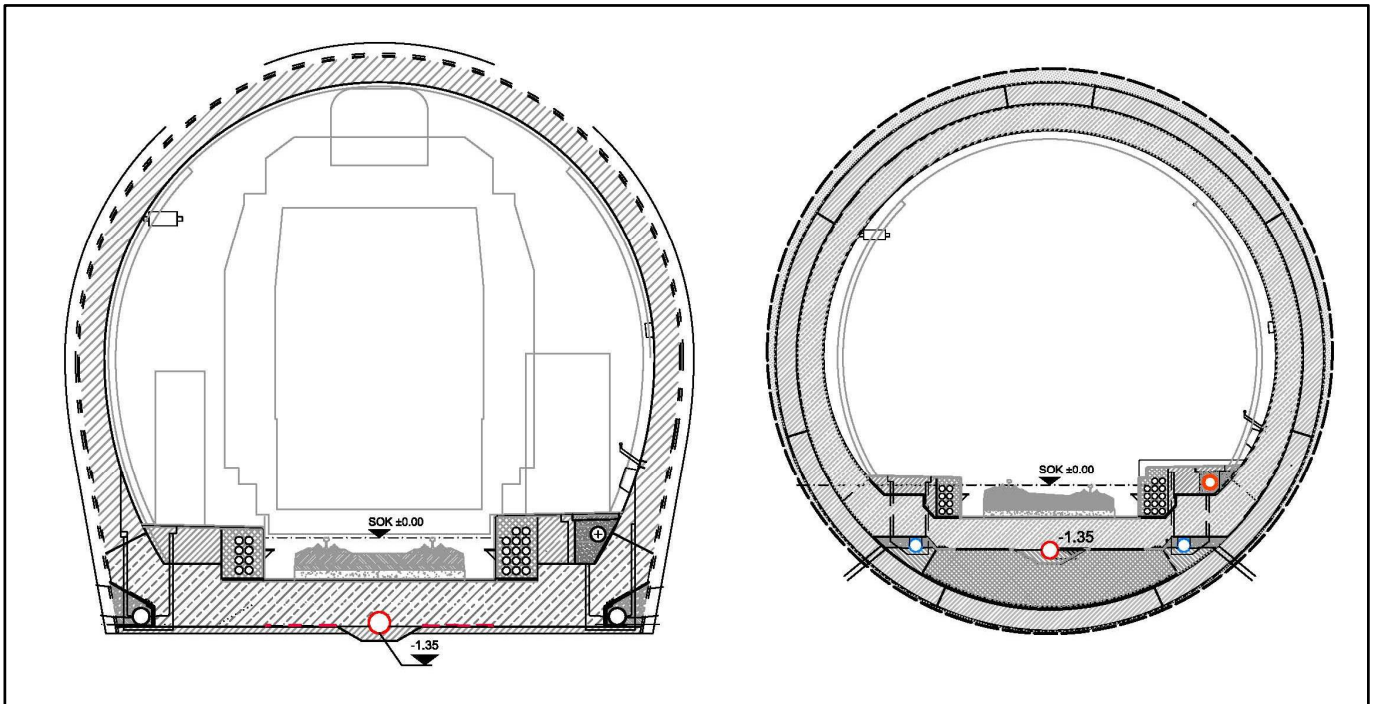


Abbildung 10 - Typologischer Querschnitt der Haupttunnels.

Figura 10 - Sezione tipologica trasversale delle Gallerie Principali.

Da das Netz auch zur Sammlung und Leitung der sogenannten Zufallsüberschüttungen geplant ist, sind folgende Maßnahme getroffen worden:

- Kontroll- und Wartungsschächte haben ein maximalen Achsenabstand von 111 m;
- ein konstanter Wasserstand im Inneren der Kanäle und der Schächte ist gewährleistet. Von der Brandanlage auf Höhe der Höchstpunkte der Streckenführung werden im Dauerzyklus 4 l/s zu jedem Kanal der Bodenplattengewässer eingeleitet;
- der Wasserverschluss (Abb. 11) im Inneren der Schächte hat die Funktion die Verbreitung eines eventuellen Brands oder einer brennbaren Flüssigkeit zu hindern;
- völlige Trennung der Bodenplattendränage Netze der Ost- und Weströhre, um zu gewährleisten, dass gefährliche Flüssigkeiten sich nicht von einer Röhre in die andere ausdehnen können.

Dato che la rete è progettata per raccogliere e convogliare anche i cosiddetti sversamenti accidentali si sono adottati i seguenti accorgimenti:

- pozzetti per ispezione e manutenzione posti con un interasse massimo di 111 m;
- viene garantito un livello di acqua costante all'interno del collettore e dei pozzetti. Dall'impianto antincendio in corrispondenza dei massimi relativi del tracciato sono immessi 4 l/s, a ciclo continuo, verso ciascun collettore delle acque di piattaforma;
- il sifone (fig. 11) posto all'interno dei pozzetti ha la funzione di impedire il propagarsi di un eventuale incendio o liquido infiammabile;
- la totale separazione delle reti di drenaggio di piattaforma canna Est e canna Ovest, in modo da garantire che i liquidi pericolosi non possano espandersi da una canna all'altra.

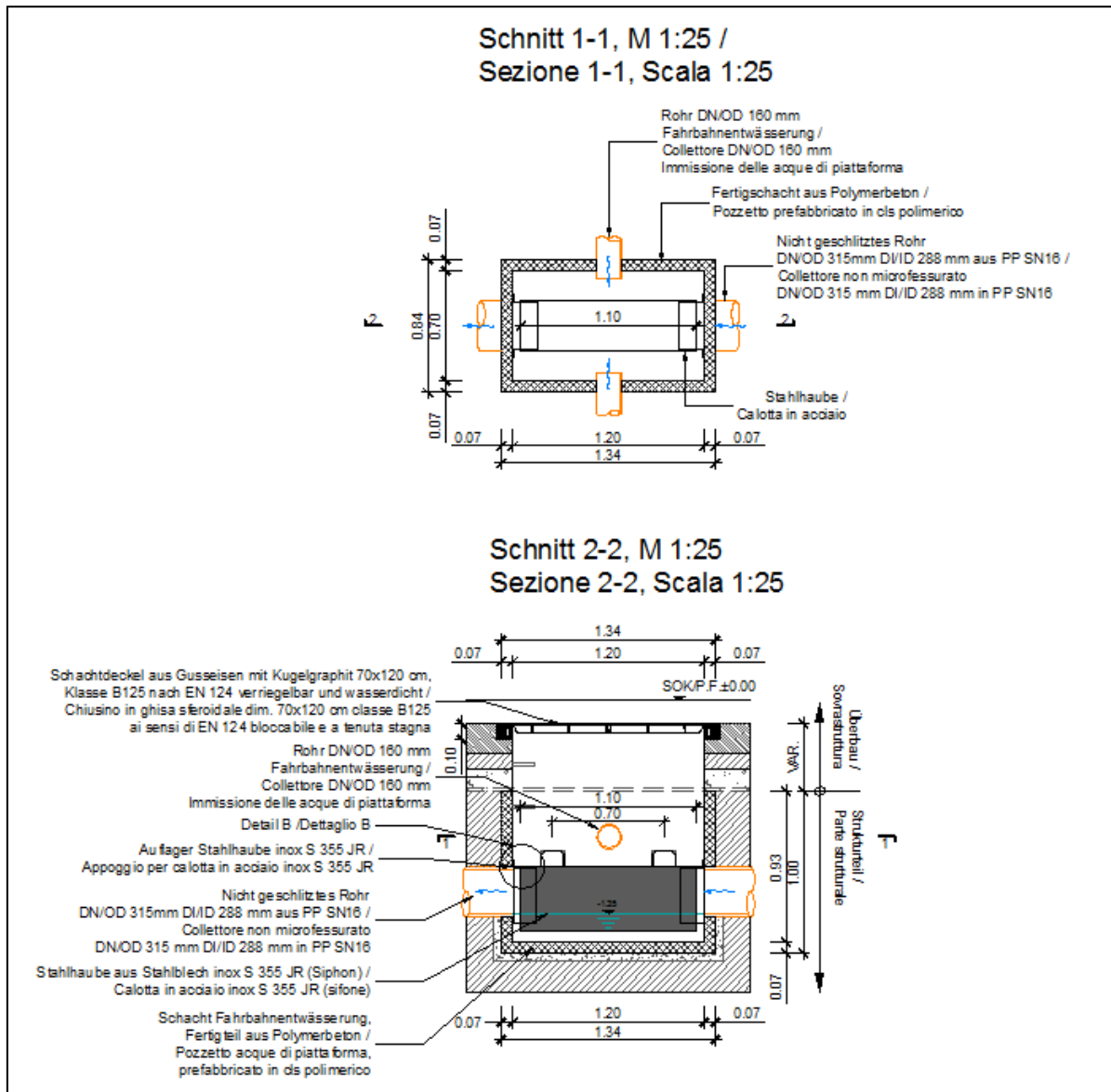


Abbildung 11 - Kontrollschacht Bodenplattengewässer. Standard Schacht.

Figura 11 - Pozzetto di ispezione acque di piattaforma. Pozzetto tipo F.

## 7.2.2 QUERSTOLLEN

Die Querstollen haben einen überhöhten Boden, welcher aus zerlegbare Platten besteht. Die Platten stützen auf einer Trägerstruktur aus Edelstahlstützen.

Zur Sammlung der eventuellen Gewässer die von der Stollenauflfläche sickern ist eine Rinne aus Polymerbeton (Abb. 12) an den Anschlüssen (Magenta Raster in Abb. 13) eingesetzt worden.

Die Rinne hat einen Inneren Querschnitt von 130x100 mm. Ein Abwasserkanal DN110 aus PP leitet die gesammelten Gewässer in den Kontrollschacht, *Schacht Typ F*, der Bodenplattengewässer ab, welcher sich an der Achse des Haupttunnels befindet.

## 7.2.2 CUNICOLI TRASVERSALI

I cunicoli trasversali sono provvisti di un pavimento sopraelevato formato da pannelli smontabili. I pannelli sono poggiati su una struttura portante costituita da sostegni di acciaio inossidabile.

Per raccogliere le eventuali acque che percolano dal piano di calpestio del cunicolo è stata inserita una canaletta in calcestruzzo polimerico (fig. 12) in corrispondenza degli innesti (retino in magenta nella fig. 13).

La canaletta ha una sezione interna di 130x100 mm. Un collettore DN110 in PP scarica le acque raccolte nel pozzetto di ispezione delle acque di piattaforma, *pozzetto tipo F*, posto in corrispondenza dell'asse della galleria principale.

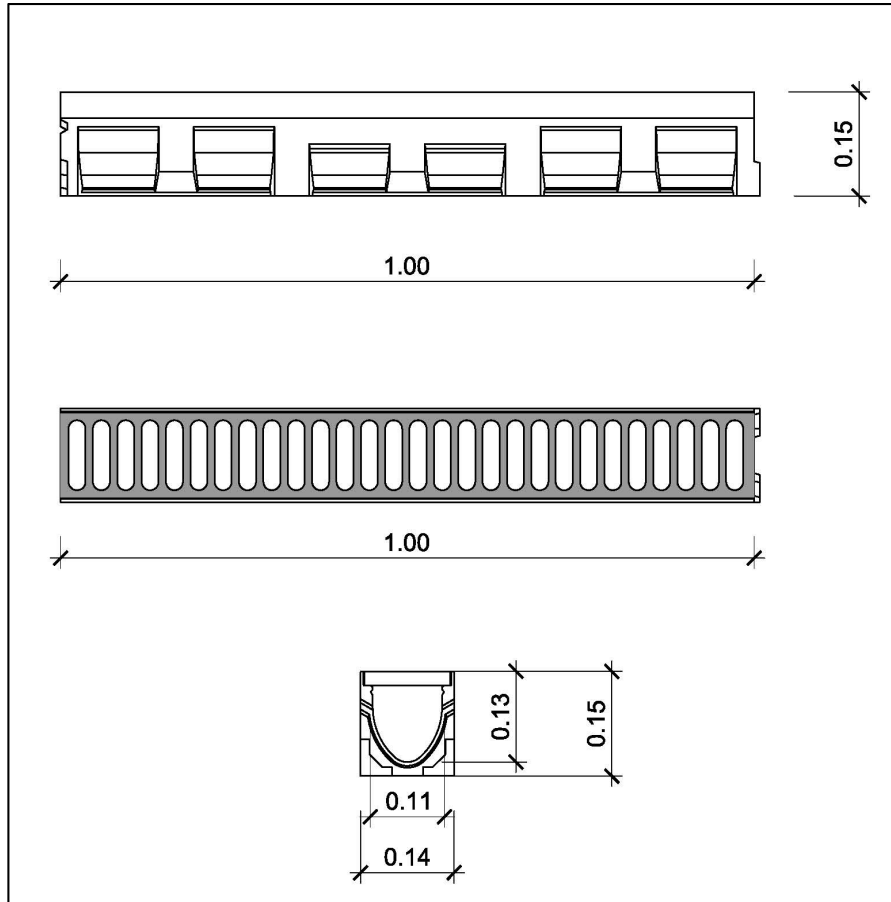


Abbildung 12 - Sammelrinne der Bodenplattengewässer der Querstellen. Die Maße sind in Meter ausgedrückt.

Figura 12 - Canaletta di raccolta acque di piattaforma dei cunicoli trasversali. Le misure sono espresse in metri.

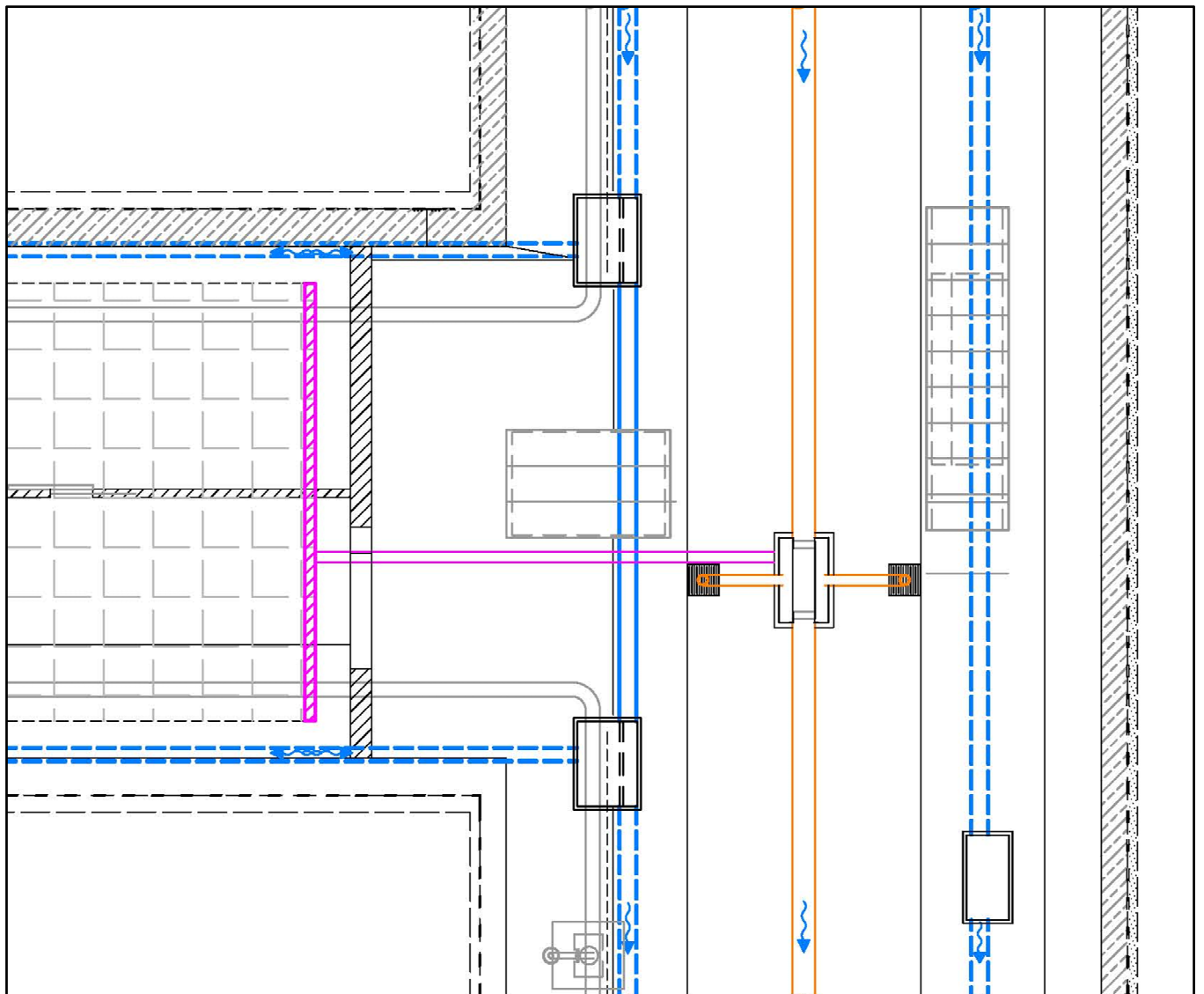


Abbildung 13 - Typologischer Anschluss zwischen Querstollen und Haupttunnel.

Figura 13 - Tipologico di innesto tra cunicolo trasversale e galleria principale.

### 7.3 DOPPELGLEISQUERSCHNITT

Das Endstück der Streckenführung ist eine Doppelgleisstrecke (Abb. 14):

- von K 52+629 zur K 53+928, Oströhre;
- von K 52+844 zur K 53+915, Weströhre.

#### GRUNDGEWÄSSER

In den zwei doppelgleisigen Strecken besteht das Sammelnetz der Grundgewässer aus:

- zwei mikrorissige Kanäle DN250 am Fuße der Widerlager auf -1,23 m zur *Eisenebene* gelegen;
- ein mikrorissiger Kanal DN250 unter der Platte auf -1,65 m zur *Eisenebene* gelegen.

#### BODENPLATTENGEWÄSSER

Die Bodenplattengewässer werden, wie im eingleisigen Fall, von rundlichen, 40x40 cm großen, gusseisernen Abläufen, Klasse B125, mit Polymerbeton Schacht, gefangen.

Der Kanal der Bodenplattengewässer, Fortführung des Kanals DN315 des eingleisigen Querschnitts, liegt gleichachsig zum inneren Gleis auf -1,35 m zur *Eisenebene*.

### 7.3 SEZIONE A DOPPIO BINARIO

Nella parte finale del tracciato vi è un tratto a doppio binario (fig. 14):

- dalla PK 52+629 alla PK 53+928, canna Est;
- dalla PK 52+844 alla PK 53+915, canna Ovest.

#### ACQUE DI FALDA

Nei due tratti con sezione a doppio binario la rete di raccolta delle acque di falda è costituita da:

- due collettori DN250 microfessurati posti alla base dei piedritti, posati ad una quota di -1,23 m rispetto al *Piano del Ferro*;
- un collettore DN250 microfessurato posto al di sotto della soletta, posato ad una quota di -1,65 m rispetto al *Piano del Ferro*.

#### ACQUE DI PIATTAFORMA

Le acque di piattaforma sono captate, come succede nel caso a singolo binario, da caditoie 40x40 cm in ghisa sferoidale classe B125 con pozzetto in calcestruzzo polimerico.

Il collettore delle acque di piattaforma, proseguimento del collettore DN315 della sezione a singolo binario, è posto in asse alla rotaia più interna ad una quota di -1,35 m rispetto al *Piano del Ferro*.

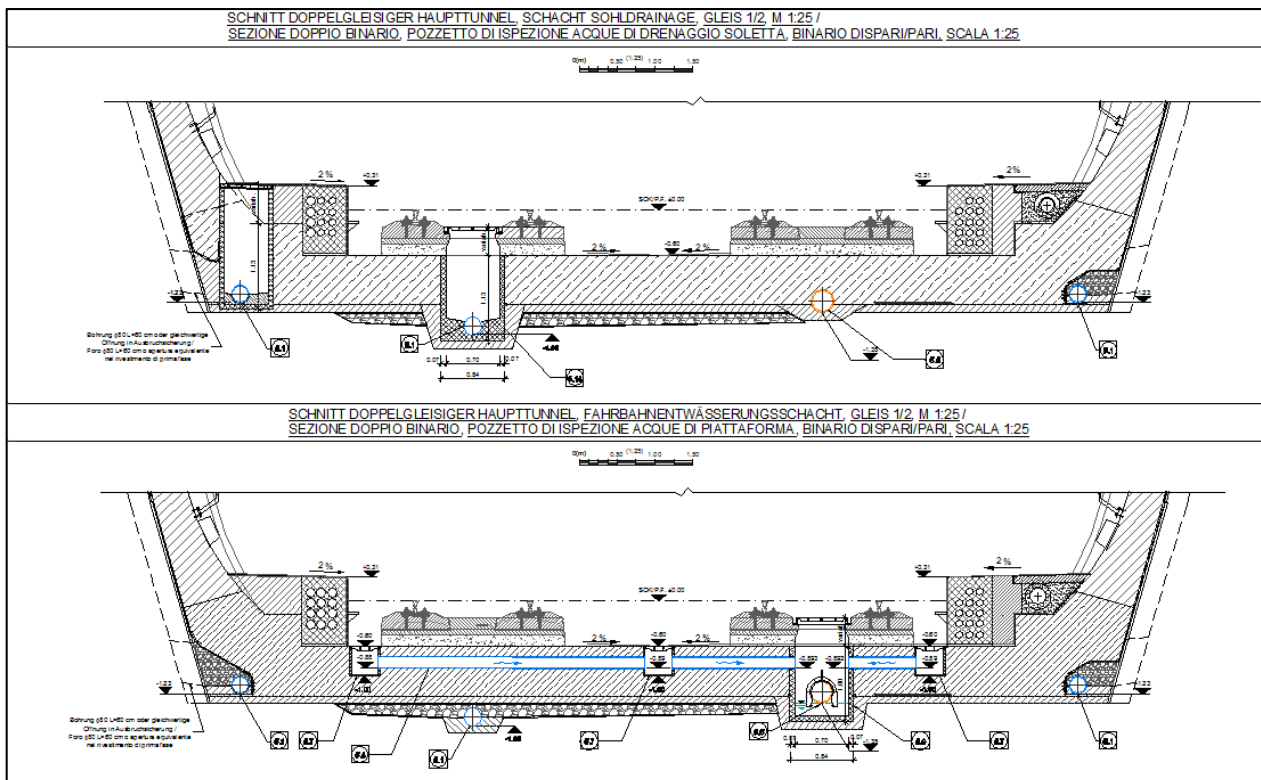


Abbildung 14 - Typologischer doppelgleisiger Querschnitt.

Figura 14 - Tipologico sezione a doppio binario.



## 7.4 DOPPELGLAISIGER QUERSCHNITT MIT MASSE-FEDER-SYSTEM

Von Kilometrierung 53+928 ist, für beide Röhren, eine doppelgleisige Strecke mit Masse-Feder-System geplant (Abb. 15).

### GRUNDGEWÄSSER

Zur Fortführung des doppelgleisigen Querschnitts besteht die Dränage der Grundgewässer aus:

- zwei mikrorissige Kanäle DN250 am Fuße der Widerlager auf -1,23 m zur *Eisenebene* gelegen;
- ein mikrorissiger Kanal DN250 unter der Platte auf -1,65 m zur *Eisenebene* gelegen.

### BODENPLATTENGEWÄSSER

Die Bodenplattengewässer werden, wo es möglich ist, von rundlichen, 40x40 cm großen, gusseisernen Abläufen, Klasse B125, gefangen, in den anderen Fällen werden sie von einer Rinne aus Polymerbeton, Innenmaße 130x100, mit rundlichem gusseisernem Gitter, Klasse B125, aufgefangen.

Der Kanal der Bodenplattengewässer, liegt gleichachsig zum inneren Gleis auf -1,85 m zur *Eisenebene*.

## 7.4 SEZIONE A DOPPIO BINARIO CON SISTEMA A MASSE FLOTTANTI

Dalla progressiva 53+928, per entrambe le canne, sino ai limiti di intervento dell'area in progetto vi è un tratto a doppio binario progettato con sistema a masse flottanti (fig. 15).

### ACQUE DI FALDA

A proseguimento della sezione a doppio binario il drenaggio delle acque di falda è costituito da:

- due collettori DN250 microfessurati posti alla base dei piedritti, posti ad una quota di -1,23 m rispetto al *Piano del Ferro*;
- un collettore DN250 microfessurato posto al di sotto della soletta, posto ad una quota di -1,65 m rispetto al *Piano del Ferro*.

### ACQUE DI PIATTAFORMA

Le acque di piattaforma sono captate da caditoie 40x40 cm in ghisa sferoidale classe B125 ove possibile, negli altri casi è stata utilizzata una canaletta in calcestruzzo polimerico di dimensioni interne 130x100 mm con grata in ghisa sferoidale classe B125.

Il collettore delle acque di piattaforma posto in asse alla rotaia più interna è posto a quota -1,85 m rispetto al *Piano del Ferro*.

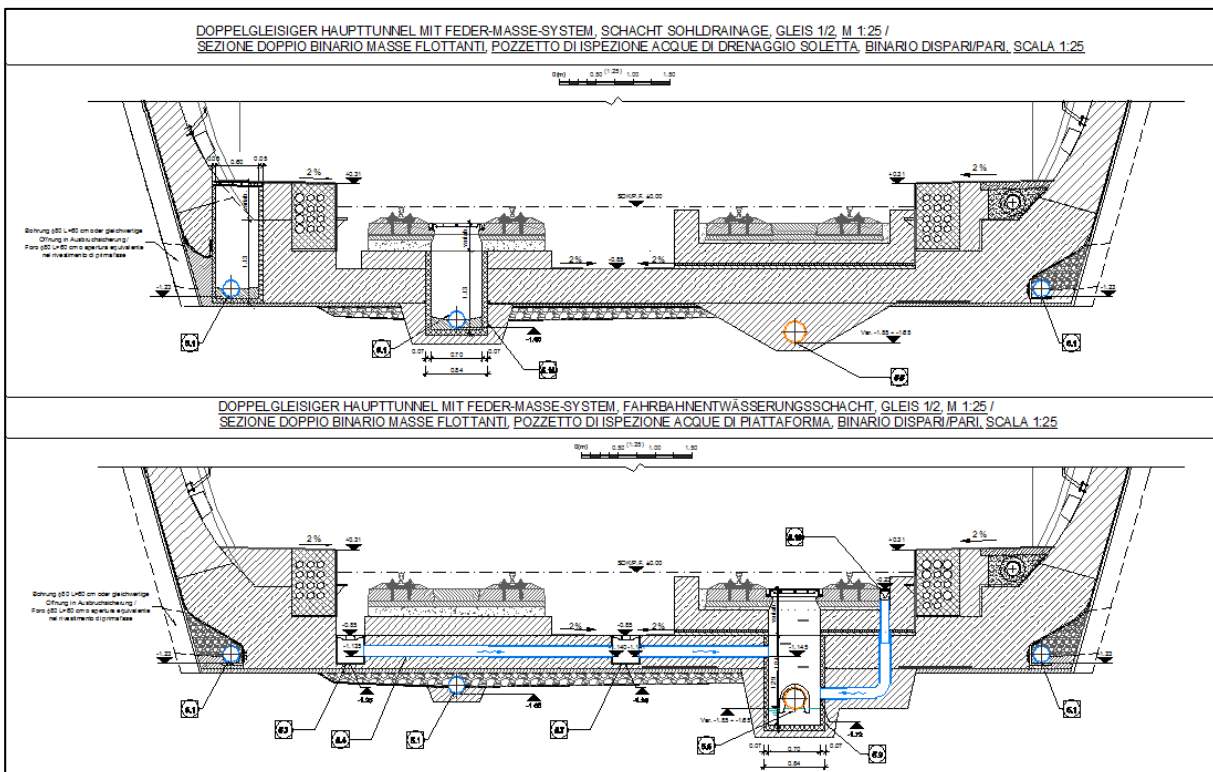


Abbildung 15 - Typologischer doppelgleisiger Querschnitt mit Masse-Feder-System.

Figura 15 - Tipologico sezione a doppio binario con masse flottanti.

## 8 ÜBERPRÜFUNG DER GEPLANTEN NETZE

Nun werden die angewandten Überprüfungsverfahren für die geplanten Netze erläutert.

### 8.1 ÜBERPRÜFUNG DES GRUNDGEWÄSSER NETZ

Zur Überprüfung des Sammelnetzes der Grundgewässer während der Betriebsphase sind die in Absatz 5 beschriebenen stabilisierten Durchflussmengen benutzt worden.

Die Bewegung im Inneren der mikrorissigen Kanäle ist mittels eines Abflussschemas in gleichförmige Bewegung untersucht worden, bei dem die Bindung zwischen Durchflussmenge und entsprechende Wassertiefe sich aus der Chézy Gleichung ergibt:

$$Q = K_s A R^{2/3} i^{1/2}$$

- wobei:
- $Q$  = geplante Durchflussmenge der Strecke [ $m^3/s$ ];
- $k_s$  = Koeffizient der Rauheit von Strickler [ $m^{1/3}/s$ ];
- $A$  = nasse Oberfläche des Querschnitts [ $m^2$ ];
- $R$  = hydraulischer Radius [ $m$ ];
- $i$  = Längsgefälle [ $m/m$ ].

Bezüglich der Werte des *Strickler Rauheit-Koeffizient* sind folgende Werte benutzt worden:

- $k_s = 90 m^{1/3}/s$  für Rohrleitungen aus PP;
- $k_s = 90 m^{1/3}/s$  für Stahlrohrleitungen;
- $k_s = 70 m^{1/3}/s$  Rinnsteine auf französische Art, Polymerbeton Rinnen.

In Folge werden die Überprüfungen der geplanten Abwasserkanäle bei selektive Sammlung der Grundgewässer aufgezeigt

Als annehmbarer Grenzwert der Rohrleitungsfüllung (Verhältnis zwischen Wasserhöhe in der Rohrleitung und deren Durchmesser) ist ein Wert von 75 % übernommen worden.

In Folge werden die durchgeführten Berechnungen aufgezeigt.

## 8 VERIFICA RETI IN PROGETTO

Ora si procede ad illustrare i metodi di verifica adottati per le reti in progetto.

### 8.1 VERIFICA RETE ACQUE DI FALDA

Per la verifica della rete di raccolta delle acque di falda durante la fase di esercizio sono state utilizzate le portate stabilizzate descritte nel paragrafo 5.

Il moto all'interno dei collettori microfessurati è stato esaminato adottando uno schema di deflusso in moto uniforme, in cui il legame tra portata e relativo tirante idrico è fornito dall'equazione di Chézy:

$$Q = K_s A R^{2/3} i^{1/2}$$

dove:

- $Q$  è la portata di progetto del ramo [ $m^3/s$ ];
- $k_s$  è il coefficiente di scabrezza di Strickler [ $m^{1/3}/s$ ];
- $A$  è l'area bagnata della sezione [ $m^2$ ];
- $R$  è il raggio idraulico [ $m$ ];
- $i$  è la pendenza longitudinale [ $m/m$ ].

Per quanto attiene i valori del *coefficiente di scabrezza di Strickler*, sono stati utilizzati i seguenti valori:

- $k_s = 90 m^{1/3}/s$  per tubazioni in PP;
- $k_s = 90 m^{1/3}/s$  per tubazioni in acciaio;
- $k_s = 70 m^{1/3}/s$  per cunette alla francese, canalette in cls polimerico.

Di seguito si riportano le verifiche effettuate sui collettori in progetto, nel caso di raccolta selettiva delle acque di falda.

Quale grado di riempimento limite accettabile per le tubazioni (rapporto tra l'altezza d'acqua nella tubazione ed il suo diametro) si è assunto un valore pari al 75%.

Di seguito si riportano i calcoli effettuati.

PK inizio Canna Est [Km]	PK fine Canna Est [Km]	D esterno [m]	D interno [m]	Ks [m <sup>1/3</sup> /s]	pendenza [m/m]	Q [l/s]	h0 [m]	h0/D [%]
RETE AFFERENTE 1° COLLETTORE DN400								
32+090	33+333	0.250	0.228	90	0.39%	34.02	0.021	9.21%
		0.315	0.288	90	1.00%	101.47	0.022	7.64%
		0.406	0.396	90	0.39%	148.67	0.035	8.83%
33+333	34+333	0.250	0.228	90	0.39%	34.02	0.014	6.14%
		0.315	0.288	90	1.00%	101.47	0.010	3.47%
		0.406	0.396	90	0.39%	148.67	0.037	9.33%
34+333	35+000	0.250	0.228	90	0.39%	34.02	0.014	6.14%
		0.315	0.288	90	1.00%	101.47	0.010	3.47%
		0.406	0.396	90	0.39%	148.67	0.039	9.84%
35+000	36+333	0.250	0.228	90	0.39%	34.02	0.051	22.37%
		0.315	0.288	90	1.00%	101.47	0.053	18.40%
		0.406	0.396	90	0.39%	148.67	0.093	23.46%
RETE AFFERENTE 2° COLLETTORE DN400								
36+333	37+667	0.250	0.228	90	0.39%	34.02	0.050	21.93%
		0.315	0.288	90	1.00%	101.47	0.052	18.06%
		0.406	0.396	90	0.39%	148.67	0.083	20.94%
37+667	38+333	0.250	0.228	90	0.39%	34.02	0.055	24.12%
		0.315	0.288	90	1.00%	101.47	0.057	19.79%
		0.406	0.396	90	0.39%	148.67	0.124	31.28%
RETE AFFERENTE 3° COLLETTORE DN400								
38+333	39+667	0.250	0.228	90	0.39%	34.02	0.027	11.84%
		0.315	0.288	90	1.00%	101.47	0.029	10.07%
		0.406	0.396	90	0.39%	148.67	0.046	11.60%
39+667	41+333	0.250	0.228	90	0.39%	34.02	0.032	14.04%
		0.315	0.288	90	1.00%	101.47	0.034	11.81%
		0.406	0.396	90	0.39%	148.67	0.070	17.66%
RETE AFFERENTE 4° COLLETTORE DN400								
41+333	43+333	0.250	0.228	90	0.39%	34.02	0.033	14.47%
		0.315	0.288	90	1.00%	101.47	0.034	11.81%
		0.406	0.396	90	0.39%	148.67	0.055	13.87%
43+333	47+000	0.250	0.228	90	0.39%	34.02	0.033	14.47%
		0.315	0.288	90	1.00%	101.47	0.035	12.15%
		0.406	0.396	90	0.40%	151.26	0.077	19.42%
47+000	48+576	0.250	0.228	90	0.39%	34.02	0.067	29.39%
		0.315	0.288	90	1.00%	101.47	0.069	23.96%
		0.406	0.396	90	0.40%	151.26	0.135	34.06%
48+576	49+590	0.250	0.228	90	0.39%	34.02	0.067	29.39%
		0.315	0.288	90	1.00%	101.47	0.069	23.96%
54+000	49+590	0.250	0.228	90	0.74%	46.82	0.100	43.86%
		0.315	0.288	90	1.00%	101.47	0.120	41.67%
		0.406	0.396	90	0.40%	151.26	0.296	74.67%

Tabelle 5 - Überprüfung der geplanten Abwasserkanäle.

Tabella 5 – Verifica dei collettori in progetto.

## 8.2 ÜBERPRÜFUNG DER ABFLÜSSE

Der Durchmesser der Abwasserkanäle wird, je nach eingenommenen hydraulischen Lastenwert, als kreisförmige Überlaufschwelle oder als Ausfluss unter Wasserhöhe überprüft.

Im Falle der hydraulischen Arbeitsweise der Überlaufschwelle wird die Überprüfung durch folgendes Verhältnis ausgeführt:

$$Q = C_q h \pi D \sqrt{2gh}$$

wobei:

- $Q$  = Durchflussmenge,  $h$  festgelegt, die potentiell in den Abfluss ablaufen könnte [ $m^{1/3}/s$ ];
- $h$  = Last auf der Mündungschwelle [ $m$ ];
- $D$  = Abwasserkanaldurchmesser [ $m$ ];
- $C_q$  = Ausflusskoeffizient, in diesem Fall von 0,35

Im Falle der hydraulischen Arbeitsweise des Wehrausflusses wird die Überprüfung durch folgendes Verhältnis ausgeführt:

$$Q = C_q A \sqrt{2gh}$$

wobei:

- $Q$  = Durchflussmenge,  $h$  festgelegt, die potentiell in den Abfluss ablaufen könnte [ $m^{1/3}/s$ ];
- $h$  = Last auf der Mündungschwelle [ $m$ ];
- $D$  = Abwasserkanaldurchmesser [ $m$ ];
- $C_q$  = Ausflusskoeffizient, in diesem Fall von 0,60

Die berücksichtigte Last  $h$  entspricht der berechneten Höhe der gleichförmigen Bewegung im Kanal bergwärts des Abflusses.

Die hydraulische Arbeitsweise wird so bewertet:

- als Überlaufschwelle wenn  $h < 0,429D$ ;
- als Wehrausfluss wenn  $h \geq 0,429D$ .

In Folge werden die durchgeführten Berechnungen aufgezeigt.

## 8.2 VERIFICA DEGLI SCARICHI

Il diametro del collettore di scarico è verificato, a seconda del valore assunto dal carico idraulico, come una soglia sfiorante a pianta circolare o come una luce sotto battente.

Nel caso di funzionamento idraulico riconducibile a quello di una soglia sfiorante, la verifica viene effettuata utilizzando la seguente relazione:

$$Q = C_q h \pi D \sqrt{2gh}$$

dove:

- $Q$  è la portata che, assegnato  $h$ , potenzialmente potrebbe defluire nello scarico [ $m^{1/3}/s$ ];
- $h$  carico sulla soglia di imbocco [ $m$ ];
- $D$  è il diametro del collettore [ $m$ ];
- $C_q$  coefficiente d'efflusso, in questo caso assunto pari a 0,35

Nel caso di funzionamento idraulico riconducibile a quello di un efflusso a battente, la verifica viene effettuata utilizzando la seguente relazione:

$$Q = C_q A \sqrt{2gh}$$

dove:

- $Q$  è la portata che, assegnato  $h$ , potenzialmente potrebbe defluire nello scarico [ $m^{1/3}/s$ ];
- $h$  carico sulla soglia di imbocco [ $m$ ];
- $D$  è il diametro del collettore [ $m$ ];
- $C_q$  coefficiente d'efflusso, in questo caso assunto pari a 0,60

Il carico  $h$  considerato sarà pari all'altezza di moto uniforme calcolata nel collettore a monte dello scarico.

Il funzionamento idraulico sarà così valutato:

- come soglia sfiorante quando  $h < 0,429D$ ;
- come efflusso a battente quando  $h \geq 0,429D$ .

Di seguito si riportano i calcoli effettuati.

CUNICOLO N.°	PK Canna Est [Km]	TIPO	DIAMETRO ESTERNO [m]	DIAMETRO INTERNO [m]	PORTATA TRATTO [l/s]	h monte [m]	Cq	Q [l/s]	Verifica
33/2	33+333	TIPO 1 con scarico	0.220	0.216	2.33	0.022	0.35	8.42	OK
34/2	34+333	TIPO 2	0.324	0.318	0.30	0.010	0.35	12.31	OK
35/1	35+000	TIPO 1 con scarico	0.220	0.216	0.30	0.010	0.35	5.68	OK
36/2	36+333	TIPO 2	0.324	0.318	14.87	0.053	0.35	28.33	OK
37/3	37+667	TIPO 2	0.324	0.318	14.23	0.052	0.35	28.06	OK
38/2	38+333	TIPO 1 con scarico	0.324	0.318	17.20	0.057	0.35	29.38	OK
39/3	39+667	TIPO 2	0.324	0.318	4.17	0.029	0.35	20.96	OK
41/2	41+333	TIPO 2	0.324	0.318	5.93	0.034	0.35	22.69	OK
43/2	43+333	TIPO 2	0.324	0.318	6.10	0.034	0.35	22.69	OK
47/1	47+000	TIPO 2	0.324	0.318	6.27	0.035	0.35	23.02	OK
48/3	48+576	TIPO 2	0.324	0.318	25.33	0.069	0.35	32.33	OK
49/2	49+590	TIPO 1 con scarico	0.324	0.318	99.33	0.250	0.60	105.49	OK

Tabelle 6 - Überprüfung der Abwasserkanäle im Fall der selektiven Grundgewässersammlung.

Tabella 6 – Verifica collettori di scarico nel caso di raccolta selettiva delle acque di falda.

### 8.3 ÜBERFRÜFUNG DES BASISBOGENSEGMENTS DES ERKUNDUNGSSTOLLENS

Wie in Absatz 7.1.1 beschrieben, da keine sicheren Informationen der eventuellen Wiederverwertung der Grundgewässer vorhanden sind, werden die Abflüsse zum Erkundungsstollen für zwei mögliche Abgaben geplant:

- 4 Abwasserkanäle DN400 vorbereitet für eine zukünftige Entscheidung eine selektive Grundgewässersammlung zu durchführen;
- ein *Hohl-Trapezquerschnitt*, in Abbildung 16 rot gerastert, der im Basisbogensegment des Erkundungsstollens gewonnen ist.

Im zweiten Fall werden die Gewässer nicht getrennt und fließen durch den Kanal des Basisbogensegments zum Aufbereitungsbecken des Erkundungsstollens in Aicha ab.

### 8.3 VERIFICA CANALE DEL CONCIO DI BASE DEL CUNICOLO ESPLORATIVO

Come descritto nel paragrafo 7.1.1, dal momento che non abbiamo informazioni certe sull'eventuale riutilizzo delle acque di falda, gli scarichi verso il Cunicolo Esplorativo sono stati studiati in modo da avere due possibili recapiti:

- i 4 collettori DN400, predisposti nel caso in cui in un futuro si scelga di procedere ad una raccolta selettiva delle acque di falda;
- la *sezione trapezia cava*, retinata in rosso in figura 16, ricavata all'interno del concio di base del Cunicolo Esplorativo.

Nel secondo caso le acque non sono separate e confluiscono, attraverso il canale del concio di base, alla vasca di trattamento posta a valle del Cunicolo Esplorativo ad Aica.

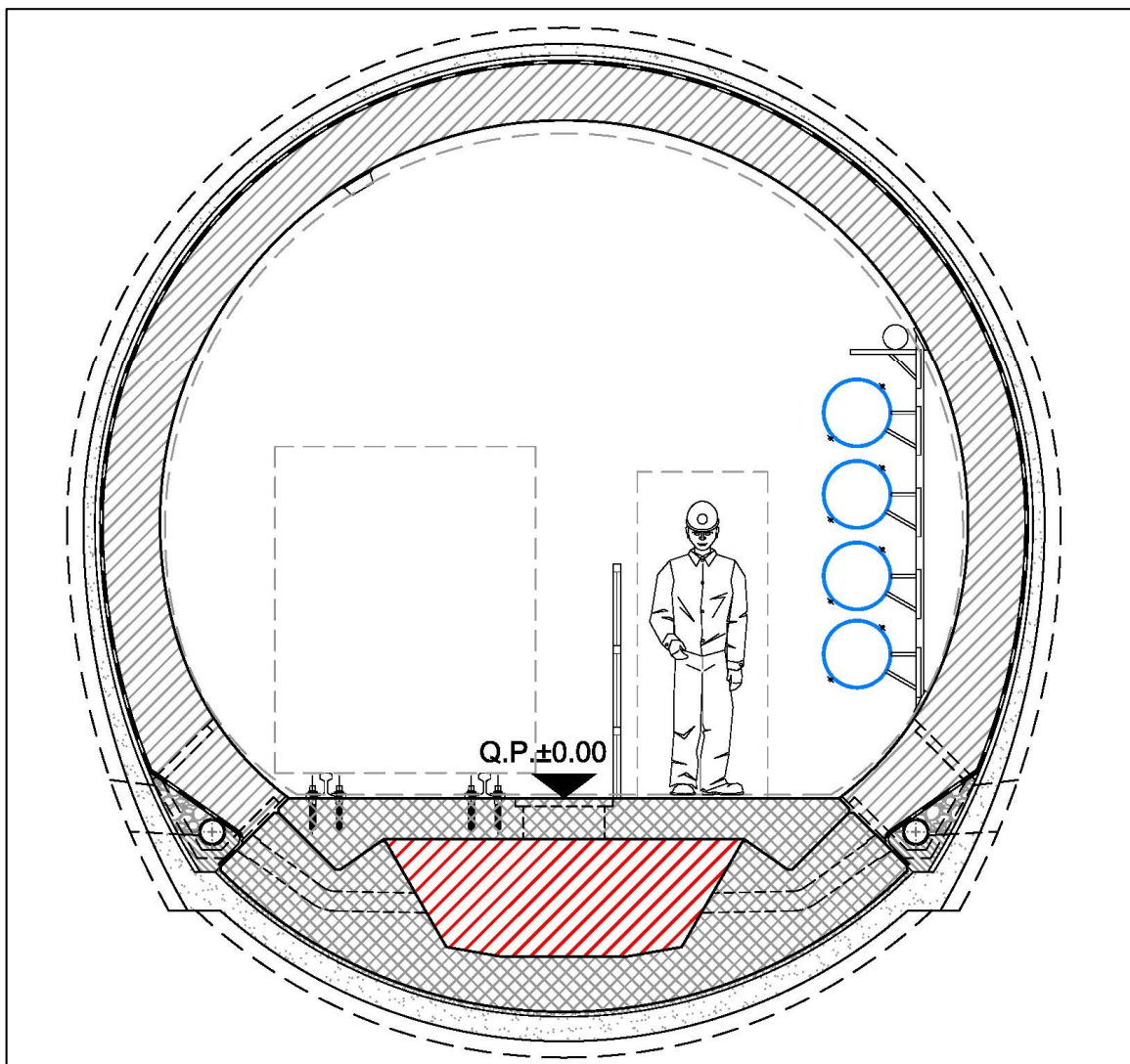


Abbildung 16 - Typologischer Querschnitt Erkundungsstollen.

Figura 16 – Sezione tipologica Cunicolo Esplorativo.

In Tabelle 7 wird die Skala der Durchflussmengen in gleichförmige Bewegung für den rot gerasterten Hohlquerschnitt berechnet.

Die berücksichtigten Parameter sind:

- Kanalgefälle 0,39%, vom Erkundungsstollen übernommenes Mindestgefälle;
- Strickler Rauheitskoeffizient von  $70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

Die berücksichtigte gesamte stabilisierte Durchflussmenge beträgt 345 l/s:

Nella tabella 7 si riporta la scala delle portate di moto uniforme calcolata per la sezione cava contrassegnata dal retino rosso.

I parametri considerati sono:

- pendenza canale 0,39%, pendenza minima assunta dal *cunicolo esplorativo*;
- coefficiente di scabrezza di Strickler pari a  $70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

La portata stabilizzata totale considerata per la verifica è pari a 345 l/s:

H0 [m]	Q [m <sup>3</sup> /s]	Area [m <sup>2</sup> ]	R [m]	v [m/s]
0.072	0.055	0.085	0.057	0.648
0.144	0.202	0.193	0.117	1.043
0.216	0.41	0.307	0.169	1.334
0.288	0.67	0.427	0.215	1.568
0.36	0.978	0.554	0.257	1.766
0.432	1.329	0.686	0.296	1.939
0.504	1.724	0.824	0.332	2.092
0.576	2.159	0.968	0.365	2.231
0.648	2.637	1.118	0.397	2.358

Tabelle 7 - Durchflussskala des Hohlquerschnitts des Erkundungsstollens.

Tabella 7 – Scala delle portate della sezione cava del Cunicolo Esplorativo.

Aus Tabelle 7 geht hervor wie die geplante Durchflussmenge nur ca. 22% der zur Verfügung stehenden Oberfläche füllt. Mit einen angenommenen maximalen Füllstand von 80% ist die Überprüfung zufriedenstellend.

Es wird darauf hingewiesen, dass der in den Berechnungen berücksichtigte Hohlquerschnitt des Erkundungsstollens kleiner ist als derjenige in der bestehenden Erkundungsstollenstrecke bei Aicha. Daraus folgt, dass der Füllungswert des Hohlquerschnitts des Erkundungsstollens bei Aicha noch kleiner als der oben aufgeführte (22%) ist, bei gleicher Durchflussmenge, Gefälle und Rauheitskoeffizient.

Der Hohlquerschnitt des Erkundungsstollens der Strecke im Norden (ausgehend von K 12.4+59 ca.) erweist sich nur ein wenig kleiner als derjenige welcher bei den Berechnungen benutzt wurde. Wenn die gleiche vorhergehende Überprüfung mit den gleichen Inputs durchgeführt wird, ändern sich die

Dalla tabella 7 si può constatare come la portata in progetto riempia solo per circa il 22% l'area disponibile. Assunto un grado di riempimento massimo dell'80%, la verifica è soddisfatta.

Si fa notare che la sezione cava del Cunicolo Esplorativo adottata nei calcoli risulta essere più piccola di quella presente nel tratto di Cunicolo Esplorativo esistente nei pressi di Aica. Ciò implica che il valore del riempimento della sezione cava del Cunicolo Esplorativo nei pressi di Aica risulta essere ancora minore di quello sopra riportato (22%) a parità di portata, pendenza e coefficiente di scabrezza.

La sezione cava del Cunicolo Esplorativo della tratta a Nord (a partire dalla PK 12.4+59 circa) risulta essere solo leggermente più piccola di quella adottata nei calcoli. Procedendo alla stessa verifica precedente e utilizzando gli stessi dati di input, i calcoli differiscono comunque solo di

Berechnungen jedenfalls nur um einige Prozentsätze. Außerdem hat der Basisbogensegmentkanal einen sicherlich entschieden niedrigeren abfließenden Durchflussmengenwert als die angenommenen 345 l/s der vorhergehenden aufgezeigten Berechnung.

Es kann also abgeschlossen werden, dass die Überprüfung des Basisbogensegmentkanals des Erkundungsstollens allseits nachgewiesen ist.

#### 8.4 NETZÜBERPRÜFUNG DER BODENPLATTENGEWÄSSER

In diesem Fall sind keine besonderen Netzüberprüfungen durchgeführt worden, da keine wirkliche Durchflussmenge, die als Input-Data dient, geplant ist.

Die Bemaßung der Wasserabläufe ist so gewählt worden, dass diese so weit wie möglich den Raum zwischen Gleisschwelle und Bahnsteig besetzten: auf dieser Weise ist die maximale Abwendungsfähigkeit von gefährlichen Flüssigkeiten bei Zufallsüberschüttungen gesichert.

Der Kanaldurchmesser, DN315, der weitgehend die 4 l/s des ständigen Flusses transportieren kann, ergibt sich aus dem Kompromiss zweier Faktoren:

- die Notwendigkeit die besetzten Räume aufs Minimum zu reduzieren;
- die Netzreinigung und -wartung zu erleichtern.

Das Bodenplattengewässernetz erweist sich als *redundant*. Eventuelle Überschüttungen, z. B. in Folge eines Unfalls, würden vom System absorbiert.

qualche punto percentuale. Inoltre, il canale del concio di base di questa tratta ha un valore di portata defluente di certo nettamente inferiore ai 345 l/s adottati nel calcolo precedentemente esposto.

È possibile dunque concludere che la verifica del canale del concio di base del Cunicolo Esplorativo è ovunque verificata.

#### 8.4 VERIFICA RETE DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA

In questo caso non sono state effettuate particolari verifiche della rete in quanto non esiste una vera portata di progetto da prendere come dato di input.

La dimensione delle caditoie è stata scelta in modo da occupare il più possibile lo spazio compreso tra la traversa della rotaia e la banchina: in questo modo si assicura la massima capacità di allontanamento dei liquidi pericolosi in caso di sversamenti accidentali.

Il diametro del collettore, DN315, ampiamente capace di trasportare i 4 l/s del flusso continuo, è stato definito dal compromesso di due fattori:

- la necessità di ridurre al minimo gli spazi occupati;
- il rendere agevole le operazioni di pulizia e manutenzione della rete.

La rete delle acque di piattaforma risulta essere *ridondante*. Eventuali sversamenti, a causa ad esempio di un incidente, verrebbero assorbiti dal sistema.



## 9 KONTROLLSCHÄCHTE

Zur Kanalinspektion sind Schächte aus Polymerbeton eingesetzt worden, um die Stärken und demzufolge die Besetzung innerhalb der Querabschnitte zu reduzieren.

Der maximale zugelassene Achsenabstand, zur Gewährleistung der Netzreinigung und -wartung, ist 111 m.

Die Polymerbeton Schächte müssen widerstandsfähig gegen aggressive Gewässer Klasse XA3 (Norm UNI-EN 206-1) sein.

Alle Kontrollschächte über ca. 1.50 m hoch werden mit sämtlichen notwendigen Sicherheitsausstattungen ausgerüstet sein, wie Steigleiter mit Fallschutz und rutschfesten Stufen.

## 9 POZZETTI DI ISPEZIONE

Per l'ispezione dei collettori sono stati introdotti dei pozzetti in calcestruzzo polimerico in modo da ridurre gli spessori e quindi l'occupazione all'interno delle sezioni trasversali.

L'interasse massimo accettato, per poter garantire le operazioni di pulizia e manutenzione della rete, è 111 m.

I pozzetti in calcestruzzo polimerico dovranno resistere all'azione di acque aggressive in classe XA3 (norma UNI-EN 206-1).

Tutti i pozzetti d'ispezione con altezza superiore a circa 1.50 m saranno dotati di tutte le attrezzature di sicurezza necessarie quali scale alla marinara con protezione anticaduta e scalini antiscivolo.

## 10 HYDRAULISCHE EINRICHTUNGEN

Im Querstollen Typ 1 mit Ablauf - CT 49/2, welcher dem Tiefpunkt der Streckenführung entspricht, ist ein Trennbecken eingesetzt worden (Abb. 17) um eventuell gefährliche Flüssigkeiten bei Unfällen einzugrenzen und zu entfernen.

Die vorgesehenen Abflüsse sind drei:

- 1) der Grundgewässerabfluss;
- 2) der Abfluss des ständigen Flusses;
- 3) der Abfluss der gefährlichen Flüssigkeiten welche eventuell bei Unfällen überschüttet werden.

## 10 PRESIDI IDRAULICI

Nel cunicolo trasversale di tipo 1 con scarico - CT 49/2 punto di minimo altimetrico del tracciato, è stata inserita una vasca di separazione (fig. 17) in modo da confinare ed allontanare eventuali liquidi pericolosi sversati in caso di incidente.

Gli scarichi previsti sono tre:

- 1) lo scarico delle acque di falda;
- 2) lo scarico del flusso continuo;
- 3) lo scarico dei liquidi pericolosi eventualmente sversati in caso di incidente.

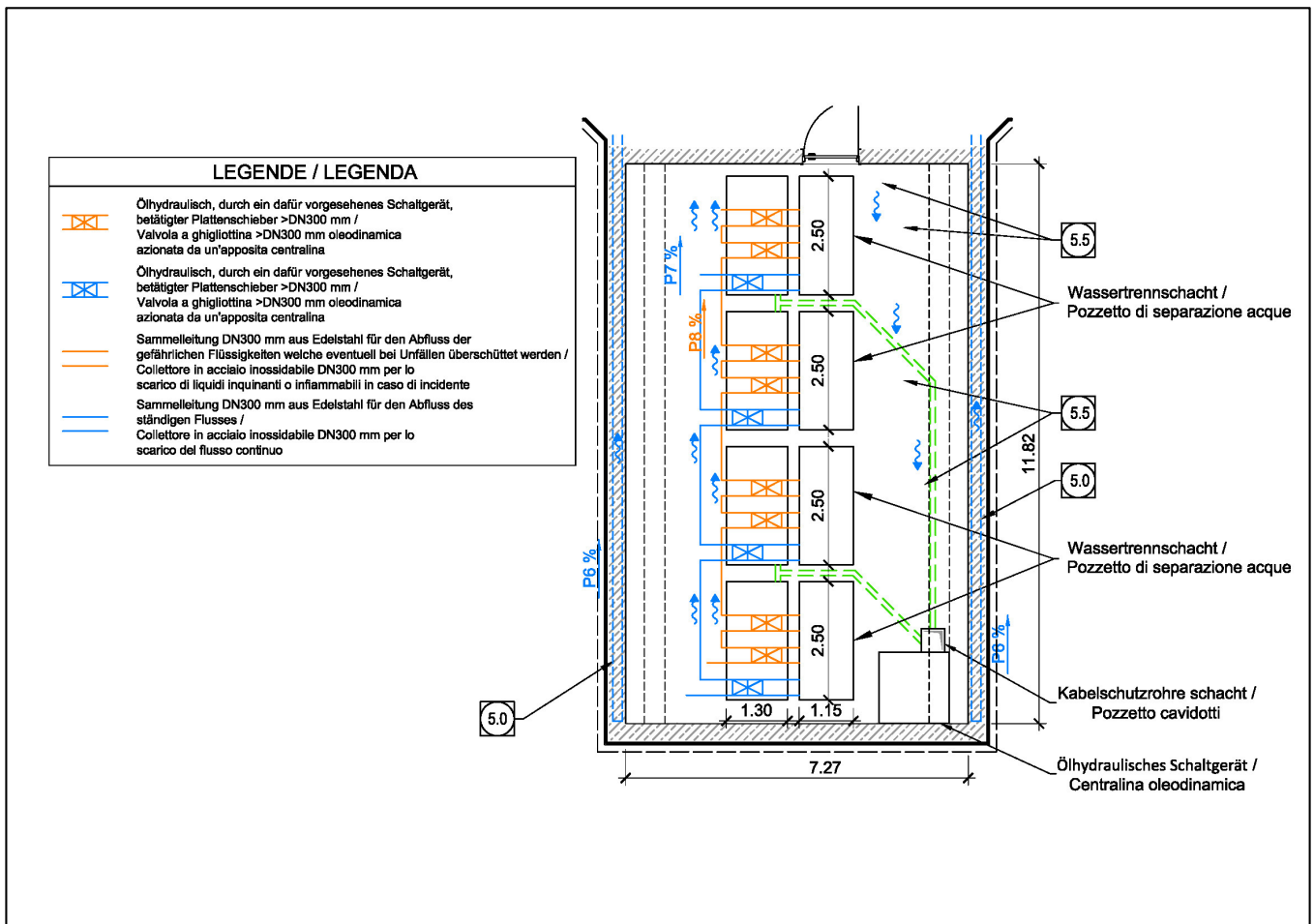


Abbildung 17 - Trennbecken im Tiefpunkt (Querstollen 49/2).

Figura 17 – Vasca di separazione nel punto di minimo (cunicolo trasversale 49/2).

### 10.1 GRUNDGEWÄSSERABFLUSS

Der Abfluss erfolgt ähnlich wie bei den anderen Querstollen: ein senkrechter Edelstahlkanal DN300 leitet die Gewässer zum Erkundungsstollen ab.

Auch in diesem Fall kann der Abfluss in den an der Schale verankerten Kanal DN400 oder im Hohlquerschnitt des Basisbogensegments enden.

### 10.2 ABFLUSS DES STÄNDIGEN FLUSSES

Bei den Kanälen welche dem Sammeln der Bodenplattengewässer bestimmt sind fließen bei Betriebsbedingungen 4 l/s aus den Brandschutzbecken, insgesamt 16 l/s.

Der Abfluss dieser Durchflussmenge wird durch einen senkrechten Edelstahlkanal DN300, welcher in den Basisbogensegmentkanal des Erkundungsstollens endet, realisiert.

### 10.3 ABFLUSS DER ZUFALLSÜBERSCHÜTTUNGEN

Im Inneren des Querstollens befindet sich ein Trennbecken in Ortbeton, welches mit einer Schutzschicht aus Epoxidharz gegen potenziell aggressiven Flüssigkeiten ummantelt ist. Das Becken ist durch 3 Wände, auch diese in Ortbeton, in 4 Wannen geteilt, in denen ebenso viele Abflusskanäle DN315 enden.

Wie in Abbildung 17 dargestellt führen von jede Wanne 3 Kanäle ab: einer (in blau) für den Abfluss des ständigen Flusses, welcher von der oberen Hälfte der Wanne ausgeht, sowie zwei (in orange) für den Abfluss der gefährlichen Flüssigkeiten, welche vom Boden ausgehen.

Der Abfluss wird von hydraulischen Plattenschiebern (> DN300) (Abb. 18 und 19) geregelt: eine per Abflusskanal, insgesamt 12 Stück, welche von einem eigenen Steuergerät eingeschaltet werden. Während der Betriebsphase sind die Abflussventile des ständigen Flusses offen, derweil die der gefährlichen Flüssigkeiten natürlich geschlossen bleiben.

Das gesamte Bauwerk wird videoüberwacht. Im Fall einer Überschüttung von gefährlichen Flüssigkeiten muss man vom Kontrollposten aus:

- die Abflussventile des ständigen Flusses schließen;
- die Ventile der zwei Kanäle, welche sich am Boden jeder Wanne befinden, öffnen.

### 10.1 SCARICO DELLE ACQUE DI FALDA

Lo scarico avviene in modo analogo a quanto visto per gli altri cunicoli trasversali: un collettore verticale DN300 in acciaio inossidabile scarica le acque verso il cunicolo esplorativo.

Anche in questo caso lo scarico può terminare nel collettore DN400 ancorato al rivestimento oppure nella sezione cava ricavata nel concio di base.

### 10.2 SCARICO DEL FLUSSO CONTINUO

Nei collettori destinati alla raccolta delle acque di piattaforma circolano in condizioni di regime 4 l/s provenienti dalle vasche dell'impianto antincendio, per un totale di 16 l/s.

Lo scarico di questa portata è realizzato con un collettore verticale DN300 in acciaio inossidabile che finisce nel canale del concio di base del Cunicolo Esplorativo.

### 10.3 SCARICO DEGLI SVERSAMENTI ACCIDENTALI

All'interno del cunicolo trasversale è collocata una vasca di separazione in c.a. gettata in opera e rivestita con uno strato di protezione in resina epossidica contro l'azione di potenziali liquidi altamente aggressivi. La vasca è suddivisa, tramite 3 setti in calcestruzzo anch'essi gettati in opera, in 4 vani nei quali terminano altrettanti collettori DN315.

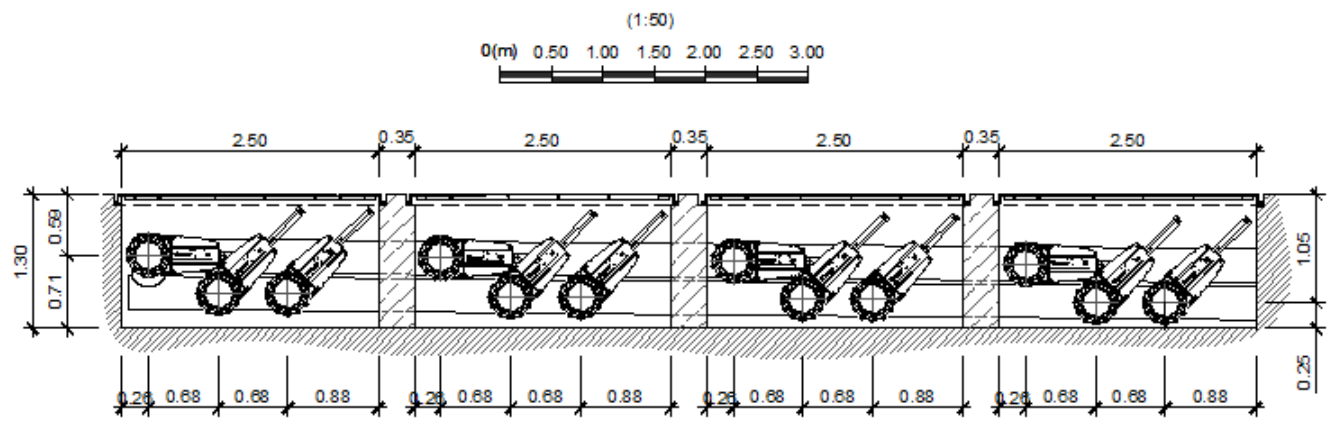
Come raffigurato in figura 17, da ogni vano escono 3 collettori: uno (in blu) per lo scarico del flusso continuo, in uscita dalla metà superiore del vano, e due (in arancione) per lo scarico dei liquidi pericolosi, in uscita dalla base.

Il flusso in uscita è regolato da valvole a ghigliottina oleodinamiche (> DN300) (fig. 18 e 19): una per ogni collettore in uscita, per un totale di 12, azionate da un'apposita centralina. In fase di regime, le valvole dello scarico del flusso continuo sono aperte mentre quelle dello scarico dei liquidi pericolosi sono evidentemente chiuse.

L'intera opera è dotata di videosorveglianza. Nel caso in cui vi sia uno sversamento di liquidi pericolosi dalla postazione di controllo si dovrà:

- chiudere le valvole degli scarichi del flusso continuo;
- aprire le valvole dei due collettori posti nella parte bassa di ciascun vano.

QUERSCHNITT DES ABSCHIEDER BECKENS /  
 SEZIONE TRASVERSALE DEGLI SCARICHI DELLA VASCA DI SEPARAZIONE



QUERSCHNITT DES ABSCHIEDER BECKENS /  
 SEZIONE TRASVERSALE DELLA VASCA DI SEPARAZIONE

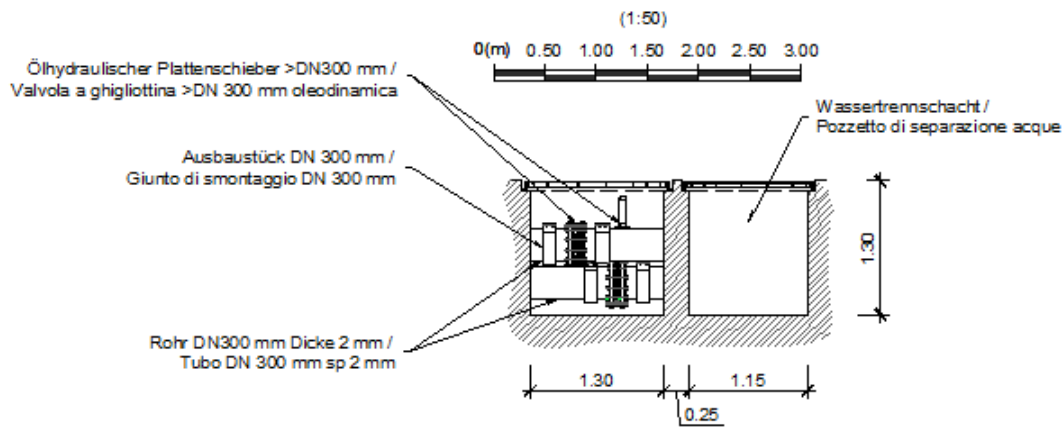
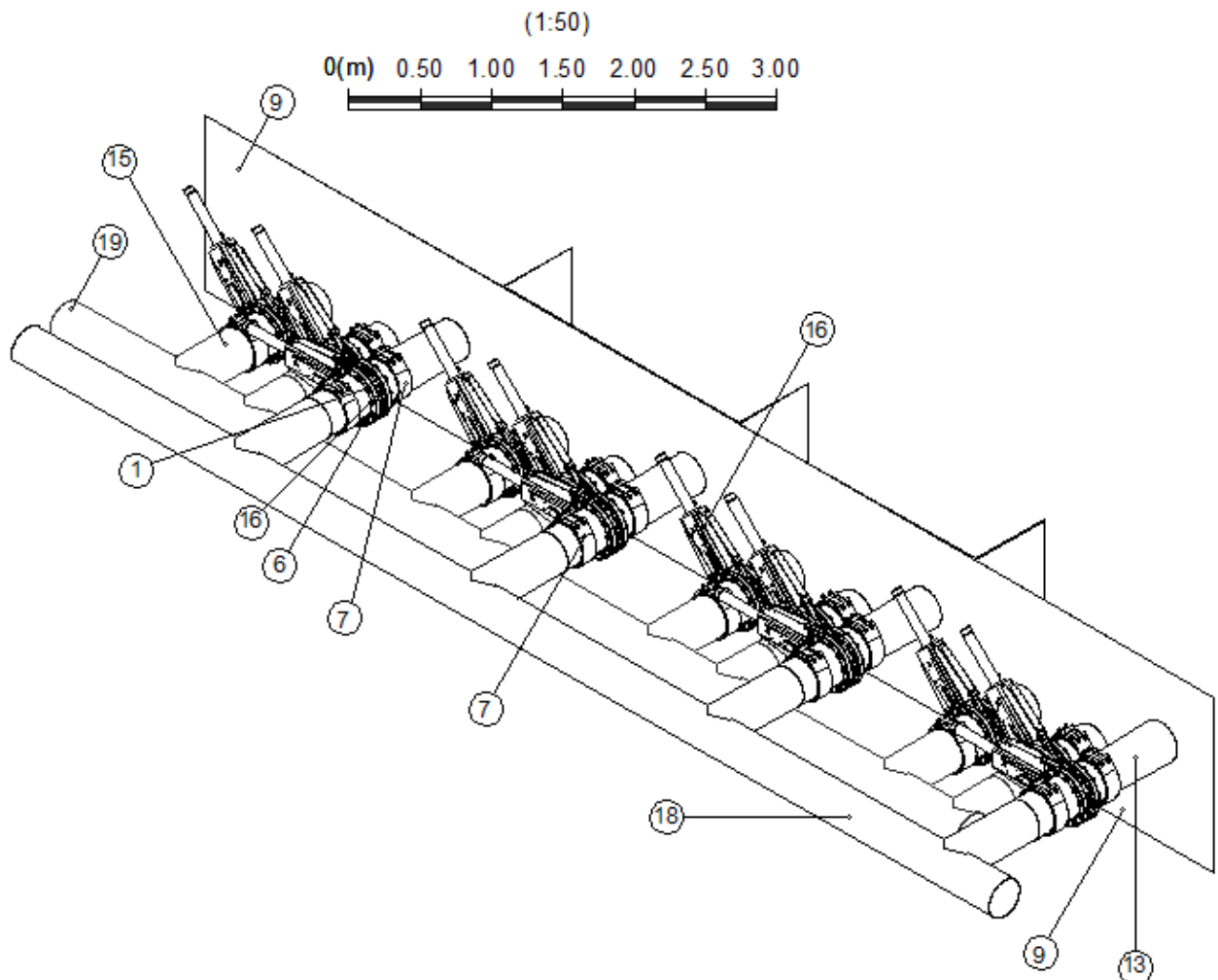


Abbildung 18 - Grundriss und Querschnitte des Trennbeckens.

Figura 18 - Pianta e sezioni della vasca di separazione.

## ABFLÜSSEISOMETRIE DES ABSCHIEDER BECKENS / ISOMETRIA DEGLI SCARICHI DELLA VASCA DI SEPARAZIONE



Standort / Posizione	Beschreibung / Descrizione	Material / Materiale
1	Gewindestange M20 / Barra filettata M20	AISI 304
6	Gepresste Leichtflansch DN 300 mm PN 10 / Flangia leggera stampata DN 300 mm PN 10	AISI 304
7	Ausbaustück DN 300 mm / Giunto di smontaggio DN 300 mm	AISI 304
9	Vderklammerungsblech Stärke 3 mm / Lamiera inghisaggio sp 3 mm	AISI 304
13	Rohr DN300 mm Dicke 2 mm / Tubo DN 300 mm sp 2 mm	AISI 304
15	Rohr DN300 mm Dicke 2 mm / Tubo DN 300 sp 2 mm	AISI 304
16	Ölhydraulischer Plattenschieber >DN300 mm / Valvola a ghigliottina >DN 300 mm oleodinamica	
18	Rohr DN300 mm Dicke 2 mm / Tubo DN 300 mm sp 2 mm	AISI 304
19	Rohr DN300 mm Dicke 2 mm / Tubo DN 300 mm sp 2 mm	AISI 304

Abbildung 19 - Isometrie der Trennbeckenabflüsse.

Figura 19 - Isometria degli scarichi della vasca di separazione.

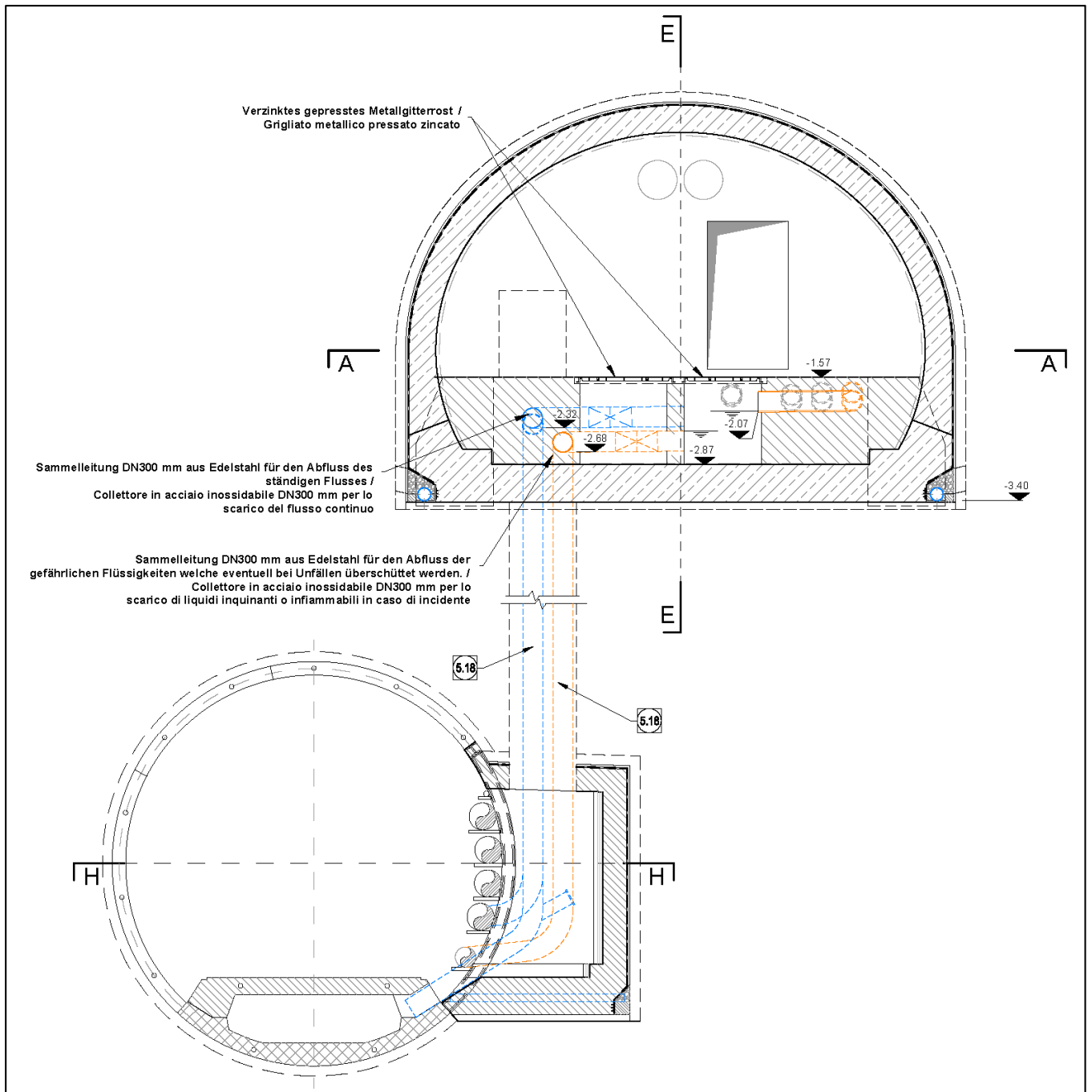


Abbildung 20 - Senkrechte Abflüsse Tiefpunkt.

Figura 20- Scarichi verticali punto di minimo.

Der Abfluss der verschmutzenden oder brennbaren Flüssigkeiten besteht aus einem senkrechten Edelstahlkanal DN300, welcher im Inneren des Erkundungsstollens, parallel zu den 4 Grundgewässer führenden Abflusskanälen, fortläuft.

Abgabe dieses Abflusskanals wird ein Auffangbecken sein, welches sich unter dem Platz an der Aicha Mündung befindet.

Lo scarico dei liquidi inquinanti o infiammabili è realizzato con un collettore verticale DN300 in acciaio inossidabile che prosegue all'interno del Cunicolo Esplorativo parallelamente ai 4 collettori DN400 che trasportano le acque di falda.

Recapito per questo collettore sarà una vasca di raccolta posta sotto il piazzale in prossimità dell'imbocco di Aica.

Die Maße des Beckens erlauben das Sammeln der auf der Bodenplatte verschütteten Flüssigkeit, des Wassers zur Löschung des Brandes sowie des in die Rohrleitung zur Säuberung geschütteten Wassers (4 l/s), zur Begrenzung der Brand- und Explosionsauswirkungen.

Um die Beckenmaße zu schätzen berücksichtigt man folgende Bedingung:

- das Kippen einer Zisterne, max. 100 m<sup>3</sup>;
- 90 Minuten lange Nutzung der Brandanlage, 108 m<sup>3</sup>;
- 90 Minuten lange Wasserzufuhr um die Dränage zu erleichtern, 21.6 m<sup>3</sup>.

Das ergibt ca. ein 240 m<sup>3</sup> Becken, mit einer Zufügung von 20% Sicherheitsvolumen erweist sich ein Mindestbeckenvolumen von 290 m<sup>3</sup>.

## 11 ABFLUSSLEITUNGSSYSTEM VOM ENDE DES AICHA TUNNELS ZUR AUFBEREITUNGSANLAGE

### 11.1 BAUWERKBESCHREIBUNG

Wie im vorhergehenden Kap. 10 bereits gesagt, befinden sich im Inneren des Tunnels insgesamt 5 Edelstahlabflusskanäle die zur Sammlung der Grundgewässer- und Zufallsüberschüttungsabflüsse bestimmt sind. Diese Kanäle befinden sich in Reihe entlang der Tunnelwand.

Das Kanalisationssystem der Grundgewässer besteht aus vier Edelstahlrohrleitungen DN 400 mm. Das Kanalisationssystem der Zufallsüberschüttungen besteht aus eine Rohrleitung DN 300 mm, auch diese aus Edelstahl.

Diese Rohrleitungen erreichen das Südportal des Aicha Tunnels.

Im Inneren des Tunnelquerschnitts ist auch ein Basisbogensegmentkanal vorhanden, welcher sowohl den ständigen Fluss als auch die Grundgewässer mitführen kann. Diese letzteren, wie schon erörtert, können sowohl in die Stahlkanäle als auch im Basisbogensegmentkanal abgeleitet werden.

Im Südportal des Aicha Tunnels ist der Wechsel des Gewässerleitungssystems (siehe Abb. 21).

Die Grundgewässer werden im Inneren eines Ortbeton-Schachts geleitet (Schacht A der Planungstafel), welcher 3 m über den Boden raus ragt, um ohne Gefälleänderung die Edelstahl Abflusskanäle DN 400 mm leiten zu können; diese Abflusskanäle werden 50 cm tief in die Betonstruktur des

La vasca è dimensionata per raccogliere il liquido versato sulla piattaforma, l'acqua utilizzata per lo spegnimento dell'incendio e l'acqua versata nelle tubazioni (4 l/s) per mantenerle pulite e limitare gli effetti di incendio ed esplosione.

Per fare una stima delle dimensioni della vasca consideriamo la seguente condizione:

- rovesciamento di una cisterna max 100 m<sup>3</sup>;
- utilizzo dell'impianto antincendio per 90 minuti 108 m<sup>3</sup>;
- apporto di acqua per favorire il drenaggio per 90 minuti 21.6 m<sup>3</sup>.

Si ottiene una vasca di circa 240 m<sup>3</sup>, aggiungendo un 20% di volume di sicurezza il volume minimo da assegnare alla vasca risulta pari a 290 m<sup>3</sup>.

## 11 SISTEMA DI CONVOGLIAMENTO SCARICHI DA TERMINE CUNICOLO AICA AD IMPIANTO TRATTAMENTO

### 11.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Come detto nel precedente cap. 10, all'interno della galleria sono presenti 5 collettori in totale in acciaio inox destinati alla raccolta dello scarico delle acque di falda e dello scarico degli sversamenti accidentali. Tali collettori sono posti in serie verticale lungo la parete della galleria.

Il sistema di convogliamento delle acque di falda è costituito da quattro tubazioni in acciaio inox DN 400 mm. Il sistema di convogliamento delle acque di scarico degli sversamenti accidentali è costituito da una tubazione DN 300 mm sempre in acciaio inox.

Tali tubazioni giungono sino al portale Sud del cunicolo di AICA.

All'interno della sezione della galleria è altresì presente un canale del concio di base in grado di convogliare sia il flusso continuo sia le acque di falda. Quest'ultime infatti, come già discusso, possono essere scaricate sia nei collettori in acciaio sia nel canale del concio di base.

Nel portale Sud del cunicolo di AICA vi è il cambio di sistema di convogliamento delle acque (vedi fig. 21)

Le acque di falda vengono convogliate all'interno di un pozzetto (pozzetto A nella tavola di progetto) gettato in opera, sporgente fuori terra di circa 3 metri, in modo da poter convogliare senza variazioni di pendenza i collettori DN 400 mm in acciaio; tali collettori entreranno all'interno della

Schachts eindringen. Die Stärke des herausragenden Teils sowie des Bodens beträgt 30 cm. Vom Schacht A leitet eine Rohrleitung aus Polyethylene hoher Dichte (hdpe), mit einem Nenndurchmesser von 800 mm, die Grundgewässer zum Voraufbereitungsbecken der Aufbereitungsanlage.

Der Edelstahl Abflusskanal DN300 der Zufallsüberschüttungsgewässer läuft dem verlegtem Tunnelgefälle für ca. 6 Meter nach, bevor er über zwei 45° Kurven in Schacht 1 eintritt. Dieser Verlauf erweist sich als nötig wegen der Interferenzen die sich mit dem Kanal DN800, welcher vom oben beschriebenen Schacht A ausgeht, bilden würden. Dieser oberirdische Rohrleitungsverlauf wird durch die Verlegung eines Geländers an der Verkehrsseite geschützt.

Die oberirdischen Rohrleitungen werden durch die Verlegung von geeigneten 4 cm starken Klebekuppeln aus Glaswolle oder ähnlichem Material gedämmt, welche nach Außen von einem Aluminiumblech, mit einem Mindestdicke von 0.8 mm, ummantelt sind. Dieses Isoliersystem erlaubt die Erhaltung der Temperaturen über den Gefrierpunkt.

## 11.2 LEITUNGSKANÄLE

Der Wechsel des Gewässerleitungssystems geschieht durch den Eingang der Rohrleitungen in bestimmte Schächte.

struttura in cls del pozzetto per una lunghezza pari a 50 cm. Lo spessore delle elevazioni e della fondazione è pari a 30 cm. Dal pozzetto A, una tubazione in polietilene ad alta densità (h.d.p.e.) del diametro nominale pari a 800 mm convoglia le acque di falda verso la vasca di pretrattamento dell'impianto di trattamento.

Il collettore delle acque di scarico degli sversamenti accidentali in acciaio DN 300 prosegue secondo la pendenza di posa in galleria per circa 6 metri prima di entrare, attraverso due curve a 45°, nel pozzetto 1. Tale percorso si rende necessario a causa dell'interferenza che si verrebbe a creare con il collettore DN 800 in partenza dal pozzetto A sopra descritto. Tale tratto fuori terra sarà protetto mediante la posa di un tratto di guard rail lato viabilità a protezione della tubazione.

Le tubazioni nei tratti fuori terra saranno coibentate mediante la posa di apposite coppelle adesive di spessore pari a 4 cm in lana di roccia o materiale equivalente, rivestite esternamente da un lamierino in alluminio di spessore minimo pari a 0.8 mm. Tale sistema di coibentazione permette di garantire il mantenimento di temperature al di sopra del punto di congelamento.

## 11.2 COLLETTORI DI CONVOGLIAMENTO

Il cambio di sistema di convogliamento delle acque avviene attraverso l'ingresso delle tubazioni in pozzetti dedicati.



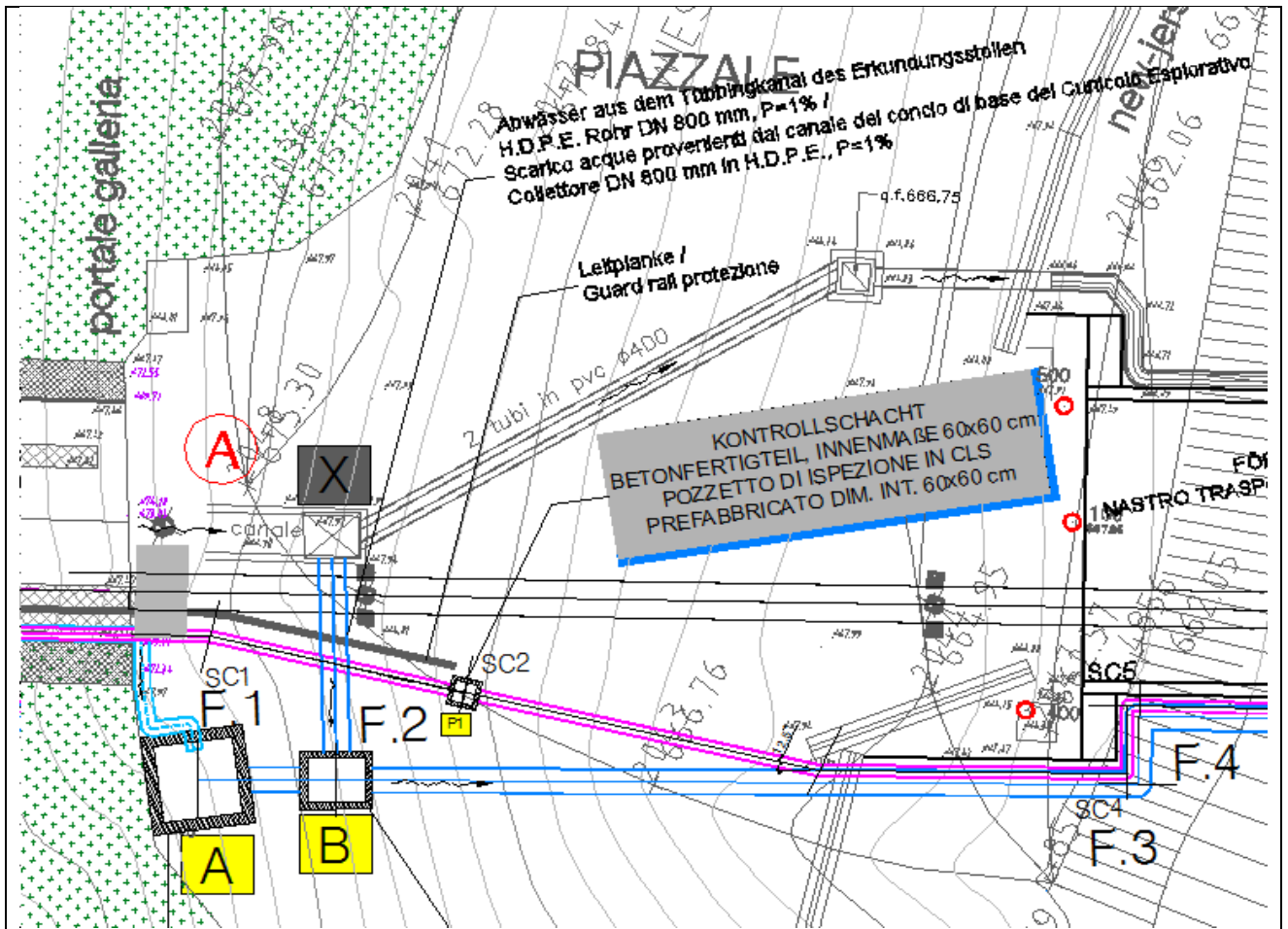


Abbildung 21 - Planimetrische Auszug des Verlaufs der unterirdischen Kanäle des Gewässerleitungssystems.

Figura 21 – Stralcio planimetrico del passaggio dalla galleria A.I.C.A. ai collettori interrati per il sistema di convogliamento acque.

Das Grundgewässerleitungssystem wird durch die Verlegung eines Kanals aus Polyethylene hoher Dichte (hdpe), mit einem Nenndurchmesser von 800 mm, sowie einem Innendurchmesser von 690 mm, ausgeführt. Dieser Kanal wird mit zwei Gefällen verlegt, 0.5% und 0.8%. Diese Werte sind zur Optimierung des sicheren Abflusses gewählt worden der vom Abfangsystem im Tunnel abgeleiteten maximalen Durchflussmengen, übereinstimmend mit den bestehenden Plan-Höhenlagenbindungen des Verlegungsverlaufs, um das Voraufbereitungsbecken der Aufbereitungsanlage zu erreichen, welche den Abgabepunkt darstellt.

Das Verlegungsprofil ermöglicht die Aushübe zu minimisieren in Anbetracht eines kompatiblen Querschnitts mit den maximalen Durchflussmengen und dem Endstück der Verlegung, welcher hinsichtlich der Mindestabdeckung kritisch und auf 70 cm festgelegt ist. Aus diesen Gründen wurde der Einsatz einer Rohrleitung mit einem Umfangswiderstand von SN 8 KN/mq gewählt; Steife und Widerstand des Kanals erlauben die Verlegung unter Berücksichtigung der 70 cm Mindestabdeckung, wie aus den

Il sistema di convogliamento delle acque di falda è realizzato mediante la posa di un collettore in polietilene ad alta densità (h.d.p.e.) del diametro nominale pari a 800 mm e diametro interno pari a 690 mm. Tale collettore sarà posato con due pendenze, dello 0.5% e dello 0.8%. Questi valori sono stati scelti per ottimizzare il deflusso in sicurezza delle massime portate convogliate dal sistema di intercettazione in galleria concordemente con i vincoli plano-altimetrici esistenti lungo il percorso di posa per giungere alla vasca di pretrattamento dell'impianto di depurazione, che rappresenta il punto di recapito.

Il profilo di posa studiato permette di minimizzare gli scavi, a fronte di una sezione della tubazione compatibile con le portate massime e con il tratto terminale di posa, critico per quanto riguarda il ricoprimento minimo, fissato pari a 70 cm. Per queste motivazioni si è scelto di utilizzare una tubazione con resistenza circonferenziale pari a SN 8 KN/mq; la rigidità e resistenza del collettore permette la posa rispettando il valore di 70 cm del ricoprimento minimo, come dimostrano le verifiche statiche eseguite che verranno riportate nel paragrafo dedicato alle verifiche delle tubazioni.

durchgeführten statischen Überprüfungen im Absatz über die Überprüfungen der Rohrleitungen hervorgeht.

Das Verlegungsprofil des Edelstahlkanals DN 300 mm erweist keine Besonderheiten und/oder Schwierigkeiten. Es ist entschieden worden das gleiche Material zur Abwasserleitung der Zufallsüberschüttungen einzusetzen. Das Profil hat ein konstantes Gefälle von 0.5% bis zum Eingang in das Auffangbecken der gefährlichen Flüssigkeiten.

Um auf Dauer die Haltbarkeit des Materials zu gewährleisten wird die Edelstahlrohrleitung in der unterirdischen Strecke durch eine bituminösen Hülle mit einem Gewicht von 1500 g/mq geschützt werden. Diese Hülle wird die Rohrleitung vor Außeneinflüsse schützen.

In der beiliegende Tafel der Planung, "02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16401\_10" [34] Dokument "Gewässerentsorgung" Titel "Lageplan und Querschnitte hydraulische Bauwerke", sind die Profile der oben beschriebenen Abwasserkanäle dargestellt.

Die Kontroll- und Spülfertigschächte welche in der Streckenführung des Kanals DN 800 mm eingesetzt sind haben einen variablen Abstand, um sich den möglichen Interferenzen anzupassen, welche sich mit den besorgten Bauwerk- und Baustellenstrukturen, wie z.B. die Bodenplatten des Förderbands, ergeben könnten. Die Schächte liegen im Mittelpunkt zu den Entfernungen zwischen den Bodenplatten. Die gleiche Aufmerksamkeit ist bei der Überprüfung der möglichen Interferenzen mit den Nebendiensten aufgebracht worden. Aus der hinzugezogenen Dokumentation, aufgelistet in der entsprechenden obengenannten Tafel der Referenzdokumente, ergeben sich keine Interferenzen bei der Streckenführung der Abwasserkanäle, außer beim Standort der Baustellenkanalisation. Die folgende Höhenlagenüberprüfung hat bewiesen, dass dieser Abwasserkanal eine 3.13 Meter Fließquote unter der Verlegungsebene des Kanals DN 800 mm am Überlagerungspunkt erweist.

*Daraus folgt, dass auch in der Aushub- und Verlegungsphase der Rohrleitung dieser Abwasserkanal keinerlei Störung ertragen wird.*

Es ist zu unterstreichen, dass der vorhandene Gewässerableitungsschnitt im Basisbogensegmentkanal des Tunnels an dessen Ende mit dem Abwasserkanal DN 800 mm mittels eine Rohrleitung DN 800 mm verbunden wird, welche mit einem Gefälle von 1% und in Schacht B eintretend verlegt wird.

Il profilo di posa del collettore in acciaio inox DN 300 mm non presenta particolarità e/o criticità. Si è scelto di mantenere il medesimo materiale per il convogliamento delle acque di scarico degli sversamenti accidentali. Il profilo ha una pendenza pari allo 0.5% costante, sino all'ingresso nella vasca di raccolta dei liquidi pericolosi.

Per assicurare la durata nel tempo del materiale, la tubazione in acciaio inox nel tratto interrato sarà protetta mediante guaina bituminosa dal peso di 1500 g/mq. Tale guaina proteggerà la tubazione dagli agenti esterni.

Nella tavola allegata al progetto, sigla "02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16401" [34] documento "Smaltimento delle acque" titolo "Planimetria e sezioni opere idrauliche" sono rappresentati i profili dei collettori sopra descritti.

I pozzetti di ispezione e di salto prefabbricati inseriti nel tracciato del collettore DN 800 mm hanno un passo variabile, studiato in modo che sia conforme alle possibili interferenze che potrebbero venirsi a creare con le strutture delle opere provvisorie e di cantiere quali sono per esempio i plinti di fondazione del nastro trasportatore. Le posizioni dei pozzetti sono baricentriche rispetto alle distanze intercorrenti tra i plinti di fondazione. Medesima attenzione è stata posta nella verifica delle interferenze possibili con i sottoservizi. Dalla documentazione consultata ed elencata nell'apposita tabella dei documenti di riferimento riportata nella tavola sopra citata, non risultano interferenze nei tracciati dei collettori, tranne per quanto riguarda la posizione della fognatura di cantiere. La successiva verifica altimetrica ha dimostrato che tale collettore ha quota di scorrimento 3.13 metri al di sotto del piano di posa del collettore DN 800 mm al punto di sovrapposizione.

Ne consegue che anche in fase di scavo e posa della tubazione tale collettore fognario non subirà perturbazioni di sorta.

E' da sottolineare che la sezione di convogliamento acque presente nel canale del concio di base della galleria, al termine della stessa viene collegata al sistema del collettore DN 800 mm mediante una tubazione DN 800 mm posata con pendenza pari a 1% ed entrante nel pozzetto B.

### 11.2.1 SCHÄCHTE

Die bei der Planung des Ableitungssystems benutzten Schächte sind des Fertigbautyps, Innenmaße 120x150 cm, mit Zugangsturm ausgestattet mit kreisförmigen gusseisernen Deckel, 100x100 cm, Klasse D 400. Die Stahlschächte der Kanäle DN 300 mm sind sowohl des oben beschriebenen Typs als auch des Fertigbautyps, 60x60 cm, mit Betondeckel.

Der Ausgangsschacht des Kanals DN 800 mm, wie schon in den vorhergehenden Absätzen beschrieben, ist Vorort gegossen.

Der Abgabeschacht besteht bereits, wird aber den Modernisierungswerken der Aufbereitungsanlage angepasst.

Sämtliche Kontrollschächte werden mit alle nötigen Sicherheitsausrüstungen ausgestattet sein, wie Steigleiter mit Fallschutz und rutschfesten Stufen.

Der Boden der Schächte wird mit einer doppelten Zweikomponenten-Epoxidmörtel Schutzschicht bedeckt.

### 11.2.2 VERLAUF AUF DER EISACKBRÜCKE

Der Verlauf der Rohrleitungen von einem Ufer zum anderen des Eisack Flusses wird durch Hängung der Rohrleitungen bergwärts des Baugerüsts durchgeführt. Die Befestigung wird mittels Rohrschellen aus verzinktem Stahl durchgeführt, mit einem Abstand nicht über 6 Meter. Die Befestigungspunkte werden an den Nähten von einem Rohrleitungsstab DN 800 mm zum anderen gesetzt; dieses Verfahren ermöglicht es eventuelle thermische Lineardehnungen, welche sich entlang der Rohrleitungen bei Temperaturwechsel erzeugen könnten, auszugleichen. Die Berechnung des maximalen Pfeils bei voller Rohrleitung mit Höchstpfeil von 3% des Stützpunkteabstands, wie vom Hersteller vorgesehen, hat folgende Ergebnisse geliefert:

- der Höchstpfeil erweist sich von 43.94 mm, was einem Prozentwert von 0.73% des Stützabstands entspricht.

Daraus folgt, dass die Rohraufhängung, so wie der nachfolgend aufgeführte Nachweis des Rohres DN 300 zeigt, nachgewiesen ist.

Für die Stahlrohrleitung DN 300 mm liefert der gleiche Stützabstand von 6 Meter folgende Ergebnisse:

- der Höchstpfeil erweist sich von 0.33 mm, was einem Prozentwert von 0.006% des Stützabstands entspricht.

### 11.2.1 POZZETTI

I pozzetti utilizzati nella progettazione del sistema di convogliamento sono del tipo prefabbricato di dimensioni interne pari a 120 x 150 cm con torrino di accesso dotato di chiusino di dimensioni pari 100x100 cm in ghisa sferoidale classe D 400. I pozzetti per il collettore DN 300 mm in acciaio sono sia del tipo sopra descritto sia del tipo prefabbricato di dimensioni 60x60 cm con chiusino in cls.

Il pozzetto di partenza del collettore DN 800 mm, come già descritto nei paragrafi precedenti, è del tipo gettato in opera.

Il pozzetto di recapito è esistente ma sarà adeguato alle opere di ammodernamento dell'impianto di trattamento.

Tutti i pozzetti d'ispezione saranno dotati di tutte le attrezzature di sicurezza necessarie quali scale alla marinara con protezione anticaduta e scalini antiscivolo.

Il fondo dei pozzetti sarà ricoperto con doppio strato di malta epossidica bicomponente di protezione.

### 11.2.2 PASSAGGIO SUL PONTE DELL'ISARCO

Il passaggio delle tubazioni da una sponda all'altra del fiume Isarco sarà effettuata mediante la sospensione delle tubazioni al lato di monte dell'impalcato. Il fissaggio avverrà mediante staffatura ad anello in acciaio zincato, avente passo non superiore a 6 metri. I punti di vincolo saranno posti in corrispondenza dei giunti tra una barra e l'altra della tubazione DN 800 mm; tale procedura permette di compensare le eventuali dilatazioni termiche lineari che potrebbero verificarsi lungo la tubazione al variare delle temperature. Il calcolo della freccia massima, in condizioni di tubazione piena con freccia massima pari al 3% del passo dei punti di appoggio così come previsto dal produttore, ha fornito i seguenti risultati:

- la massima freccia risulta essere pari a 43.94 mm, corrispondente ad un valore percentuale pari a 0.73% del passo di appoggio.

Ne consegue che la sospensione della tubazione è certamente verificata, così come per la tubazione DN 300 mm della quale qui di seguito si riporta la verifica.

Per la tubazione DN 300 mm in acciaio il medesimo passo di appoggio pari a 6 metri fornisce i seguenti risultati:

- la massima freccia risulta essere pari a 0.33 mm, corrispondente ad un valore percentuale pari a 0.006% del passo di appoggio.

### 11.3 ENDABGABEN

Die Abflussendabgabe der Zufallsüberschüttungen besteht aus einem Auffangbecken der gefährlichen Flüssigkeiten. Die Eingangsquote in den Becken liegt ca. 666 m ü.d.M.

Die Endabgabe der Grundgewässer und des ständigen Flusses besteht aus ein Voraufbereitungsbecken im Inneren der Aufbereitungsanlage. Die Abflussquote der Gewässer liegt ca. 658 m ü.d.M.

### 11.4 HYDRAULISCHE ÜBERPRÜFUNG DER KANÄLE

Hier werden die angewandten Überprüfungsverfahren für die geplanten Netze dargestellt.

#### ÜBERPRÜFUNG DES GRUNDGEWÄSSERNETZES

Zur Überprüfung des Grundgewässersammelnetzes während der Betriebsphase sind die in Absatz 5 beschriebenen stabilisierten Durchflussmengen benutzt worden.

Die Bewegung im Inneren der Kanäle wurde mittels eines Abflussschemas in gleichförmige Bewegung untersucht, bei dem die Bindung zwischen Durchflussmenge und entsprechende Wassertiefe sich aus der Chézy Gleichung ergibt:

$$Q = K_s A R^{2/3} i^{1/2}$$

wobei:

$Q$  = geplante Durchflussmenge der Strecke [ $m^3/s$ ];

$k_s$  = Rauheit Koeffizient von Strickler [ $m^{1/3}/s$ ];

$A$  = nasse Oberfläche des Querschnitts [ $m^2$ ];

$R$  = hydraulischer Radius [ $m$ ];

$i$  = Längsgefälle [ $m/m$ ].

In Bezug auf die Werte des Strickler Rauheitskoeffizient sind folgende Werte benutzt worden:

$k_s = 90 m^{1/3}$  für Rohrleitungen aus PEHD (HDPE).

In Folge werden die Überprüfungen der betreffenden maximalen Durchflussmengen an den geplanten Kanälen aufgezeigt.

Als annehmbarer Grenzwert der Rohrleitungsfüllung (Verhältnis zwischen Wasserhöhe in der Rohrleitung und deren Durchmesser) wurde ein Wert von 75 % übernommen.

In Folge werden die durchgeführten Berechnungen aufgezeigt.

Kanal DN 800 mm:

### 11.3 RECAPITI FINALI

Il recapito finale dello scarico degli sversamenti accidentali è rappresentato da una vasca di raccolta dei liquidi pericolosi. La quota di ingresso in vasca è pari a circa 666 m. s.l.m.

Il recapito finale delle acque di falda e del flusso continuo è rappresentato da una vasca di pretrattamento all'interno di un impianto di trattamento. La quota dello scarico delle acque è posta a circa 658 m. s.l.m.

### 11.4 VERIFICA IDRAULICA COLLETTORI

Si procede adesso ad illustrare i metodi di verifica adottati per le reti in progetto.

#### VERIFICA RETE ACQUE DI FALDA

Per la verifica della rete di raccolta delle acque di falda durante la fase di esercizio sono state utilizzate le portate stabilizzate descritte nel paragrafo 5.

Il moto all'interno dei collettori è stato esaminato adottando uno schema di deflusso in moto uniforme, in cui il legame tra portata e relativo tirante idrico è fornito dall'equazione di Chézy:

$$Q = K_s A R^{2/3} i^{1/2}$$

dove:

$Q$  è la portata di progetto del ramo [ $m^3/s$ ];

$k_s$  è il coefficiente di scabrezza di Strickler [ $m^{1/3}/s$ ];

$A$  è l'area bagnata della sezione [ $m^2$ ];

$R$  è il raggio idraulico [ $m$ ];

$i$  è la pendenza longitudinale [ $m/m$ ].

Per quanto attiene i valori del coefficiente di scabrezza di Strickler, sono stati utilizzati i seguenti valori:

$k_s = 90 m^{1/3}$  per tubazioni in P.E.A.D. (H.D.P.E.);

Di seguito si riportano le verifiche effettuate sui collettori in progetto per le massime portate afferenti.

Quale grado di riempimento limite accettabile per le tubazioni (rapporto tra l'altezza d'acqua nella tubazione ed il suo diametro) si è assunto un valore pari al 75%.

Di seguito si riportano i calcoli effettuati.

Collettore DN 800 mm:

- Mindestgefälle = 0.5%
- Wert der Höchst Durchflussmenge bei 75% Füllung: 677 l/s.

Da wir ein Wert der maximalen Durchflussmenge von 560 l/s haben ist die Überprüfung vollkommen zufriedenstellend.

Überprüfung für ein Gefälle von 0.8%

Unter dieser Bedingung ist die Strömung sehr schnell, daher besteht die Überprüfung aus der Summe der Wassertiefe und der Kinetik-Komponente der Strömung. Diese Summe muss geringer als der Wert des Innendurchmessers sein.

Kanal DN 800 mm:

- Mindestgefälle = 0.8%
- Wassertiefe bei Höchst Durchflussmenge = 380 mm
- Flussgeschwindigkeit = 2.3 m/s
- Wert der Kinetik-Komponente = 260 mm
- Wassertiefe des theoretischen Höchstwert= 640 mm < 690 mm.

Daraus folgt, dass der Kanal auch bei schneller Strömung nachgewiesen ist.

### ÜBERPRÜFUNG DES ABWASSERKANALS

Zur Überprüfung des Sammelnetzes der Zufallsüberschüttungsgewässer, welche in den Kanal DN 300 mm während der Betriebsphase abgeleitet werden, da die möglichen Werte der Durchflussmenge nicht bekannt sind, ist die maximal ableitbare Durchflussmenge per Füllstufe überprüft worden.

Die Bewegung im Inneren der Kanäle wurde mittels eines Abflussschemas in gleichförmige Bewegung untersucht, bei dem die Bindung zwischen Durchflussmenge und entsprechende Wassertiefe sich aus der Chézy Gleichung ergibt:

$$Q = K_s A R^{2/3} i^{1/2}$$

wobei:

$Q$  = geplante Durchflussmenge der Strecke [ $m^3/s$ ];

$k_s$  = Rauheit Koeffizient von Strickler [ $m^{1/3}/s$ ];

$A$  = nasse Oberfläche des Querschnitts [ $m^2$ ];

$R$  = hydraulischer Radius [ $m$ ];

$i$  = Längsgefälle [ $m/m$ ].

In Bezug auf die Werte des Strickler Rauheitskoeffizient sind folgende Werte benutzt worden:

$k_s = 90 m^{1/3}$  für Edelstahl Rohrleitungen.

- Pendenza minima = 0.5%
- Valore della massima portata a 75% di riempimento: 677 l/s.

Avendo un valore della portata massima pari a 560 l/s ne deriva che la verifica è ampiamente soddisfatta.

Verifica per pendenza pari allo 0.8%:

In tale condizione la corrente risulta essere veloce, quindi la verifica idraulica passa attraverso la somma del tirante idrico e della componente cinetica della corrente. Tale somma deve risultare inferiore al valore del diametro interno.

Collettore DN 800 mm:

- Pendenza minima = 0.8%
- Tirante idrico alla portata massima = 380 mm.
- Velocità del flusso = 2.3 m/s
- Valore della componente cinetica = 260 mm
- Tirante idrico massimo teorico = 640 mm < 690 mm.

Ne consegue che il collettore è verificato anche in condizione di corrente veloce.

### VERIFICA COLLETTORE DI SCARICO.

Per la verifica della rete di raccolta delle acque degli sversamenti accidentali che confluiscono nel collettore DN 300 mm in fase di esercizio, non avendo conoscenza dei possibili valori che la portata possa assumere, si è proceduto alla verifica della massima portata convogliabile per fissato grado di riempimento.

Il moto all'interno dei collettori è stato esaminato adottando uno schema di deflusso in moto uniforme, in cui il legame tra portata e relativo tirante idrico è fornito dall'equazione di Chézy:

$$Q = K_s A R^{2/3} i^{1/2}$$

dove:

$Q$  è la portata di progetto del ramo [ $m^3/s$ ];

$k_s$  è il coefficiente di scabrezza di Strickler [ $m^{1/3}/s$ ];

$A$  è l'area bagnata della sezione [ $m^2$ ];

$R$  è il raggio idraulico [ $m$ ];

$i$  è la pendenza longitudinale [ $m/m$ ].

Per quanto attiene i valori del coefficiente di scabrezza di Strickler, sono stati utilizzati i seguenti valori:

In Folge werden die Überprüfungen der betreffenden maximal Durchflussmengen an den geplanten Kanälen aufgezeigt.

Als annehmbarer Grenzwert der Rohrleitungsfüllung (Verhältnis zwischen Wasserhöhe in der Rohrleitung und deren Durchmesser) wurde ein Wert von 75 % übernommen.

In Folge werden die durchgeführten Berechnungen aufgezeigt.

Kanal DN 300 mm:

- Mindestgefälle = 0.5%
- Wert der maximal Durchflussmenge bei 75% Füllung: 73 l/s.

Daraus folgt, dass für Zufallsüberschüttungen dieser Kanal Durchflussmengen von ca. 73 l/s ableiten kann.

Mit Höchstfüllung bei freier Wasserspiegelbewegung von 90% wird der Kanal Durchflussmengen von 86 l/s ableiten können, was sicherlich ausreichend für Zufallsüberschüttungen ist.

#### 11.5 ÜBERPRÜFUNG DER KANALSTATIK

Die statische Überprüfung des Kanals DN 800 mm ist grundlegend zur Festlegung des Verformungsgrades, der notwendigen Verlegungstiefe und der Verträglichkeit mit den auf der Oberfläche passierenden Lasten.

Die Überprüfung wird mittels Marston-Spangler Methodologie und laut ATV-Methode durchgeführt.

In Folge werden die für die Mindest- und Höchstverlegungstiefe der obengenannten Rohrleitung erhaltenen Ergebnisse aufgezeigt, von 0.75 und 2.34 Meter:

$ks = 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per tubazioni in acciaio;

Di seguito si riportano le verifiche effettuate sui collettori in progetto per le massime portate afferenti.

Quale grado di riempimento limite accettabile per le tubazioni (rapporto tra l'altezza d'acqua nella tubazione ed il suo diametro) si è assunto un valore pari al 75%.

Di seguito si riportano i calcoli effettuati.

Collettore DN 300 mm:

- Pendenza minima = 0.5%
- Valore della massima portata a 75% di riempimento: 73 l/s.

Ne consegue che per sversamenti accidentali tale collettore è in grado di convogliare portate pari a circa 73 l/s.

Al riempimento massimo con moto a pelo libero, pari al 90% sarà in grado di convogliare una portata pari a 86 l/s, sicuramente sufficiente per eventuali sversamenti accidentali.

#### 11.5 VERIFICA STATICA COLLETTORI

La verifica statica del collettore DN 800 mm è fondamentale per stabilire il grado di deformazione, la profondità di posa necessaria e la compatibilità con i carichi transitanti in superficie.

La verifica viene effettuata mediante le metodologie secondo Marston-Spangler e secondo il metodo ATV.

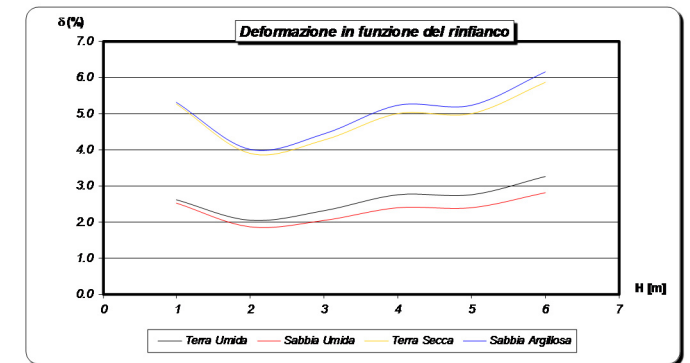
Qui di seguito si riportano i risultati ottenuti per le profondità minima e massima di posa della suddetta tubazione, pari a 0.75 metri e 2.34 metri.

Verifica secondo Marston-Spangler			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	DN =	800	mm
Rigidità circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	E <sub>m</sub> =	150000	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	Corrugato		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	B =	1.800	m
Altezza sull'estradosso	H =	0.55	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	Sabbia secca		
Peso specifico rinterro	γ <sub>r</sub> =	15	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	φ =	33	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.65	
Angolo di supporto	2α =	90	°
Tipo di compattazione	Moderata		
Modulo di elasticità terreno	E <sub>t</sub> =	7000	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	15.9	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)	Trincea larga		
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	K <sub>a</sub> =	0.295	
Coeff. di carico statico	χ =	0.288	
Carico idrostatico	Q <sub>idr</sub> =	0.000	kN/m
Carico statico	Q <sub>st</sub> =	6.600	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	HT60		
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.545454545	
Tensione dinamica	σ <sub>z</sub> =	98.701	kN/m <sup>2</sup>
Carico dinamico	Q <sub>d</sub> =	122.031	kN/m
Carico totale	Q =	128.631	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.096	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	37.72	mm
Deformazione relativa %	δ =	4.716	%
Tubazione verificata			

Tabelle riassuntive													
Deformazione % in funzione della compattazione del rinfianco (Tabella 2)													
SN = 8													
DN	Rinfianco	H = 1 m				H = 2 m				H = 3 m			
		R	L	M	A	R	L	M	A	R	L	M	A
800	Sabbia umida	11.56	5.25	2.51	1.34	8.58	3.89	1.86	0.99	9.37	4.26	2.04	1.09
	Sabbia argillosa	14.62	8.35	5.31	2.54	11.04	6.30	4.01	1.92	12.22	6.98	4.44	2.12
	Terra secca	14.45	8.26	5.25	2.51	10.70	6.11	3.89	1.86	11.71	6.69	4.26	2.04
	Terra umida**	11.96	5.44	2.60	1.39	9.37	4.26	2.04	1.09	10.58	4.81	2.30	1.23

\*Ci si è limitati ai 6 metri in quanto gli usuali escavatori operano fino a profondità nell'ordine dei 6 metri, con magisteri di sostegno via via più impegnativi e costosi a misura che aumenta con la profondità.

\*\*Occorre sottolineare come la tipologia "Terra Umida", pur geotecnicamente adatta all'uso, può presentare pietre e materiali vari che possono mettere in crisi la tubazione.



Tipo di compattazione: moderata

Abbildung 22 - Statische Überprüfung des Kanals DN 800 mm Sprangler Methode.

Figura 22 - Verifiche statiche collettore DN 800 mm metodo Sprangler.

Verifica secondo la ATV 127/88			
<b>Tubazione</b>			
Diametro medio	DN =	800	[mm]
Rigidità circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	
Tipologia	Corrugato		
<b>Suolo</b>			
Terreno naturale	G3		
Compattazione	moderata		
Angolo di attrito interno	$\phi =$	25.00	$E_3/E_4$
Rinfiaccio	G3		
Compattazione	moderata		
Angolo di attrito interno	$\phi =$	25.00	$E_2$
Rinterramento	G3		
Compattazione	moderata		
Angolo di attrito interno	$\phi =$	25.00	$E_1$
Condizioni di rinterro	A1		
Condizioni di rinfiaccio	B1		
Peso specifico del terreno	$\gamma_t =$	20.00	[kN/mc]
Coeff. di spinta orizzontale	$K_1 =$	0.50	°
Angolo di attrito efficace	$\delta =$	16.67	
Carico ripartito in superficie	q =	122.00	[kN/mq]
<b>Sollecitazioni</b>			
Altezza di ricopertura	H =	0.70	[m]
Larghezza trincea	B =	1.30	[m]
Tensione statica totale	$P_{st} =$	116.766	[kN/mq]
Tipo di traffico	HLC60		
Tensione dinamica totale	$P_{din} =$	73.866	[kN/mq]
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0.00	[m]
Tensione idrostatica	$P_{idr} =$	0.000	[kN/mq]
<b>Interazione tubo-terreno</b>			
Modulo di elasticità PEAD	$E_m =$	150000	[kN/mq]
Angolo di supporto	$2\alpha =$	90	°
Fattore di concentrazione del sistema	$\lambda_{pg} =$	0.97	
<b>Verifica di stabilità</b>			
Tensione verticale	$Q_v =$	187.29	[kN/mq]
Coeff. di sicurezza	y =	2.50	
Verifica di stabilità	$\eta =$	3.62	
Tubazione verificata			
<b>Verifica di deformazione</b>			
Deformazione percentuale	$\delta_v =$	-0.52	%
Tubazione verificata			

Tabella 1

Tipi di suoli (DIN 18/196)	Sigla	Peso specifico $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Angolo d'attrito $\phi$	Modulo E [kN/m <sup>2</sup> ]		
				Grado di compattazione		
				Bassa	Moderata	Alta
Terreni non leganti	G1	20	35	6000	16000	23000
Terreni debolmente leganti	G2	20	30	3000	8000	11000
Terreni misti leganti, sabbia fine, terre pietrose leganti	G3	20	25	2000	3000	5000
Terreni leganti, argille, limi	G4	20	20	1500	2000	-

Tabella 2

Condizioni di rinterro		
	$K_1$	$\delta$
A1	0.5	$2/3 \phi$
A2	0.5	$1/3 \phi$
A3	0.5	0
A4	0.5	$\phi$

Tabella 3

Veicolo standard	Carichi e raggi ausiliari				
	$F_a$	$F_e$	$r_a$	$r_e$	F
HLC60	100	500	0.25	1.82	1.2
HLC30	50	250	0.18	1.82	1.4
HGV12	40	80	0.15	2.26	1.5

Tabella 4

Angolo di supporto	$C_{v1}$	$C_{v2}$	$C_{b1}$	$C_{b2}$
90	-0.1053	0.064	0.1026	-0.0658
90	-0.0966	0.064	0.0956	-0.0658
120	-0.0893	0.064	0.0891	-0.0658

Andamento delle tensioni sulla tubazione

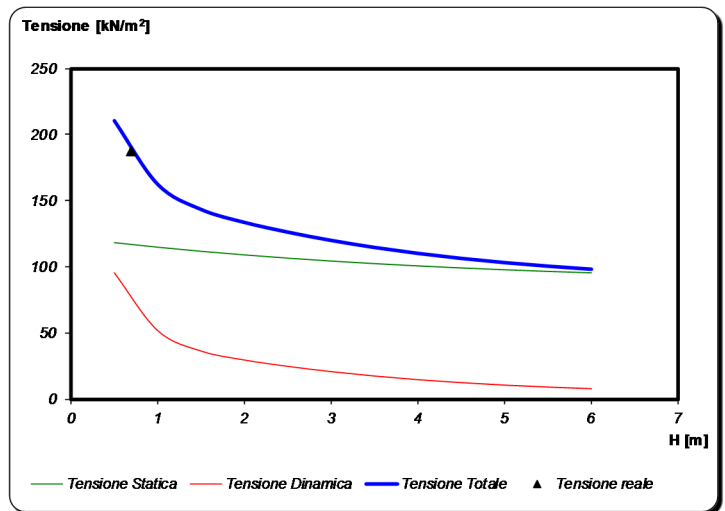


Abbildung 23 - statische Überprüfung des Kanals DN 800 mm ATV Methode.

Figura 23 - Verifiche statiche collettore DN 800 mm metodo ATV.



## 12 VERZEICHNISSE

### 12.1 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1 - Beständige Durchflussmengen des Gesamtsystems. Strecke Brenner - Muls.....	19
Tabelle 2 - Beständige Durchflussmengen des Gesamtsystems. Strecke Muls - Franzensfeste.....	20
Tabelle 3 - Beständige Durchflussmengen des Zentralstollens von Freienfeld und des Zugangstunnels, Strecke Nothaltestelle .....	20
Tabelle 4 - Außen- und Innendurchmesser der Abwasserkanäle aus PP.....	29
Tabelle 5 - Überprüfung der geplanten Abwasserkanäle.....	43
Tabelle 6 - Überprüfung der Abwasserkanäle im Fall der selektiven Grundgewässersammlung.....	45

### 12.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 - Schematischer Lageplan Muls Fenster. In grau die bereits ausgehobene Bauwerkstrecke, Ausgangspunkt für die neuen Abbaufrenten.....	22
Abbildung 2 - Standort der Hebesysteme.....	23
Abbildung 3 - Hebesysteme 1 und 2.....	25
Abbildung 4 - Hebestationen 3.....	27
Abbildung 5 - Typologische Querschnitte des Haupttunnels und ein Querstollen mit Bemaßung der mikrorissigen Abwasserkanäle.....	29
Abbildung 6 - Typologischer Querschnitt des Erkundungsstollens. In blau sind die 4 Kanäle DN400 dargestellt, welche die mögliche Abgabe der Grundgewässer aus den Querstollen sind. ....	31
Abbildung 7 - Dreidimensionale Sicht des Erkundungsstollens und der 4 Abwasserkanäle DN400.....	31
Abbildung 8 - Abfluss der Grundgewässer in den Querstollen TYP 2.....	32
Abbildung 9 - Dreidimensionale Sicht eines Querstollens mit senkrechtem Abfluss zum Erkundungsstollen.....	33
Abbildung 10 - Typologischer Querschnitt der Haupttunnels.....	36
Abbildung 11 - Kontrollschacht Bodenplattengewässer. Standard Schacht. ....	37

## 12 ELENCHI

### 12.1 ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1 - Portate stabilizzate dell'intero sistema, tratta Brennero - Muls .....	19
Tabella 2 - Portate stabilizzate dell'intero sistema, tratta Muls - Fortezza. ....	20
Tabella 3 - Portate stabilizzate del Cunicolo Centrale di Trens e della Galleria di Accesso, tratta Fermata di Emergenza.....	20
Tabella 4 - Diametri esterni ed interni dei collettori in PP.....	29
Tabella 5 – Verifica dei collettori in progetto. ....	43
Tabella 6 – Verifica collettori di scarico nel caso di raccolta selettiva delle acque di falda. ....	45

### 12.2 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1 - Planimetria schematica Finestra di Muls. In grigio il tratto di opera già scavato, punto di partenza per i nuovi fronti di scavo. ....	22
Figura 2 - Ubicazione sistemi di sollevamento.....	23
Figura 3 - Stazioni di sollevamento 1 e 2.....	25
Figura 4 - Stazioni di sollevamento 3.....	27
Figura 5- Sezioni tipologiche della galleria principale e un cunicolo trasversale, con quotati i collettori microfessurati.....	29
Figura 6 - Sezione tipologica del Cunicolo Esplorativo. In azzurro sono rappresentati i 4 collettori DN400, possibile recapito delle acque di falda provenienti dai cunicoli trasversali.....	31
Figura 7 – Vista in 3 dimensioni del Cunicolo Esplorativo e dei 4 collettori DN400.....	31
Figura 8- Scarico acque di falda nel cunicolo trasversale TIPO 2. ....	32
Figura 9 - Vista in tre dimensioni di un cunicolo trasversale dotato di scarico verticale verso il Cunicolo Esplorativo.....	33
Figura 10 - Sezione tipologica trasversale delle Gallerie Principali. ....	36
Figura 11 - Pozzetto di ispezione acque di piattaforma. Pozzetto tipo F. ....	37

Abbildung 12 - Sammelrinne der Bodenplattengewässer der Querstollen. Die Maße sind in Meter ausgedrückt. ....	38	Figura 12 - Canaletta di raccolta acque di piattaforma dei cunicoli trasversali. Le misure sono espresse in metri. ....	38
Abbildung 13 - Typologischer Anschluss zwischen Querstollen und Haupttunnel.....	39	Figura 13 - Tipologico di innesto tra cunicolo trasversale e galleria principale. ....	39
Abbildung 14 - Typologischer doppelgleisiger Querschnitt. ...	40	Figura 14 - Tipologico sezione a doppio binario.....	40
Abbildung 15 - Typologischer doppelgleisiger Querschnitt mit Masse-Feder-System.....	41	Figura 15 - Tipologico sezione a doppio binario con masse flottanti. ....	41
Abbildung 16 - Typologischer Querschnitt Erkundungsstollen. ....	46	Figura 16 – Sezione tipologica Cunicolo Esplorativo. ....	46
Abbildung 17 - Trennbecken im Tiefpunkt (Querstollen 49/2).....	50	Figura 17 – Vasca di separazione nel punto di minimo (cunicolo trasversale 49/2) .....	50
Abbildung 18 - Grundriss und Querschnitte des Trennbeckens.....	52	Figura 18 - Pianta e sezioni della vasca di separazione. ....	52
Abbildung 19 - Isometrie der Trennbeckenabflüsse.....	53	Figura 19 - Isometria degli scarichi della vasca di separazione. ....	53
Abbildung 20 - Senkrechte Abflüsse Tiefpunkt. ....	54	Figura 20- Scarichi verticali punto di minimo.....	54
Abbildung 21 - Planimetrische Auszug des Verlaufs der unterirdischen Kanäle des Gewässerleitungssystems. ....	57	Figura 21 – Stralcio planimetrico del passaggio dalla galleria A.I.C.A. ai collettori interrati per il sistema di convogliamento acque. ....	57
Abbildung 22 - Statische Überprüfung des Kanals DN 800 mm Sprangler Methode.....	63	Figura 22 - Verifiche statiche collettore DN 800 mm metodo Sprangler. ....	63
Abbildung 23 - statische Überprüfung des Kanals DN 800 mm ATV Methode.....	64	Figura 23 - Verifiche statiche collettore DN 800 mm metodo ATV.....	64

## 12.3 REFERENZDOKUMENTE

### 12.3.1 Eingangsdokumente

- [1] 02\_H61\_EG\_991\_KAP\_D0700\_12004 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke – Absteckplan – Grundriss Trassierung Oströhre
- [2] 02\_H61\_EG\_991\_KAP\_D0700\_12005 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke – Absteckplan – Grundriss Trassierung Weströhre
- [3] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12050-12061 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke – Lageplan – Lageplan der Bauwerke (Blatt 12/25 - 25/25)
- [4] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12100 – 12110 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke – Längenschnitt

## 12.3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 12.3.1 Documenti in ingresso

- [1] 02\_H61\_EG\_991\_KAP\_D0700\_12004 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali – Planimetria di tracciamento – Planimetria di tracciamento Galleria principale Est
- [2] 02\_H61\_EG\_991\_KAP\_D0700\_12005 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali – Planimetria di tracciamento – Planimetria di tracciamento Galleria principale Ovest
- [3] 02\_H61\_EG\_991\_KLP\_D0700\_12050-12061 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali – Planimetria – Planimetria delle opere (Tav. 12/25 - 25/25)
- [4] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12100 - 12110 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali – Profilo longitudinale - Profilo longitudinale delle

- Bautechnisches Längenprofil und Trassierung - Oströhre (Blatt 15/25 – 25/25)
- [5] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12200 - 12210 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke – Längenschnitt – Bautechnisches Längenprofil und Trassierung - Weströhre (Blatt 15/25 – 25/25)
- [6] 02\_H61\_OP\_060\_KHS\_D0700\_22127 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Nothaltestelle – Horizontalschnitt – NHS – Übersichtsplan
- [7] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13016 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Allgemeine geologie, geotechnik, seismik und hydrogeologie - Zusammenfassung der geologischen und hydrogeologischen Informationen
- [8] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13012 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke - Technischer Bericht - Hydrogeologischer Bericht Erkundungsstollen Muls-Brenner
- [9] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13014 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke - Längenschnitt - Hydrogeologischer Längenschnitt Erkundungsstollen Muls-Brenner
- [10] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13038 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke - Technischer Bericht - Hydrogeologischer Bericht Zugangstunnel Trens
- [11] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13035 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke - Längenschnitt - Hydrogeologischer Längenschnitt Haupttunnel Muls-Trens
- [12] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13036 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke - Längenschnitt - Hydrogeologischer Längenschnitt Nothaltestelle
- [13] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13039 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 - Gesamtbauwerke - Längenschnitt - Hydrogeologischer Längenschnitt Zugangstunnel Trens
- opere e di tracciamento - Galleria principale Est (Tav. 15/25 - 25/25)
- [5] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12200 - 12210 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Profilo longitudinale - Profilo longitudinale delle opere e di tracciamento - Galleria principale Ovest (Tav. 15/25 - 25/25)
- [6] 02\_H61\_OP\_060\_KHS\_D0700\_22127 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Fermata di Emergenza – Sezione orizzontale – NL-Planimetria generale
- [7] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13016 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Geologia, geotecnica, sismica e idrogeologia - Sintesi delle informazioni geologiche e idrogeologiche
- [8] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13012 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Relazione tecnica - Relazione idrogeologica Cunicolo Esplorativo Muls-Brennero
- [9] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13014 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Profilo longitudinale - Profilo idrogeologico Cunicolo Esplorativo Muls-Brennero
- [10] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13038 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Relazione tecnica - Relazione idrogeologica Galleria di Accesso Trens
- [11] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13035 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Profilo longitudinale - Profilo idrogeologico Gallerie di Linea Muls-Trens
- [12] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13036 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Profilo longitudinale - Profilo idrogeologico Fermata di Emergenza
- [13] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13039 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali - Profilo longitudinale - Profilo idrogeologico Galleria di Accesso Trens

- [14] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13045 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 - Gesamtbauwerke - Längenschnitt - Hydrogeologischer Längenschnitt Erweiterung Baulos Mault 1
- [15] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13003 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 - Gesamtbauwerke - Technischer Bericht - Hydrogeologischer Bericht Franzenfeste-Mault
- [16] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13004 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 - Gesamtbauwerke - Längenschnitt - Hydrogeologischer Längenschnitt Franzenfeste-Mault
- [17] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13013 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 - Gesamtbauwerke - Technischer Bericht - Hydrogeologischer Bericht Haupttunnel Mault-Brenner
- [18] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13037 - Brenner Basistunnel - Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 - Gesamtbauwerke - Längenschnitt - Hydrogeologischer Längenschnitt Haupttunnel Trens-Brenner
- [19] 02\_H61\_IA\_500\_UTB\_D0700\_34001 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung – D0700: Baulos Mault 2-3 - Tunnelabwasserbehandlungsanlage- Technischer Bericht - Bericht zur Behandlung des Tunnelabwassers

#### 12.3.1.1 Normen und Richtlinien

- [20] Ministerium der Öffentlichen Arbeiten - M.D. 14.01.2008 - "Technische Normen für Bauwerke"

#### 12.3.1.2 Bibliografie

- [21] D. Citrini, G. Nosedà, Idraulica, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 1976
- [22] Luigi Da Deppo, Claudio Datei, Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali, Editoriale Bios, 1999

#### 12.3.2 Ausgangsdokumente

- [23] 02\_H61\_WB\_993\_KRC\_D0700\_16001 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mault 2-3 - Hydraulik im untergrund - Allgemeiner Bericht Hydraulik
- [24] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16002 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos

- [14] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13045 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Opere generali - Profilo longitudinale - Profilo idrogeologico Estensione Lotto Mault 1
- [15] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13003 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Opere generali - Relazione tecnica - Relazione idrogeologica Fortezza-Mault
- [16] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13004 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Opere generali - Profilo longitudinale - Profilo idrogeologico Fortezza-Mault
- [17] 02\_H61\_GD\_992\_GTB\_D0700\_13013 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Opere generali - Relazione tecnica - Relazione idrogeologica Gallerie di Linea Mault-Brennero
- [18] 02\_H61\_GD\_992\_GLS\_D0700\_13037 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Opere generali - Profilo longitudinale - Profilo idrogeologico Gallerie di Linea Trens-Brennero
- [19] ] 02\_H61\_IA\_500\_UTB\_D0700\_34001 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Impianti trattamento acque - Relazione tecnica - Relazione sul trattamento delle acque di scarico della galleria

#### 12.3.1.1 Normative e linee guida

- [20] Ministero dei LL.PP.- D.M. 14.01.2008 - "Norme tecniche per le Costruzioni".

#### 12.3.1.2 Bibliografia

- [21] D. Citrini, G. Nosedà, Idraulica, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 1976
- [22] Luigi Da Deppo, Claudio Datei, Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali, Editoriale Bios, 1999

#### 12.3.2 Documenti in uscita

- [23] 02\_H61\_WB\_993\_KRC\_D0700\_16001 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - D0700: Lotto Mault 2-3 - Idraulica in sotterraneo - Relazione idraulica generale
- [24] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16002 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione Esecutiva -

- Mauls 2-3 - Hydraulik im untergrund - Allgemeine schematische Darstellung des Drainagesystems und Profils
- [25] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16003 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Hydraulik im untergrund - Allgemeine schematische Darstellung des Bergwasser-Drainagesystems und Profils
- [26] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16004 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Hydraulik im untergrund - Allgemeine schematische Darstellung des Fahrbahntwässerungssystems und Profils
- [27] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16005 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Hydraulik im untergrund - Schematische Darstellung Bauphasedrainage
- [28] 02\_H61\_WB\_993\_KLP\_D0700\_16101-16114 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Hydraulik im untergrund - Lageplan hydraulische Planung
- [29] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16201 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Hydraulik im untergrund - Übergang von GL-D zu GL-MA - Ausschnitt Übersichtsplan und Schnitte
- [30] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16202-16234 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Hydraulikeinrichtungen-Querverbindungen
- [31] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16301-16303 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Hydraulik im untergrund - Hydraulische Details
- [32] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16315-16318 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Hydraulik im untergrund - Schächte Details
- [33] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16351-16355 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauls 2-3 - Hydraulik im untergrund - Erkundungsstollen, Fensterstollen Mauls und angrenzende Bauwerke
- [34] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16401 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos
- D0700: Lotto Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo - Schema generale rete di drenaggio e profilo
- [25] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16003 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo - Schema generale rete di drenaggio acque di falda e profilo
- [26] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16004 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo - Schema generale rete di drenaggio acque di piattaforma e profilo
- [27] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16005 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo - Schema di drenaggio in fase di costruzione
- [28] 02\_H61\_WB\_993\_KLP\_D0700\_16101-16114 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo - Planimetria idraulica di progetto
- [29] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16201 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo – Cambio di sezione da GL-D a GL-MA - Stralcio planimetrico e sezioni
- [30] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16202-16234 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo – Sistemazioni idrauliche-Cunicoli trasversali
- [31] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16301-16303 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo – Particolari idraulici
- [32] 02\_H61\_WB\_993\_KDP\_D0700\_16315-16318 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo – Particolari pozzetti
- [33] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16351-16355 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione Esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo – Cunicolo Esplorativo, Finestra di Mules e opere annesse
- [34] 02\_H61\_WB\_993\_KEN\_D0700\_16401 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione Esecutiva -

Mauls 2-3 - Hydraulik im untergrund - Lageplan und  
Schnitte Hydraulik-Bauwerke

[35] 02\_H61\_WB\_993\_KSC\_D0700\_16402 - Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos  
Mauls 2-3 - Hydraulik im untergrund - Sammelbecken  
- Schalung

[36] 02\_H61\_WB\_993\_KBW\_D0700\_16403 - Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos  
Mauls 2-3 - Hydraulik im untergrund - Statische  
Berechnung Sammelbecken

[37] 02\_H61\_WB\_993\_KST\_D0700\_16404 - Brenner  
Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos  
Mauls 2-3 - Hydraulik im untergrund - Sammelbecken  
- Bewehrung

D0700: Lotto Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo –  
Planimetria e sezioni opere idrauliche

[35] 02\_H61\_WB\_993\_KSC\_D0700\_16402 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione Esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo –  
Vasca di accumulo - Carpenteria

[36] 02\_H61\_WB\_993\_KBW\_D0700\_16403 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione Esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo –  
Relazione di calcolo vasca di accumulo

[37] 02\_H61\_WB\_993\_KST\_D0700\_16404 - Galleria di  
Base del Brennero - Progettazione Esecutiva -  
D0700: Lotto Mules 2-3 - Idraulica in sotterraneo –  
Vasca di accumulo - Armatura