



## Bearbeitungsstand Stato di elaborazione

Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Responsabile modifica	Änderung Data	Datum Data
21	Abgabe für Ausschreibung Emissione per Appalto	Rivoltini		30.01.2015
20	Überarbeitung infolge Dienstanweisung Nr. 1 vom 17.10.2014 / Revisione a seguito ODS n°1 del 17.10.14	Rivoltini		04.12.2014
11	Projektvollständigung und Umsetzung der Verbesserungen aus dem Prüfverfahren / Completamento progetto e recipimento istruttoria	Rivoltini		09.10.2014
10	Endabgabe Consegna definitiva	Rivoltini		31.07.2014
00	Erstversion Prima Versione	Ceriani		22.05.2014

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>BESCHREIBUNG DER BAUWERKE</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE</b> .....	<b>8</b>
2.1	DEFINITION DER BAUWERKE DES BAULOSES MAULS 2-3 .....	8
2.1	DEFINIZIONE DELLE OPERE DEL LOTTO DI COSTRUZIONE MULES 2-3 .....	8
2.2	UNTERTEILUNG DES BAULOS MAULS 2-3 .....	10
2.2	SUDDIVISIONE IN PARTI DEL LOTTO MULES 2-3 .....	10
<b>3</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG</b> .....	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>GENERALITA'</b> .....	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>SYSTEMATISCHE UNTERSUCHUNGEN IM VERLAUFE DES VORTRIEBES</b> .....	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>INDAGINI SISTEMATICHE NEL CORSO DELL'AVANZAMENTO</b> .....	<b>16</b>
4.1	BESCHREIBUNG DES TUNNELDOKUMENTATIONSSYSTEM VONBBT SE ("2DOC" ODER ÄHNLICHES).....	17
4.1	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DOCUMENTAZIONE DELLA GALLERIA DEL COMMITTENTE ("2DOC" O SISTEMA EQUIVALENTE) .....	17
4.1.1	Allgemeine Festlegungen .....	17
4.1.1	Disposizioni generali.....	17
4.1.2	Aufgaben des Auftragnehmers .....	17
4.1.2	Compiti dell'Appaltatore.....	17
4.1.3	Technische Voraussetzungen .....	18
4.1.3	Requisiti tecnici .....	18
4.2	WEB PLATTFORM ZUR VERWALTUNG DES ÜBERWACHUNGSSYSTEMS .....	19
4.2	PIATTAFORMA WEB PER LA GESTIONE SISTEMA DI MONITORAGGIO .....	19
4.3	FLUSSO DEI DATI .....	22
4.3	DATENFLUSS.....	22
4.4	GEOMECHANISCHE MESSUNGEN DER FRONT UND DER SEITENWÄNDE DES AUSBRUCHS .....	22
4.4	RILIEVI GEOMECCANICI DEL FRONTE E/O DELLE PARETI DI SCAVO .....	22
4.5	VORTRIEBSSONDIERUNG MIT KERNZERSTÖRUNG .....	25
4.5	SONDAGGIO IN AVANZAMENTO A DISTRUZIONE DI NUCLEO.....	25
4.6	GEOPHYSIKALISCHE SEISMIKUNTERSUCHUNGEN MIT TRUST (TRUE REFLECTION UNDERGROUND SEISMIC TECHNIQUE).....	26
4.6	RILIEVI GEOFISICI SISMICI TRUST (TRUE REFLECTION UNDERGROUND SEISMIC TECHNIQUE) .....	26
4.7	MESSUNGEN DER GERÄUSCHEMISSIONEN (ROCKBURST) .....	27
4.7	MISURE DI EMISSIONI ACUSTICHE (ROCKBURST) .....	27
4.8	GEOELEKTRISCHE VERMESSUNGEN AM KOPF DER SCHILD-TBM.....	27
4.8	RILIEVI GEOELETTRICI SULLA TESTA DELLE TBM SCUDATE .....	27
4.9	AUFZEICHNUNG DER AUSBRUCHSPARAMETER DER FRÄSE UND PENETRAZIONIVERSUCHE .....	28
4.9	REGISTRAZIONE DEI PARAMETRI DI SCAVO DELLA FRESA E TEST DI PENETRAZIONE .....	28
4.10	ÜBERWACHUNG DER GASE UND DER STRAHLUNGEN.....	30
4.10	MONITORAGGIO DEI GAS E DELLE RADIAZIONI .....	30
4.10.1	Explosive und gefährliche Gase .....	30
4.10.1	Gas esplosivi e pericolosi .....	30
4.10.2	Radon.....	30
4.10.2	Radon.....	30
4.11	MESSUNGEN DER WASSERMENGE .....	31
4.11	MISURE DI PORTATA D'ACQUA.....	31

4.11.1	Ständige Vermessungspunkte.....	31
4.11.1	Punti di rilevamento continuo .....	31
4.11.2	Erfassung entlang der Tunnel .....	31
4.11.2	Rilevamento lungo le gallerie .....	31
4.12	MESSUNGEN DER WASSERQUALITÄT.....	32
4.12	MISURE DI QUALITÀ DELL'ACQUA .....	32
<b>5</b>	<b>PUNKTUELLE UNTERSUCHUNGEN IM VERLAUFE DES VORTRIEBES .....</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>INDAGINI PUNTUALI NEL CORSO DELL'AVANZAMENTO .....</b>	<b>33</b>
5.1	RADIALSONDIERUNG MIT KERNZERSTÖRUNG .....	33
5.1	SONDAGGI RADIALI A DISTRUZIONE DI NUCLEO .....	33
5.2	SONDIERUNGEN MIT DURCHGÄNGIGER KERNBOHRUNG IM VORTRIEB .....	33
5.2	SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO.....	33
5.3	STERNFÖRMIGE SONDIERUNGEN MIT DURCHGÄNGIGER KERNBOHRUNG .....	33
5.3	SONDAGGI RADIALI A CAROTAGGIO CONTINUO.....	33
5.4	HYDROGEOLOGISCHE VERMESSUNGEN.....	34
5.4	RILIEVI IDROGEOLOGICI .....	34
5.5	THERMOMETRISCHE VERMESSUNGEN .....	35
5.5	RILIEVI TERMOMETRICI .....	35
<b>6</b>	<b>ÜBERWACHUNG WÄHREND DER BAUARBEITEN .....</b>	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>MONITORAGGI IN CORSO D'OPERA .....</b>	<b>36</b>
6.1	KONVERGENZMESSUNGEN .....	36
6.1	MISURE DI CONVERGENZA .....	36
6.2	MESSUNG DER EXTRUSION DER ABBAUFRONT.....	37
6.2	MISURE DI ESTRUSIONE DEL FRONTE DI SCAVO.....	37
6.3	MESSUNGEN DER VERFORMUNGEN DER GEBIRGSMASSE AN DER AUSBRUCHKONTUR: MESSNÄGEL .....	37
6.3	MISURE DELLE DEFORMAZIONI DELL'AMMASSO ROCCIOSO SUL CONTORNO DELLO SCAVO: CHIODI STRUMENTATI .....	37
6.4	MESSUNGEN DER VERFORMUNGEN DES GEBIRGSKÖRPERS AN DER AUSBRUCHKONTUR: MEHRBASIS-MESSGERÄTE .....	38
6.4	MISURE DELLE DEFORMAZIONI DELL'AMMASSO ROCCIOSO SUL CONTORNO DELLO SCAVO: ESTENSIMETRI MULTIBASE.....	38
6.5	MESSUNGEN DER VERFORMUNGEN DER GEBIRGSMASSE AM AUSBRUCHSKERN: INKREMENTELLE DEHNUNGSMESSER .....	39
6.5	MISURE DELLE DEFORMAZIONI DELL'AMMASSO ROCCIOSO SUL NUCLEO DI SCAVO: ESTENSIMETRI INCREMENTALI .....	39
6.6	VERFORMUNGS-MESSSTATIONEN /SPANNUNG AUF DER BETONIERUNG DER ERSTEN PHASE(SPRITZBETON UND LEHRBOGEN).....	39
6.6	STAZIONI DI MISURA DI DEFORMAZIONE / TENSIONE SUL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE (BETONCINO PROIETTATO E CENTINE).....	39
6.7	VERFORMUNGS-MESSSTATIONEN /SPANNUNG AUF DER BETONIERUNG DER ERSTEN PHASE (TÜBBINGE).....	40
6.7	STAZIONI DI MISURA DI DEFORMAZIONE / TENSIONE SUL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE (CONCI PREFABBRICATI).....	40
<b>7</b>	<b>BETRIEBSORIENTIERTE ÜBERWACHUNG .....</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>MONITORAGGIO FINALIZZATO ALL'ESERCIZIO .....</b>	<b>41</b>
7.1	VERFORMUNGS-MESSSTATIONEN /SPANNUNG AUF DER INNENSCHALE .....	41
7.1	STAZIONI DI MISURA DI DEFORMAZIONE / TENSIONE SUL RIVESTIMENTO DEFINITIVO .....	41

<b>8</b>	<b>TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN DER WICHTIGSTEN MESSINSTRUMENTE ZUR DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>SPECIFICHE TECNICHE DEI PRINCIPALI STRUMENTI E PER L'ESECUZIONE DELLE MISURE</b>	<b>43</b>
8.1	EINFÜHRUNG	43
8.1	PREMESSA	43
8.2	GEOMECHANISCHE VERMESSUNGEN: SCHMIDT-HAMMER UND PUNKTLASTVERSUCH	43
8.2	RILIEVI GEOMECCANICI: MARTELLO DI SCHMIDT E POINT LOAD TEST	43
8.2.1	Schmidt-Hammer	43
8.2.1	Martello di Schmidt	43
8.2.2	Punktlastversuch	45
8.2.2	Point Load Test	45
8.3	ZERSTÖRENDE SONDIERUNGEN MIT DAC-TEST	48
8.3	SONDAGGI A DISTRUZIONE CON DAC-TEST	48
8.4	GEOPHYSIKALISCHE VERMESSUNGEN UND MESSUNGEN DER GERÄUSCHEMISSIONEN	49
8.4	RILIEVI GEOFISICI SISMICI E MISURE DI EMISSIONI ACUSTICHE	49
8.4.1	Ziel der Messungen	49
8.4.1	Obiettivo delle misure	49
8.4.2	Aufbau des Systems	50
8.4.2	Struttura del sistema	50
8.5	GEOELEKTRISCHE VERMESSUNGEN	59
8.5	RILIEVI GEOELETRICI	59
8.6	AUFZEICHNUNG DER AUSBRUCHPARAMETER DER FRÄSE	61
8.6	RILIEVO DEI PARAMETRI DI SCAVO DELLA FRESA	61
8.7	ÜBERWACHUNG DER GASE UND DER STRAHLUNGEN	66
8.7	MONITORAGGIO DEI GAS E DELLE RADIOAZIONI	66
8.7.1	Explosive und gefährliche Gase	66
8.7.1	Gas esplosivi e pericolosi	66
8.7.2	Radon	67
8.7.2	Radon	67
8.7.3	Schwefelwasserstoff	68
8.7.3	Acido solfidrico	68
8.8	MESSUNGEN DER WASSERMENGE	68
8.8	MISURE DI PORTATA D'ACQUA	68
8.8.1	Ständige Vermessungspunkte	68
8.8.1	Rilevamento in continuo	68
8.8.2	Erfassung entlang der Tunnel	69
8.8.2	Rilevamento lungo le gallerie	69
8.8.2.1	Ultraschall-Flussmesser	70
8.8.2.1	Misuratori a ultrasuoni	70
8.8.2.2	Dreieckswehre	70
8.8.2.2	Stramazzi triangolari	70
8.9	SONDIERUNGEN MIT DURCHGÄNGIGER KERNBOHRUNG	71
8.9	SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	71
8.10	PIEZOMETER	71
8.10	PIEZOMETRI	71
8.10.1	Eigenschaften der Geräte	72
8.10.1	Caratteristiche della strumentazione	72
8.10.2	Vorbereitung des Bohrlochs	72
8.10.2	Preparazione del foro	72

8.10.3	Installation .....	73
8.10.3	Installazione .....	73
8.11	THERMOMETER .....	76
8.11	TERMOMETRI .....	76
8.12	OPTISCHE ZIELE .....	77
8.12	MIRE OTTICHE.....	77
8.13	MESSNÄGEL .....	78
8.13	CHIODI STRUMENTATI .....	78
8.14	MULTIBASIS-DEHNUNGSMESSER .....	78
8.14	ESTENSIMETRI MULTIBASE.....	78
8.14.1	Eigenschaften der Ausrüstung .....	79
8.14.1	Caratteristiche dell'attrezzatura .....	79
8.14.2	Vorbereitung des Bohrlochs .....	79
8.14.2	Preparazione del foro .....	79
8.14.3	Installation .....	79
8.14.3	Installazione .....	79
8.15	INKREMENTELLE DEHNUNGSMESSER .....	81
8.15	ESTENSIMETRI INCREMENTALI .....	81
8.15.1	Eigenschaften des Rohres .....	82
8.15.1	Caratteristiche della tubazione .....	82
8.15.2	Eigenschaften der Messgeräte.....	82
8.15.2	Caratteristiche della strumentazione di misura .....	82
8.15.3	Vorbereitung des Bohrlochs .....	83
8.15.3	Preparazione del foro .....	83
8.15.4	Vorkontrollen .....	83
8.15.4	Controlli preliminari.....	83
8.15.5	Installation .....	83
8.15.5	Installazione .....	83
8.15.6	Abnahme der Dehnungsmessrohre und Auslesen des Referenzwertes .....	85
8.15.6	Collaudo della tubazione estensimetrica e lettura iniziale di riferimento .....	85
8.16	DEHNUNGSMESSGERÄT MIT VIBRATIONSFEDER.....	88
8.16	ESTENSIMETRI A CORDA VIBRANTE.....	88
8.17	KRAFTMESSDOSEN.....	89
8.17	CELLE DI CARICO.....	89
8.18	DRUCKMESSDOSEN.....	90
8.18	CELLE DI PRESSIONE.....	90
<b>9</b>	<b>VERZEICHNISSE.....</b>	<b>91</b>
<b>9</b>	<b>ELENCHI.....</b>	<b>91</b>
9.1	ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	91
9.1	ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI.....	91
9.2	ANLAGENVERZEICHNIS .....	92
9.2	ELENCO APPENDICI .....	92
9.3	REFERENZDOKUMENTE .....	92
9.3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	92
9.3.1	Eingangsdokumente.....	92
9.3.1	Documenti in ingresso .....	92
9.3.1.1	Ausführungsprojekt Baulos Muls 2-3 .....	92
9.3.1.1	Progetto Esecutivo Lotto Muls 2-3.....	92
9.3.2	Normen und Richtlinien .....	93
9.3.2	Normative e linee guida.....	93

9.3.3 Ausgangsdokumente.....	93
9.3.3 Documenti in uscita .....	93
<b>ANHANG 1 - SYSTEMATISCHE UNTERSUCHUNGEN IM VERLAUFE DES VORTRIEBES.....</b>	<b>95</b>
<b>APPENDICE 1 – INDAGINI SISTEMATICHE NEL CORSO DELL’AVANZAMENTO .....</b>	<b>96</b>
<b>ANHANG 2 - PUNKTUELLE UNTERSUCHUNGEN IM VERLAUFE DES VORTRIEBES .....</b>	<b>97</b>
<b>APPENDICE 2 – INDAGINI PUNTUALI NEL CORSO DELL’AVANZAMENTO.....</b>	<b>98</b>
<b>ANHANG 3 - ÜBERWACHUNG WÄHREND DER AUSFÜHRUNG UND FÜR DEN BETRIEB .....</b>	<b>99</b>
<b>APPENDICE 3 – MONITORAGGI IN CORSO D’OPERA E FINALIZZATI ALL’ESERCIZIO .....</b>	<b>100</b>
<b>ANHANG 4 - ERKUNDUNGEN UND VERMESSUNGEN .....</b>	<b>101</b>
<b>APPENDICE 4 – COMPETENZE PER L’ESECUZIONE DI MONITORAGGI, PROSPEZIONI E RILIEVI.....</b>	<b>103</b>
<b>ANHANG 5 – DEFINITION DER ÜBERWACHUNGS-AUSBRUCHQUERSCHNITTE.....</b>	<b>105</b>
<b>APPENDICE 5 – DEFINIZIONE DELLE SEZIONI TPO DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>105</b>
<b>ANHANG 6 – ANWENDUNG DER ÜBERWACHUNGS-AUSBRUCHQUERSCHNITTE.....</b>	<b>106</b>
<b>APPENDICE 6 – APPLICAZIONE DELLE SEZIONI DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>106</b>
<b>ANHANG 7 – BEISPIEL FÜR DIE DOKUMENTATION FÜR DIE VERMESSUNG DER ABBAUFRENT.....</b>	<b>108</b>
<b>APPENDICE 7 – ESEMPIO DI SCHEDA DI RILIEVO DEL FRONTE.....</b>	<b>108</b>

## 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 54.0+15 Oströhre).

Dieser Bericht, nach kurzer Beschreibung des gesamten Baulos Muls 2-3 des Basis Brennertunnels, wird von auszuführende Überwachungen, Erhebungen und Prospektionen vor und nach der Durchführung der Untertagebauwerke des Baulos handeln.

## 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+15 canna est).

La presente relazione, dopo una breve descrizione dell'intero Lotto Muls 2-3 della Galleria di Base del Brennero, tratterà dei monitoraggi, dei rilievi e delle prospezioni da eseguire durante e a seguito della realizzazione delle opere sotterranee del lotto.



## 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 54.015) beibehalten.

Zwischen den zwei Tunneln liegen alle 333 m Verbindungsquerstellen.

Das System wird durch einen Erkundungsstollen ergänzt, der tiefer als die Hauptröhren liegt, um nicht mit den Verbindungsquerstellen zu interferieren. Laut Lageplan liegt der Erkundungsstollen 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 Erkundungsstollens steigen nach Norden, die der Haupttunnel und des Zugangsstollens nach Süden an.)

## 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 54.015).

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

Integra il sistema un Cunicolo Esplorativo collocato ad una quota inferiore rispetto alle canne principali per non interferire con i cunicoli trasversali di collegamento. Planimetricamente il Cunicolo Esplorativo 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 crescenti verso nord; quelle delle Gallerie di Linea e della Galleria di Accesso, verso sud).

## **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: „Abschnitt A“, „Abschnitt 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 Zugangstollens und besteht aus einer Logistikkaverne, drei Verbindungstunneln mit dem Zugangstunnel, einem logistischen Bypass zwischen dem Zugangstunnel (GA) und den beiden

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

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

Hauptröhren 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 angrenzenden Baulose) (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 MULS 2-3**

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

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 Esplorativoesistente, 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 dei lotti adiacenti) (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 MULS 2-3**

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

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

- Haupttunnel (GL), konventioneller Vortrieb und Innenschale:
  - von km 47.2+59 ca. bis km 46.7+69 - Oströhre;
  - von km 47.2+22 ca. bis km 46.7+32 - Weströhre.
- Haupttunnel (GL), Innenschale der bestehenden Haupttunnelstrecke, welche im Rahmen des Bauloses Muls 1 ausgebrochen wurde:
  - von km 47.2+59 ca. bis km 48.9+02 ca. (Anfang TBM Montagekaverne) - Oströhre;
  - von km 47.2+22 ca. bis km 48.8+73 ca. (Anfang TBM Montagekaverne) - Weströhre.
- Haupttunnel (GL), Innenschale der Strecke auf Höhe der bestehenden TBM-Montagekavernen, welche im Rahmen des Bauloses Muls 1 ausgebrochen wurden:
  - von km 48.9+02 ca. bis km 49.0+83 ca. - Oströhre;
  - von km 48.8+73 ca. bis km 49.0+57 ca. - Weströhre.
- Fensterstollen Muls (M) und dazugehörige Bauwerke, Innenschale und Endgestaltung der bereits in den vorhergehenden Baulosen errichteten Bauwerke, bestehend aus:
  - Fensterstollen Muls (M), 1'607 m ca. lang;
  - Abschnitt A (M-A), ca. 172 m lang;
  - Abschnitt 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.
- Haupttunnel (GL) südlich des Fensterstollens; hauptsächlich mit offener TBM aufgefahrener Abschnitt (Vortrieb und Innenschale):
  - von km 49.0+83 ca. (Ende TBM-Montagekaverne, welche im Rahmen des Bauloses Muls 1 ausgeführt wurde) bis km 52.6+22 ca. - Oströhre;
  - von km 49.0+57 ca. (Ende TBM-Montagekaverne, welche im Rahmen des Bauloses Muls 1 ausgeführt wurde) bis km 52.8+44 ca.
- In diesem Abschnitt erfolgt der Vortrieb der Oströhre von km 49.0+83 ca. bis km 49.1+18 und der Weströhre von km 49.0+57 ca bis km 49.2+41 jeweils auf einer Länge von 35 m und 184 m, im konventionellen Vortrieb mit einem verbreiterten Querschnitt, der die Durchfahrt der TBM ermöglicht.
- Doppelgleisige Haupttunnels (GL -D), traditioneller Aushub und Innenschale:
  - von km 52.6+29 ca. bis km 54.1+00 - Oströhre;
  - von km 52.8+66 ca. bis km 54.1+00 - Weströhre (entspricht dem 54.1+40 der Systemplanung).
- 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 angrenzenden Baulose).
- Galleria di collegamento (GC): sistemazione definitiva dell'opera già realizzata nel lotto Muls 1, compresa tra la Galleria di Linea, canna ovest, e il Cunicolo Esplorativo, per una lunghezza di 420 m circa.
- Galleria di Linea (GL) a sud dalla Finestra di Muls, tratta realizzata prevalentemente con TBM aperta (scavo e rivestimento definitivo):
  - da km 49.0+83 circa (fine camerone di montaggio TBM realizzato nell'ambito del Lotto Muls 1) a km 52.6+22 circa - canna est;
  - da km 49.0+57 circa (fine camerone di montaggio TBM realizzato nell'ambito del Lotto Muls 1) a km 52.8+44 circa
- In questa tratta le gallerie principali est ed ovest a partire dalla km 49.0+83 circa, per la galleria est, e dalla km 49.0+57 circa, per la galleria ovest, fino alla km 49.1+18 est e 49.2+41 ovest, rispettivamente per una lunghezza di 35m e 184m, vengono scavate con metodi tradizionali con una sezione allargata che permette il passaggio della TBM.
- Gallerie di Linea a doppio binario (GL-D), scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - da km 52.6+29 circa al km 54.1+00 - canna est;
  - da km 52.8+66 circa a km 54.1+00 - canna ovest (corrispondente alla 54.1+40 dei lotti adiacenti).
- Gallerie di Linea a doppio binario (GL-D), scavo con metodi tradizionali e rivestimento definitivo:
  - da km 52.6+29 circa al km 54.0+15 - canna est;
  - da km 52.8+66 circa a km 54.0+02 circa - canna ovest (corrispondente alla 54.0+42 circa della Progettazione di Sistema).

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

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

## 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:

- 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 Mauls.
- Neuer Logistikknoten (NL), konventioneller Vortrieb und Endgestaltung; befindet sich seitlich der Trasse des Zugangstunnels (zwischen km 0.5+00 und 0.8+60 ca. des GA) und besteht aus:
  - einer 110 m langen Logistikkaverne;
  - drei Verbindungstunnel zum Zugangstunnel(38 m, 91 m und 179 m ca.);
  - Logistik Bypass zwischen dem Zugangstunnel und der Weströhre (148m ca.) und zwischen der Weströhre und der Oströhre (137 m ca.)
  - Verbindungsschacht zum Erkundungsstollen bei km 00.0+71.6 mit Bezug auf die Bauwerkskilometrierung.
- 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 Mules.
- Nuovo Nodo Logistico (NL), scavo con metodi tradizionali e sistemazione definitiva; situato lateralmente al tracciato della Galleria di Accesso (posizionato tra km 0.5+00 e 0.8+60 circa della GA), risulta costituito da:
  - camerone logistico della lunghezza di 110 m;
  - tre gallerie di collegamento con la GA (38 m, 91 m e 179 m circa);
  - by-pass logistico di collegamento tra la GA e la GL ovest (148m circa) e tra la GL ovest e la GL est (137 m circa)
  - pozzo di collegamento con il Cunicolo Esplorativo, ubicato al km 00.0+71.6 con riferimento delle progressive dell'opera.

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

- Haupttunnel (GL), TBM-Vortrieb und Innenschale:
  - von km 44.1+92 ca. (Ende TBM-Montagekaverne) bis km 32.0+88 - Oströhre;
  - von km 44.1+55 ca. (Ende TBM-Montagekaverne) bis km 32.0+47 ca. (entsprechend dem km 32.0+87 der angrenzenden Baulose) - 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,

**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 dei lotti adiacenti) - 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

der MS/NS-Verteilung, der Löschwasserversorgung, dem GSM-Fernmeldenetz sowie den selektiven Wasserdrainageanlagen besteht.

dall'impianto di illuminazione, distribuzione MT/BT, dalla rete idrica antincendio, dalla rete di telecomunicazione GSM e dagli impianti di drenaggio selettivo delle acque.

### 3 AUFGABENSTELLUNG

Zweck der innerhalb der Tunnel des Loses durchzuführenden Überwachungen, Vermessungen und Erkundungen ist es, zu bestimmen und/oder mit den Projektberechnungen zu vergleichen:

- die geologischen und geomechanischen Bedingungen jenseits der Abbaufont;
- die geomechanischen Parameter des Gebirgskörpers;
- die Verformungen des Gebirges um die Höhlung;
- die Verformungen und/oder Spannungen in der Auskleidung der ersten Phase;
- die Verformungen und/oder Spannungen in der Innenschale;

Die geplante Überwachung, Vermessung und Erkundungen können unterteilt werden in:

- Untersuchungen im Verlaufe des Vortriebes
- Überwachung während der Bauphase
- Betriebsorientierte Überwachung

Die unterschiedlichen geologischen und geomechanischen Bedingungen und verschiedenen Ausbruchmethoden, welche die Teile des Bauwerks des Loses Males 2-3 ausmachen, erzwingen eine Anpassung des Planes, der Überwachung, Vermessungen und Schürfungen an jede der im Projekt vorgesehenen Situationen.

Die in den Anlagen 1 bis 4 beigefügten Tabellen geben einen zusammenfassenden Überblick über die Art der für jeden einzelnen Bauwerksteil vorgesehenen Untersuchungen und Vermessungen, über ihre Häufigkeit und über die Aufteilung der Verantwortung für die Lieferung und die Installation der Messinstrumente sowie die Ausführung der Messungen.

In den Anhängen 5 und 6 hingegen wird eine zusammenfassende Sicht der vorgesehenen Überwachungsregelquerschnitte, im Sinne von Zusammensetzung (Anhang 5) und von Anwendungsstrecken an den verschiedenen Bauwerken (Anhang 6), aufgezeigt.

Es wird unterstrichen, dass sowohl die Zusammensetzung der Ausbruchquerschnitte als auch die Anwendungsstrecken als Grundsatzangaben zu berücksichtigen sind, welche während der Bauausführung dem geomechanischen Bezugskontext sowie dem realen Gebirgsverhalten anzupassen sind.

### 3 GENERALITA'

Lo scopo dei monitoraggi, dei rilievi e delle prospezioni da eseguire all'interno delle gallerie del lotto, è quello di determinare e/o confrontare con le previsioni del progetto:

- le condizioni geologiche e geomeccaniche oltre il fronte di scavo;
- i parametri geomeccanici dell'ammasso roccioso;
- le deformazioni dell'ammasso all'intorno del cavo;
- le deformazioni e/o le tensioni nel rivestimento di prima fase;
- le deformazioni e/o le tensioni nel rivestimento definitivo.

I monitoraggi, i rilievi e le prospezioni previste possono essere suddivisi in:

- indagini nel corso dell'avanzamento
- monitoraggi in corso d'opera
- monitoraggio finalizzato all'esercizio

Le varie condizioni geologiche e geomeccaniche e i diversi metodi di scavo che caratterizzano le parti d'opera del Lotto Males 2-3 impongono la necessità di adattare il piano di monitoraggi, rilievi e prospezioni a ognuna delle situazioni previste in progetto.

Le Tabelle riportate nelle Appendici da 1 a 4 forniscono un quadro sintetico del tipo di indagini e rilievi previsti per ogni singola parte d'opera, della loro frequenza e della suddivisione delle responsabilità di fornitura e installazione degli strumenti ed esecuzione delle misure.

Nelle Appendici 5 e 6 si riporta invece un quadro sintetico delle sezioni tipo di monitoraggio previste, in termini di composizione (Appendice 5) e di tratte di applicazione nelle diverse opere (Appendice 6).

Si sottolinea tuttavia che sia la composizione delle sezioni sia le tratte di applicazione sono da considerarsi indicazioni di massima, da adattare in corso d'opera al contesto geomeccanico di riferimento e al reale comportamento dell'ammasso.



#### 4 SYSTEMATISCHE UNTERSUCHUNGEN IM VERLAUFE DES VORTRIEBES

Zweck der systematischen Untersuchungen während des Vortriebs ist die Feststellung der geologischen und geomechanischen Bedingungen jenseits der Abbaufont, um gegebenenfalls Schwierigkeiten, kritische Bereiche und Verwerfungsbereiche zu erkennen und ihnen vorzubeugen sowie das Gebirge zu charakterisieren. Auf der Grundlage der Untersuchungen beim Vortrieb können die Art der anzuwendenden Maßnahmen der ersten Phase (Ausbruchquerschnitt) bestimmt und zur Überwindung des betreffenden Abschnitts sowohl mit TBM-Vortrieb als auch im Falle des bergmännischen Vortriebs notwendigen Zusatzmaßnahmen festgelegt werden.

Die Daten der einzelnen Untersuchungen müssen in Papierform und digital auf dem von BBT SE zur Verfügung gestellten FTP-Server und der Tunneldokumentationsplattform am Tag der Ausführung (innerhalb von 12h nach der Messung) übergeben werden und immer genaue Informationen über die genaue Position der Untersuchung beinhalten.

Zu Einzelheiten hinsichtlich der Häufigkeit der Durchführung der Untersuchungen siehe Anlage 1.

Alle abgelesenen Messergebnisse und Ergebnisse der Untersuchungen sind in tabellarischer oder graphischer Form darzustellen, dabei sind sämtliche Informationen, die für eine korrekte Auslegung von Bedeutung sind, anzuführen. Außer Tabellen und Graphiken sind die Unterlagen auch in digitaler Form (als Datei) abzugeben, die sämtliche Messungen und die obgenannten Informationen zu enthalten hat. Diese Dateien müssen mit den handelsüblichen elektronischen Tabellenformaten kompatibel sein (z.B. MS Excel, MS Word, AutoCAD usw.) und so aufbereitet sein, dass sie wie vereinbart in die EDV-Systeme und in die Datenbanken von BBT SE (2doc oder ähnliche) und der Bauleitung eingefügt werden können.

Insbesondere ist es Aufgabe des Auftragnehmers alle von ihm erhobenen Daten (einschließlich der TBM-Daten, Daten der Vorausböhrung, geostrukturelle Vermessung, usw) in das Tunneldokumentationssystem einzugeben.

Es ist auch Aufgabe des Auftragnehmers alle von Ihm automatisch erhobenen Daten in das richtige Importformat das Tunneldokumentationssystem 2doc oder ähnliches System umzuwandeln, damit ein automatischer Import gewährt werden kann, und alle von Ihm erhobenen Daten auf Plausibilität zu prüfen.

Sämtliche vom Auftragnehmer erhobene Daten, sowohl „Rohdaten“ aus den Datenerhebungssystemen als auch vom

#### 4 INDAGINI SISTEMATICHE NEL CORSO DELL'AVANZAMENTO

Scopo delle indagini sistematiche nel corso dell'avanzamento è quello di accertare le condizioni geologiche e geomeccaniche oltre il fronte di scavo per individuare e prevenire eventuali difficoltà, zone critiche, zone di faglia e per caratterizzare l'ammasso roccioso. In base alle indagini in avanzamento si potrà determinare il tipo di interventi di prima fase da applicare (sezione di scavo) e definire gli interventi integrativi necessari al superamento della tratta in questione, sia con avanzamento in TBM che in caso di scavo tradizionale.

I dati delle singole indagini dovranno essere restituiti in forma cartacea e digitale sul server FTP del Committente e inseriti nella piattaforma di documentazione del Committente il giorno stesso dell'esecuzione (entro 12 ore dalla rilevazione) e contenere sempre precise informazioni sulla posizione esatta dell'indagine.

Per dettagli circa la frequenza dell'esecuzione delle indagini si veda l'Allegato 1.

Tutte le letture degli strumenti e risultati delle indagini saranno presentate in forma tabulare o grafica, corredate di tutte le informazioni necessarie alla loro corretta interpretazione. Oltre al supporto tabulare e grafico si fornirà anche un supporto informatico (file) contenente tutte le misure eseguite e le informazioni di cui sopra. Tali files dovranno essere compatibili con i più comuni fogli elettronici in uso (es.: MS Excel, MS Word, AutoCAD ecc), e dovranno essere predisposti per essere integrati nei sistemi informativi (2doc o simili) e nelle banche dati del Committente e della DL, secondo quanto concordato con i suddetti soggetti.

In particolare è compito dell'Appaltatore l'inserimento nel sistema di documentazione della galleria di tutti i dati da lui rilevati (inclusi i parametri della fresa, i sondaggi in avanzamento, rilievi geostrutturali del fronte e delle pareti, ecc).

È altresì compito dell'Appaltatore la trasformazione di tutti i dati rilevati da lui automaticamente nel formato di import corretto, al fine di consentirne l'import automatico, e la verifica della plausibilità dei dati da lui rilevati.

Si precisa comunque che tutti i dati acquisiti dall'Appaltatore, sia quelli "grezzi" provenienti dai sistemi di acquisizione dati

Auftragnehmer aufbereitete Daten, sind der Bauleitung und dem Auftraggeber auch in digitaler Form zu übermitteln. Etwaige vom Auftragnehmer eingerichtete Datenverwaltungssysteme bedürfen jedenfalls der Ab- bzw. Zustimmung seitens von BBT SE.

#### **4.1 BESCHREIBUNG DES TUNNELDOKUMENTATIONSSYSTEM VONBBT SE ("2DOC" ODER ÄHNLICHES)**

##### **4.1.1 Allgemeine Festlegungen**

Das Tunneldokumentationssystem von BBT SE ist eine Software zur Erfassung, Verwaltung, Archivierung und Analyse von Daten, die im Zuge eines Tunnelbauprojektes erhoben werden. Das Programm integriert Daten verschiedener Fachbereiche und dient als Plattform zur Zusammenarbeit im Baustellenteam. Mit der Software wird das Ziel einer gemeinsamen, einheitlich strukturierten und standardisierten Dokumentation der erhobenen Daten verfolgt, damit alle Daten aus den Monitoringaktivitäten zeitnah den interessierten Baubeteiligten zur Verfügung stellen.

Die Software inkludiert Datenmanagement und Analysefunktionalitäten, erlaubt eine mehrsprachige Benutzerschnittstelle und Datenhaltung und verfügt über eine Rechteverwaltung mit der für die einzelnen Fachbereiche die Zugriffsberechtigungen verwaltet werden können.

##### **4.1.2 Aufgaben des Auftragnehmers**

Alle Messergebnisse werden gemeinsam mit den erforderlichen Angaben und Informationen innerhalb einer festgelegten Frist nach erfolgter Messung/Beobachtung BBT SE auf einem FTP Server zur Verfügung gestellt, auf Anforderung auch zusätzlich per Email versandt. Wie im vorhergehenden Kapitel angegeben, müssen die Messungen auf der Plattform der/des BL/Auftraggeber innerhalb 12 Stunden von der Erhebung zu Verfügung gestellt werden.

Zur Übernahme der Daten in das Dokumentationssystem müssen die Daten in den im nachfolgenden definierten Formaten geliefert werden. Das Dokumentationssystem erlaubt zusätzlich auch die Ablage eventueller Originalauswertungen (PDF, JPG, gescannte Unterlagen etc.) des Auftragnehmers. Die im Datenmanagementsystem eingepflegten Daten sind vom Auftragnehmer auf Vollständigkeit und Validität zu prüfen.

Der Auftragnehmer muss sämtliche von ihm erhobenen Daten in das System einspeisen. Dazu gehören Rohdaten aus Messgebern und händisch eingegeben Rohdaten, jegliche Ergebnisse aus Messungen, Erhebungen, Versuchen und Aufnahmen einschließlich dazugehöriger Dokumentation

sia quelli elaborati dall'Appaltatore, dovranno essere consegnati alla DL e al Committente anche in formato digitale. Tutti gli eventuali sistemi di gestione dei dati predisposti dall'Appaltatore dovranno comunque essere concordati con e approvati dal Committente.

#### **4.1 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI DOCUMENTAZIONE DELLA GALLERIA DEL COMMITTENTE ("2DOC" O SISTEMA EQUIVALENTE)**

##### **4.1.1 Disposizioni generali**

Il sistema di documentazione della galleria del Committente è un software per la registrazione, l'archiviazione e l'analisi dei dati che vengono rilevati nel corso di un progetto di galleria. Il programma integra i dati provenienti da diversi settori e serve come piattaforma per la collaborazione all'interno dello staff di cantiere. L'obiettivo del software è la redazione di una documentazione comune dei dati, strutturata e standardizzata uniformemente, in modo da mettere a disposizione tempestivamente tutti i dati provenienti dalle attività di monitoraggio a tutte le persone coinvolte nelle lavorazioni.

Il software include la gestione dei dati e delle funzionalità di analisi; consente un'interfaccia utenti e una gestione dei dati plurilingue e permette la gestione delle autorizzazioni per ogni singolo settore.

##### **4.1.2 Compiti dell'Appaltatore**

Una volta effettuata la misurazione, tutte le misure e le informazioni necessarie sono messe a disposizione del Committente su un server FTP entro un termine prestabilito; a richiesta, essi possono essere inviati anche tramite posta elettronica. Come indicato nel paragrafo precedente, le misure dovranno essere rese disponibili sulla piattaforma della DL/Committenza entro 12 ore dalla rilevazione. Ai fini dell'acquisizione dei dati nel sistema di documentazione è necessario che i dati stessi siano trasmessi nei formati di seguito indicati. Il sistema di documentazione consente altresì l'archiviazione di eventuali valutazioni originali (PDF, JPG, documenti scannerizzati, ecc.) dell'Appaltatore. Quest'ultimo è tenuto a verificare la completezza e validità dei dati inseriti nel sistema di gestione dei dati.

L'Appaltatore dovrà inserire nel sistema tutti i dati da esso rilevati. Tra questi figurano i dati grezzi provenienti dai sensori e i dati grezzi inseriti manualmente, tutti i risultati di misurazioni, rilevamenti, prove e rilievi, compresa la relativa

wie Datenblätter, Zertifikate und sonstiger dazugehöriger Dokumentation.

Das System erlaubt auch die automatische Erstellung von Berichten und Grafiken. Die Berichte und Grafiken müssen nach Erstellung geprüft und validiert und eventuell überarbeitet werden und als fertiges Dokument (PDF, dwg, doc. etc.) in das System wiederum eingefügt werden.

Der Datenbestand des Systems ist zu warten und die Daten sind aktuell zu halten.

Alle gemessenen und erhobenen Daten sind innerhalb 12 h im System zu aktualisieren. Bei besonderen sensiblen Vortriebsverhältnissen und auf Anweisung von BBT SE muss eine Aktualisierung innerhalb 6 h stattfinden.

Mindestens einen Monat vor Vortriebsbeginn muss der Auftragnehmer Testdaten in das System eingeben um beim Vortriebsbeginn mit dem System vertraut zu sein.

Der Auftragnehmer hat alle Daten in deutscher und italienischer Sprache in das System einzugeben; vom Auftragnehmer ist auch eine Kontaktperson zu definieren, welche die Funktion und Verantwortung als Datenmanager übernimmt. Die Person hat die Aufgabe das System zu betreuen und dient als Kontaktperson für BBT SE.

Das System kann auch während der Arbeiten an besondere Gegebenheiten und Bedürfnisse des Baugeschehens angepasst werden und weiterentwickelt werden.

Bei Systemausfall werden die Daten vom Auftragnehmer vorübergehend selbst archiviert und verwaltet und bei Wiederinbetriebnahme des Systems nachträglich eingegeben um eine kontinuierliche vollständige Datenhaltung und Dokumentation zu gewähren.

#### 4.1.3 Technische Voraussetzungen

BBT SE stellt das von ihr eingesetzte Datenmanagementsystem 2doc dem Auftragnehmer über einen Terminalserver zur Verfügung. Für die Bedienung des Systems sind vom Auftragnehmer keine weiteren Lizenzen zu erwerben.

Zur Bedienung des von BBT SE eingesetzten Datenmanagement Systems ist ein Computer samt Internetverbindung mit folgenden Spezifikationen erforderlich

- HW Ausstattung: Derzeit (Stand 2014) handelsübliche Comupter
- Bildschirmauflösung 1280x1024 oder besser

documentazione come ad esempio schede dati, certificati ed altra documentazione rilevante.

Il sistema consente anche la redazione automatica di relazioni. Le relazioni e grafici, una volta redatti, devono essere verificati, validati ed eventualmente rielaborati. Il documento completo (PDF, dwg, doc. ecc.) dovrà poi a sua volta essere inserito nel sistema.

La banca dati del sistema dovrà essere mantenuta e i dati dovranno essere aggiornati.

Tutti i dati misurati e rilevati dovranno essere aggiornati nel sistema entro 12 ore. In presenza di condizioni di avanzamento particolarmente critiche e su indicazione del Committente, un aggiornamento dovrà essere fatto entro 6 ore.

Almeno un mese prima dell'inizio dei lavori di scavo, l'Appaltatore deve inserire dati di prova nel sistema, in modo da conoscere bene il sistema al momento dell'inizio dei lavori di scavo.

L' Appaltatore dovrà inserire tutti i dati nel sistema in lingua tedesca e italiana; dovrà altresì definire una persona di riferimento che assumerà la funzione e la responsabilità di gestore dei dati. Detta persona si occuperà della gestione del sistema e fungerà da persona di riferimento per BBT SE.

Nell'ambito delle attività di costruzione, il sistema può essere adattato a condizioni e ad esigenze particolari e sviluppato ulteriormente anche durante i lavori.

In caso di guasto, i dati vengono archiviati e gestiti temporaneamente dall'Appaltatore stesso e vengono inseriti successivamente, ossia al momento della rimessa in esercizio del sistema, per garantire un'archiviazione e una documentazione continua e completa dei dati.

#### 4.1.3 Requisiti tecnici

BBT SE mette a disposizione dell'Appaltatore il sistema di gestione dei dati da lei utilizzato, denominato "2doc", su un Terminal server. L'Appaltatore non è tenuto ad acquistare alcuna ulteriore licenza per l'utilizzo del sistema.

Per l'utilizzo del sistema di gestione dei dati adottato da BBT SE è necessario un computer con connessione a Internet che presenti le specifiche seguenti:

- requisiti hardware: computer attualmente (2014) disponibile in commercio;
- risoluzione dello schermo pari a un minimo di 1280x1024;

- Betriebssystem Microsoft Windows XP SP2/SP3, Microsoft Windows Vista (32 oder 64bit Version) oder höher.
- Breitband Internetzugang mit einer Bandbreite von mindestens 8192 kbit/s Downstream und 8192 kbit/s Upstream. Das bei der Benutzung des Terminalservices übertragene Datenvolumen entspricht dem von der Terminalsession selbst verursachten Volumen zuzüglich dem Volumen des vom AN an den Server übertragenen Daten (z.B. Messdaten)
- Zur Bedienung ist zuvor die Installation einer frei erhältlichen Client Software (Citrix XenApp Web Plugin) notwendig

Die allgemeinen Festlegungen für ASCII Dateiformate zum Austausch von Daten werden dem Auftragnehmer durch BBT SE übermittelt.

#### 4.2 WEB PLATTFORM ZUR VERWALTUNG DES ÜBERWACHUNGSSYSTEMS

Der Auftragnehmer muss eine Fernsoftwareplattform liefern, welche der/dem BL/Auftraggeber den Fernzugriff zum Überwachungssystem ermöglicht. Die Plattform nimmt die innerhalb der UAD (Max. 200 UAD ca.) registrierten Daten mittels des GSM Netzes im Tunnel auf und überträgt diese zum Archivierungssystem des Auftraggebers (2Doc).

Das System besteht aus folgenden Elementen:

- Dedizierter Server in einem Rack-Schrank, USV, mit geeignetem Schloss, an einer dazu bestimmten Stelle eingebaut, mit reserviertem und angemessenem geschützten Zutritt in Nähe der Büroräume des Auftragnehmers.
- Dedizierte Klimaanlage.
- Nötige Software.

Der Auftragnehmer muss außerdem, für die Gesamtdauer der Arbeiten, folgende Tätigkeiten ausführen:

- Konfigurierung der Verfahren an das Verwaltungssystem aus Zweckmäßigkeit der Datenarchivierung, -verarbeitung, -filterung sowie Umwandlung von elektrischen Einheiten zu physikalischen Größen.
- Kontrolle und Warnsignalsendung per SMS/E-Mail im Fall von Überschreitung der Warnschwelle.
- Dedizierter WEB-GIS Portal zur Datenabfrage mit reserviertem Zutritt, Datenaktualisierung am Portal 4-mal/Tag.

- sistema operativo Microsoft Windows XP SP2/SP3, Microsoft Windows Vista (versione da 32 o 64 bit) o superiore
- connessione a Internet a banda larga con una velocità di accesso pari a un minimo di 8192 kbit/s in direzione downstream e 8192 kbit/s in direzione upstream. Il volume di dati trasmesso durante l'utilizzo del server di terminali corrisponde al volume generato dalla sessione di lavoro sui terminali stessi nonché dal volume di dati trasferiti dall'affidatario al server (per esempio, dati di misurazione);
- per l'utilizzo è necessaria la preventiva installazione di un client software gratuito (Citrix XenApp Web Plugin)

Le disposizioni generali relative ai formati ASCII per lo scambio di dati verranno trasmessi all'Appaltatore da BBT SE.

#### 4.2 PIATTAFORMA WEB PER LA GESTIONE SISTEMA DI MONITORAGGIO

L'Appaltatore deve fornire una piattaforma software remota che permetta alla DL/Committenza l'accesso da remoto al sistema di monitoraggio. La piattaforma acquisisce i dati registrati all'interno delle UAD (max circa 200 UAD) attraverso l'utilizzo della rete GSM presente in galleria e le trasmette al sistema di archiviazione del Committente (2Doc).

Il sistema è costituito dai seguenti elementi:

- Server dedicato in armadio rack, UPS, con opportuna chiusura tramite chiave, installato in un ambiente dedicato, ad accesso riservato e opportunamente protetto presso gli uffici dell'Appaltatore.
- Climatizzatore dedicato.
- Software necessari.

L'Appaltatore deve inoltre eseguire, per l'intera durata dei lavori, le seguenti attività:

- Configurazione procedure sul sistema di gestione per funzionalità di archiviazione, trattamento, filtraggio dei dati e conversione da unità elettriche a in unità ingegneristiche.
- Controllo e invio segnalazione via SMS/e-mail in caso di superamento soglie di allarme.
- Portale WEB-GIS dedicato per consultazione dati con accesso riservato; aggiornamento dati sul portale 4 volte al giorno.

- Datendarstellung in Form von Wert/Zeit Diagrammen, Darstellung der Schwellenwerte, Reportabfassung.
- Automatische Datenexportierung im mit dem 2Doc BBT kompatiblen Format und Sendung zum 2Doc System.
- Lieferung und Einbau des dokumentarischen Systems sämtlicher Planungsunterlagen, von den Zeichnungen bis zu den Berichten.
- Ordentliche Wartung des Verwaltungssystems.
- Regelmäßige Back-up-durchführung der Verwaltungsplattformdaten und Überprüfung der korrekten Archivierung.
- Stromversorgung der Verwaltungsplattform, einschließlich der zur sicheren Systemabschaltung bei Stromausfall angemessenen unterbrechungsfreien Stromversorgung.
- Repräsentazione dei dati sotto forma di grafici valore/tempo, rappresentazione delle soglie, generazione report.
- Esportazione automatica dei dati in formato compatibile con sistema 2Doc BBT e invio al sistema 2Doc.
- Fornitura e gestione del sistema documentale di tutti i documenti del progetto, dai progetti ai report.
- Manutenzione ordinaria del sistema di gestione.
- Esecuzione di backup periodici dei dati contenuti nella piattaforma di gestione e verifica della corretta archiviazione.
- Alimentazione elettrica della piattaforma di gestione, compresi gruppi di continuità di potenza adeguata per garantire il corretto spegnimento del sistema in caso di assenza di corrente.

Der Verwaltungsplattform müssen die Verfahren zu Verfügung stehen um:

- die Daten regelmäßig auf automatischer Weise von den installierte UAD aufzunehmen und sie in einer dedizierten relationalen und historisierten Datenbank zu registrieren, welche von angemessen Größe sein muss, um die Daten bzgl. sämtliche Planinstrumente im Verlauf der gesamten Arbeitsdauer zu beinhalten, und um effizienter Weise die Abfragen durchzuführen. Jede UAD muss abgefragt werden, um sämtliche registrierten Maße ab der vorhergehenden Abfrage aufzunehmen; die Verwaltungsplattform muss außerdem die Möglichkeit sichern die Häufigkeit des Datenabladens jeder UAD in Bezug auf die Arbeitserfordernisse zu ändern.
- die registrierten Daten sowohl manuell als auch automatisch zu validieren.
- die sachgerechten Übertragungsberechnungen der registrierten elektrischen Einheiten in physikalische Größen zu übertragen und sie in derselben Datenbank zu registrieren.
- jedem Messinstrument die spezifischen Aufmerksamkeits- und Warnschwellen, bis zu 3 Warnstufen, zuzuschreiben.
- zu überprüfen, dass die registrierten Daten unter den vorgesehenen Warnschwellen sind, wobei der Schwellenwert durch verschieden Verfahren überprüft wird (Absolut-, Relativwert oder Gradient im Zeitverlauf).

La piattaforma di gestione dovrà avere a disposizione le procedure per:

- Acquisire periodicamente in maniera automatizzata i dati dalle UAD installate e registrarli in una banca dati relazionale dedicata e storicizzata, opportunamente dimensionata per contenere i dati relativi a tutti gli strumenti del progetto per tutta la durata dei lavori e per poter effettuare le interrogazioni in modo efficiente. Ciascuna UAD dovrà essere interrogata per acquisire tutte le misure registrate a partire dalla precedente richiesta; la piattaforma di gestione dovrà inoltre garantire la possibilità di variare la frequenza con cui sono scaricati i dati di ciascuna UAD in funzione delle esigenze del lavoro.
- Validare i dati registrati in modo sia manuale che automatizzato.
- Effettuare tutti gli opportuni calcoli di conversione delle unità elettriche registrate a unità ingegneristiche e loro archiviazione sempre nella banca dati.
- Assegnare a ciascuno strumento di misure delle specifiche soglie di attenzione e allarme con gestione fino a 3 livelli di allarme.
- Verificare che tutti i dati registrati rientrino nelle soglie di allarme previste, controllando il valore secondo diverse modalità (valore assoluto, relativo o gradiente nel tempo).

- bei Überschreitung der Schwellenwerte muss das System sachdienliche Meldung mittels SMS/E-Mail Nachrichten an einer bestimmten Personenliste, welche im Laufe der Zeit aktualisierbar sein muss, zu aktivieren.
- sämtliche für die Datenübertragung zum Archivierungssystem des Auftraggebers (2Doc) benötigten Dateien automatisch zu erstellen und diese zum System selbst zu übertragen.
- die Unterlagen ins dokumentarische Verwaltungssystem, gemäß einer mit der/dem BL/Auftraggeber vereinbarten Planungs-WBS, einzuspeisen, wobei deren Aktualisierung und Suche mittels einfachen Eingabemasken möglich sein muss. Auch der Zugang zur dokumentarischen Verwaltung muss der Authentifizierung unterliegen, um Eingangsnutzer zu filtern.
- In caso di superamento delle soglie il sistema dovrà attivare delle opportune segnalazioni tramite SMS/e-mail a un elenco di persone specifico e aggiornabile nel tempo.
- Creare in modo automatico tutti i file necessari alla trasmissione dati nel sistema di archiviazione del Committente (2Doc) e trasmetterli al sistema stesso.
- Inserire documenti nel sistema di gestione documentale secondo una WBS relativa al progetto concordata con DL/Committente, permettendone aggiornamento e ricerca tramite semplici maschere di interrogazione. Anche l'accesso alla gestione documentale dovrà essere soggetto a autenticazione per filtrare gli utenti in ingresso.

Das dedizierte WEB-GIS Portal muss den Nutzern Folgendes bieten können:

- von Fernzugriffe und auf autorisierter Weise (reservierte Username und Passwort für jeden befugten Techniker) auf die Daten der Instrumente/UAD zu greifen; die Zugriffsplattform muss die Anmeldeinformationen eines jeden Nutzers verwalten und den Zugriff nur auf die autorisierten Informationen liefern.
- den Betriebsstand der UADs und der Hauptbetriebsparameter (z.B. Batterie/Speicher) zu überprüfen.
- das Verzeichnis aller installierten Instrumente abzufragen und diese auf einem dedizierten WEB GIS zu lokalisieren, welcher den Lageplan des Bauwerks, die georeferenzierte Lokalisierung sämtlicher UAD sowie der damit verbundenen Instrumentenausrüstung aufzeigt; der WEB GIS wird vom Nutzer in Deutsch oder Italienisch abfragbar sein. Der Nutzer wird auf dem WEB GIS jedes einzelne Instrument durch Suchfunktionen oder direkte Wahl auf der Karte orten können und zur Visualisierung der damit verbundenen Unterlagen und sämtlicher im Laufe der Zeit registrierten Maße gelangen können. Die Abfrage der installierten Instrumentenausrüstung muss sowohl in grafischer als auch in tabellarische Form die gesamte Historie der vom Instrument registrierten Maße aufzeigen, die entsprechenden Aufmerksamkeitsschwellen, die dazugehörigen Fotos sowie die Installations- und Wartungsnotizen.

Il portale WEB-GIS dedicato dovrà fornire agli utenti la possibilità di:

- Accedere da postazioni remote e in modo autorizzato (username e password riservati a ciascun tecnico autorizzato) ai dati degli strumenti/UAD; la piattaforma di accesso dovrà gestire le credenziali per ciascun utente e fornire l'accesso solo alle informazioni autorizzate.
- Verificare lo stato di funzionamento delle UAD e i principali parametri operativi (es. batterie/memoria).
- Consultare l'elenco di tutti gli strumenti installati e localizzarli su un WEB-GIS dedicato, che riporterà la planimetria dell'opera, la localizzazione georeferenziata di tutte le UAD e della strumentazione ad esse collegata; il WEB-GIS sarà consultabile nella lingua scelta dall'utente tra italiano e tedesco. L'utente potrà tramite individuare sul WEB-GIS ogni singolo strumento tramite funzioni di ricerca o tramite selezione diretta sulla mappa e accedere alla visualizzazione dei documenti ad esso collegati e di tutte le misure registrate nel tempo. L'interrogazione della strumentazione installata dovrà mostrare sia in forma grafica che in forma tabellare tutto lo storico delle misure registrate dallo strumento, le relative soglie di attenzione, le fotografie collegate e le note di installazione e manutenzione.

- einen Datenauszug, sowohl der Rohen als auch der Physikalischen registrierten, durchzuführen und sie in Standard austauschbare und editierbare Formate zu exportieren.
- zur Visualisierung und zum Druck bestimmte Berichte anzufordern, welche den Maßverlauf im Laufe der Zeit zeigen, ab vom Nutzer gewählten Zeitspannen und per Gruppen mehrfacher Instrumente.
- Effettuare un'estrazione dei dati sia grezzi che ingegneristici registrati e esportarli in formati di interscambio standard e editabili;
- Richiedere dei report destinati alla visualizzazione e stampa che mostrino l'andamento delle misure nel tempo, a partire da intervalli di tempo e per gruppi multipli di strumenti scelti dall'utente.

Aufwendung des Auftragnehmers ist die Lieferung der Ein- und Ausgangsnetzkonnectierung zur Plattform. Das Datenverwaltungssystem muss die Nutzung von mehr als eine Verbindungsvorrichtung vorsehen, um die Daten von mindestens 4 UAD gleichzeitig abladen zu können; die Datenkonnectierung von und zur Verwaltungsplattform muss angemessen sein, um eine kurze Übertragungszeit der aufgenommenen Daten sowie eine optimale Konsultationsgeschwindigkeit für das Fernpersonal mit Datenzugangsrecht zu gewährleisten.

#### 4.3 FLUSSO DEI DATI

Die Maße von Null sowie sämtliche Maße bis zur Installation der vorgesehenen UAD werden händisch durchgeführt. Diese Daten werden dann händisch im Büro verarbeitet und auf das Dokumentationssystem des Auftraggebers (2Doc) geladen. Wie bereits zuvor dargelegt, der UAD Installation zufolge werden die Maße automatisch aufgenommen. Die so erhobenen Daten werden über an jeder UAD installierte GSM Modems zum BL/Auftraggeber Server übertragen.

Aufwendungen des Auftragnehmers sind:

- SIM Lieferung zur Aufnahme der Daten jeder einzelne UAD.
- Datenverkehrsverwaltung für die Verbindung mit jeder einzelne UAD und das Abladen in das Datenverwaltungssystem.
- Funktionalitäts- und Wartungsüberprüfung des Datenübertragungssystems, mit Ausnahme der mit den UAD gelieferten GSM Wartung.
- Verwaltungsgrundgebühr, einschließlich der Datenübertragungsspesen für die Gesamtdauer der Arbeiten.

#### 4.4 GEOMECHANISCHE MESSUNGEN DER FRONT UND DER SEITENWÄNDE DES AUSBRUCHS

Unabhängig von der Vortriebsart müssen die Vermessung der Front und/oder der Seiten des Ausbruchs in allen Tunneln des

È onere dell'Appaltatore la fornitura della connettività di rete in entrata e in uscita alla piattaforma. Il sistema di gestione dati deve prevedere l'utilizzo di più di un dispositivo di connessione per effettuare lo scaricamento dati da almeno 4 UAD contemporaneamente; la connettività dati da e verso la piattaforma di gestione deve essere adeguata a garantire un ridotto tempo di trasmissione dei dati acquisiti e una ottimale velocità di consultazione per il personale remoto con diritti di accesso ai dati.

#### 4.3 DATENFLUSS

Le misure di Zero e tutte le misure necessarie sino alla installazione della prevista UAD saranno effettuate in modalità manuale. Tali dati saranno poi elaborati manualmente in ufficio e caricati all'interno del sistema di documentazione della Committenza (2Doc). Come già esposto in precedenza, a seguito dell'installazione delle UAD le misure saranno effettuate in modalità automatica. I dati così rilevati saranno trasmessi al Server DL/Committenza attraverso l'utilizzo dei modem GSM installati su ogni singola UAD.

Sono a carico dell'Appaltatore:

- Fornitura SIM per acquisizione dati da ciascuna UAD.
- Gestione del traffico dati per la comunicazione con ciascuna UAD e scaricamento su sistema di gestione dati.
- Verifica di funzionalità e manutenzione del sistema di trasmissione dati, esclusa manutenzione sul sistema GSM fornito con le UAD.
- Canone di gestione comprese spese di trasmissione dati per l'intera durata dei lavori.

#### 4.4 RILIEVI GEOMECCANICI DEL FRONTE E/O DELLE PARETI DI SCAVO

Indipendentemente dal tipo di avanzamento, il rilievo del fronte e/o delle pareti di scavo dovrà essere eseguito in tutte

Loses ausgeführt werden, außer bei den mit Schild-TBM ausgebrochenen Tunneln.

Dabei muss dem Geologen 15 Minuten Zeit für die Aufnahme an der Ortsbrust gewährt werden.

Beim Vortrieb mit Gripper TBM ist dem AG ein Container im Back Up Bereich der TBM zur Verfügung zu stellen. Dieser ist mit einem internetfähigem Computer ausgestattet.

Für jede Vermessung müssen die erreichte Ausbruchskilometrierung, das Datum, die Uhrzeit, die Vortriebsart, die Länge des Durchbruchs, der Abschnitt des Ausbruchs und die Lage notiert werden.

Das Datenblatt muss folgendes enthalten:

- eine kurze Beschreibung der Lithologie, der Eigenschaften des Gebirgskörpers, der Wasserbedingungen, des Verhaltens des Gebirgskörpers und seiner Standfestigkeit;
- eine bildliche Darstellung der Front und/oder der Ausbruchwände, in der die wichtigste Lithologie, Sprünge und Wasseraustritte dargestellt und markiert werden;
- die Fotodokumentation der Front, der Flanken und der Kalotte (wo möglich)

Bei jeder Vermessung werden daher, entsprechend den Vorschriften aus ISRM 1978 (International Society of Rock Mechanics) die folgenden Eigenschaften des Gebirgskörpers beschrieben:

#### **Lithologie und ihre auf der makroskopischen Skala zu beobachtenden Merkmale**

- Mineralogische Zusammensetzung;
- Korngröße;
- Farbe;
- Verwitterungsgrad;
- Veränderungen bei anstehendem Wasser;
- Frac-Grad;
- Einaxiale Druckfestigkeit.

Im Falle von Zweifeln an der Gebirgszusammensetzung, die für das Projekt für wichtig erachtet werden, werden dünne Schnitte oder andere Laboranalysen an repräsentativen Probestücken ausgeführt.

Der Widerstandsparameter des intakten Gebirges kann nach folgenden Methoden ermittelt werden:

le gallerie del lotto, salvo che per le gallerie scavate con TBM scudata.

Al geologo dovranno essere garantiti 15 min di tempo per effettuare il rilevamento del fronte di scavo.

Con lo scavo con Gripper TBM deve essere messo a disposizione al Committente un container nella area del back up. Il container deve essere adottato con un Computer con connessione Internet.

Per ogni rilievo dovranno essere annotate la progressiva raggiunta dallo scavo, la data, l'ora, il tipo di avanzamento, la lunghezza dello sfondo, la sezione di scavo e la copertura.

La scheda di rilievo dovrà contenere:

- una breve descrizione della litologia, delle caratteristiche dell'ammasso roccioso, delle condizioni idriche, del comportamento dell'ammasso roccioso e delle sue condizioni di stabilità;
- una rappresentazione pittorica del fronte e/o delle pareti di scavo in cui vengono rappresentate e distinte le principali litologie, discontinuità e venute d'acqua;
- la documentazione fotografica del fronte, dei fianchi e della calotta (ove possibile).

Per ogni rilievo andranno quindi descritte, seguendo le prescrizioni ISRM 1978 (International Society of Rock Mechanics), le seguenti caratteristiche dell'ammasso:

#### **Litologie e le loro caratteristiche osservabili alla scala macroscopica**

- composizione mineralogica;
- granulometria;
- colore;
- grado di alterazione;
- modifiche in presenza di acqua;
- grado di fratturazione;
- resistenza a compressione uniassiale.

Nel caso di dubbi sulla composizione della roccia ritenuti rilevanti per il progetto verranno eseguite sezioni sottili o altre analisi di laboratorio su campioni rappresentativi.

Il parametro di resistenza della roccia intatta potrà essere determinato con i seguenti metodi:



- Schmidt-Hammer: mit einer signifikanten Anzahl von Vermessungen, im Fall einer konstanten Lithologie;
- Point Load Test an einer signifikanten Anzahl von Mustern, die an der Abbaufont entnommen wurden: im Falle des Vorfindens anderer Lithologien als der zuvor vorgefundenen.

### Unstetigkeitsstelle

Die beobachteten Unstetigkeitsstellen werden nach Typ unterschieden und mit einer polaren stereographischen Projektion der Ebenen dargestellt sowie beschrieben, wobei schriftlich festgehalten werden:

- Position;
- Lage;
- Abstand;
- Persistenz;
- Öffnung;
- Füllung;
- Veränderungen;
- Wasserbedingungen;
- Rauheit (JRC);
- Druckfestigkeit (JCS).

Bei den Verwerfungen werden außerdem beschrieben:

- Die Art des Verwerfungsgebirges;
- Die reale und scheinbare Stärke (gemessen entlang der Tunnelachse).

Die Lagen (das Fallen und die Neigung) müssen mit dem Kompass (bergmännischer Ausbruch) oder mittels Messung der Überschneidung mit der Front und der Neigung vermessen werden (Ausbruch mit TBM).

### Geomechanische Beschreibung

Zur Beschreibung des Gebirges wird die RMR-Klassifizierung von Bienjawski (1989) verwendet.

Der Parameter JCS (einaxiale Druckfestigkeit) wird nach den oben beschriebenen Methoden bestimmt, während die RQD (Rock Quality Designation) über empirische Korrelationen ermittelt wird.

Über den RMR-Wert hinaus, der analytisch über die Summe der einzelnen Ratings R1-R6 ermittelt wird, wird für jede Vermessung der Geological Strength Index (GSI) bestimmt, sowohl analytisch als auch Bezug nehmend auf die

- Martello di Schmidt: con un numero significativo di rilievi, in caso di litologia costante;
- Point Load Test su un numero significativo di campioni prelevati al fronte: in caso di rinvenimento di litologie diverse da quelle incontrate in precedenza.

### Discontinuità

Le discontinuità osservate andranno distinte per tipo, e rappresentate tramite una proiezione stereografica polare dei piani e descritte annotandone:

- posizione;
- giacitura;
- spaziatura;
- persistenza;
- apertura;
- riempimento;
- alterazione;
- condizioni idrauliche;
- rugosità (JRC);
- resistenza a compressione (JCS).

Per le faglie andranno inoltre descritti:

- Il tipo di rocce di faglia;
- Lo spessore reale ed apparente (misurato lungo l'asse della galleria).

Le giaciture (immersione e inclinazione) devono essere misurate tramite bussola (scavo tradizionale) o misurando l'intersezione con il fronte e l'inclinazione (scavo con TBM).

### Caratterizzazione geomeccanica

Per la caratterizzazione dell'ammasso verrà utilizzata la classificazione RMR di Bienjawski (1989).

Il parametro UCS (Resistenza alla compressione monoassiale) andrà determinato secondo i metodi sopra descritti mentre l'RQD (Rock Quality Designation) sarà stimato o determinato mediante correlazioni empiriche.

Oltre al valore di RMR, da ricavare analiticamente mediante la somma dei singoli rating R1-R6, verrà determinato per ogni rilievo il Geological Strength Index (GSI) sia analiticamente sia

Berechnungen aus der Literatur (in Bezug auf die Gebirgsstruktur und die Oberflächenbedingungen).

Das Datenblatt kann außerdem Angaben zu den zu hohen Ausbrüchen liefern, wobei deren Lage in der Reliefzeichnung angegeben wird, die Tendenz (oder auch der Vergleich des Zustandes des Massivs mit denen des vorhergehenden Reliefs), die Art der angewendeten Maßnahmen und deren eventuelle Änderungen je nach Regelquerschnitt, der im Plan vorgesehen ist.

Die geomechanische Vermessung in den mit (offenem) TBM-Gripper vorgetriebenen Tunneln wird mindestens einmal am Tag mittels Begehung und nur in dem Fall ausgeführt, dass es die Sicherheitsbedingungen zulassen. Es kann auch eine Schnellvermessung ausgeführt werden, in dem einzig der geomechanische Zustand des Massivs und der RMR-Wert des Ausbruchs bestimmt werden, ohne im Detail alle Eigenschaften des Gebirges an sich zu beschreiben. Sofern möglich, muss der Zustand der Front über eine Vermessungszeichnung und/oder fotografisch dokumentiert werden. In jedem Fall muss eine fortlaufende Vermessung der Ausbruchwände ausgeführt werden, sobald sie auf der Rückseite des Fräskopfes sichtbar werden, was die Vermessungszeichnung als auch die fotografische Vermessung beinhaltet.

Im Falle des bergmännischen Vortriebs wird nach jedem Durchbruch eine Vermessung durchgeführt. Im Falle mehrerer Durchbrüche am Tag und wenn der Zustand des Gebirges im Vergleich zum vorhergehenden Vermessung konstant bleibt, kann auch eine Schnellvermessung ausgeführt werden, in dem einzig der geomechanische Zustand des Gebirges und der RMR-Wert des Ausbruchs bestimmt werden, ohne im Detail alle Eigenschaften des Massivs an sich zu beschreiben. Auch im Falle einer Schnellvermessung muss die Front über eine Vermessungszeichnung oder fotografische Vermessung dokumentiert werden.

Im Anhang 7 befindet sich ein Beispiel der Dokumentation für die Vermessung der Abbaufont.

#### **4.5 VORTRIEBSSONDIERUNG MIT KERNZERSTÖRUNG**

In den Streckenabschnitten, wo die systematische Ausführung von Vortriebssondierungen geplant ist, müssen diese ca. alle 100 Meter Vortrieb ausgeführt werden und einen Abstand von 150 Metern von der Abbaufont abdecken, so dass eine Überlappung von 50 m mit jeder vorher durchgeführten Sondierung entsteht. Um eine gute Ausrichtung der Sondierung zu gewährleisten, muss der verwendete Mindestdurchmesser 76 mm betragen.

con riferimento agli abachi di bibliografia (in relazione a struttura dell'ammasso e condizioni delle superfici).

La scheda di rilievo dovrà inoltre fornire indicazioni sui sovrascavi, indicandone l'ubicazione sul rilievo pittorico, la tendenza (ovvero il confronto delle condizioni dell'ammasso con quelle del rilievo precedente), il tipo di interventi applicati e loro eventuali variazioni rispetto alla sezione tipo prevista dal progetto.

Il rilievo geomeccanico nelle gallerie scavate con Gripper TBM (aperta) andrà eseguito almeno 1 volta al giorno attraverso il passo d'uomo e solo nel caso le condizioni di sicurezza lo permettano. Potrà essere effettuato un rilievo speditivo in cui vengano determinate unicamente le condizioni geomeccaniche dell'ammasso e la classe di scavo (RMR), senza descrivere nel dettaglio tutte le caratteristiche dell'ammasso stesso. Per quanto possibile, le condizioni del fronte dovranno essere documentate attraverso il rilievo pittorico e/o fotograficamente. In ogni caso dovrà essere eseguito il rilievo continuo delle pareti di scavo, appena visibili a tergo della testa fresante, comprensivo di rilievo pittorico e fotografico.

Nel caso di scavo tradizionale andrà eseguito un rilievo dopo ogni sfondo. Nel caso di più sfondi al giorno e nel caso le condizioni dell'ammasso rimangano costanti rispetto al rilievo precedente, potrà essere effettuato un rilievo speditivo in cui vengono determinate unicamente le condizioni geomeccaniche dell'ammasso e la classe di scavo (RMR), senza descrivere nel dettaglio tutte le caratteristiche dell'ammasso stesso. Anche nel caso di rilievo speditivo il fronte dovrà essere documentato attraverso il rilievo pittorico e fotografico.

Nell'Appendice 7 si riporta un esempio di scheda del rilievo del fronte.

#### **4.5 SONDAGGIO IN AVANZAMENTO A DISTRUZIONE DI NUCLEO**

Nelle tratte dove è prevista l'esecuzione sistematica di sondaggi in avanzamento, questi devono essere eseguiti all'incirca ogni 100 m di avanzamento e coprire una distanza di 150 m dal fronte di scavo, in modo da avere una sovrapposizione di 50 m con il sondaggio eseguito in precedenza. Per garantire una buona direzionalità del sondaggio, il diametro minimo utilizzato dovrà essere di 76 mm.

Die Bohrung muss überall um die TBM gedreht werden können.

Es muss möglich sein, bei Bedarf zusätzliche Logs im Bohrloch zu fahren (z.B. Radar, Optische und Akustische Bohrlochscanner etc.). Es muss weiterhin die Möglichkeit bestehen, Extensiometer oder andere Messinstrumente (z.B. Temperaturmessgeber) einzubauen.

Die Vollbohrungen müssen mit einem Drehschlagbohrer ausgeführt werden. Im Verlaufe des Ausbruchs Richtung Norden mit Schild-TBM muss der Drehschlagbohrer mit einem Preventer ausgerüstet sein.

Zur Messung der hydrostatischen Last können Druckmessverstärker in ein Bohrloch oder Manometer an der Bohrlochmündung installiert werden.

Um eine korrekte Auswertung des Gebirgszustandes zu gewährleisten, müssen die nennenswerten lithologischen Schwankungen und/oder Konsistenzschwankungen sowie die ständig durch einen Datenlogger aufgezeichneten Parameter je nach Tiefgang schriftlich festgehalten werden:

- Bohrgeschwindigkeit (m/h)
- Rotations-Drehmoment (MPa)
- Schub (MPa);
- Drehgeschwindigkeit (g/min);
- Flüssigkeitsdruck (MPa).

#### 4.6 GEOPHYSIKALISCHE SEISMIKUNTERSUCHUNGEN MIT TRUST (TRUE REFLECTION UNDERGROUND SEISMIC TECHNIQUE)

Der Untersuchungsplan beim Vortrieb sieht die Ausführung geophysikalischer Messungen über die TRUST-Reflexions-Tomografie (True Reflection Underground Seismic Technique) vor. Diese Methode ermöglicht indirekte Untersuchungen des Gebirgsmassivs jenseits der Abbaufont.

Die seismischen Messungen müssen ca. alle 80 Meter Vortrieb ausgeführt werden und eine Abdeckung von ca. 110 Metern von der Abbaufont zu erzielen, so dass eine teilweise Überlappung mit der vorher durchgeführten Messung entsteht.

Die Vermessungen werden so weit als möglich derart ausgeführt und geplant, dass sie sich nicht mit dem Vortrieb des Ausbruchs überschneiden.

Die Untersuchungsdokumentation muss die Original-Seismogramme auf Papier und/oder auf digitalem

Deve essere possibile effettuare il sondaggio ovunque, attorno alla TBM.

Deve essere possibile effettuare ulteriori log nel foro in caso di necessità (ad es. radar, log ottico e log acustico del foro, ecc.). Deve essere inoltre possibile installare estensimetri oppure altri strumenti di misurazione (ad es. strumenti per misurare la temperatura).

I sondaggi a distruzione devono essere eseguiti da una perforatrice a rotoperussione. Nel corso dello scavo verso nord con TBM scudata, la perforatrice a rotoperussione dev'essere dotata di preventer.

Per la misura del carico idrostatico potranno essere installati trasduttori di pressione in foro o manometri a bocca foro.

Per garantire una corretta interpretazione delle condizioni dell'ammasso, si dovranno annotare le variazioni litologiche e/o di consistenza apprezzabili e i seguenti parametri registrati in continuo con un datalogger in funzione della profondità:

- velocità di penetrazione (m/h);
- coppia di rotazione (MPa);
- spinta (MPa);
- velocità di rotazione (g/min);
- pressione del fluido (MPa).

#### 4.6 RILIEVI GEOFISICI SISMICI TRUST (TRUE REFLECTION UNDERGROUND SEISMIC TECHNIQUE)

Il programma di indagini in avanzamento prevede l'esecuzione di rilievi geofisici mediante il rilevamento a riflessione sismica TRUST (True Reflection Underground Seismic Technique). Questo metodo permette di investigare indirettamente l'ammasso oltre il fronte di scavo.

I rilievi sismici devono essere eseguiti all'incirca ogni 80 m di avanzamento e garantire una copertura di circa 110 m oltre il fronte di scavo, in modo da avere una sovrapposizione parziale con il rilievo eseguito in precedenza.

I rilievi andranno eseguiti e pianificati per quanto possibile in modo tale da non interferire con l'avanzamento dello scavo.

La documentazione di indagine dovrà comprendere i sismogrammi originali su supporto cartaceo e/o digitale, profili

Datenträger, die seismischen Erdschichtenprofile in einem geeigneten Maßstab unter Angabe der Werte für die Druckwellengeschwindigkeit (VP) sowie den Abstand der Spiegel, gemessen von der Abbaufont, enthalten.

Beim Aufbau und bei der Durchführung der periodischen Messungen muss ein Geophysiker (Hochschulabschluss in Geophysik) anwesend sein. Dieser muss auch bei Baubesprechungen anwesend sein.

Alternativ zum System TRUST, in Absprache mit Bauleiter/Auftraggeber könne auch TRT Systeme eingesetzt werden; bei TBM-Vortrieben können auch Systeme mit kontinuierlicher Anregung aus dem Bohrkopf eingesetzt werden (z.B. Seismik while drilling-Systeme). Die ersten 2 Kilometer müssen beide Systeme (TRUST/TRT und while drilling-System) eingesetzt getestet werden. Nach der Testphase entscheidet BBT SE, welches der beiden Systeme weiterhin eingesetzt werden kann. Dabei muss weiterhin die Präsenz des Geophysikers garantiert sein. Bei beiden Systemen sind 3-Komponenten Beschleunigungsmesser anzuwenden.

#### 4.7 MESSUNGEN DER GERÄUSCHEMISSIONEN (ROCKBURST)

Die Vorhersage von Gebirgsschlag (Rockburst) wird durch die Ermittlung der Geräuschemissionen durchgeführt.

Starke Geräuschemissionen, die diese Erscheinung begleiten, werden unter Nutzung eines Mehrkanal-Messsystems ermittelt, das aus drei Kanälen für jede Messsektion besteht.

Das aus mindestens sechs Messsektionen bestehende Messsystem sieht eine Messsektion alle 50 m innerhalb der Röhre positioniert vor, während eine Datensammelstation außerhalb des Tunnels positioniert wird.

Die Emissionen aus dem Gebirgsmassiv können zur Orientierung wie folgt mit den Rockbursterscheinungen in Verbindung gebracht werden:

- 0-10 Emissionen/min: Stabilität
- 10-100 Emissionen/min: unsichere Standfestigkeit
- 100-500 Emissionen/min: Keine Standfestigkeit
- > 500 Emissionen/min: Bruch

Während des Vortriebs wird außerdem eine Eichung der oben aufgeführten Schwellenwerte notwendig sein.

#### 4.8 GEOELEKTRISCHE VERMESSUNGEN AM KOPF DER SCHILD-TBM

Die geoelektrische Vermessung erlaubt eine indirekte Untersuchung der Gebirgsmasse auf einem Abstand von ca. 20 m jenseits der Abbaufont mittels einer, über ein auf den

sismostratigrafici in scala adeguata con indicati i valori delle velocità delle onde di compressione (VP) e la distanza dei riflettori rilevati dal fronte di scavo.

Durante l'installazione e l'esecuzione delle misurazioni periodiche deve essere presente un geofisico (laurea in geofisica). Il geofisico deve anche partecipare alle riunioni di cantiere.

Alternativamente al sistema TRUST, in accordo con DL/Committente può essere impiegato il sistema TRT; in caso di avanzamento con TBM possono essere impiegati anche sistemi con stimolazione continua dalla testa della fresa (ad es. sismica sistemi while drilling). Entrambi i sistemi (TRUST/TRT e sistema while drilling) devono essere testati sui primi 2 chilometri. Dopo la fase di prova BBT SE decide quale dei due sistemi potrà essere successivamente impiegato. Dovrà comunque essere garantita ancora la presenza del geofisico. Per entrambi i sistemi devono essere impiegati accelerometri a 3 componenti.

#### 4.7 MISURE DI EMISSIONI ACUSTICHE (ROCKBURST)

La previsione del fenomeno di rockburst (colpo di montagna), va eseguita mediante il rilevamento delle emissioni acustiche.

Le forti emissioni acustiche che accompagnano questo fenomeno vengono rilevate mediante l'utilizzo di un sistema di misurazione multicanale composto da tre canali per ogni sezione di misurazione.

Il sistema di misura, composto da un minimo di sei sezioni, prevede il posizionamento di una sezione ogni 50 m all'interno della cavità, mentre una stazione di raccolta dati viene posta all'esterno della galleria.

Le emissioni dell'ammasso roccioso possono essere indicativamente correlate ai fenomeni di rockburst come segue:

- 0-10 emissioni/min: stabilità
- 10-100 emissioni/min: stabilità incerta
- 100-500 emissioni/min: instabilità
- > 500 emissioni/min: frattura

Nel corso dell'avanzamento sarà comunque necessaria una taratura dei valori di soglia sopra riportati.

#### 4.8 RILIEVI GEOELETRICI SULLA TESTA DELLE TBM SCUDATE

Il rilievo geoelettrico permette un'indagine indiretta dell'ammasso roccioso per una distanza di circa 20 m oltre il fronte di scavo mediante la polarizzazione indotta nella roccia

Kopf der Schild-TBM montiertes System vom Typ BEAM (Bore Tunneling Electrical Ahead Monitoring) oder gleichwertig, in das Gestein induzierte Polarisierung.

Die Untersuchung ermöglicht, vereint mit den anderen oben beschriebenen Monitoring-Systemen, eine Anhebung des Sicherheitsniveaus während der Ausbruchphase, indem sie Verschlechterungen des Zustandes des Gebirgsmassivs oder das Anstehen von Wasser anzeigt.

#### 4.9 AUFZEICHNUNG DER AUSBRUCHSPARAMETER DER FRÄSE UND PENETRATIONSVERSUCHE

Die während des mechanischen Ausbruchs mittels Fräse (TBM) ermittelten Daten müssen vollständige Angaben zum Vortrieb, zu den täglichen Arbeiten und zur Arbeitsweise der Maschine liefern.

Die Betriebsparameter der Fräse müssen in einem Intervall von mind. 10 Sekunden aufgezeichnet werden.

Die gesammelten Daten werden dann in einer Datenbank verarbeitet und organisiert, wobei mit einem auf die Vortriebsintervalle gewichteten Filter gearbeitet wird, der die Bestimmung der Durchschnittswerte für jeden ausgeführten Vorschub ermöglicht, was ungefähr einer Strecke von 1.5 m entspricht. Den entsprechend organisierten Daten werden dann der Anfangs- und der Endkilometerstand des Vorschubs zugeordnet.

Diese Analyse ermöglicht für jeden Vorschub und für jeden Analyseabschnitt folgende Durchschnittswerte zu ermitteln:

- Drehgeschwindigkeit des Bohrkopfes [U/min];
- Momentane Vorschubgeschwindigkeit [m/h];
- Vordringen des Bohrkopfes [mm/Umdrehung];
- Vorschub des Bohrkopfes [t];
- Leistungsaufnahme [kW];
- ausgebrochenes Volumen [m<sup>3</sup>];
- spezifische Ausbruchsenegie [kWh/m<sup>3</sup>].
- Volumen des eingebrachten Materials für die Ringraumverfüllung [m<sup>3</sup>];
- Drehmoment [kN·m].

Letzterer Wert entspricht der zum Ausbruch eines Einheitsvolumens Gebirge notwendigen Energie und stellt einen Index des Widerstands des Massivs gegen den Ausbruch dar, da er auf der Grundlage der Leistungsaufnahme und der Vortriebsgeschwindigkeit ermittelt wurde.

tramite l'utilizzo di un sistema tipo BEAM (Bore Tunneling Electrical Ahead Monitoring) o simile, montato sulla testa delle TBM scudate.

L'indagine, unita agli altri sistemi di monitoraggio sopra descritti, permette di aumentare il livello di sicurezza durante la fase di scavo evidenziando peggioramenti delle condizioni dell'ammasso roccioso o la presenza di acqua.

#### 4.9 REGISTRAZIONE DEI PARAMETRI DI SCAVO DELLA FRESA E TEST DI PENETRAZIONE

I dati ottenuti durante lo scavo meccanizzato mediante fresa (TBM) devono fornire indicazioni complete sull'avanzamento, sulle lavorazioni giornaliere e sul funzionamento delle macchine.

I parametri di funzionamento della fresa dovranno essere registrati con un intervallo minimo di 10 secondi.

I dati raccolti vanno quindi gestiti ed organizzati in una banca dati, operando un filtro pesato sugli intervalli di avanzamento che permetta di determinare i valori medi per ogni spinta effettuata, corrispondente indicativamente alla corsa di 1.5 m. Ai dati così organizzati verrà quindi assegnata la progressiva di inizio e di fine spinta.

Questa analisi permetterà di ottenere per ogni spinta e per tutta la tratta di analisi i seguenti valori medi:

- velocità di rotazione della testa [giri/minuto];
- velocità istantanea di avanzamento [m/h];
- penetrazione della testa [mm/giro];
- spinta della testa [t];
- potenza assorbita [kW];
- volume scavato [m<sup>3</sup>];
- energia specifica di scavo [kWh/m<sup>3</sup>].
- volume del materiale impiegato per il riempimento dell'intercapedine [m<sup>3</sup>];
- momento torcente [kN·m].

Quest'ultimo parametro corrisponde all'energia necessaria allo scavo di un volume unitario di roccia, e rappresenta un indice della resistenza opposta dall'ammasso allo scavo, in quanto ricavato sulla base della potenza assorbita e della velocità di avanzamento.

Außer diesen Daten müssen die Tagesberichte die Vorschub- und Stillstandszeiten, die Aufstellung des Austauschs von Schneiden und sonstiger Wartungsarbeiten beinhalten, sowie eine Beschreibung aller auf der Baustelle ausgeführten Tätigkeiten.

Außerdem muss eine qualitative Analyse der lithologischen Merkmale des Ausbruchsmaterials durchgeführt werden, wobei größeren physikalischen Schwankungen besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird. In katalogisierten Säcken werden Materialproben gesammelt.

Die so ermittelten Daten stellen die Grundlage für eine Reihe von Weiterverarbeitungen dar, die zum Ziel haben, die aus den Vortriebsuntersuchungen stammenden Daten zu ergänzen.

Nachfolgend ermöglicht eine tiefer gehende Analyse dieser Daten einen Vergleich der Vortriebswerte mit denen, die in den Gebirgsmassen bei ähnlichen Eigenschaften und Verhaltensweisen beim Ausbruch ermittelt worden sind.

Der Vergleich der Fräsenparameter mit den aus den geomechanischen Vermessungen ermittelten Daten erlaubt die Suche nach den Zusammenhängen zwischen den Fräsenparametern und den geomechanischen Eigenschaften des Gebirgsmassivs auf der Grundlage einer logischen und statistischen Regelanalyse.

Dieser Ansatz ermöglicht es somit, die zur Überprüfung des geomechanischen Modells des Projekts notwendigen geomechanischen Parameter entlang der gesamten abgebauten Streckenabschnitte ständig zu ermitteln.

Die der Bauleitung übergebenen Daten müssen mit einem Verweis auf die Position der Abbaufont (Kilometrierung und yzx Koordinaten der Achse) und, wenn vorhanden, der Ringnummer der Betonierung versehen werden.

Die auszuwertenden Daten werden mit der Bauleitung zu Beginn der Bauarbeiten weiter im Detail definiert.

Der Auftragnehmer muss ein Zugang der Bauleitung einzurichten, mit dem die Monitore der TBM-Maschinen in Echtzeit visualisiert werden können.

### **Penetrationstests**

Es ist die Durchführung von Penetrationstests auf Anweisung der Bauleitung durchzuführen. Die Penetrationstests bestehen grundsätzlich aus der Messung aller TBM Parameter bei:

- einem Leerhub,
- bei einer Anfahrt mit Steigerung der Vortriebsgeschwindigkeit von Null bis entweder das maximale Drehmoment, die maximale Vortriebskraft oder die maximale

Oltre a questi dati, i rapporti giornalieri dovranno riportare i tempi di spinta e di sosta, il dettaglio delle sostituzioni dei taglienti e delle altre manutenzioni, nonché una descrizione di tutte le attività svolte sul cantiere.

Dovrà inoltre essere effettuata un'analisi qualitativa delle caratteristiche litologiche del materiale di scavo, ponendo particolare attenzione alle variazioni fisiche significative. Campioni di materiale verranno raccolti in sacchetti catalogatori.

I dati così determinati costituiscono la base di una serie di elaborazioni che hanno lo scopo di integrare i dati forniti dalle indagini in avanzamento.

In seguito, l'analisi più approfondita di questi dati permetterà di confrontare i valori di avanzamento con quelli riscontrati in ammassi rocciosi con caratteristiche e comportamento allo scavo simili.

Il confronto dei parametri fresa con i dati forniti dai rilievi geomeccanici e dalle indagini in avanzamento permetterà di ricercare, sulla base di un'analisi di tipo logico e statistico, delle correlazioni tra i parametri di fresa e le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso.

Questo approccio permetterà quindi di determinare in continuo i parametri geomeccanici necessari per la verifica del modello geomeccanico di progetto lungo tutte le tratte scavate.

I dati consegnati alla DL dovranno essere corredati di un riferimento alla posizione del fronte di scavo (progressive e coordinate dell'asse xyz) e al numero dell'anello del rivestimento, se presente.

I dati da valutare saranno definiti in dettaglio con la DL all'inizio dei lavori.

L'Appaltatore deve consentire alla DL la visualizzazione in tempo reale dei monitor delle TBM.

### **Prove di penetrazione**

Su richiesta della DL devono essere eseguite prove di penetrazione. Di principio, le prove di penetrazione consistono nella misurazione di tutti i parametri TBM in caso di:

- corsa a vuoto,
- avviamento con aumento della velocità di penetrazione da zero fino a raggiungere o il momento torcente massimo, o la potenza di avanzamento massima oppure la penetrazione massima. La penetrazione viene aumentata di modo che la

Penetration erreicht wird. Die Erhöhung der Penetration erfolgt derart, dass sich die Vortriebskraft um nicht mehr als 500kN über eine Zeitdauer von 10 s ändert.

- beim Abbremsen. Dabei wird die Vortriebsgeschwindigkeit reduziert bis diese den Wert Null erreicht. Dabei sollte die Vortriebskraft sich nicht um mehr als 500kN während einer Zeitdauer von 10s ändern.

Die Penetrationstests werden grundsätzlich einmal die Woche durchgeführt und dauern ca. 15-30 Minuten.

Der genaue Ablauf des Tests wird bei Beginn der Arbeiten definiert.

#### **4.10 ÜBERWACHUNG DER GASE UND DER STRAHLUNGEN**

##### **4.10.1 Explosive und gefährliche Gase**

Die Gasüberwachung ist für die Unversehrtheit des Personals wesentlich. Innerhalb jeder Röhre muss eine ständige Ermittlung der Luftqualität sichergestellt werden.

Zur Erfassung von explosiven und gefährlichen Gasen ist die Aufstellung von drei katalytischen Sensoren erforderlich, die mit einer Messdaten-Analysestation verbunden sind.

Im Falle eines Ausbruchs per TBM muss einer von den katalytischen Sensoren am Ende des Primärförderers der Ausbruchskammer (Teleskopie), der zweite auf dem Übergang zwischen dem Primärförderband und dem Sekundärförderer, sowie der Dritte am Ausgang des Staubabscheiders installiert werden. Das System muss direkt an das Steuerungssystem der TBM angeschlossen werden und deren Betrieb mit all ihren Primärkomponenten im Falle einer Überschreitung der Schwellenwerte gestoppt werden.

Beim bergmännischen Vortrieb werden die Messfühler in Höhe des ersten genutzten Bypasses positioniert.

##### **4.10.2 Radon**

Angesichts der Geologie der Terrassierung müssen das eventuelle Auftreten von Radon und die Emission von Alpha-Strahlen ständig unter Kontrolle gehalten werden. Die durch die ital. gesetzvertretende Rechtsverordnung Nr. 241 vom 26. März 2000 zur ital. gesetzvertretenden Rechtsverordnung Nr. 230 vom 17. März 1995 eingebrachten Veränderungen bringen mit Kapitel III-bis eine Einführung des Schutzes der Arbeitskräfte gegen Gefahren durch natürliche Strahlungsquellen ein, indem unter anderem vorgeschrieben wird, dass hinsichtlich des Radons ein Aktivitätspegel von 500 Bq/m<sup>3</sup> nicht überschritten werden darf, der als durchschnittlicher Wert der Konzentration von Gas in der Luft der Arbeitsumgebung pro Jahr angesehen wird, sowie die Arbeitstätigkeiten angibt, bei denen eine Durchführung der Kontrollen notwendig ist.

potenza di avanzamento non cambi di più di 500kN durante un periodo di 10 s.

- frenatura. La velocità di penetrazione viene ridotta fino ad arrivare al valore zero. La potenza di avanzamento non dovrebbe cambiare di più di 500kN durante un periodo di 10s.

Di principio, le prove di penetrazione saranno eseguite 1 volta alla settimana e dureranno all'incirca 15-30 minuti.

Lo svolgimento esatto delle prove sarà definito all'avvio dei lavori.

#### **4.10 MONITORAGGIO DEI GAS E DELLE RADIAZIONI**

##### **4.10.1 Gas esplosivi e pericolosi**

Il controllo dei gas è essenziale per l'incolumità delle maestranze. All'interno di ogni cavità deve essere garantito un rilevamento costante della qualità dell'aria.

Il rilevamento di gas esplosivi e pericolosi richiede la posa di tre sensori catalitici collegati a una centralina d'analisi dei dati misurati.

Nel caso di scavo con TBM i sensori catalitici devono essere posati uno in uscita del nastro primario della camera di scavo (telescopica), il secondo sul passaggio da nastro primario a nastro secondario e il terzo in uscita dell'abbattitore di polveri. Il sistema deve essere direttamente collegato con il sistema di controllo della TBM e bloccarne le funzionalità in tutte le sue componenti primarie in caso di superamento dei valori soglia.

Per lo scavo in tradizionale i sensori vengono posizionati in corrispondenza del primo by-pass utile.

##### **4.10.2 Radon**

Vista la geologia del tracciato, la eventuale presenza di radon e la emissione di raggi alfa devono essere tenute sotto controllo in continuo. Le modifiche apportate dal D.Lgs.26 maggio 2000, n.241 al D.Lgs. 17 marzo 1995, n.230, comportano l'introduzione, con il capo III-bis, della tutela dei lavoratori nei confronti dei rischi da esposizioni a sorgenti di radiazioni naturali, prescrivendo tra l'altro che, per quanto concerne il Radon, non si debba superare il livello di azione di 500 Bq/m<sup>3</sup>, valore inteso come concentrazione media annuale di gas nell'aria in ambienti di lavoro, e indica le attività lavorative per le quali è necessario effettuare controlli.

Per il controllo del radon dovrà essere realizzato il rilievo mediante rivelatori passivi ovvero tramite il posizionamento di pellicole sensibili alle radiazioni alfa ( $\alpha$ ) che si perforano quando colpite dalla radiazione. Il numero di fori presenti sulla

Zur Kontrolle des Radon muss eine Vermessung mit passiven Detektoren oder über die Positionierung Alphastrahlungsempfindlicher Filmstreifen ( $\alpha$ ) durchgeführt werden, die löchrig werden, wenn sie von Strahlung getroffen werden. Die Anzahl der Löcher im Film in Bezug zur der Strahlung ausgesetzten Fläche und zum Zeitraum der Einwirkung liefern eine gute Angabe der Radon-Konzentration in der Umgebung. Um verlässliche Angaben liefern zu können, müssen diese Detektoren mindestens 30 Tage aufgehängt werden.

Das Dosimeter ist ein Messgerät für Alpha-Spuren ( $\alpha$ ), das den Gehalt an potentiell im Tunnel vorhandener Alpha-Radioaktivität aufzeichnet. Der Detektor befindet sich in einem kleinen schwarzen Plastikkasten, auf dessen Deckel ein Film angebracht ist, der nicht mit dem Finger berührt werden darf.

Vorgesehen ist die Messung des Vorhandenseins von Radon auf dem Maschinengehäuse in Höhe der Fahrerkabine im Falle des Vortriebs mit TBM, in Höhe des Sicherheitscontainers im Falle des bergmännischen Vortriebs. Es können gegebenenfalls weitere Detektoren im Bereich spezifischer Arbeiten verteilt werden, wie zum Beispiel in den Nischen und den Bypässen.

#### 4.11 MESSUNGEN DER WASSERMENGE

##### 4.11.1 Ständige Vermessungspunkte

Vorgesehen ist die Installation von 3 Ultraschall-Messgeräten im Kanal des Erkundungsstollens an den folgenden Messpunkten:

- Aicha-Portal (Messung der Gesamt-Wassermengen);
- Gleich unterhalb des höhenmäßigen Minimalpunktes der Streckenführung (Gesamtmessung der Wassermenge für die Vortriebe Richtung Süden);
- Am Ende des Erkundungsstollens im Abschnitt Aicha-Mauls (Überschneidung mit Zweig A - Gesamtmessung der Wassermengen für den Ausbruch Richtung Norden).

Die Messstationen müssen vor Beginn der Vortriebsarbeiten des Loses Mauls 2-3 installiert werden.

##### 4.11.2 Erfassung entlang der Tunnel

Wassermengenmessgeräte sollen an den wichtigsten Stellen während des Vortriebs zur Ermittlung der Verteilung der Wasseradern entlang des Tunnels installiert werden. Die Erfassungsstationen werden innerhalb der Kanalisationen für den Wasserablauf in einem Mindestabstand von etwa 500 m eingebaut.

Die Art und die Lage der Überwachungsstationen hängen vom Typ des Vortriebs ab:

pellicola in funzione della superficie esposta e del periodo di esposizione forniscono una buona indicazione della concentrazione di radon nell'ambiente. Per poter fornire indicazioni attendibili, tali rilevatori debbono essere esposti per almeno 30 giorni.

Il dosimetro è un misuratore di tracce alfa ( $\alpha$ ) che registra il contenuto di radioattività alfa potenzialmente presente in galleria. Il rilevatore è contenuto in una piccola scatola nera di plastica, sul cui coperchio è alloggiato un film da non toccare con le dita.

Viene previsto il rilievo della presenza di radon sul corpo macchina in corrispondenza della cabina di guida nel caso di avanzamento con TBM, in corrispondenza dei container di sicurezza nel caso di avanzamento tradizionale. Eventuali altri rilevatori potranno essere collocati in corrispondenza di zone di lavorazione specifiche, come per esempio le nicchie e i by-pass.

#### 4.11 MISURE DI PORTATA D'ACQUA

##### 4.11.1 Punti di rilevamento continuo

Si prevede l'installazione di n. 3 misuratori a ultrasuoni posti nel canale del Cunicolo Esplorativo, nei seguenti punti di misura:

- Portale Aica (misura complessiva delle portate d'acqua totali);
- Subito a valle del punto di minimo altimetrico del tracciato (misura complessiva delle portate d'acqua per scavi verso sud);
- Al termine del Cunicolo Esplorativo nel tratto Aica - Mules (intersezione con Ramo A - misura complessiva delle portate d'acqua per scavi verso nord).

Le stazioni di misura dovranno essere installate prima dell'inizio dei lavori di scavo del Lotto Mules 2-3.

##### 4.11.2 Rilevamento lungo le gallerie

E' prevista la posa nei punti più significativi, durante l'avanzamento dello scavo, di misuratori della portata dell'acqua in modo da identificare la distribuzione delle venute lungo la galleria. Le stazioni di rilevamento vanno poste all'interno delle canalizzazioni di evacuazione delle acque a una distanza minima indicativa di 500 m.

Il tipo e l'ubicazione delle stazioni di monitoraggio dipendono dal tipo di scavo:



- konventioneller Vortrieb: dreieckige Messwehre in dafür vorgesehenen Schächten entlang der Seitenkanäle;
- Vortrieb des Erkundungsstollens mit TBM: im Grundwölbstein, wobei die Messung mit Ultraschall-Messgeräten ausgeführt wird;
- Ausbruch des Haupttunnels mit TBM: dreieckige Messwehre in entsprechenden Schächten in Höhe der Querstollen, die mit den Seitenkanälen zu verbinden sind.
- scavo in tradizionale: stramazzi triangolari in appositi pozzetti lungo le canalette laterali;
- scavo con TBM del Cunicolo Esplorativo: nel concio di base con misura eseguita con misuratori a ultrasuoni;
- Scavo con TBM delle Gallerie di Linea: stramazzi triangolari in appositi pozzetti in corrispondenza dei Cunicoli Trasversali, da raccordare con le canalette laterali.

#### 4.12 MESSUNGEN DER WASSERQUALITÄT

Beim Annähern der Brenner Thermalquellen und der Kaltwasserquelle wird eine kontinuierliche Bohrung mithilfe eines „preventer“ durchgeführt. Mit der Bohrung werden die chemische-physikalische Eigenschaften des Zirkulationswassers bestimmt, und diese mit der ursprünglichen Modellmassnahme verglichen, um die geplante Massnahmen zu überprüfen. Für weitere Informationen siehe Bericht [8].

#### 4.12 MISURE DI QUALITÀ DELL'ACQUA

In avvicinamento alle Terme del Brennero e alla sorgente di Kaltwasser sono previsti prelievi specifici, effettuati per mezzo di un sondaggio a carotaggio continuo eventualmente attrezzato con preventer, per identificare le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua circolante, in modo da confrontare il risultato con le ipotesi alla base del modello idrogeologico e tarare opportunamente gli interventi previsti. Per ulteriori dettagli si veda la relazione [8].

## **5 PUNKTUELLE UNTERSUCHUNGEN IM VERLAUFE DES VORTRIEBES**

Zu Einzelheiten hinsichtlich der Häufigkeit der Durchführung der Untersuchungen siehe Anlage 2.

Alle Messungshäufigkeiten können während der Bauausführung auf Anfrage von der/des BL/Auftraggebers geändert werden.

### **5.1 RADIALSONDIERUNG MIT KERNZERSTÖRUNG**

Im Bereich von Verwerfungen oder im Falle, dass bei systematischen Untersuchungen kritische Stellen auftreten, können Vollbohrungen durchgeführt werden, die sternförmig in Bezug auf die Tunnelachse angeordnet sind. Die Methodik und die zu ermittelnden notwendigen Kennzahlen sind zu denen der Vollbohrungen beim Vortrieb identisch (vgl. Kap. 4.5).

### **5.2 SONDIERUNGEN MIT DURCHGÄNGIGER KERNBOHRUNG IM VORTRIEB**

Wenn die in den systematischen Untersuchungen beim Vortrieb gesammelten Informationen kritische geologische und geomechanische Lagen anzeigen, wie das Vorhandensein von Verwerfungsbereichen von mehr als 5 m Stärke, ist eine Durchführung von Kernbohrungen angezeigt. Diese Art der Sondierung ist in jedem Fall bei der Annäherung an Verwerfungsbereiche einzuplanen, die in den geologischen und geomechanischen Referenzunterlagen kartografiert sind.

Der Mindestdurchmesser der Kernbohrungen muss 101 mm betragen.

Das Bohrloch kann mit inkrementellen Dehnungsmesser zur Messung der Verformungen ausgerüstet werden.

Die Sondierungen mit durchgehender Kernbohrung müssen eine Bestimmung des RQD, die geomechanische Vermessung der gewonnenen Bohrkerne erlauben, die in entsprechenden katalogisierten Kästen aufbewahrt werden, sowie die Probenentnahme für die Laborversuche, die nach den Angaben der Bauleitung durchgeführt werden.

Die Bauleitung kann im Nachhinein die Ausführung von Proben im Bohrloch anordnen (Down-Hole, Cross-Hole, dilatometrische Tests, Wasserbruchttests usw.).

An der Bohrlochöffnung können auf Anforderung durch die Bauleitung Druckmesser zur Messung des Drucks des abgefangenen Grundwasserspiegels installiert werden.

### **5.3 STERNFÖRMIGE SONDIERUNGEN MIT DURCHGÄNGIGER KERNBOHRUNG**

## **5 INDAGINI PUNTUALI NEL CORSO DELL'AVANZAMENTO**

Per dettagli circa la frequenza dell'esecuzione delle indagini si veda l'Allegato 2.

Tutte le frequenze delle misure potranno essere modificate in corso d'opera su richiesta di DL/Committente.

### **5.1 SONDAGGI RADIALI A DISTRUZIONE DI NUCLEO**

In corrispondenza di zone di faglia o nel caso le indagini sistematiche evidenzino delle criticità, si potrà procedere all'esecuzione di sondaggi a distruzione radiali rispetto all'asse della galleria. La metodologia e i parametri necessari da rilevare sono analoghi ai sondaggi a distruzione in avanzamento (cfr. cap. 4.5).

### **5.2 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO IN AVANZAMENTO**

Qualora le informazioni ottenute dalle indagini sistematiche in avanzamento indichino delle situazioni geologiche e geomeccaniche critiche, come la presenza di zone di faglia di spessore maggiore di 5 m, è opportuno procedere all'esecuzione di carotaggi. Questo tipo di sondaggio è comunque da prevedere in avvicinamento alle zone di faglia cartografate negli elaborati geologici e geomeccanici di riferimento.

Il diametro minimo dei carotaggi deve essere di 101 mm.

Il foro potrà essere attrezzato con estensimetri incrementali per la misura delle deformazioni.

I sondaggi a carotaggio continuo devono consentire di effettuare la determinazione del RQD, il rilievo geomeccanico delle carote recuperate, che dovranno essere disposte in opportune cassette catalogatrici, e il prelievo di campioni per prove di laboratorio che verranno effettuate secondo indicazioni della DL.

La DL potrà ulteriormente ordinare l'esecuzione di prove in foro (down-hole, cross-hole, dilatometriche, idrofratturazione, ecc.).

A boccaforo, su richiesta della DL, potranno essere installati manometri per la misura della pressione della falda intercettata.

### **5.3 SONDAGGI RADIALI A CAROTAGGIO CONTINUO**

Analog zu den Sondierungen mit durchgängiger Kernbohrung im Vortrieb und auf der Grundlage zu den während des Ausbruchs vorgefundenen geologischen Bedingungen ist es möglich, radiale Sondierungen mit Gewinnung der Bohrkerne zur geologischen Analyse des Gebirgsmaterials durchzuführen (Mindestdurchmesser 101 mm).

Die Bohrlöcher können mit Mehrbasis-Dehnungsmesser zur Messung der Verformungen ausgerüstet werden. Die Sondierungen mit durchgehender Kernbohrung müssen eine Bestimmung des RQD, die geomechanische Vermessung der gewonnenen Bohrkerne erlauben, die in entsprechenden katalogisierten Kästen aufbewahrt werden, sowie die Probenentnahme für die Laborversuche, die nach den Angaben der Bauleitung durchgeführt werden.

Die Bauleitung kann im Nachhinein die Ausführung von Proben im Bohrloch anordnen (Down-Hole, Cross-Hole, dilatometrische Tests, Wasserbruchttests usw.).

An der Bohrlochöffnung können auf Anforderung durch die Bauleitung Druckmesser zur Messung des Drucks des abgefangenen Grundwasserspiegels installiert werden.

#### 5.4 HYDROGEOLOGISCHE VERMESSUNGEN

Entlang der Streckenführung der Tunnel ist das Abfangen zahlreicher Wasseradern vorgesehen, deren Überwachung und Probenentnahme notwendig sind, um die hydrogeologische Regulierung des Projektbereichs und die Anpassung eines eventuellen Wassernetzplanes bestmöglich aufzubauen.

Eine erste Messung und Veranschlagung der Wassermenge muss während der geomechanischen Vermessung durchgeführt werden (vgl. Kap. 4.4). Wenn es die angewendeten Begrenzungsmaßnahmen erlauben, werden in der Folge weitere Flussmessungen sowohl in Höhe der Wasserader als auch mit den Erfassungsstationen entlang der Bauwerke durchgeführt, um den Verlauf der vorgefundenen Wasseradern zu bewerten.

Die Hauptwasseradern müssen bis zu ihrer eventuellen Erschöpfung überwacht werden. Weiter müssen für jede während des Ausbruchs vorgefundene größere Wasserader folgenden Kennziffern gemessen werden:

- Kilometerstand und Lage (auf der Vermessungszeichnung markieren)
- Flussmenge (l/s);
- Leitfähigkeit ( $\mu\text{S}$ );
- Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ );
- pH-Wert:

Analogamente ai sondaggi a carotaggio continuo in avanzamento e in base alle condizioni geologiche riscontrate durante lo scavo, è possibile eseguire sondaggi radiali con recupero delle carote per l'analisi geologica del materiale roccioso (diametro minimo 101 mm).

I fori potranno essere attrezzati con estensimetri multibase per la misura delle deformazioni. I sondaggi a carotaggio continuo devono consentire di effettuare la determinazione del RQD, il rilievo geomeccanico delle carote recuperate, che dovranno essere disposte in opportune cassette catalogatrici, e il prelievo di campioni per prove di laboratorio che verranno effettuate secondo indicazioni della DL.

La DL potrà ulteriormente ordinare l'esecuzione di prove in foro (down-hole, cross-hole, dilatometriche, idrofratturazione, ecc.).

A boccaforo, su richiesta della DL, potranno essere installati manometri per la misura della pressione della falda intercettata.

#### 5.4 RILIEVI IDROGEOLOGICI

Lungo i tracciati delle gallerie è prevista l'intercettazione di numerose venute d'acqua il cui monitoraggio e campionatura sono necessari per modellare al meglio il regime idrogeologico della zona di progetto e per la messa a punto di un eventuale piano d'emergenza idrica.

Una prima misura e stima della portata deve essere effettuata durante il rilievo geomeccanico (cfr. cap.4.4). In seguito, qualora gli interventi di confinamento applicati lo rendano possibile verranno effettuate ulteriori misure di portata sia in corrispondenza della venuta sia con le stazioni di rilevamento lungo le opere per valutare l'evoluzione delle venute incontrate.

Le venute d'acqua principali dovranno essere monitorate fino al loro eventuale esaurimento, e per ogni venuta d'acqua significativa incontrata durante lo scavo dovranno essere misurati i seguenti parametri:

- Progressiva e collocazione (da evidenziare sul rilievo pittorico)
- portata (l/s);
- conducibilità ( $\mu\text{S}$ );
- temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ );
- pH.

Außerdem muss eine Beprobung zur chemischen Analyse gemacht werden (Definition der größeren Elemente und Vorhandensein von Isotopenspuren von Sauerstoff, Wasserstoff und Tritium), sowie zur isotopischen und bakteriologischen Analyse.

Betreffend die Massnahmen an der geschützten Wasserquellen, siehe [8].

Die hydrogeologische Überwachung muss auch die Verlegung und die Vermessung von Piezometern an den wichtigsten Punkten mit Wasseraustritt beinhalten.

Zur Überprüfung des hydrostatischen Drucks an der Kontur der Höhlung werden elektrische Piezometer mit Vibrationsfeder in 2 Durchbrüchen mit einer Neigung nach unten von 10-15% in der Höhe der Ulmen installiert. Die Piezometer müssen folgendermaßen ausgestattet sein:

- Druckgeber mit Vibrationsfeder;
- Thermistor (Dauermessung der Wassertemperatur im Gleichgewicht mit dem Gebirge).

Der Geber und der Thermistor müssen im Bohrloch installiert und über Kabel zur Datenübertragung mit der Bohrlochmündung verbunden werden.

Die Länge der Bohrungen und die Position der Erfassungszelle müssen von Mal zu Mal auf der Grundlage der vorgefundenen effektiven geologischen Bedingungen entschieden werden.

In den Bereichen, wo sich Abdichtungsmaßnahmen der Gebirgsmasse als notwendig erweisen, um die Wasserressourcen zu bewahren, können außerdem auf Anweisung der Bauleitung Messgeber für den absoluten Druck auf Piezometern vom Typ Casagrande installiert werden. Die Art Vorrichtung kann mit einem Dreiwegeanschluss montiert werden, der die Messung des Wasserdrucks auf ein Manometer ermöglicht, das zusammen mit der Luftspülung und der Wasserprobenentnahme an der Bohrungsmündung angebracht ist.

## 5.5 THERMOMETRISCHE VERMESSUNGEN

Die Messung der Gebirgstemperatur im Bohrloch ist einerseits auf eine Festlegung des regionalen und lokalen geothermischen Verlaufs und andererseits auf die Erkennung gegebenenfalls bedeutender Wassersysteme und auf eine hohe Dichtigkeit im Ansteigen oder Absenken innerhalb des Gebirges gerichtet, wodurch die Temperatur der anstehenden Gebirgskörper deutlich schwanken kann.

Um die Auswirkung des Tunnels auf die gemessenen Temperaturen zu minimieren, müssen die Thermometer in einem Mindestabstand von 8 m von dem Tunnel in entsprechenden Bohrlöchern installiert werden. Die

Dovrà inoltre essere fatta una campionatura per l'analisi chimica (definizione degli elementi maggiori e presenza di tracce di isotopi d'ossigeno, idrogeno e trizio) e per analisi isotopiche e batteriologiche.

Per le misure in corrispondenza delle risorse idriche pregiate si veda [8].

Il monitoraggio idrogeologico dovrà comprendere anche la posa e il rilievo di piezometri presso i principali punti di percolazione delle acque.

Per il controllo del carico piezometrico al contorno del cavo andranno installati piezometrici elettrici a corda vibrante in 2 perforazioni inclinate di 10-15% verso il basso all'altezza dei piedritti. I piezometri devono essere dotati di:

- trasduttore di pressione a corda vibrante;
- termistore (misura in continuo della temperatura dell'acqua in equilibrio con la roccia).

Il trasduttore ed il termistore dovranno essere installati in foro e collegati al boccaforo tramite cavi per la trasmissione dei dati.

La lunghezza dei fori e la posizione della cella di rilevamento dovranno essere decise di volta in volta in base alle effettive condizioni geologiche riscontrate.

Nelle zone dove dovessero rendersi necessari interventi di impermeabilizzazione dell'ammasso per preservare le risorse idriche potranno essere inoltre installati su ordine della DL dei trasduttori di pressione assoluta su piezometri tipo Casagrande. Questo tipo di dispositivo può essere montato con un raccordo a tre vie consentendo la misura della pressione idrostatica su un manometro posto a boccaforo unitamente allo spurgo dell'aria ed al prelievo di campioni d'acqua.

## 5.5 RILIEVI TERMOMETRICI

La misura della temperatura della roccia in foro è finalizzata da un lato alla definizione del gradiente geotermico regionale e locale, dall'altro all'individuazione di eventuali importanti sistemi idrici ad alta permeabilità in salita o discesa all'interno dell'ammasso in grado di variare sensibilmente la temperatura delle rocce incassanti.

Per minimizzare l'influsso della galleria sulle temperature misurate, i termometri dovranno essere installati ad una distanza minima di 8 m dal cavo, in appositi fori. I termometri

Thermometer müssen in Höhe der hydrogeologischen Messstationen installiert werden (vgl. Kap. 5.4)

## 6 ÜBERWACHUNG WÄHREND DER BAUARBEITEN

Zu Einzelheiten hinsichtlich der Häufigkeit der Durchführung der Untersuchungen siehe Anlage 3.

### 6.1 KONVERGENZMESSUNGEN

Die Überwachung der Verformungen der Tunnel erfolgt über hochpräzise geodätische Messungen einer variablen Anzahl von Messpunkten (optischen Zielen), die entlang eines rechtwinkligen Schnittes zur Tunnelachse positioniert sind.

Die Verschiebungen jedes einzelnen, zur Station zugehörigen Messpunktes werden gemessen und mit dem Ziel analysiert, ein Verformungsmodell aufzubauen, wobei der Verschiebungsvektor in drei Vektoren aufgegliedert wird: einen senkrechten, einen Längsvektor (parallel zur Tunnelachse), und einen waagerechten.

#### Installation der Punkte - optische Ziele

Für jeden Abschnitt sind mindestens drei Punkte, höchstens fünf Punkte mit optischen Zielen vorgesehen. Die Befestigung der optischen Ziele auf der Kalotte und an den Seitenwänden des Tunnels ändert sich abhängig von der Bauart des Tunnels.

Im Falle des bergmännischen Vortriebs müssen die Konvergenzschnitte nach dem einzelnen Vortrieb in der Nähe der Abbaufont und sofort nach dem Einbau der Betonierung der ersten Phase installiert werden; das Auslesen des Referenzpunktes (Auslesen von "0") muss unverzüglich nach der Einrichtung des Abschnittes erfolgen.

Die Zielspiegel werden mit Nägeln im Massiv befestigt, die aus der Betonierung der ersten Phase herausstehen, und zwar unter Verwendung von:

- Galvanisiertem Rundstahl (Länge 800 mm), ausgestattet mit einem Gewindestift;
- Verbindungsstift, Typ Leica, für Gewinderundstahl
- Drehbare Fassung mit Zielspiegel und Stift für Rundstahl (reflektierende Kardan- oder katadioptrische Prismen).

Die Stifte werden auf dem Spritzbeton der Verkleidung in der Nähe der Abbaufont positioniert und müssen mit einer "Kappe" aus Eisen geschützt werden, um sicherzustellen, dass sie während der nachfolgenden Phase nicht beschädigt werden.

dovranno essere installati in corrispondenza delle stazioni di rilievo idrogeologico (cfr. cap. 5.4).

## 6 MONITORAGGI IN CORSO D'OPERA

Per dettagli circa la frequenza dell'esecuzione delle indagini si veda l'Allegato 3.

### 6.1 MISURE DI CONVERGENZA

Il monitoraggio delle deformazioni delle gallerie va effettuato attraverso misure geodetiche ad alta precisione di un numero variabile di punti di misura (mire ottiche) posizionati lungo una sezione ortogonale all'asse della galleria.

Gli spostamenti di ogni singolo punto di misura costituente la stazione vanno misurati ed analizzati al fine di costruire un modello della deformazione, scomponendo il vettore spostamento in tre vettori: uno verticale, uno longitudinale (parallelo all'asse della galleria) e uno orizzontale.

#### Installazione dei punti – mire ottiche

Per ogni sezione è previsto da minimo di tre a un massimo di cinque punti muniti di mire ottiche. Il tipo di fissaggio delle mire ottiche sulla calotta e sulle pareti della galleria varia in base al metodo di scavo.

Le sezioni di convergenza nel caso di scavi tradizionali devono essere installate dopo lo sfondo in prossimità del fronte di scavo immediatamente dopo la messa in opera del rivestimento di prima fase; la lettura di riferimento (lettura di "0") deve essere fatta immediatamente dopo l'installazione della sezione.

Le mire riflettenti vanno fissate a chiodi infissi nell'ammasso e sporgenti dal rivestimento di prima fase mediante l'utilizzo di:

- tondo in acciaio galvanizzato (lunghezza 800 mm), dotato di perno filettato;
- perno innesto tipo Leica per tondino filettato;
- montatura orientabile con target riflettente e perno per tondino (prismi cardanici riflettenti o catadiottri)

I perni vanno posizionati sul betoncino proiettato di rivestimento in vicinanza del fronte di scavo e devono essere protetti da un "cappuccio" in ferro per garantire che non vengano danneggiati durante la volata successiva.

Im Falle des Einbaus von Stahlbögen muss auch die Anbringung von festen Zielen an den Profilstählen oder an den Bewehrungsgittern vorgesehen werden.

Im Falle von Schild-TBM-Vortrieb werden die Zielspiegel auf Tübbingen auf der Rückseite des Backups in Höhe der Anschlüsse der Querstollen und der Nischen befestigt.

Im Falle von Gripper-TBM-Vortrieb werden sie auf der Rückseite des Backups in Höhe der Anschlüsse der Querstollen befestigt.

Die Häufigkeit der installierten Stationen muss je nach dem Verhalten des Gebirgskörpers flexibel angepasst werden. In einer ersten Analyse ist es zur Anschauung möglich, die Schnitte der Konvergenzmessung nach den folgenden Mindesthäufigkeiten zu installieren:

- Einmal pro Woche bei bergmännischem Vortrieb;
- Beim TBM-Vortrieb, vor und nach dem Anschlussbereich der Querstollen, hinter dem Backup.

Die Häufigkeit des Aufbaus der Abschnitte kann im Verlaufe der Arbeiten im Falle von besonderen oder kritischen Situationen intensiviert werden.

Die Installation und die Messung der Konvergenzprofile ist nach folgenden Modalitäten und in folgendem Takt auszuführen:

- der Aufbau erfolgt so nah als möglich an der Abbaufont, gleich nach Absicherung der Höhlung
- das Auslesen von "0" erfolgt sofort nach dem Aufbau des Schnittes
- tägliches Ablesen bei Konvergenzgeschwindigkeit > 1,0 mm/T
- wöchentliches Ablesen bei Konvergenzgeschwindigkeit zwischen 0,1 und 1,0 mm/T.
- monatliches Ablesen bis zum Einbau der Abdichtung bei Konvergenzgeschwindigkeit von < 0,1 mm/T.

## **6.2 MESSUNG DER EXTRUSION DER ABBAUFONT**

Im Falle von Vortriebsstillständen bei bergmännischem Vortrieb müssen optische Ziele auf der Abbaufont zur Messung der Extrusion durch hochpräzise geodätische Messungen einer variablen Zahl von Messpunkten installiert werden.

## **6.3 MESSUNGEN DER VERFORMUNGEN DER GEBIRGSMASSE AN DER AUSBRUCHKONTUR: MESSNÄGEL**

Nel caso di installazione di centine si dovrà prevedere anche la posa di target solidali ai profilati o alle armature reticolari.

Nel caso di scavo con TBM scudata, le mire riflettenti vanno fissate sui conci prefabbricati a tergo del back-up, in corrispondenza degli innesti dei Cunicoli Trasversali e delle nicchie.

Nel caso di scavo con Gripper TBM, le mire devono essere posizionate a tergo del back-up, in corrispondenza degli innesti dei Cunicoli Trasversali.

La frequenza delle stazioni installate deve essere modulata con flessibilità in funzione del reale comportamento dell'ammasso roccioso. In una prima analisi è possibile installare indicativamente le sezioni di misura della convergenza secondo le seguenti frequenze minime:

- Una volta alla settimana nel caso di scavo tradizionale;
- Negli scavi con TBM, prima e dopo la zona d'innesto dei Cunicoli Trasversali, a tergo del back-up.

La frequenza di installazione delle sezioni può essere intensificata in corso d'opera qualora si presentino situazioni particolari o critiche.

L'installazione e la misurazione dei profili di convergenza deve essere effettuata secondo le seguenti modalità e cadenze:

- l'installazione va effettuata il più vicino possibile al fronte di scavo, immediatamente dopo la messa in sicurezza del cavo
- la lettura di "0" va effettuata immediatamente dopo l'installazione della sezione
- letture giornaliere per velocità di convergenza > 1,0 mm/g
- letture settimanali per velocità di convergenza comprese tra 0,1 e 1,0 mm/g
- letture mensili fino alla posa dell'impermeabilizzazione per velocità di convergenza < 0,1 mm/g.

## **6.2 MISURE DI ESTRUSIONE DEL FRONTE DI SCAVO**

In caso di soste dell'avanzamento con scavo in tradizionale dovranno essere installate mire ottiche sul fronte di scavo per il rilievo dell'estrusione con misure geodetiche ad alta precisione di un numero variabile di punti di misura.

## **6.3 MISURE DELLE DEFORMAZIONI DELL'AMMASSO ROCCIOSO SUL CONTORNO DELLO SCAVO: CHIODI STRUMENTATI**

Die Messnägeln werden während der Ausbrucharbeiten der Schnitte mit Isolierungsmaßnahmen, die den Einsatz von radialen Nagelung mit durchgehender Verankerung zur Einzementierung vorsehen, in Bohrlöcher mit einem Mindestdurchmesser von 50 mm und einer Länge, die gleich der der Nagelung ist, installiert.

Es handelt sich um Stahlstangen, die im Bohrloch verkittet sind und dieselben mechanischen Eigenschaften wie die Nagelung gemäß Bauvorhaben besitzen und die mit 4 Verformungsgebern auf jedem 1/4 ihrer Länge ausgestattet sind.

Das Auslesen von "0" der Instrumente erfolgt sofort nach dem Aufbau. Nachfolgend werden die Messungen im gleichen Takt wie die Konvergenzmessungen der nächstgelegenen Stationen durchgeführt.

#### **6.4 MESSUNGEN DER VERFORMUNGEN DES GEBIRGSKÖRPERS AN DER AUSBRUCHKONTUR: MEHRBASIS-MESSGERÄTE**

Zur Messung der Differential- und absoluten Bewegungen des Gebirgsmassivs ist die Anbringung von Multibasis-Messgerät mit mindestens 3 Messbasen vorgesehen, bestehend aus:

- Messstab aus Glasharz oder Stahl mit geeigneter Beschichtung;
- ein Prüfkopf, der an der Oberfläche zu befestigen ist,
- tiefe Verankerungen (für jede Messbasis), in der Tiefe einzuzementieren.

Die Bewegung des mit der tiefen Verankerung verbundenen Messstabes in Bezug auf den Prüfkopf erlaubt eine Bestimmung der Bewegung des Terrains. Der Vergleich der Bewegung der Zwischenstäbe in Bezug auf den Längsten ermöglicht außerdem eine Bestimmung der Differenzialbewegungen auf unterschiedlichen Abständen vom Profil des Tunnels.

Das Stabmessgerät kann vor Ort mit einer digitalen Tiefen- oder Abstandslehre abgelesen werden, wobei entsprechende Messgeber der Potentialverschiebung oder mit Vibrationsfeder verwendet werden.

Die Länge der Messinstrumente muss in derselben Größenordnung wie der Röhrendurchmesser liegen.

Das Auslesen von "0" der Instrumente erfolgt sofort nach dem Aufbau. Nachfolgend werden die Messungen im gleichen Takt wie die Konvergenzmessungen der nächstgelegenen Stationen durchgeführt.

I chiodi strumentati vanno installati nel corso dello scavo delle sezioni con interventi di confinamento che prevedono l'impiego di chiodature radiali con ancoraggio continuo per cementazione, in fori con un diametro minimo di 50 mm e una lunghezza pari a quella delle chiodature stesse.

Si tratta di barre di acciaio cementate in foro aventi le stesse caratteristiche meccaniche delle chiodature di progetto, attrezzate con n. 4 trasduttori di deformazione ogni 1/4 della loro lunghezza.

La lettura di "0" degli strumenti va effettuata immediatamente dopo l'installazione. In seguito le misure verranno effettuate con la stessa cadenza delle misure di convergenza delle stazioni più vicine.

#### **6.4 MISURE DELLE DEFORMAZIONI DELL'AMMASSO ROCCIOSO SUL CONTORNO DELLO SCAVO: ESTENSIMETRI MULTIBASE**

Per la misura dei movimenti differenziali e assoluti nell'ammasso roccioso è prevista l'installazione di estensimetri multibase ad almeno 3 basi di misura composti da:

- aste di misura in vetroresina o acciaio opportunamente rivestite,
- una testa di riscontro da cementare in superficie,
- ancoraggi profondi (uno per ogni base di misura) da cementare in profondità.

Il movimento dell'asta di misura solidale all'ancoraggio profondo, rispetto alla testa di riscontro, permette di determinare il movimento subito dal terreno. Il confronto del movimento delle aste intermedie rispetto alla più lunga consente inoltre di determinare i movimenti differenziali a diverse distanze dal profilo della galleria.

L'estensimetro ad aste può essere letto sul posto con un calibro digitale di profondità o a distanza, impiegando appositi trasduttori di spostamento potenziometrici o a corda vibrante.

La lunghezza degli strumenti deve essere dello stesso ordine di grandezza del diametro della cavità.

La lettura di "0" degli strumenti va effettuata immediatamente dopo l'installazione. In seguito le misure verranno effettuate con la stessa cadenza delle misure di convergenza delle stazioni più vicine.

#### **6.5 MESSUNGEN DER VERFORMUNGEN DER GEBIRGSMASSE AM AUSBRUCHSKERN: INKREMENTELLE DEHNUNGSMESSER**

Die Messungen der Tiefenverformungen jenseits der Abbaufont werden über die Verwendung von inkrementellen Messgeräte in systematischer Weise während der Querung eines Verwerfungsbereichs und von Abschnitten mit kritischem geomechanischen Verhalten beim bergmännischen Ausbruch oder lokal im Falle von längeren Stillständen beim Vortrieb durchgeführt.

Das inkrementelle Messgerät wird in eine subhorizontale Bohrung in der Mitte der Abbaufont für eine Länge von mindestens dem 2-3-Fachen des Ausbruchsdurchmessers des Tunnels eingesetzt, wobei der Kopf zur topografischen Aufnahme seiner Position ausgestattet ist.

Im Falle einer Querung von Bereichen mit kritischem geomechanischen Verhalten müssen aufeinanderfolgend Instrumente mit einer geeigneten Längsüberscheidung (ungefähr ein Ausbruchsdurchmesser) installiert werden.

Der Dehnungsmesser besteht aus einem ABS- oder PVC-Rohr, auf dem in regelmäßigen Abständen von 1 Meter metallene Referenzringe angebracht sind.

Das Ablesen erfolgt mittels eines Messsystems, bestehend aus:

- einem elektronischen Sensor zur Ermittlung der metallenen Referenzringe,
- einem auf einer Kabeltrommel angebrachten Übertragungskabel,
- Trägerstäben zum Einführen und zur Positionierung des Sensors,
- einer tragbaren digitalen Station zur Anzeige und zur Speicherung der Daten sowie Stromversorgung des Systems.

Dabei kann das Rohr des Dehnungsmesser teilweise entfernt werden, was eine Fortsetzung der Messungen an dem noch im Massiv vorhandenen Rohr ermöglicht.

Die Messungen werden mindestens einmal am Tag durchgeführt.

#### **6.6 VERFORMUNGS-MESSSTATIONEN /SPANNUNG AUF DER BETONIERUNG DER ERSTEN PHASE(SPRITZBETON UND LEHRBOGEN)**

Vorgesehen ist die Installation von Dehnungsmessstäben mit Vibrationsfeder, die an den Stahlbögen befestigt und an dem Kalotte sowie auf den Ulmen positioniert werden, und den Kraftmessdosen unter dem Fuß der Stahlbögen.

#### **6.5 MISURE DELLE DEFORMAZIONI DELL'AMMASSO ROCCIOSO SUL NUCLEO DI SCAVO: ESTENSIMETRI INCREMENTALI**

Le misure delle deformazioni profonde oltre il fronte di scavo andranno eseguite tramite l'utilizzo di estensimetri incrementali, in modo sistematico durante l'attraversamento di zone di faglia e tratte a comportamento geomeccanico critico con scavo tradizionale o localmente in caso di fermi prolungati dell'avanzamento.

L'estensimetro incrementale viene inserito in una perforazione sub-orizzontale praticata nel centro del fronte di scavo, per una lunghezza pari ad almeno 2-3 volte il diametro di scavo della galleria e con la testa predisposta per la battuta topografica della sua posizione.

Nel caso di attraversamento di zone a comportamento geomeccanico critico, dovranno essere installati strumenti in successione con adeguata sovrapposizione longitudinale (indicativamente un diametro di scavo)

L'estensimetro è formato da un tubo in ABS o PVC su cui sono posizionati, ad intervalli regolari di un metro, degli anelli metallici di riferimento.

Le letture vengono effettuate tramite un sistema di misura costituito da:

- una sonda elettronica per il rilevamento degli anelli metallici di riferimento,
- un cavo di trasmissione montato su di un rullo avvolgitore,
- delle aste di supporto per l'inserimento e il posizionamento della sonda,
- una centralina digitale portatile per la visualizzatore e il salvataggio dei dati e l'alimentazione del sistema.

Il tubo dell'estensimetro può essere parzialmente rimosso permettendo la continuazione delle misure nella porzione di tubo ancora presente nell'ammasso.

Le misure vanno effettuate almeno una volta al giorno.

#### **6.6 STAZIONI DI MISURA DI DEFORMAZIONE / TENSIONE SUL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE (BETONCINO PROIETTATO E CENTINE)**

Si prevede l'installazione di barrette estensimetriche a corda vibrante fissate sulle centine, posizionate in calotta e sui piedritti, e di celle di carico sotto il piede delle centine.



Die Dehnungsmessstäbe installiert paarweise (Innenseite und Außenseite) auf dem Profil des Lehrbogens in axialer Richtung desselben Lehrbogens installiert. Die Stäbe werden positioniert und mit den Trägern auf den Innenseiten der Flügel der Stahlbögen verschweißt und mit Metallprofilen geschützt. Die Stäbe messen Verformungen, aus denen es möglich ist, unter Ausnutzung der linearen Beziehung im elastischen Spannungs-Verformungs-Feld, die axialen Spannungen auf die Struktur abzuleiten (Ablesen von "0" zum Zeitpunkt des Einbaus des Lehrbogens).

Die Kraftmessdosen sind unter dem Fuß der Stahlbögen vorgesehen. Die Kraftmessdose besteht aus einem rostfreien Stahlkörper, der mit Dehnungsmessgittern beschichtet ist, die im Inneren des Gehäuses aufgebracht sind. Die korrekte Verteilung der Last auf das Innere der Messdose wird durch eine Stahlplatte sichergestellt. Die durch die Last auf die Messdose wirkende Verformung wird durch die Dehnungsmessgitter (strain gauges) ermittelt und in ein zur wirkenden Last proportionales Signal umgewandelt.

Auf Anforderung durch die Bauleitung kann außerdem der Einbau von Druckmesszellen in den Spritzbeton vorgenommen werden.

Die Druckmessdosen werden strahlenförmig in die Betonierung in Höhe der Bogenanfänger eingebaut, und zwar so, dass sie den gleichen Abstand zwischen zwei Stahlbögen haben, wodurch die Messung des in der Betonierung entwickelnden Drucks ermöglicht wird.

Das Auslesen von "0" der Instrumente erfolgt sofort nach dem Aufbau. Nachfolgend werden die Messungen im gleichen Takt wie die Konvergenzmessungen der nächstgelegenen Stationen durchgeführt.

#### **6.7 VERFORMUNGS-MESSSTATIONEN / SPANNUNG AUF DER BETONIERUNG DER ERSTEN PHASE (TÜBBINGE)**

Die Messung der Verformung der einzelnen Tübbinge der Messringe erfolgen über Dehnungsmesser mit Vibrationsfeder, die an die Bewehrung der Tübbinge geschweißt sind.

Für jeden Messschnitt werden alle Tübbinge, mit Ausnahme des Schlusstübbings, mit 3 Dehnungsmessstäben, einer an der Innenseite und einer an der Außenseite, quer zur Ausbruchsrichtung in der Mitte des Tübbings, versehen. Der dritte Stab wird längs zur Tübbingmitte angeordnet.

Das Auslesen von "0" der Instrumente erfolgt sofort nach dem Aufbau. Die Messungen des Instruments werden in der Folge mindestens einmal am Tag bis zur Stabilisierung durchgeführt.

Le barrette estensimetriche vanno installate a coppie (intradosso ed estradosso) sul profilato della centina in direzione assiale alla centina stessa. Le barrette sono posizionate e saldate con dei supporti sulle facce interne delle ali delle centine e protette con profili metallici. Le barrette misurano deformazioni dalle quali, sfruttando la relazione lineare in campo elastico tensioni-deformazioni, è possibile stimare le tensioni assiali sulla struttura (lettura di "0" al momento della messa in opera della centina).

Le celle di carico sono previste sotto il piede delle centine. La cella di carico è costituita da un corpo in acciaio inossidabile sensibilizzato da delle griglie estensimetriche applicate all'interno del corpo stesso. La corretta ripartizione del carico sull'intera cella è garantita da una piastra di acciaio. La deformazione indotta dal carico alla cella viene rilevata dalle griglie estensimetriche (strain gauges) e trasformata in un segnale elettrico proporzionale al carico agente.

Su richiesta della DL si dovrà procedere inoltre all'installazione di celle di pressione nel betoncino proiettato.

Le celle di pressione vanno installate in modo radiale nel rivestimento all'altezza delle reni in modo equidistante tra due centine, permettendo di misurare la pressione sviluppatasi nel rivestimento stesso.

La lettura di "0" degli strumenti va effettuata immediatamente dopo l'installazione. In seguito le misure verranno effettuate con la stessa cadenza delle misure di convergenza delle stazioni più vicine.

#### **6.7 STAZIONI DI MISURA DI DEFORMAZIONE / TENSIONE SUL RIVESTIMENTO DI PRIMA FASE (CONCI PREFABBRICATI)**

Le misure della deformazione dei singoli conci degli anelli strumentati vanno effettuate mediante estensimetri a corda vibrante saldati alle armature dei conci.

Per ogni sezione di misura vanno strumentati tutti i conci, ad esclusione di quello di chiave, con 3 barrette estensimetriche, delle quali una all'intradosso ed una all'estradosso, trasversalmente rispetto la direzione di scavo al centro del concio; la terza barretta va disposta longitudinalmente al centro del concio.

La lettura di "0" degli strumenti va effettuata immediatamente dopo l'installazione. In seguito le misure verranno effettuate almeno una volta al giorno fino alla stabilizzazione.

## 7 BETRIEBSORIENTIERTE ÜBERWACHUNG

### 7.1 VERFORMUNGS-MESSSTATIONEN /SPANNUNG AUF DER INNENSCHALE

Die Messstationen in der Innenschale bestehen aus 3/4 Paare Dehnungsmessstäbe für Beton, die auf der Innen- und auf der Außenseite entlang des wachsenden Betonierungsringes installiert werden.

Die verwendeten Instrumente müssen in der Lage sein, den von den Stäben ermittelten Verformungswert um den thermischen und hydrometrischen Faktor zu bereinigen.

Das Auslesen von "0" der Instrumente erfolgt sofort nach dem Aufbau. In der Folge werden die Messungen im monatlichen Abstand bis zur Stabilisierung mit einer mindestens quartalsweisen Kontrollmessung durchgeführt.

In Höhe der Messstationen können weitere Untersuchungen der Bedingungen für die Betonierungstätigkeiten mittels Druckmessdosen und/oder Doorstopper-Tests durchgeführt werden; Letztere werden nachfolgend kurz beschrieben.

#### Doorstopper-Tests

Der Test mit der Doorstopper-Technik basiert auf der Messung der Verformungen, die im Mittelbereich der Bohrlochsohle nach einem Lösen der Spannung, ausgelöst aus einer übertretende Kernbohrung, auftreten.

An der Betonierung des Tunnels wird mittels Kernbohrung ein Bohrloch mit einem Durchmesser von mindestens 76 mm ausgeführt. Auf der Bohrlochsohle wird dann mit einer entsprechenden Diamantstirnfräse plangefräst.

Im trockenen Bohrloch wird dann auf der Bohrlochsohle mittels eines geeigneten Klebers eine Dehnungsmessrosette aufgebracht, die mit vier Dehnungsmessern mit elektrischem Widerstand (strain gauges) ausgestattet ist, die untereinander im 45°-Winkel verteilt sind. Dann wird mittels einer Dehnungsmessstation eine Messung des Anfangszustandes der Verformung durchgeführt. Danach werden die Beanspruchungen beseitigt, wobei das Bohrloch mit einem Kernbohrer mit Diamantwerkzeug vertieft und der Bohrkern gemeinsam mit der darauf aufgeklebten Messdose gewonnen wird.

An dieser Stelle wird mit einer Dehnungsmessstation die Verformung abgelesen, die infolge der Wegnahme der Beanspruchung entstanden ist.

Die elastischen Konstanten des Materials (E,  $\nu$ ), die zur Bestimmung der Beanspruchung notwendig sind, werden im Labor ermittelt, indem dieser dekomprimierte Beton-Bohrkern

## 7 MONITORAGGIO FINALIZZATO ALL'ESERCIZIO

### 7.1 STAZIONI DI MISURA DI DEFORMAZIONE / TENSIONE SUL RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Le stazioni strumentate nel rivestimento definitivo sono costituite da 3/4 coppie di barrette estensimetriche per calcestruzzo installate all'intradosso ed all'estradosso in direzione trasversale lungo lo sviluppo dell'anello di rivestimento.

Gli strumenti utilizzati devono essere in grado di depurare il valore di deformazione ricavato dalle barrette dal fattore termico e igrometrico.

La lettura di "0" degli strumenti va effettuata immediatamente dopo l'installazione. In seguito le misure verranno effettuate con cadenza mensile fino a stabilizzazione, con una misura di controllo almeno trimestrale.

In corrispondenza delle stazioni di misura potranno essere effettuate ulteriori indagini delle condizioni di lavoro del rivestimento mediante celle di pressione e/o prove Doorstopper, queste ultime brevemente descritte nel seguito.

#### Prove Doorstopper

La prova con tecnica Doorstopper è basata sulla misura delle deformazioni che si verificano nella zona centrale del fondo di un foro in seguito al rilascio tensionale provocato da un sovracarotaggio.

Viene eseguito sul rivestimento della galleria un foro mediante carotaggio di diametro 76 mm. Sul fondo del foro viene poi eseguita una spianatura con apposita fresa frontale diamantata.

A foro asciutto, viene quindi applicata sul fondo del foro, per mezzo di un apposito collante, una rosetta estensimetrica provvista di quattro estensimetri a resistenza elettrica (strain-gauges) disposti a 45° l'uno dall'altro. Si esegue quindi una misura dello stato di deformazione iniziale per mezzo di una centralina estensimetrica. Si procede quindi alla liberazione delle sollecitazioni, approfondendo il foro con un carotiere provvisto di utensili diamantati e si recupera la carota insieme con la cella di misura ad essa incollata.

A questo punto si esegue, per mezzo della centralina estensimetrica, la lettura della deformazione conseguente alla liberazione delle sollecitazioni.

Le costanti elastiche del materiale (E,  $\nu$ ) necessarie per la determinazione delle sollecitazioni vengono ottenute in laboratorio sottoponendo lo stesso nucleo di cls decompresso

einem radialen Beanspruchungstest unterzogen und für die Messung der Verformungen dieselbe Dehnungsmessrosette verwendet wird, die auf dem Bohrkern aufgeklebt ist.

Der im Mittelteil der Oberfläche der Bohrlochsohle ermittelbare Spannungszustand ist auf einen zweidimensionalen Beanspruchungszustand zurückzuführen.

Der Beanspruchungszustand wird auf der Grundlage eines Gleichungssystems (drei Gleichungen für die drei Bestandteile der auf die Ebene wirkenden Spannung) bestimmt, die aus der Elastizitätstheorie abgeleitet sind.

ad una prova di sollecitazione radiale ed utilizzando, per la misura delle deformazioni, la medesima rosetta estensimetrica incollata alla carota.

Lo stato tensionale rilevabile nella parte centrale della superficie di fondo foro è riconducibile ad uno stato di sollecitazione bidimensionale.

Lo stato di sollecitazione viene determinato sulla base di un sistema di equazioni (tre equazioni per le tre componenti di tensione agenti nel piano) dedotte dalla teoria dell'elasticità.

## 8 TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN DER WICHTIGSTEN MESSINSTRUMENTE ZUR DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN

### 8.1 EINFÜHRUNG

Die Installation, Abnahme und Eichung der Messinstrumente muss durch den Auftragnehmer unter der Aufsicht des Herstellers der Messinstrumente und unter der Überwachung durch einen durch die Bauleitung beauftragten Fachtechniker durchgeführt werden.

Der Zeitpunkt der Installation wird in gemeinsamer Abstimmung zwischen dem Auftragnehmer und der Bauleitung festgelegt. Die Installation der Messinstrumente muss in Bezug auf den Vortrieb frühestmöglich erfolgen.

Messgeräte sind gegen Beschädigungen durch die laufenden Baumaßnahmen wirkungsvoll zu schützen.

Beschädigte Messgeräte sind zu ersetzen.

**Hinweis: der Verweis auf Produkte und Marken mit Handelsmarken dient ausschließlich zur Orientierung**

### 8.2 GEOMECHANISCHE VERMESSUNGEN: SCHMIDT-HAMMER UND PUNKTLASTVERSUCH

#### 8.2.1 Schmidt-Hammer

Der Test besteht aus der Bestimmung des Rückprallindex R auf intakte oder diskontinuierliche Gebirgs-Oberflächen, der empirisch mit dem Wert der monoaxialen Druckfestigkeit in Zusammenhang zu bringen ist. Der Test wird unter Einsatz eines Gestein-Sklerometers vom Typ L (Schmidt-Hammer) durchgeführt, wobei mindestens 10 Wiederholungen je Test ausgeführt werden.

Die Rückpralltests werden an vorher gereinigten Oberflächen durchgeführt.

## 8 SPECIFICHE TECNICHE DEI PRINCIPALI STRUMENTI E PER L'ESECUZIONE DELLE MISURE

### 8.1 PREMESSA

L'installazione, il collaudo e la calibrazione degli strumenti di misura dovranno essere eseguite dall'Appaltatore con la supervisione del fornitore degli strumenti, sotto la sorveglianza di un tecnico esperto incaricato dalla DL.

Il momento dell'installazione viene fissato di comune accordo tra l'Appaltatore e la DL. L'installazione degli strumenti di misura deve avvenire al più presto possibile rispetto all'avanzamento.

Gli strumenti di misura dovranno essere protetti da danni provocati dai lavori di costruzione.

Gli strumenti di misura danneggiati dovranno essere sostituiti a cura dell'Appaltatore.

**N.B.: il riferimento a prodotti e marche con nomi commerciali è del tutto indicativo**

### 8.2 RILIEVI GEOMECCANICI: MARTELLO DI SCHMIDT E POINT LOAD TEST

#### 8.2.1 Martello di Schmidt

La prova consiste nella determinazione dell'indice di rimbalzo R su superfici di roccia intatta o di discontinuità, correlabile empiricamente al valore di resistenza di compressione monoassiale; la prova sarà condotta impiegando uno sclerometro da roccia tipo L (martello di Schmidt) ed eseguendo almeno 10 test per ogni prova.

I test di rimbalzo andranno eseguiti su superfici preventivamente pulite.



Abbildung 1: Beispiel für ein Schmidt-Hammer

Figura 1: Esempio di martello di Schmidt.

### 8.2.2 Punktlastversuch

Der Versuch besteht aus der Bestimmung des Festigkeitsindizes bei Punktlast  $I_{s(50)}$ , was durch die Anwendung einer konzentrierten Last über zwei konische Spitzen mit Standardmaß erreicht wird.

Der Festigkeitsindex  $I_{s(50)}$  kann zur Klassifizierung des geprüften Gebirges verwendet werden und kann Vorinformationen hinsichtlich weiterer Kennzahlen der Gesteinsfestigkeit liefern, wie die uniaxiale Druckfestigkeit und die Zugfestigkeit.

Der Versuch ist sowohl an Bohrkern-Bruchstücken mit einer diametral oder axial wirkenden Last, oder an prismaartigen oder unregelmäßigen Formstücken möglich.

Die Versuchsanordnung entsprechend dem Referenzstandard - ASTM D 5731 - 95 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock - muss mit einem Gerät zur Messung der Last ausgestattet sein, das eine Genauigkeit von nicht weniger als 5% der angewendeten Last garantiert und das eine Speicherung der beim Bruch erreichten Höchstlast ermöglicht.

Der Versuch muss mit wenigstens 20 Brüchen durchgeführt werden. Im Falle, dass das geprüfte Gestein anisotrop ist, müssen 10 lotrechte Brüche und 10 Brüche parallel zu den schwachen Ebenen durchgeführt werden.

Die dem Test zu unterziehenden Gesteinsbrocken müssen folgenden Maß-Anforderungen einhalten.

Diametrale Tests an Bohrkern-Bruchstücken:

- Abstand zwischen den Belastungspunkten und dem nächstgelegenen Ende  $L > 0,5 D$ , wobei  $D$  = Bohrkerndurchmesser (entspricht dem Abstand zwischen den Belastungspunkten);
- $D > 30$  mm.

Axiale Tests an Bohrkern-Bruchstücken:

- Verhältnis zwischen der Länge  $D$  (entspricht dem Abstand zwischen den Belastungspunkten) und dem Durchmesser  $W$  des Bohrkerns zwischen 0,3 und 1.
- $D > 30$  mm.

Versuch an unregelmäßigen Probestücken:

- Verhältnis zwischen der Länge  $D$  (entspricht dem Abstand zwischen den Belastungspunkten) und der Durchschnittsbreite  $W$  der Bruchebene zwischen 0,3 und 1.

### 8.2.2 Point Load Test

La prova consiste nella determinazione dell'indice di resistenza a carico puntuale  $I_{s(50)}$ , ottenuto attraverso l'applicazione di un carico concentrato mediante due punte coniche di dimensione standard.

L'indice di resistenza  $I_{s(50)}$  può essere utilizzato per la classificazione della roccia in esame e può fornire indicazioni preliminari in merito ad altri parametri di resistenza della roccia, quali la resistenza a compressione monoassiale e la resistenza a trazione.

La prova è eseguibile sia su spezzoni di carota, con carico applicato diametralmente o assialmente, sia su provini di forma prismatica o irregolare.

L'apparecchiatura di prova, conforme allo standard di riferimento - ASTM D 5731 - 95 - Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock, dovrà essere dotata di un strumento di misura del carico che garantisca una precisione non inferiore al 5% del carico applicato e che consenta la memorizzazione del massimo carico raggiunto alla rottura.

La prova dovrà essere condotta eseguendo almeno 20 rotture. Nel caso in cui la roccia in esame sia anisotropa, dovranno essere eseguite 10 rotture perpendicolari e 10 rotture parallele ai piani di debolezza.

I frammenti di roccia da sottoporre a prova dovranno rispettare i seguenti requisiti dimensionali.

Test diametrali su spezzoni di carota:

- distanza tra le punte di carico e l'estremità più vicina  $L > 0,5 D$  con  $D$  = diametro della carota (corrispondente alla distanza tra le punte di carico);
- $D > 30$  mm.

Test assiali su spezzoni di carota:

- rapporto tra la lunghezza  $D$  (corrispondente alla distanza tra le punte di carico) ed il diametro  $W$  della carota compreso tra 0,3 e 1;
- $D > 30$  mm.

Test su provini irregolari:

- rapporto tra l'altezza  $D$  (corrispondente alla distanza tra le punte di carico) e la larghezza media  $W$  del piano di rottura, compreso tra 0,3 e 1;

- Abstand zwischen den Belastungspunkten und dem nächstgelegenen Ende  $L > 0,5 D$ ;
- $D > 30 \text{ mm}$ .

Jeder zur Versuchsreihe gehörende Gesteinsbrocken muss durch schrittweise Erhöhung der Last ohne starke Sprünge zum Brechen gebracht werden. Die Geschwindigkeit der Lastanhebung muss so gewählt werden, dass der Bruch des Probestücks in einem Zeitintervall zwischen 10 und 60 Sekunden erfolgt.

Bei jedem Bruch werden folgenden Daten aufgezeichnet:

- Nummer des Bruchs;
- Art des Bruchs (diametral, axial, am unregelmäßigen Brocken)
- Durchmesser des Bohrkerns bei axialen Versuchen oder Durchschnittsbreite der Bruchebene bei Versuchen an unregelmäßigen Bruchstücken  $W$  [mm];
- Abstand zwischen den Belastungspunkten  $D$  [mm];
- Bruchlast  $P$  [kN].

Als ungültig werden Brüche angesehen, die eine durchgehende Bruchebene nur für einen der Belastungspunkte aufweisen.

Für jeden dem Bruch unterzogenen Brocken werden folgende Kennziffern bestimmt und aufgezeichnet:

- Äquivalenter Durchmesser  $D_e$  mit  $D_e = D$  für die diametralen Tests und  $D_e = (4 \cdot W \cdot D / \pi)^{0.5}$  bei den axialen Tests und an unregelmäßigen Probestücken;
- Unkorrekter Festigkeitsindex gegen punktuelle Last  $I_s = P / D_e^2$  [MPa].

Zum Abschluss des Versuchs müssen die korrekten mittleren Indizes der Festigkeit bei Punktlast  $I_{s(50)}$  in der normalen und parallelen Richtung zu den Schwächeebenen und der Anisotropie-Index  $I_{a(50)}$  bestimmt werden, der sich aus dem Verhältnis zwischen den korrekten durchschnittlichen normalen Indizes der Festigkeit bei Punktlast und den parallelen zu den schwachen Ebenen errechnet.

Der Wert des korrekten durchschnittlichen Festigkeitsindizes bei Punktlast  $I_{s(50)}$  muss bestimmt werden, indem alle bei den Versuchen für jede Richtung der Last ermittelten Wertepaare  $D_e^2/P$  in die bilogarithmische Skala geplottet werden, und indem zur linearen Interpolation der  $D_e^2$  entsprechende Wert  $P_{(50)}$  gleich 2500

- distanza tra le punte di carico e l'estremità più vicina vicina  $L > 0.5 D$ ;
- $D > 30 \text{ mm}$ .

Ogni frammento di roccia appartenente alla serie di prova dovrà essere portato a rottura incrementando il carico gradualmente e senza brusche variazioni. La velocità di incremento del carico dovrà essere scelta in modo che la rottura del provino avvenga in un intervallo di tempo compreso tra 10 e 60 secondi.

Per ciascuna rottura si registreranno i seguenti dati:

- numero della rottura;
- tipo di rottura (diametrale, assiale, su spezzone irregolare);
- diametro della carota per prove assiali o larghezza media del piano di rottura per prove su spezzoni irregolari  $W$  [mm];
- distanza tra le punte di carico  $D$  [mm];
- carico di rottura  $P$  [kN].

Non saranno considerate valide le rotture che presentano piano di rottura passante solo per una delle punte di carico.

Per ciascun frammento sottoposto a rottura si determineranno e si registreranno i seguenti parametri:

- diametro equivalente  $D_e$ , con  $D_e = D$  per le prove diametrali e  $D_e = (4 \cdot W \cdot D / \pi)^{0.5}$  per le prove assiali e su provini irregolari;
- indice di resistenza a carico puntuale non corretto  $I_s = P / D_e^2$  [MPa].

A conclusione della prova si dovranno determinare gli indici di resistenza a carico puntuale corretti  $I_{s(50)}$  medi nella direzione normale e parallela ai piani di debolezza e l'indice di anisotropia  $I_{a(50)}$  ottenuto dal rapporto tra gli indici di resistenza a carico puntuale medi corretti normali e paralleli ai piani di debolezza.

Il valore dell'indice di resistenza a carico puntuale corretto  $I_{s(50)}$  medio dovrà essere determinato plottando in scala bilogarithmica tutte le coppie di valori  $D_e^2/P$  ottenute nella prova per ciascuna direzione di carico e ricavando per interpolazione lineare il valore di  $P_{(50)}$  corrispondente a  $D_e^2$

mm<sup>2</sup> ( $D_e = 50$  mm) somit durch entsprechen Ausdruck ermittelt wird:

$$I_{s(50)} = P_{(50)}/2500$$

Wenn die Versuchsdaten eine übermäßige Streuung aufweisen, muss die Bestimmung von  $I_{s(50)}$  an jedem Probestück nach der folgenden Formel ausgeführt werden:

$$I_{s(50)} = I_s * (D_e/50)0.45$$

Der Durchschnittswert von  $I_{s(50)}$  wird in diesem Fall aus dem Durchschnitt der Werte für  $I_{s(50)}$  errechnet, die unter Ausschluss der beiden höchsten und der beiden niedrigsten Werte für jede Lastrichtung berechnet werden; außerdem wird eine statistische Bewertung der Glaubwürdigkeit des Versuchs mit Bestimmung der Standardabweichung und des Schwankungskoeffizienten für jede Lastrichtung durchgeführt.

pari a 2500 mm<sup>2</sup> ( $D_e = 50$  mm); il valore di  $I_{s(50)}$  sarà quindi determinato secondo l'espressione:

$$I_{s(50)} = P_{(50)}/2500$$

Qualora i dati di prova risultassero eccessivamente dispersi la determinazione di  $I_{s(50)}$  dovrà essere eseguita su ogni provino secondo la seguente espressione:

$$I_{s(50)} = I_s * (D_e/50)0.45$$

Il valore di  $I_{s(50)}$  medio sarà in questo caso ottenuto dalla media dei valori di  $I_{s(50)}$  calcolati con esclusione dei due valori più alti e dei due valori più bassi per ciascuna direzione di carico; sarà inoltre eseguita una valutazione statistica dell'attendibilità della prova con determinazione della deviazione standard e del coefficiente di variazione per ciascuna direzione di carico.



Abbildung 2: Beispiel für ein Punktlastmessgerät.

Figura 2: Esempio di Pont Load Tester.



### 8.3 ZERSTÖRENDE SONDIERUNGEN MIT DAC-TEST

Zur Überprüfung und Steuerung des Drillings ist der Bohrer mit einem Datenlogger (Abbildung 3) versehen. Das Systemmodell Typ JET 4000 AME / I ist für die Aufzeichnung von Druckwerten geeignet und kann auch in Techniken zur Befestigung des Bodens bei geringem Druck eingesetzt werden. Außerdem beherbergt er Funktionen zur Automatisierung und Beschleunigung von Pumpenprozessen.



Abbildung 3: Beispiel für ein Datenlogger.

Die durch den Datenlogger gemessenen Kennzahlen sind:

- Startzeit
- Uhrzeit Ende
- Tiefe
- Rotations-Drehmoment
- Vorschubgeschwindigkeit
- Schub
- Flüssigkeitsdruck im Kreislauf

Die Maßeinheiten können über die Voreinstellungen des Datenloggers angepasst werden.

Die automatisch erstellten Dateien können in Excel exportiert werden (Abbildung 4) Auf Anforderung durch die Bauleitung kann auch eine zusammenfassende Grafik mit allen geforderten Angaben genutzt werden (Abbildung 5).

Für jede ausgeführte Sondierung werden der Anfangskilometerstand des Ausbruchs sowie die Länge der Bohrung angegeben.

### 8.3 SONDAGGI A DISTRUZIONE CON DAC-TEST

Per il controllo e gestione del drilling la perforatrice è dotata di un Data Logger (Figura 3). Il modello sistema tipo JET 4000 AME / I è adatto per la registrazione dei valori di pressione, può essere impiegato anche nelle tecniche di consolidamento del terreno a bassa pressione. Inoltre incorpora funzioni per automatizzare e velocizzare i processi di pompaggio.

Figura 3: Esempio di data Logger.

I parametri misurati dal Data Logger sono:

- Ora Inizio
- Ora Fine
- Profondità
- Coppia di Rotazione
- Velocità di avanzamento
- Spinta
- Pressione del fluido di circolazione

Le unità di misura possono essere variate, previa impostazione preventiva del data logger.

I file che verranno creati automaticamente possono essere esportati in Excel (Figura 4). A richiesta la DL potrà anche usufruire di un grafico riassuntivo con tutte le indicazioni richieste (Figura 5).

Sarà indicato per ogni sondaggio eseguito la progressiva di inizio scavo e la lunghezza di perforazione.

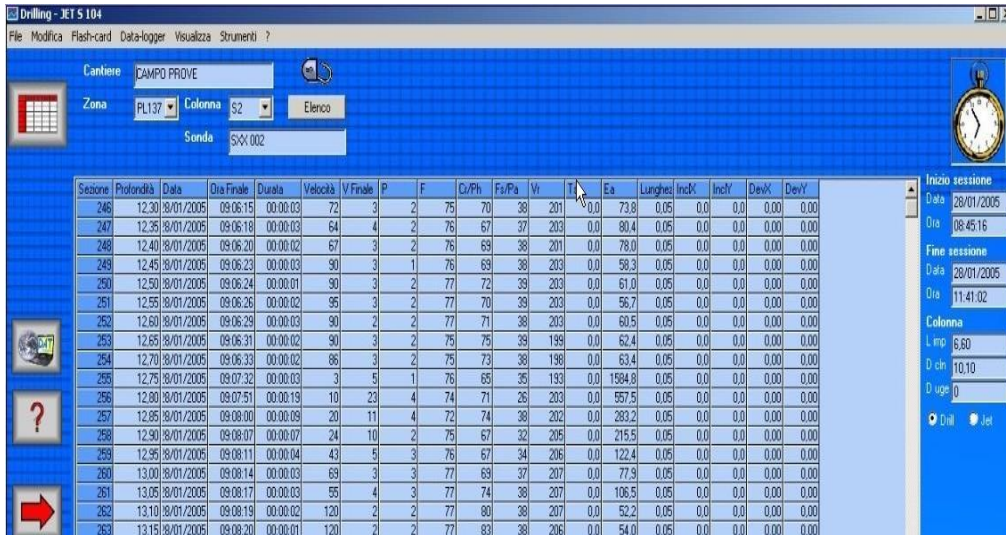


Abbildung 4: Beispiel für ein Datenexport durch den Datenlogger nach Excel.

Figura 4: Esempio di esportazione dati in Excel dal Data-Logger.

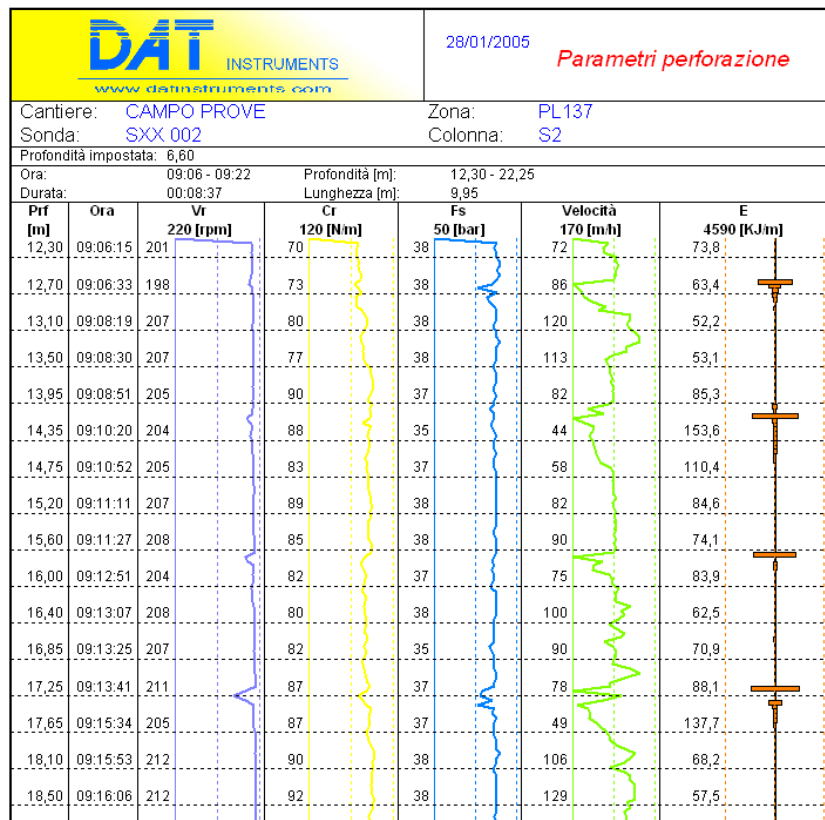


Abbildung 5: Beispiel für eine zusammenfassende Grafik der geforderten Daten.

Figura 5: Esempio di grafico riassuntivo dei dati richiesti.

## 8.4 GEOPHYSIKALISCHE VERMESSUNGEN UND MESSUNGEN DER GERÄUSCHEMISSIONEN

## 8.4 RILIEVI GEOFISICI SISMICI E MISURE DI EMISSIONI ACUSTICHE

### 8.4.1 Ziel der Messungen

### 8.4.1 Obiettivo delle misure

Das Messsystem dient zur ständigen Überwachung der passiven seismischen Reaktionsbewegungen des Gesteins während des Vortriebs um die Gefahr eines "Gebirgsschlags" möglichst im Voraus zu erkennen und diesen durch geeignete Vorkehrungen zu vermeiden.

Il sistema di misurazione ha il compito di monitorare continuamente i movimenti sismici passivi di reazione della roccia durante l'avanzamento dello scavo per poter possibilmente riconoscere in anticipo il pericolo di un "colpo di roccia" ed evitarlo prendendo adeguati provvedimenti.

Außerdem ist das Messsystem so aufgebaut, dass es auch für die aktive präventive seismische Erfassung genutzt werden kann, um vor dem Vortrieb Verwerfungsbereiche zu erkennen. Um beide Funktionen erfüllen zu können muss das Messsystem einen größtmöglichen Frequenzbereich der seismischen Signale erfassen und analysieren können.

Die für das Rockburst Monitoring relevanten seismischen Ereignisse (Verformungsprozesse / Gesteinsbruch) sind diejenigen, die in einem Frequenzbereich zwischen 150 Hz und ca. 2000 liegen. Die während dieser Verformungsprozesse abgegebene seismische Energie ist relativ gering. Für eine erfolgreiche Aufzeichnung dieser Prozesse ist die Verwendung hochempfindliche Sensorik daher unerlässlich. Aufgrund des zu beachtenden Frequenzbereichs (bis 2000 Hz) sowie der erforderlichen Empfindlichkeit der Sensoren, können nur Beschleunigungsmesser mit einer sehr hohen Auflösungskapazität ( $<10\mu\text{g}$ ) verwendet werden.

Zur aktiven präventiven seismischen Exploration werden Signale in einem Frequenzbereich von  $> 20$  Hz bis ca. 500 Hz beobachtet. Die Erregung erfolgt mittels Explosionskapseln, die in kurze Bohrlöcher eingesetzt werden, oder über alternative seismische Quellen.

#### 8.4.2 Aufbau des Systems

Das Messsystem wird aus folgenden Komponenten gebildet:

- Sensoren
- Messfühler (18 Kanäle für jeden Fühler)
- Datenserver und Zeitgeberserver
- Kabel für die Signale und Kommunikation

#### Sensoren

Die Messeinrichtung erfolgt in Messabschnitten, die in einem Abstand untereinander von ca. 50 m positioniert sind. Für jeden Messabschnitt werden drei hochsensible Beschleunigungsmesser bestehend aus einer Komponente in Bohrungen installiert, die sternförmig angeordnet sind (Lochdurchmesser ab 42 mm, Länge 2 m). Die Sensoren werden auf eingeklebte Anker geschraubt oder auf der Bohrlochsohle gespreizt und können wiederholt verwendet werden. Die sternförmige Anordnung der Sensoren erlaubt eine Erkennung der Richtung der ankommenden seismischen Wellen, die somit eine Lokalisierung der seismischen Ereignisse in unmittelbarer Nachbarschaft zum Tunnel erlaubt. Aufgrund des begrenzten Abstandes zwischen den Sensoren, der durch den Tunnelabschnitt vorgegeben ist (ca. 10 m), verringert sich aber in den Grenzen eines Abschnitts die Genauigkeit der Lokalisierung

Inoltre il sistema di misurazione è concepito in modo da poter essere usato anche per il rilevamento sismico attivo preventivo per individuare zone di faglia prima dell'avanzamento. Per poter soddisfare entrambe le funzioni, il sistema di misurazione deve poter rilevare e analizzare un campo di frequenza più grande possibile dei segnali sismici.

Gli eventi sismici rilevanti per il rockburst monitoring (processi di deformazione / frattura della roccia) sono quelli situati in un campo di frequenza da 150 Hz a circa 2000 Hz. L'energia sismica emessa durante questi processi di deformazione è relativamente bassa e perciò, per registrare con successo tali processi, è indispensabile utilizzare sensori sensibilissimi. A causa del campo di frequenza da osservare, che va fino a 2000 Hz, e della sensibilità che devono avere i sensori, si possono usare soltanto accelerometri con una capacità di risoluzione molto elevata ( $<10\mu\text{g}$ ).

Per l'esplorazione sismica attiva preventiva si osservano segnali con un campo di frequenza da  $>20$  Hz a circa 500 Hz. L'eccitazione avviene mediante capsule esplosive inserite in fori corti o fonti sismiche alternative.

#### 8.4.2 Struttura del sistema

Il sistema di misurazione è formato dai seguenti componenti:

- sensori
- rilevatori di misura (18 canali per ogni rilevatore)
- server dei dati e server temporizzatore
- cavi per i segnali e la comunicazione

#### Sensori

La strumentazione avviene in sezioni di misurazione posizionate a una distanza reciproca di circa 50 m. Per ogni sezione di misurazione si installano tre accelerometri monocomponenti sensibilissimi in fori posizionati a stella (diametro dei fori da 42 mm, lunghezza 2 m). I sensori vengono avvitati su ancoraggi incollati o allargati sul fondo dei fori e possono essere nuovamente usati. La disposizione a stella dei sensori permette di individuare la direzione delle onde sismiche in arrivo consentendo così la localizzazione degli eventi sismici nelle immediate vicinanze del tunnel. A causa della distanza limitata tra i sensori, determinata dalla sezione del tunnel (circa 10 m), l'esattezza della localizzazione degli eventi sismici diminuisce però, nell'ambito di una sezione, con l'aumentare della distanza dall'asse del tunnel.

der Ereignisse mit Vergrößerung des Abstandes von der Tunnelachse.

Die verwendeten Sensoren sind Beschleunigungsmesser mit den folgenden technischen Eigenschaften:

Frequenzbereich: 0,5 - 2000 Hz

Resonanzfrequenz: > 10 kHz

Messbereich:  $\pm 5$  g

Auflösungskapazität: < 10  $\mu$ g)

Empfindlichkeit: 1000 mV/g

### **Erfassung der Messungen**

Zur Erfassung der Messungen werden Sensoren vom Typ Summit II Monitoring verwendet. Für jeden Sensor können gleichzeitig bis zu 18 Kanäle und somit bis zu 6 Messabschnitte aufgezeichnet werden. Die technischen Merkmale der Messfühler werden im Technischen Datenblatt in Abbildung 6 und Abbildung 7 dargestellt.

Die Aufzeichnung der Daten ist fortlaufend. Durch eine geeignete Definition der Trigger-Kriterien, vor allem über logische Verknüpfungen der Trigger-Informationen der einzelnen Kanäle und entsprechend der Messabschnitte, wird die Menge der aufgezeichneten Daten auf diejenigen seismischen Ereignisse reduziert, die tatsächlich relevant sind. Die Verknüpfung der Trigger-Informationen kann auch über mehrere Geräte erfolgen. Die Datenübertragung zwischen den Geräten und dem Zentralserver für die Daten erfolgt über Standard-Ethernet per optischem Glasfaserkabel.

Jede Apparatur verfügt über einen untereinander austauschbaren internen Standard-Datenspeicher von 4 GB (CF-Speicherkarte). Im Bedarfsfall können auch größere Speicherkarten verwendet werden. Zu Beginn werden die aufgezeichneten Daten provisorisch in einem internen Datenspeicher abgelegt und nachfolgend ausgelesen und mittels funktionierender Ethernet-Verbindung zum Datenserver übertragen werden. Wenn keine Online-Verbindung zum Server besteht, kann die Datenübertragung auch von Hand erfolgen, indem die Speicherkarte im Aufzeichnungsgerät gewechselt und ein Lesegerät für die direkte Übertragung auf den Datenserver verwendet wird. In diesem Falle wird darauf hingewiesen, dass die Datenverarbeitung mit einer entsprechenden Verzögerung erfolgt, was natürlich auch eine Verzögerung eventueller Meldungen nach sich zieht.

Um das Messinstrument in Betrieb zu nehmen, muss es an ein 230-V-Netz angeschlossen werden. Das Messinstrument verfügt hingegen über eine interne unterbrechungsfreie Stromversorgung mit dem Ziel,

I sensori usati sono degli accelerometri con le seguenti caratteristiche tecniche:

Campo di frequenza: 0,5 - 2000 Hz

Frequenza di risonanza: > 10 KHz

Campo di misurazione:  $\pm 5$  g

Capacità di risoluzione: < 10  $\mu$ g)

Sensibilità: 1000 mV/g

### **Rilevamento delle misurazioni**

Per il rilevamento delle misurazioni si usano sensori del tipo Summit II Monitoring. Per ogni sensore possono essere registrati contemporaneamente fino a 18 canali e quindi fino a 6 sezioni di misurazione. Le caratteristiche tecniche dei rilevatori di misura sono riportati nella scheda tecnica di Figura 6 e Figura 7.

La registrazione dei dati è continua. Definendo adeguatamente i criteri di trigger, soprattutto mediante collegamenti logici di informazioni trigger dei singoli canali e rispettivamente delle sezioni di misurazione, la quantità di dati registrati viene ridotta a quelli degli avvenimenti sismici effettivamente rilevanti. Il collegamento di informazioni trigger può avvenire anche mediante più apparecchiature. La comunicazione dei dati tra le apparecchiature e il server centrale dei dati avviene via Ethernet standard su cavi a fibre ottiche.

Ogni apparecchiatura dispone di una memoria dati standard interna, interscambiabile di 4 GB (scheda di memoria CF). In caso di necessità si possono usare anche schede di memoria più grandi. Inizialmente i dati registrati vengono riposti provvisoriamente in una memoria interna di dati e successivamente letti e trasferiti al server di dati mediante il collegamento Ethernet in funzione. Se non esiste un collegamento on line con il server, il trasferimento dei dati può avvenire anche manualmente cambiando la scheda di memoria nell'apparecchio registratore e servendosi di un lettore per trasferirli direttamente nel server dei dati. In tal caso si nota che l'elaborazione dei dati avviene con il rispettivo ritardo, un fatto che naturalmente provoca anche un ritardo di eventuali allarmi.

Per far funzionare lo strumento di misurazione è necessario l'allacciamento a una rete di 230 V. Lo strumento di misurazione dispone tuttavia di un'erogazione interna ininterrotta di elettricità allo scopo di smorzare le oscillazioni

Spannungsschwankungen auszugleichen und kurze Spannungsunterbrechungen zu überbrücken. Wenn kein Anschluss an ein 230-V-Netz hergestellt werden kann, funktioniert das Messinstrument auch mit einer externen 12V-Batterie. Der Energieverbrauch des Messinstrumentes hängt von der Betriebsart und vom Status der Online-Verbindung für die Datenübertragung ab und beträgt zwischen 15 und 30 W, daher muss die Batterie täglich gewechselt werden.

Zur Durchführung der Überwachung von "Gebirgsschlag"-Erscheinungen und zur präventiven seismischen Exploration sind anfänglich ein Messinstrument, das mit dem Roll-Allong-Verfahren zusammen mit dem Vortrieb des Tunnelbaus gezogen wird, sowie sechs Messabschnitte, und zwar jene der Abbaufont am nächsten gelegenen, zur technischen Datenerfassung vorgesehen. Indessen ist es möglich, das gesamte System beliebig zu erweitern, indem weitere Messinstrumente hinzugefügt werden, zum Beispiel zur stationären Überwachung von Bereichen, die als in geomechanischer Hinsicht interessant ausgemacht worden sind. Wenn mehr Messinstrumente zur Datenerfassung eingesetzt werden, werden diese unter Nutzung einer Kabelverbindung (Glasfaserkabel) von einem Zeitgeberserver synchronisiert, um eine gemeinsame Analyse der Aufzeichnungen aller angeschlossenen Datenerfassungsgeräte zu ermöglichen.

Zur Datenerfassung in Bezug auf die präventive seismische Exploration wird das Rockburst-Monitoring während der Wartungsintervalle kurzzeitig unterbrochen (ca. 2 Stunden am Tag). In diesen Zeiträumen wird die präventive seismische Exploration ausgeführt. Zu diesem Zweck werden entlang des neu gegrabenen Streckenabschnitts mit einer seismischen Quelle Tag für Tag aktiv seismische Wellen erzeugt (Untersuchung von 110m, welche alle 80m wiederholt wird, mit Überdeckung von 30m).

Für jede Probe müssen 5-6 Messabschnitte materialisiert werden (jeder mit, innerhalb der auf 120° verteilten Aufnahmelöcher, positionierten 3-4 Beschleunigungsmessern), welche einen Zwischenabstand von 40-50m haben, mit dem ersten Abschnitt so nah wie möglich, vereinbar mit dem vorkommenden Rauminhalt, an der Ortsbrust positioniert.

Die Untersuchungsdurchführung muss gemäß folgendes Verfahren verlaufen:

- 1) Installation von Nr. 15-18 Beschleunigungsmessern in den Probenabschnitten. Die Sensoren müssen in dazu bestimmte Löcher, von 42mm Durchmesser und 2m Mindestlänge, eingesteckt werden; auch bei

di voltaggio e superare brevi interruzioni di tensione. Se non è realizzabile l'allacciamento a una rete di 230V, lo strumento di misurazione può funzionare anche con una batteria esterna da 12V. Il consumo di energia dello strumento di misurazione dipende dal tipo di funzionamento e dallo stato del collegamento online per la trasmissione dei dati tra 15 e 30 W e perciò la batteria deve essere cambiata ogni giorno.

Per l'esecuzione del monitoraggio dei fenomeni dei "colpi di roccia" e l'esplorazione sismica preventiva sono previsti inizialmente uno strumento di misurazione che viene trascinato, con il procedimento roll-along, assieme all'avanzamento dello scavo del tunnel e sei sezioni di misurazione, e cioè quelle più vicine al fronte di avanzamento, per il rilevamento tecnico delle misure. Tuttavia è possibile ampliare a piacere il sistema aggiungendo ulteriori strumenti di misurazione, ad es. per il monitoraggio stazionario di zone individuate come interessanti dal punto di vista geomeccanico. Se si usano più strumenti di misurazione per il rilevamento dei dati, essi vengono sincronizzati, servendosi di un collegamento via cavo (cavo a fibre ottiche), da un server temporizzatore per permettere di analizzare insieme le registrazioni di tutti i rilevatori di dati allacciati.

Per l'acquisizione dei dati relativi all'esplorazione sismica preventiva attiva il rockburst monitoring viene interrotto per breve tempo durante gli intervalli di manutenzione (circa 2 ore al giorno). In questi periodi si esegue l'esplorazione sismica preventiva. A questo scopo, lungo il nuovo tratto scavato giorno per giorno si producono attivamente onde sismiche mediante una fonte sismica (indagini di lunghezza 110m, ripetute ogni 80m, con ricoprimento 30m).

Per ogni prova devono essere materializzate di 5-6 sezioni di misura (ciascuna con 3-4 accelerometri posizionati all'interno di fori di ricezione disposti a 120 gradi) aventi spaziatura 40-50m, con la prima sezione posta in posizione più prossima al fronte, compatibilmente con gli ingombri presenti.

L'esecuzione dell'indagine deve avvenire secondo la seguente procedura:

- 1) Installazione di n. 15-18 accelerometri nelle sezioni di prova. I sensori devono essere inseriti in appositi fori aventi diametro di 42mm e lunghezza minima 2m; anche in presenza del rivestimento deve comunque essere garantito il contatto diretto

Schalenvorkommen muss jedenfalls die direkte Berührung mit dem Felsen gewährleisten sein. Die mechanische Verbindung zwischen Sensoren und Felswand muss durch dafür vorgesehene mechanische Spreizanker realisiert werden. Außerdem müssen sämtliche Aufnahmelöcher durch geeignete schalldämpfende Stöpsel isoliert werden, um weiteren Lärm zu vermeiden. Bereits in den Installationsphasen des Systems müssen einige Registrierproben durchgeführt werden, um die Verbindung des Sensoren-Felsen Systems zu überprüfen.

- 2) Ermittlung der Punkte, welche laut festgelegtem Schema der Schussanregung bestimmt sind. Erhebung der geometrischen Systemeigenschaften und Abfassung eines Schussprotokolls (shooting\_protokol). Vorbereitung des Aufnahmesystems (Aufnahme, Verbindungskabel, Trigger-System, usw.).
- 3) Erste Aufbauschussanregung, Aufnahme der von den Beschleunigungsmessern registrierten Geschehen und eventuelle Änderung der Sprengladung;
- 4) Folgende Schussanregungen und Aufnahme bis zur Vollendung des vorgesehenen Plans;
- 5) Baustellenräumung;
- 6) Sendung der registrierten Daten der Verarbeitungs-/Auswertungsgruppe in Begleitung vom Schussprotokoll (shooting\_protokol), welches den genauen Standort der Schussanregungsquelle und der Aufnahmepunkte einschließt;
- 7) Rückgabe der Resultate innerhalb 24 Stunden von der Probe aus. Die Analyse muss die Entfernung der erhobenen Reflektoren von der Vortriebsfront auf der Tunnelachse und die entsprechende Orientierung (Neigung und Azimut) wiedergeben, sowie die Gebirgseigenschaften (Verbreitungsgeschwindigkeit der elastischen Wellen und Deformationsmodule) auch auf Höhe der Schwach-/Störzonen.

Die Schussanregung muss mittels einer Reihe Mikrosprengsätze erfolgen, welche in mindestens 15 Löcher, auch diese von 2m Länge, auf Tunnelachse ca. alle 5m eingesteckt werden. Es müssen mindestens 12-15 Schussanregungen im Abstand von 5m, durchgeführt werden, wobei sich die erste Quelle nah an der Ortsbrust in Vereinbarung mit dem Rauminhalt befindet. In den Fällen, bei denen die Quelle auf Höhe eines Sensors fallen sollte,

con la roccia. L'accoppiamento meccanico tra sensore e pareti del foro deve essere realizzato mediante appositi ancoraggi meccanici ad espansione. Inoltre occorre isolare tutti i fori dei ricevitori mediante opportuni tappi fonoassorbenti per evitare ulteriore rumore acustico. Già durante le fasi di installazione del sistema è necessario eseguire alcune registrazioni di prova, per verificare l'accoppiamento del sistema sensori-roccia.

- 2) Individuazione dei punti destinati all'energizzazione, secondo lo schema stabilito. Rilievo delle caratteristiche geometriche del sistema e redazione del protocollo di sparo (shooting\_protokol). Preparazione del sistema d'acquisizione (acquisitore, cavi di connessione, sistema di trigger, ecc.).
- 3) Prima energizzazione di settaggio, acquisizione dell'evento registrato dai sensori accelerometrici ed eventuale modifica della carica esplosiva;
- 4) Successive energizzazioni ed acquisizioni fino al completamento del piano previsto;
- 5) Sgombero del cantiere;
- 6) Invio dei dati registrati al gruppo di elaborazione/interpretazione, accompagnati dal protocollo di sparo (shooting\_protokol) comprensivo dell'ubicazione dettagliata delle fonti di energizzazione e dei punti riceventi;
- 7) Restituzione dei risultati entro 24 ore dalla prova. L'analisi deve fornire come risultato la distanza dei riflettori rilevati dal fronte di avanzamento nell'asse del tunnel e la relativa orientazione (inclinazione ed azimut), oltre alle caratteristiche degli ammassi (velocità di propagazione delle onde elastiche e moduli di deformabilità) anche in corrispondenza delle zone di debolezza / criticità.

L'energizzazione deve essere eseguita mediante una serie di microcariche di esplosivo, inserito in minimo 15 fori, anch'essi di lunghezza 2m, posizionati in asse al tunnel ogni circa 5m. Si devono eseguire come minimo 12-15 energizzazioni con spaziatura 5m, con la prima sorgente a breve distanza dal fronte, in funzione degli ingombri presenti. Nei casi in cui la sorgente cada in corrispondenza di un sensore l'interasse può essere aumentato a 10m. Il numero

kann der Zwischenabstand auf 10m erweitert werden. Die Anzahl und die Geometrie der Schussanregungslöcher und die Menge der Sprengladungen muss jedenfalls die Erreichung des festgelegten Zieles gewährleisten.

Eventuelle Schussanregungsquellen, wie z.B. mechanische (belastende Massen) oder elektromechanische Systeme (magnetbeschränkende Hochfrequenz-Geräte) dürfen nur im Fall bei dem Sprengstoff nicht erlaubt sein sollte eingesetzt werden; auf jeden Fall diese alternativen Schussanregungssysteme müssen zweckmäßig getestet, geprüft und der vorhergehenden Genehmigung der BL/Auftraggeber unterbreitet werden.

Während der Schussanregungs- und Datenaufnahmeaktionen ist eine Gesamtabstellung der Tätigkeiten innerhalb des Tunnels von Nöten um die Störung der aufgenommenen Daten zu vermeiden.

### **Übertragung und Analyse der Daten (Rockburst Monitoring)**

Der Datenserver übernimmt die Aufgabe, die Aufzeichnungen aller angeschlossenen Messfühler zu archivieren und zu analysieren. Wenn eine aktive Ethernet-Verbindung zu den einzelnen Messfühlern besteht, werden die im provisorischen Speicher abgelegten Daten ständig übertragen um eine quasi "Echtzeit"-Analyse der Daten zur Messung durchzuführen. Wenn keine Online-Verbindung besteht, werden die Daten zu den Messungen von Hand mit einem Datenlesegerät übertragen um diese aus den CF-Karten der Messfühler zu entnehmen.

Ein Zeitserver synchronisiert die an den Messungen beteiligten Messfühler auf normale GPS-Zeit, so dass die zeitliche Vergleichbarkeit der Messergebnisse mit externen Messsystemen ermöglicht wird (weitere seismologische Stationen, aber auch beispielsweise Verformungsmesssysteme).

Nach der automatischen oder manuellen Datenübertragung der Messungen werden diese in einer Datenbank gespeichert. Die Analyse-Software prüft zu Beginn die Aufzeichnungen, wobei sie überprüft, ob tatsächlich seismische Ereignisse festgestellt werden können. Trotz der Reichhaltigkeit der Trigger-Logik können Aufzeichnungsfehler nicht völlig ausgeschlossen werden, zum Beispiel diejenigen, die durch Bohrlärm erzeugt werden. Wenn in den Aufzeichnungen seismische Ereignisse entdeckt werden, versucht die Software, deren ursprüngliche Positionierung zu lokalisieren (Hypozentrum) und die Magnitude dieser Ereignisse zu berechnen. Für eine korrekte Berechnung ist es sogar unerlässlich, die Positionierung der Sensoren zu messen und diese in der Datenbank zu verzeichnen. Wenn für die Messungen mehr

e la geometria dei fori di energizzazione e la quantità di carica esplosiva dovranno essere in ogni caso tali da garantire il raggiungimento dell'obiettivo prefissato.

Eventuali fonti di energizzazione, quali ad esempio sistemi meccanici (masse impattanti) o mecano-elettrici (strumenti magnetorestrittivi ad alta frequenza) potranno essere impiegati solo nel caso in cui l'esplosivo non sia consentito; in ogni caso tali sistemi alternativi di energizzazione dovranno essere opportunamente testati, collaudati e sottoposti all'approvazione preventiva della DL/Committente.

Durante le operazioni di energizzazione e acquisizione dei dati è necessario un arresto totale delle attività dentro la galleria per evitare un disturbo sui dati acquisiti.

### **Trasmissione e analisi dei dati (rockburst monitoring)**

Il server dei dati si assume il compito di archiviare e analizzare le registrazioni di tutti i rilevatori di misura collegati. Se esiste un collegamento Ethernet attivo con i singoli rilevatori di misura, allora i dati riposti nella memoria provvisoria vengono trasferiti permanentemente per realizzare un'analisi quasi "in tempo reale" dei dati relativi alle misurazioni. Se non esiste un collegamento on line, allora i dati relativi alle misurazioni verranno trasferiti manualmente, servendosi di un lettore di dati, prelevandoli dalle schede CF dei rilevatori di misura.

Un server temporizzatore sincronizza sull'orario normale GPS i rilevatori di misura partecipanti alle misurazioni in modo da garantire la confrontabilità temporale dei risultati delle misurazioni con sistemi di misurazione esterni (altre stazioni sismologiche, ma anche, ad esempio, sistemi di misurazione delle deformazioni).

Dopo il trasferimento automatico oppure manuale dei dati relativi alle misurazioni, gli stessi vengono memorizzati in una banca dati. Il software addetto alle analisi controlla inizialmente le registrazioni verificando se si possono effettivamente identificare gli eventi sismici. Nonostante l'abbondanza della logica trigger, non si possono escludere del tutto errori di registrazione, ad esempio quelli causati da rumori prodotti dalle trivellazioni. Se vengono identificati eventi sismici nelle registrazioni, il software cerca di localizzarne il posizionamento originario (ipocentro) e di calcolare la magnitudine di tali eventi. Per un calcolo corretto è indispensabile misurare anche le posizioni dei sensori e registrarle nella banca dati. Se per le misurazioni si usa più di un rilevatore di misura, è importantissimo che tutti i rilevatori possiedano la stessa base temporale.

als ein Messfühler verwendet wird, ist es sehr wichtig, dass alle Fühler dieselbe Zeitbasis besitzen.

Wenn die zuvor definierten Alarmkriterien erreicht oder überschritten werden, teilt die Software dies automatisch den verantwortlichen Personen über SMS oder per E-Mail mit. Für das Rockburst Monitoring werden folgende Alarmkriterien empfohlen:

- Ereignisserie: in einem Zeitintervall wird eine bestimmte Anzahl seismischer Ereignisse mit dem Epizentrum in demselben Bereich überschritten.
- Heftige Einzelereignisse: ein einzelnes seismisches Ereignis übersteigt eine bestimmte Magnitude.

Beide Grenzwerte hängen von den geologischen und geomechanischen Bedingungen vor Ort ab und müssen durch einen Fachmann der Geomechanik festgelegt werden.

Die Berechnungsergebnisse werden ebenfalls in der Datenbank registriert und können im Tabellenformat exportiert werden, um anschliessend in dieser Form auch in das Tunnel-EDV-System eingefügt zu werden (2doc).

#### **Übertragung und Analyse der Daten (Präventive seismische Exploration)**

Die Daten hinsichtlich der seismischen Erhebungen der präventiven Exploration werden gemeinsam mit den anderen Daten in Echtzeit zur Festlegung der Gefahrenklassen verarbeitet. Außerdem werden sie elektronisch an ein qualifiziertes Labor übermittelt und am darauffolgenden Werktag verarbeitet. Die Ergebnisse werden anschliessend in elektronischer Form zurückgesendet. Die Daten der Ergebnisse können in das Datenbanksystem 2doc zwecks Aktualisierung des geologischen Modells übermittelt werden. Die Standardanalyse liefert als Ergebnis den Abstand der von der Vortriebfront ermittelten Reflektoren in der Tunnelachse sowie die Leistung der Spiegelungen.

Zur Auswertung der Ergebnisse der präventiven seismischen Exploration werden folgende Kriterien empfohlen:

- Abstand und Anzahl der Störungszonen vor dem Vortrieb
- Leistung der Spiegelung einer Störungszone

Die Zuteilung in Gefahrenklassen sollte nur auf der Grundlage aller verfügbaren Daten erfolgen; geomechanische, geotechnische, geologische, geodetische und geophysikalische (zum Beispiel kann eine

Se vengono raggiunti o superati i criteri di allarme, precedentemente definiti, il software lo comunica automaticamente alle persone responsabili per SMS o per e-mail. Per il rockburst monitoring sono consigliabili i seguenti criteri di allarme:

- Serie di eventi: in un intervallo di tempo si supera un determinato numero di eventi sismici con epicentro posizionato nella stessa zona.
- Eventi singoli violenti: un evento sismico singolo supera una determinata magnitudine.

Entrambe le soglie limite dipendono dalle condizioni geologiche e geomeccaniche locali e devono essere fissate da un esperto geomeccanico.

I risultati dei calcoli vengono pure registrati nella banca dati e possono essere esportati in formato tabella per essere poi inseriti in tal forma anche nel sistema informativo del tunnel (2doc).

#### **Trasferimento e analisi dei dati (esplorazione sismica preventiva)**

I dati relativi ai rilevamenti sismici dell'esplorazione preventiva vengono elaborati in tempo reale unitamente agli altri dati per la definizione delle classi di rischio. Inoltre vengono inviati elettronicamente a un laboratorio qualificato e elaborati entro il giorno lavorativo seguente. I risultati vengono poi rispediti in forma elettronica. I dati dei risultati possono essere trasmessi nel sistema di banca dati 2doc allo scopo di aggiornare il modello geologico. L'analisi standard fornisce come risultato la distanza dei riflettori rilevati dal fronte di avanzamento nell'asse del tunnel nonché la potenza delle riflessioni.

Per la valutazione dei risultati dell'esplorazione sismica preventiva sono consigliabili i seguenti criteri:

- distanza e numero delle faglie preavanzamento
- potenza di riflessione di una faglia

La ripartizione in categorie di rischio dovrebbe avvenire soltanto in base a tutti i dati disponibili; geomeccanici, geotecnici, geologici, geodetici e geofisiche (ad esempio una



starke Spiegelung darüber liegende Störungszonen "verstecken").

### **Kabel für die Signalübertragung und die Kommunikation**

Die Signalübertragung vom Sensor zum Messfühler erfolgt analog über ein abgeschirmtes Kupferkabel, das aus zwei verdrehten Adern besteht. Zur besseren Handhabung werden die Signalkabel aller Sensoren eines Messabschnitts in einem Verteilerkasten gebündelt und werden von diesem zusammengefasst zum Messfühler über ein Kupferkabel geführt, das mindestens aus 6 Adern (abgeschirmt und mit verdrehten Aderpaaren) besteht. Dieses Kabel kann in Kabelabschnitte von beispielsweise 60 m Länge unterteilt werden, um die Umstrukturierung an Segmenten des Messsystems während des Vortriebs des Tunnelbaus zu erleichtern.

Die Datenkommunikation und die Zeitsynchronisierung zwischen den Messfühlern und dem Datenserver befinden sich normalerweise außerhalb des Tunnels und aufgrund der Weglängen können sie nur mittels Glasfaserkabel erstellt werden. In jedem Fall kann eine bereits existierende Infrastruktur genutzt werden, z.B. ein Verbindungskabel von der TBM oder andere Messsysteme. Gesamthaft benötigt man ein Glasfaserkabel. In der Abbildung 8 wird ein Schema zur Installation des Messsystems wiedergegeben.

forte riflessione può "nascondere" faglie a monte).

### **Cavi per la trasmissione di segnali e per la comunicazione**

La trasmissione dei segnali dal sensore al rilevatore di misura avviene analogamente attraverso un cavo di rame schermato, formato da due fili attorcigliati. Per praticità i cavi dei segnali di tutti i sensori di una sezione di misurazione vengono raccolti in una cassetta di distribuzione e da essa vengono condotti assemblati al rilevatore di misura attraverso un cavo di rame formato da almeno 6 fili (schermato e con coppie di fili attorcigliati). Questo cavo può essere suddiviso in segmenti di cavi ad esempio di 60 m di lunghezza per facilitare la ristrutturazione a segmenti del sistema di misurazione durante l'avanzamento dello scavo del tunnel.

La comunicazione dei dati e la sincronizzazione temporale tra i rilevatori di misura e il server dei dati che si trova in genere al di fuori del tunnel, a causa della lunghezza dei tragitti possono essere realizzate soltanto mediante cavi a fibre ottiche. Tuttavia si può usare un'infrastruttura già esistente, ad es. un cavo di comunicazione della TBM o di altri sistemi di misurazione. In complesso si necessita di 1 cavo a fibra ottica. Nella Figura 8 è riprodotto un schema per l'installazione del sistemi di misurazione.

## Summit II Monitoring

### The Seismic 'Monitoring System'!

The Summit II Monitoring is the new multi-channel Summit seismograph for seismological observation: The box with up to twenty-four monitoring channels has an extra wide frequency range and a very low noise level for ultra sensitive seismological observation. It provides continuous and event based recording.

**Specialised for Mobile Seismological Monitoring !**

- Most flexible station deployment with Ethernet or wireless LAN telemetry
- Most accurate time base for continuous recording through GPS
- Extremely robust but lightweight casing
- Autonomous operation with up to 16 GB of internal memory for data storage
- Supreme service via rapid reaction support hotline



Abbildung 6: Beispiel für ein technisches Datenblatt für Messfühler (1/2).

Figura 6: Esempio di scheda tecnica per rilevatori di misura (1/2).

Technical Specifications	
Sample Interval	125 Hz up to 16 kHz
Frequency Range	0.1 Hz up to Nyquist (8 kHz)
Recording Mode	Continuous or event based
Trigger Mode	Level, STA/LTA with pre-filter
A/D Converter	24 bit delta sigma technology
Power Consumption (typical)	< 10 W for 12 channel instrument with internal controller
Data Storage	4 GByte replaceable Compact Flash (hot pluggable)
Instantaneous Dynamic Range	≥ 120 dB @ 2 ms sampling interval
Equivalent Input Noise	Less than 0.3 μV RMS @ 2 ms sampling interval and 40 dB preamp gain
Crosstalk	≥ 112 dB (between all channels)
Total Harmonic Distortion	< 0.0008 %
Common Mode Rejection Ratio	≥ 100 dB
Gain Accuracy	< 0.2 % between channels after calibration
Dimensions	30 x 25 x 20 cm
Weight	4.5 kg

Subject to technical changes

Environmental Specifications	
Operation Temperature	-30°C to + 70°C
Humidity Range	0 – 95 %
Case	Solid waterproof housing deployable in any surface environment

**DMT GmbH & Co. KG**  
Exploration & Geosurvey

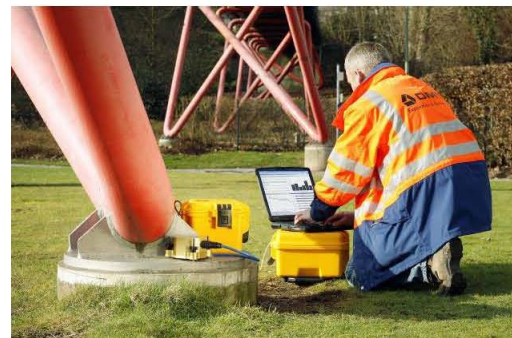
Am Technologiepark 1  
45307 Essen, Germany

Phone +49 201-172-1970  
Fax +49 201-172-1971  
info.summit@dmr.de  
www.summit-system.de

Member of TÜV NORD Group



Instrumentation at a bridge base plate



Monitoring of footings

© Copyright DMT | All rights reserved | 02.2008

Abbildung 7: Beispiel für ein technisches Datenblatt für Messfühler (2/2)

Figura 7: Esempio di scheda tecnica per rilevatori di misura (2/2)

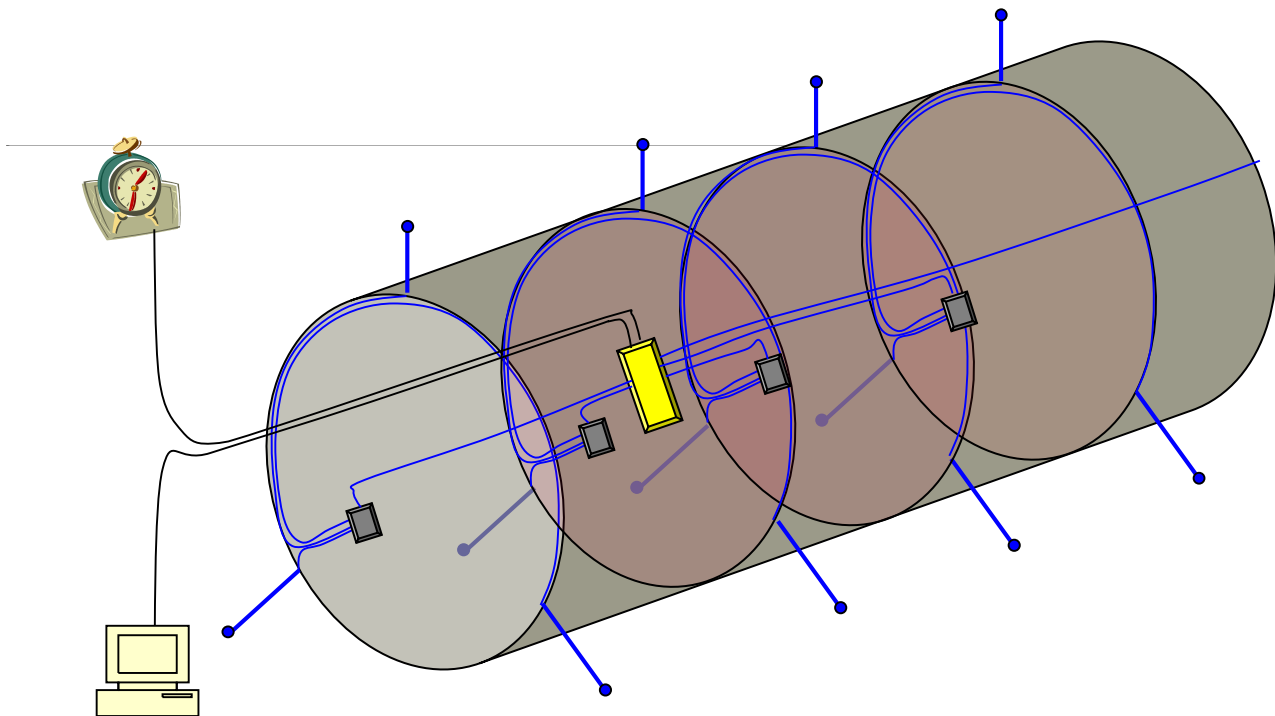


Abbildung 8: Instrumentierung des Erfassungssystems der Rock-Burst-Erscheinung. In blau sind die Sensoren und Kabel für die Signalübertragung aus den Sensoren markiert. Der Messfühler ist gelb gekennzeichnet. Der Datenserver und der Zeitgeberserver befinden sich außerhalb des Tunnels und sind über ein Glasfaserkabel mit dem Messfühler verbunden (schwarz markiert).

Figura 8: Strumentazione del sistema di rilevamento del fenomeno dei rock-burst. In blu sono indicati i sensori e i cavi per la trasmissione dei segnali provenienti dai sensori. Il rilevatore di misura è indicato in giallo. Il server dei dati e il server temporizzatore si trovano al di fuori del tunnel e sono collegati al rilevatore di misura mediante cavi a fibre ottiche (indicati in nero).

### 8.5 GEOELEKTRISCHE VERMESSUNGEN

Beam ist ein nichtinvasives geophysikalisches System das die Beschreibung des Gebirgsmassivs jenseits des Fräskopfes in einer Tiefe von ca. 20 m ermöglicht. Die Beschreibung betrifft die Durchlässigkeit des Gebirges (Porosität) und den Bruchgrad desselben, über 2 Kennziffern (Abbildung 9):

- PFE (%) = Percentage Frequency Effect: stellt die Fähigkeit des Gebirgsmassivs dar, Elektroenergie zu speichern, und ist wechselweise mit der Porosität des Mediums verbunden. Der PFE muss gemessen und nach folgender Skala ausgewertet werden:
  - PFE≈0 : relativer Wert in Wasser oder in der Luft;
  - PFE ↓: Werte bei hochbrüchigem Gebirge, Karst oder grobkörnigen Böden;
  - PFE ↑ : Werte in massivem oder wenig Brüchigem Gebirge.
- Widerstand (Ohm) = Widerstand des durchquerten Mediums. Liefert ausserdem zusätzliche Informationen über eventuelle Brüche und Einschlusskavitäten (Gas/Wasser oder Luft).

Das System besteht aus:

- Einer Beam-Einheit, die in der TBM-Kabine angebracht ist. Die gemessenen Werte werden auf einem Touch Screen Panel grafisch dargestellt.

### 8.5 RILIEVI GEOELETTICI

Il Beam è un sistema geofisico non invasivo che permette di caratterizzare l'ammasso roccioso al di là della testa fresante, per una profondità di circa 20 m. La caratterizzazione riguarda la permeabilità dell'ammasso (porosità) e lo stato di fratturazione dello stesso, tramite 2 parametri (Figura 9):

- PFE (%) = Percentage frequency Effect: rappresenta la capacità dell'ammasso roccioso di immagazzinare l'energia elettrica, è legata reciprocamente alla porosità del mezzo. La PFE deve essere misurata ed interpretata seguendo la scala seguente:
  - PFE≈0 : valore relativo all'acqua o aria;
  - PFE ↓: valori con rocce altamente fratturate, carsiche o terreni grossolani;
  - PFE ↑ : valori in rocce massive o poco fratturate.
- Resistività (Ohm)= Resistività del mezzo attraversato e fornisce informazioni aggiuntive sulla presenza di fratture e cavità incluse (Gas/acqua o aria).

Il sistema è composto da:

- Una Unità Beam, posizionata in cabina TBM; i valori misurati vengono graficati su un pannello Touch Screen;

- Einer Messelektrode A0, die auf dem Fräskopf angebracht ist und die Werte während der Ausbruch- und Pausenphasen ermittelt;
- Einer Überwachungselektrode A1, die auf den Schilden positioniert ist;
- Einer Signlrückgabeelektrode B, die zur Festlegung eines Punkts mit bekanntem Widerstand und zur Kontrolle der internen Daten dient.
- Un elettrodo di Misura A0 posizionato sulla testa fresante, che rileva i valori durante le fasi di scavo e di sosta;
- Un elettrodo di sorveglianza A1 posizionato sugli scudi;
- Un elettrodo di ritorno del segnale B che serve per fissare un punto a resistività nota e per avere un controllo sui dati interni.

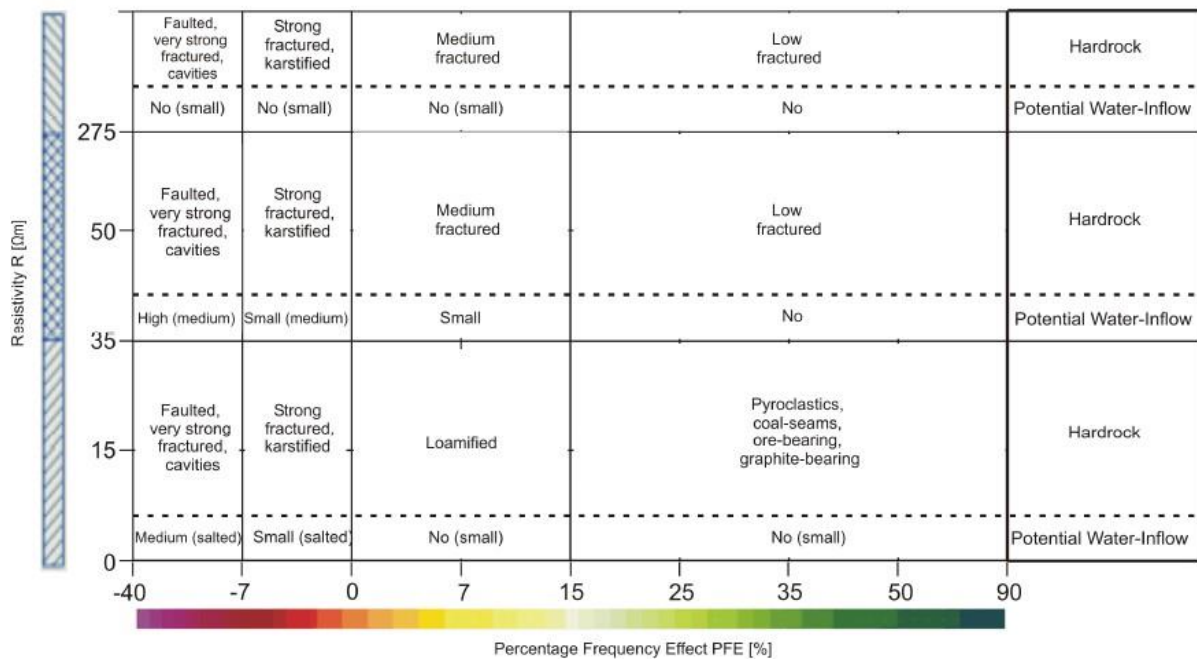


Abbildung 9: Vergleichstafel der Werte für PFE und Widerstand sowie Eigenschaften des Gebirges.

Figura 9: Quadro di raffronto fra i valori di PFE e Resistività e caratteristiche dell'ammasso roccioso.

Die Grafik, welche auf dem Display in der Bedienerkabine erscheint, zusammenfasst die aufgezeichneten Werte (Abbildung 10).

Il grafico che appare sul display posizionato in cabina operatore sintetizza i valori registrati (Figura 10):

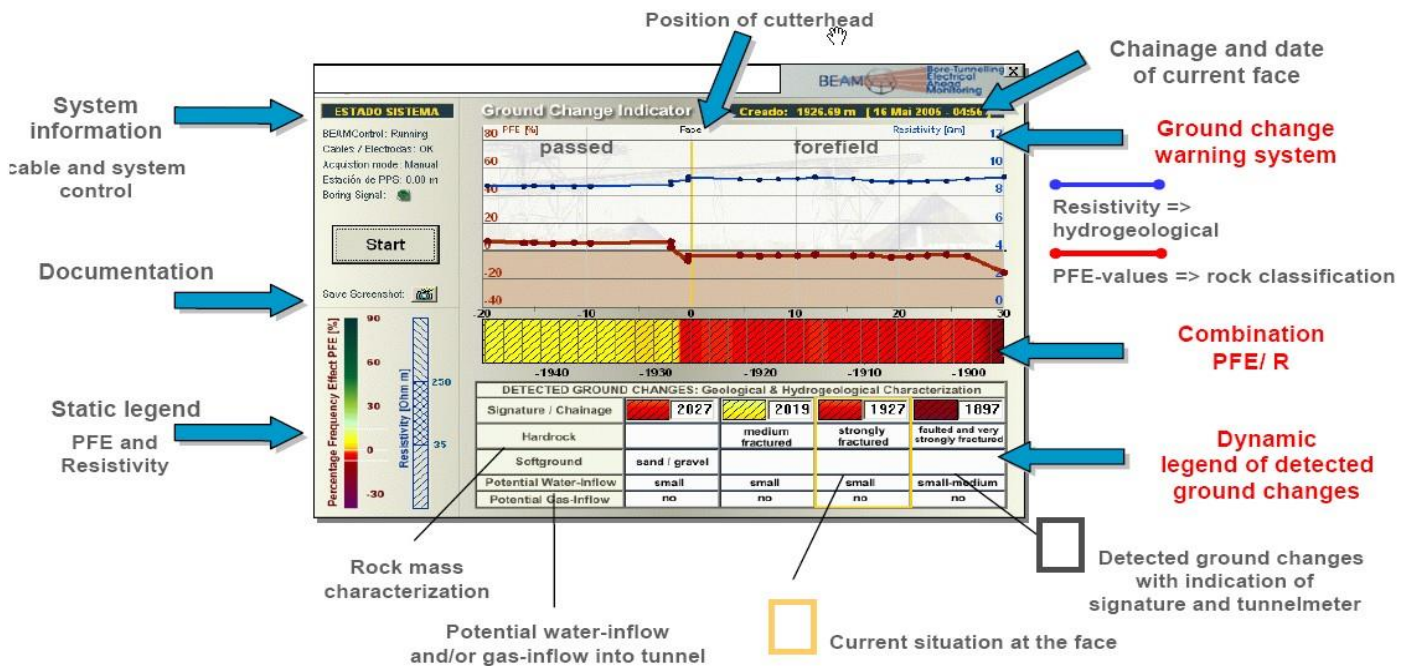


Abbildung 10: Beispiel für eine auf dem Display in der Bedienerkabine erscheinende Grafik, die die aufgezeichneten Werte zusammenfasst.

Figura 10: Esempio di grafico che appare sul display posizionato in cabina operatore che sintetizza i valori registrati.

Am Ende jedes Arbeitstages wird der Bauleitung täglich eine Exceldatei mit den wichtigsten Daten übergeben (Abbildung 11).

Alla fine di ogni giornata lavorativa, verrà fornito quotidianamente alla DL un file Excel riportante i dati essenziali (Figura 11).

	A	B	C	D	E	F
1	Station	PFE[%]	Resistivity[Ohm m]	Date	StartTime	EndTime
2	553,95	16,140619	241,909257	17.04.2007	12:08	12:20
3	554,89	17,6210537	245,656761	17.04.2007	12:30	12:55
4	556	18,5106174	251,047903	17.04.2007	13:22	13:38
5	557,08	17,9699989	245,627842	17.04.2007	13:56	14:13
6	558,21	17,748758	243,333417	17.04.2007	15:09	15:17
7	558,71	17,8266499	243,147734	17.04.2007	15:19	15:27
8	559,31	17,9496907	243,869348	17.04.2007	16:13	16:29
9	560,41	19,1295093	255,701804	17.04.2007	16:54	17:03
10	561,08	19,332239	247,922912	17.04.2007	17:04	17:23
11	561,53	16,722311	247,160451	17.04.2007	17:41	17:57
12	562,63	16,4207022	239,519898	17.04.2007	18:31	18:49
13	563,71	17,4402135	241,539459	17.04.2007	19:24	19:32
14	564,07	18,2583767	246,17346	17.04.2007	19:32	19:37
15	564,4	17,5403555	243,424783	17.04.2007	19:39	19:49
16	564,81	17,444191	241,619858	17.04.2007	20:04	20:24
17	565,59	17,2190455	243,7103	17.04.2007	20:05	20:09

Abbildung 11: Beispiel für die Exceldatei, die die Hauptdaten einer geoelektrischen Vermessung beinhaltet

Figura 11: Esempio di file Excel riportante i dati essenziali di un rilievo geoelettrico

Der zu den Beam-Daten angegebene Kilometerstand ist der Ziel-/Neigungsmesserkilometerstand der Tachymeter. Nach durchgeführter Montage muss der Bauleitung das entsprechende Eichzeugnis übergeben werden.

La progressiva indicata sui dati Beam è la progressiva del target/inclinometro della stazione totale. Il relativo certificato di taratura deve essere consegnato alla DL a montaggio effettuato.

### 8.6 AUFZEICHNUNG DER AUSBRUCHPARAMETER DER FRÄSE

### 8.6 RILIEVO DEI PARAMETRI DI SCAVO DELLA FRESA

Für die täglichen Arbeiten wird ein Ausbruchsbericht übergeben, der die wichtigsten Aktivitäten zusammenfassend darstellt (Abbildung 12). Der Cutter-Wechsel wird im Tagesbericht angegeben, während zu den Einzelheiten ein zweites Blatt, wie das unten in Abbildung 13 gezeigt, übergeben werden muss.

Per le lavorazioni giornaliere verrà fornito un report di scavo che sintetizza le attività principali (Figura 12). La sostituzione dei cutter verrà indicata nel rapportino giornaliero, mentre per il dettaglio bisognerà fornire un foglio secondario tipo il sottostante indicato in Figura 13



## TUNNEL DI BASE DEL BRENNERO

Rapporto GIORNALIERO di SCAVO  
TBM WIRTH Modello No. : SM 640 E/TS

		Data:	23-set-07	
GIORNI PRODUTTIVI DALL'INIZIO DELLO SCAVO :	No.	173	PROGRESSIVA FINALE DI SCAVO (m) :	5.990
PROGRESSIVA INIZIALE	m	2672,7	RIMANGONO DA SCAVARE (m) :	3.298
ORA MACCHINA INIZIALE	h	6944,2	ORA MACCHINA FINALE	h 6950,3

OPERAZIONI			NOTE ED OSSERVAZIONI	TOTALI	Tempo %	
METRI SCAVATI	m	18,9		2555,8		
PROGRESSIVA A FINE GIORNATA	m	2691,6		2691,6		
ANELLI DI RIVESTIMENTO MESSI IN OPERA	No.	17		2314		
TEMPO NETTO DI SCAVO	h	6,10		888,30	23,35	
TEMPO PER REGRIPPING	h	0,51		69,64	1,83	
ISPEZIONE TESTA	h			158,53	4,17	
MESSA IN OPERA RIVESTIMENTO	h			65,63	1,72	
INIEZIONI GHIAIETTO	h			8,50	0,22	
INIEZIONI CONSOLIDAMENTO A TERGO CONCI	h			0,40	0,01	
MANUTENZIONE TBM & B/U	h	5,00	Sostituzione cutters n° 12-13-18-19 (Usurati) e cutter n° 15 (tagliente bloccato). Serraggio bulloni - Ingrassaggio rotary - Lavori e controllo testa.	369,70	9,72	
PULIZIA PALE TESTA E NASTRI	h			3,00	0,08	
RITARDO PER MANCANZA ARIA, ACQUA, ENERGIA	h			21,45	0,56	
RITARDO PER PRESENZA GAS ESPLOSIVI-NOCIVI	h			0,00	0,00	
CAMBIO TRENO	h	3,74		514,27	13,52	
RITARDO TRENO	h			213,33	5,61	
LAVORI TOPOGRAFICI: LASER; ZED	h			16,45	0,43	
GUASTI ALLA TBM:	ELETTRICI	h	0,50	Guasto erettore: Problema ai pistoni ausiliari, non ricevono il contatto dalla pulsantiera.	99,04	2,60
	IDRAULICI	h			41,85	1,10
	MECCANICI	h			157,55	4,14
GUASTI AL BACK-UP	ELETTRICI	h		111,70	2,94	
	IDRAULICI	h		16,65	0,44	
	MECCANICI	h		32,82	0,86	
GUASTI SISTEMA SMARINO	ELETTRICI	h		2,80	0,07	
	IDRAULICI	h		0,00	0,00	
	MECCANICI	h		2,90	0,08	
ESTENSIONE SERVIZI:	CAVO 15kV	h		14,80	0,39	
	LINEE ARIA, ACQUA	h		34,80	0,91	
	VENTILAZIONE	h		14,03	0,37	
PROBLEMI IDROGEOLOGICI	h	0,15	La portata di acqua uscente dalla galleria è di 155 lt/sec; mentre alla fine del backUp si aggira sui 65-70 lt/sec. Il fronte si presenta buono e solo saturo di acqua, al centro presenta delle zone di frattura ossidate. E' diminuita la pulizia delle zone d	855,14	22,47	
PERFORAZIONI	h			0,00	0,00	
GUASTI SPECIALI ( vedi note )	h			0,00	0,00	
ALTRI RITARDI ( vedi note )	h			91,80	2,41	
TEMPO TOTALE DI LAVORO	h	16,00		3805,08	100%	

COEFFICIENTE DI UTILIZZAZIONE	%	64,69	
PRESSIONE DI REGRIPPING: NORMALE (N); ALTA (A)	( N;A )	N	
PRESSIONE MEDIA CILINDRI PRINCIPALI INFERIORI	bar	171	
PRESSIONE MEDIA CIL. PRINCIPALE SUPERIORE	bar	40	
PRESSIONE MEDIA CILINDRI PRINCIPALI DESTRA	bar	131	
PRESSIONE MEDIA CILINDRI PRINCIPALI SINISTRA	bar	151	
SPINTA MASSIMA PER RULLO	kN	185	
SPINTA MEDIA PER RULLO	kN	171	
ASSORBIMENTO MEDIO DEI MOTORI TBM	Amp	147	
TAGLIENTI USURATI	No.	4	Sostituzione cutters n° 12-13-18-19 (Usurati). Tot.= 35
TAGLIENTI DANNEGGIATI	No.	1	Sostituzione cutter n° 15 (Tagliente bloccato). Tot.= 83
LITOLOGIA - CONDIZIONI DELL' AMMASSO			
CLASSE GEOMECCANICA DELL' AMMASSO			Fronte umido - Profilo buono - Zona centrale alterata: fratture ossidate.
PENETRAZIONE MEDIA	m / h	3,10	
ACQUA TOTALE DALLA GALLERIA	l / sec	155	H <sub>130</sub> = 32 cm ; H <sub>California</sub> = 23 cm

Abbildung 12: Beispiel für einen Ausbruchsbericht, der die wichtigsten Aktivitäten der Fräse zusammenfassend darstellt.

Figura 12: Esempio di report di scavo che sintetizza le attività principali della fresa.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Partenza	135,8	6.062,9		prog. n°82	prog. n°29					
2	Data	Progressiva (m)	Ore Macchina	Posiz.	Motivazione		Informazioni Cutter Smontato			Cutter Montato cod.	NOTE
3					Danneggiato	Usurato	Code	Ore di lavoro	Percorrenza cutter (km)		
205	25/11/07	3.929,5	7.494,3	12		Usurato	016	129,9	1.026	ex 15	
206	25/11/07	3.929,5	7.494,3	15		Usurato	al 12	355,6	3.142	H2011	
207	27/11/07	3.995,7	7.521,0	CC6	Bloccato Cuscinetto			66,2	600		
208	28/11/07	4.016,5	7.530,6	12	Perdita Olio		078	36,3	334	H75	
209	28/11/07	4.016,5	7.530,6	2		Usurato	H85	556,9	5.201	040	Usurato di 30 mm. E' stato messo il n° 14.
210	28/11/07	4.016,5	7.530,6	14		Usurato	040	244,6	2.303	H73	Usurato 20 mm. Preso e montato alla pos n° 2.
211	30/11/07	4.063,0	7.547,3	18		Usurato	065	105,3	983	5	
212	30/11/07	4.063,0	7.547,3	19		Usurato		105,3	991	H117	
213	30/11/07	4.063,0	7.547,3	4		Usurato	062	462,4	1.974	X19	
214	30/11/07	4.063,0	7.547,3	17		Usurato		126,7	1.167	H2015	
215	30/11/07	4.063,0	7.547,3	7		Usurato	H81	449,0	2.562	X17	
216	01/12/07	4.077,1	7.557,0	10	Tagliente Bloccato		H2016	115,0	818		
217	01/12/07	4.079,5	7.560,8	4	Insero Sfilettato		035	13,5	58	H80	Dreochio sfilettato.
218	01/12/07	4.080,1	7.562,2	2	Tagliente spaccato		073	31,6	105	H2027	
219	03/12/07	4.987,8	7.574,5	1		Usurato	06	180,4	511	018	

Abbildung 13: Beispiel für ein Detailblatt zum Cutter-Wechsel.

Figura 13: Esempio di foglio dettagliato per la sostituzione dei cutter.

Das Verfahren zur Sammlung der Ausbruchsdaten der TBM wird mittels Geber und elektronischer Sensoren durchgeführt. Es wird darauf hingewiesen, dass alle auf den TBM vorhandenen Geräte elektronische selbstkalibrierende Geräte sein müssen. Die geforderten Daten betreffen die Tagesarbeiten, den Vortrieb und den Betrieb der Maschinen.

Die Sammlung der Kennziffern zur Leistung der TBM erfolgt permanent und computergestützt.

Die Hardware des Systems zur Datensammlung besteht etwa aus zwei Modems RS232/FO und FO/RS232 und aus einem Glasfaserkabel, über welches die an den TBM gesammelten Daten zu einem PC übertragen werden, der sich außerhalb des Tunnels befindet. Das System zeichnet die verschiedenen Maschinendaten sowohl auf der Festplatte als auch auf CD auf und ist außerdem in der Lage, die verschiedenen Berichte auszudrucken, die am Ende jeder Ausbruchsschicht erstellt werden. Die Datenaufzeichnung auf CD oder der entsprechende Ausdruck können durch den Anwender zu jedem Zeitpunkt gestartet werden.

Die Ausbruchwerte werden täglich für einen nichtkalendrischen Zyklus von 24 Stunden geliefert, das heißt, dass es für das Schichtenmanagement vorzuziehen ist, die aufgezeichneten Daten für einen Zeitraum zu übergeben, der von 6:00 Uhr Morgens bis 6:00 Uhr früh des darauffolgenden Tages verläuft. Die Daten werden durch das System alle 10 Sekunden gespeichert.

Alle Daten werden täglich durch die Bauleitung übergeben.

Die durch die Software aufgezeichneten Daten sind:

- Vortrieb der Front in mm/min;

La procedura di acquisizione dei dati di scavo delle TBM verrà effettuata tramite trasduttori e sensori elettronici. Si precisa che tutti i dispositivi presenti sulle TBM dovranno essere di tipo elettronico ed autocalibranti. I dati richiesti riguardano le lavorazioni giornaliere, l'avanzamento ed il funzionamento delle macchine.

L'acquisizione dei parametri di prestazione delle TBM avverrà in continuo e in modo computerizzato.

L'hardware del sistema di acquisizione dati è indicativamente composto da due modem RS232/FO ed FO/RS232, e da un cavo in fibra ottica, attraverso il quale vengono trasmessi i dati rilevati sulle TBM ad un PC posto all'esterno del tunnel. Il sistema registra i vari parametri macchina sia su HDD che su CD, ed è inoltre in grado di stampare automaticamente i vari rapportini generati alla fine di ogni turno di scavo. La registrazione dei dati su CD o la relativa stampa può essere lanciata in qualsiasi momento dall'utente.

I valori di scavo verranno forniti ogni giorno per un ciclo di 24 ore non solari, ovvero per la gestione dei turni è preferibile fornire i dati registrati in un arco temporale che va dalle 6:00 di mattina sino alle 6:00 di mattina del giorno successivo. I dati sono immagazzinati dal sistema ogni 10 sec.

Tutti i dati vengono trasferiti giornalmente dalla DL.

I valori di scavo che vengono registrati dal software sono:

- Avanzamento del fronte in mm/min;



- Drehgeschwindigkeit des Kopfes in U/min;
- Durch den Bohrkopf ausgeübter Vorschub (Gesamt), während das für die einzelne Schneide ein abgeleiteter Wert (Thrust/Anz. Cutter) in KN ist;
- Leistungsaufnahme der Motoren;
- Das Materialnettogewicht (t) ermittelt man über die Verwendung einer dynamischen Spring-Waage, die die Bandgeschwindigkeit und das Materialnettogewicht berechnet (Figura 15).
- Das Eindringen ist ein abgeleiteter Wert = Vortrieb (mm/min) / Rotationsgeschwindigkeit (U/min);
- Der Eindringindex ist ebenfalls ein auf dem Verhältnis zwischen Vorschub und Eindringen abgeleiteter Wert;
- Drehmoment oder Torque in kNm;
- Die Gripper-Position wird durch einen Wert ON/OFF oder OPEN/CLOSED angegeben;
- Vorschub der Hilfswinden in bar;
- Der Vorschub für das Regripping (bar) ist ein vom Bediener ermittelter Wert.
- Velocità di rotazione della testa in giri/min;
- Spinta esercitata sulla testa (Totale) , mentre per il tagliente singolo sarà un valore derivato (Thrust/n°Cutter) in kN;
- Potenza assorbita dai motori;
- Il peso del materiale smarinato (t) si otterrà attraverso l'uso di una bilancia dinamica Spring, che calcola la velocità del nastro ed il peso del materiale smarinato (Figura 15).
- Penetrazione è un valore derivato = Avanzamento (mm/min)/Velocità di rotazione (giri/min);
- Indice di penetrazione è anche un valore derivato dal rapporto tra Spinta e Penetrazione;
- Momento Torcente o Torque in kNm;
- Posizione gripper è indicata da un valore di ON/OFF o OPEN/CLOSED;
- Spinta Martinetti ausiliari in bar;
- Spinta per Regripping (bar) è un valore preso dall'operatore.

Die Daten am Ausgang müssen Excel-Daten (dbf) sein, und werden der Bauleitung täglich auf einem USB-Stick oder einem ähnlichen Gerät übergeben. In dieser Datei werden der Anfangskilometerstand und das Ende des Ausbruchs angegeben.

I dati in uscita devono essere di tipo Excel (dbf) e verranno consegnati alla direzione lavori ogni giorno, tramite una penna flash o dispositivo simile. In detto file verranno indicate la progressiva di inizio e di fine scavo.

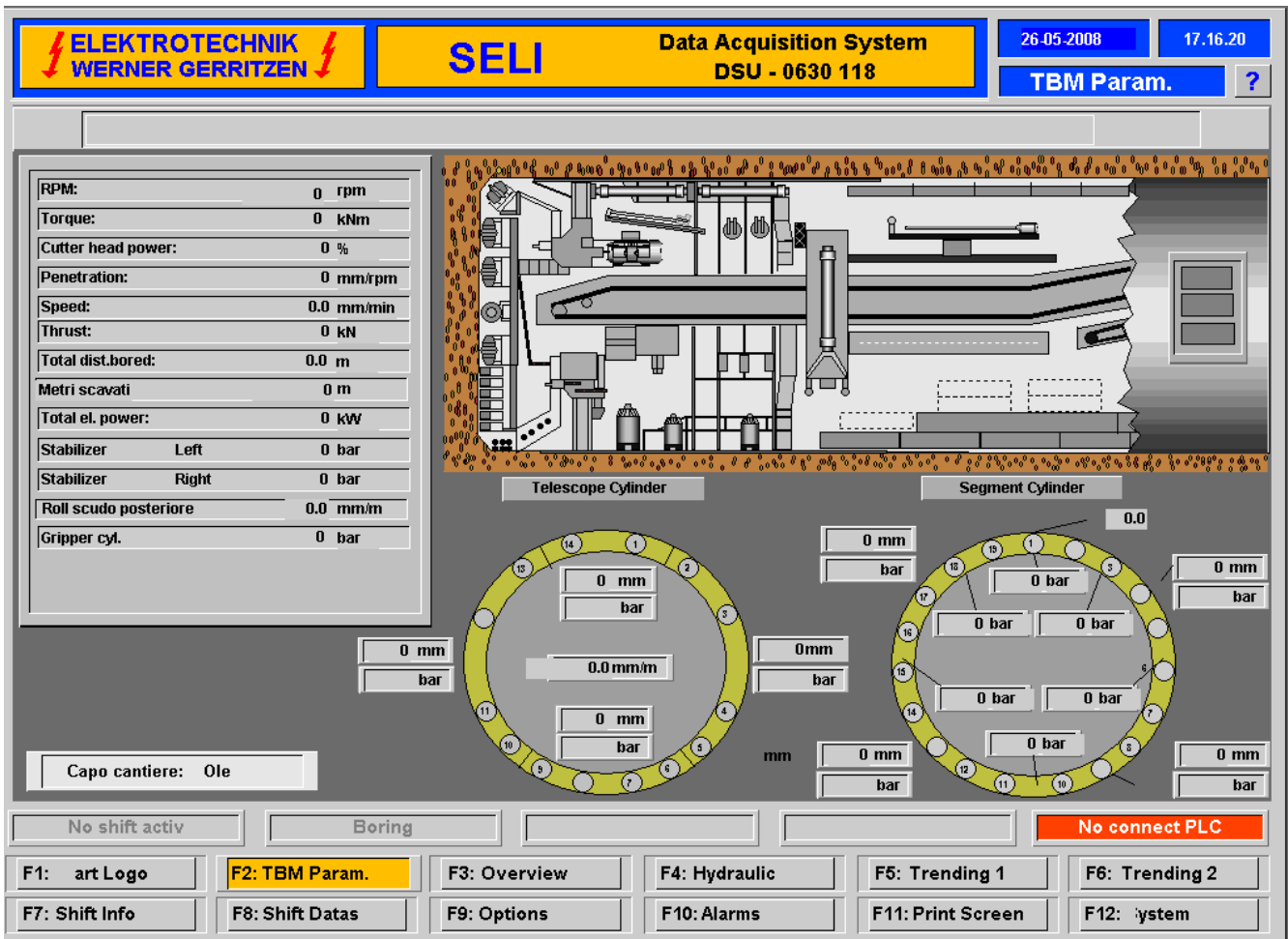


Abbildung 14: Beispiel für ein Hauptbildschirm von Datenerhebungssystemen.

Figura 14: Esempio di schermata principale del sistema di acquisizione.

## PESATURA SU NASTRO TRASPORTATORE

Tutte le applicazioni



**DIGITAL**

DIGITAL può gestire fino a 31 nastri; possibilità di aggiungere nuove stazioni di pesatura qualora fosse necessario.

Con l'aggiunta di una scheda elettronica collegata ad un inverter è possibile mantenere costante il ciclo di produzione.

**Caratteristiche commerciali e tecniche:**

<b>Funzioni</b>	pesatura, preselezione di un determinato carico, stampa, tara del sistema automatica (se abilitata).
<b>Sorveglianza della produzione</b>	ora di inizio e fine del lotto, quantità in TON del lotto, portata max del lotto, tempi di lavoro a vuoto, a carico e tempi di arresto dell'impianto, portata media del lotto e relativi tempi di arresto.
<b>Precisione sulla produzione</b>	from ± 0,5 to 1 % * from ± 2 to 3 % * from ± 3 to 5 % *

\* La precisione realizzabile è stabilita per un campo dal 20 al 100% della portata nominale. Precisione garantita su macchine efficienti

Abbildung 15: Beispiel für ein Messinstrument zum Wiegen auf dem Förderband

Figura 15: Esempio di strumento per pesatura su nastro trasportatore

DATALOGGER	DESCRIZIONE	MNEMONICA	INDIRIZZO				
time	ORA			mThr bot mm	ESTENSIMETRO SPINTA PRINCIPALE BASSO	TCPO57	MW4047
date	DATA			mThr L mm	ESTENSIMETRO SPINTA PRINCIPALE SINISTRO	TCPO811	MW4048
chd rpm	VELOCITA ROTAZIONE TESTA	chrpm	mf4508	aThr top press	PRESSIONE SPINTA AUX. ALTO	SCPP12	MW4049
torque	COPPIA TESTA	CHTO	MW4074	aThr R press	PRESSIONE SPINTA AUX. DESTRO	SCPP24	MW4051
mm/rpm	PENETRAZIONE	PENE	MW4076	aThr bot press	PRESSIONE SPINTA AUX. BASSO	SCPP57	MW4052
kN	SPINTA PRINCIPALE	ADTH	MW4077	aThr L press	PRESSIONE SPINTA AUX SINISTRO	SCPP810	MW4053
gripper bar	PRESSIONE GRIPPER	GCPP	MW4096	aThr top mm	ESTENSIMETRO SPINTA AUX. ALTO	SCPO12	MW4055
advance mm/min	VELOCITA DI AVANZAMENTO	SPED	SPEED	aThr R mm	ESTENSIMETRO SPINTA AUX. DESTRO	SCPO14	MW4056
kW	POTENZA ELETTRICA TOTALE	TOEP	MW4073	aThr bot mm	ESTENSIMETRO SPINTA AUX. BASSO	SCPO57	MW4057
mThr top bar	PRESSIONE SPINTA PRINCIPALE ALTO	TCPP12	MW4041	aThr L mm	ESTENSIMETRO SPINTA AUX. SINISTRO	SCPO811	MW4058
mThr right bar	PRESSIONE SPINTA PRINCIPALE DESTRO	TCPP14	MW4042		DISTANZA TOTALE SCAVO		
mThr bott press	PRESSIONE SPINTA PRINCIPALE BASSO	TCPP57	MW4043		PRESSIONE STABILIZZATORE DESTRO		
mThr L press	PRESSIONE SPINTA PRINCIPALE SINISTRO	TCPP811	MW4044		PRESSIONE STABILIZZATORE SINISTRO		
mThr top mm	ESTENSIMETRO SPINTA PRINCIPALE ALTO	TCPO12	MW4045		ROLL SCUDO POSTERIORE		
mThr R mm	ESTENSIMETRO SPINTA PRINCIPALE DESTRO	TCPO14	MW4046				

Abbildung 16: Beispiel für ein Bildschirm mit der Zusammenfassung der Ausbruchparameter

Figura 16: Esempio di schermata riassuntiva dei parametri di scavo

## 8.7 ÜBERWACHUNG DER GASE UND DER STRAHLUNGEN

## 8.7 MONITORAGGIO DEI GAS E DELLE RADIOAZIONI

### 8.7.1 Explosive und gefährliche Gase

### 8.7.1 Gas esplosivi e pericolosi

Die Überwachung der explosiven Gase erfolgt über 3 katalytische Messperlen (Abbildung 17) die mit der Zentrale verbunden sind (Typ Draeger).

Il monitoraggio dei gas esplosivi viene effettuato tramite 3 sensori catalitici (Figura 17) collegati ad una centralina (tipo Draeger).

Die Detektoren (Typ Dräger Polytron Ex) messen kontinuierlichen brennbaren Gasen und Dämpfen in der Umgebungsluft. Die Sendeeinheit (dreiadrig) konvertiert das Signal eines katalytischen Sensors in ein analoges Signal mit 4,20 mA, das proportional zur Gaskonzentration ist. Die Einheit wurde so konzipiert, dass sie durch eine einzelne Person auf einfache Weise bedient werden kann.

I rilevatori (tipo Dräger Polytron Ex) misurano in continuo i gas combustibili e i vapori nell'ambiente. Il trasmettitore, tipo 3 fili, converte il segnale di un sensore catalitico in uno analogico 4.20 mA, proporzionale alla concentrazione di gas. L'unità è stata concepita per essere gestita, in modo semplice, da una sola persona.



Abbildung 17: Beispiel für ein Katalytische Messperle (Typ Polytron Ex).

Sobald der Grenzwert auf einem der drei Kanäle der Zentrale (CH1,CH2,CH3), mit der die Messperlen verbunden sind, überschritten wird, kommt es zum Stopp aller Primärkomponenten der TBM.

Als Bezugswert ist LEL (%) zu berücksichtigen, oder der untere Explosionsgrenzwert.

### 8.7.2 Radon

Zur zügigen Überprüfung im Laufe des Vortriebs des Radonvorkommens können Digitaldosimeter des Typs RADONRAE genutzt werden. Die Verwendung des Digitalgeräts erlaubt einen Echtzeit-Blick auf die Konzentrationen am Arbeitsort. Das RADONRAE-Typ Messgerät misst das gasförmige Radon, die Gesamtdosis, ohne direkte Messung der Nachkommen (Abbildung 18).

Figura 17: Esempio di sensore catalitico (tipo Polytron EX).

Una volta superato il valore limite in uno dei tre canali della centralina (CH1,CH2,CH3), ai quali sono collegati i sensori, si ha l'arresto della TBM in tutte le sue componenti primarie.

Il valore di riferimento da considerarsi è il LEL (%) o limite inferiore di esplosività.

### 8.7.2 Radon

Per la verifica speditiva della presenza di radon nel corso dell'avanzamento si possono utilizzare i dosimetri digitali tipo RADONRAE. L'uso del digitale permette di avere una visione in tempo reale delle concentrazioni presenti nel luogo di lavoro. Il misuratore tipo RADONRAE misura il radon in fase gas, la dose totale, senza la misura diretta della progenie (Figura 18).

#### MISURATORE TIPO RADONRAE - DOSIMETRO PER RADON GAS



Il misuratore tipo **RadonRAE** misura il Radon in fase gas e calcola la **dose totale** senza la misura diretta della progenie.

E' da considerarsi un apparecchio a basso costo, per la misura rapida dell'esposizione al Radon.

Lo strumento può essere usato in modalità **"fast"**, per una veloce lettura della dose (solo 10 minuti), mentre, per misure più accurate, la modalità **"slow"** fornisce letture precise in circa 2 ore.

- Soglia programmabile della dose di allarme
- Display di facile lettura a matrice di punti
- Lettura digitale continua della dose in  $\mu\text{Sv}$  ( $\mu\text{Sieverts}$ ) oppure commutare in concentrazione Radon in  $\text{Bq}/\text{m}^3$
- Modo operativo selezionabile dall'utilizzatore tra "FAST MODE" per tempi di risposta veloci ( $t_{95} = 10 \text{ min.}$ ) oppure "SLOW MODE" per grandi precisioni ( $t_{95} = 120 \text{ min.}$ )
- Un solo tasto operativo e semplice programma da tasto o computer
- Non sono richiesti né calibrazione né zero
- Autonomia di 300 ore con batterie NiMH e di 1200 ore con batterie booster
- Capacità di memorizzare 700 punti nel datalogger per successivo scarico dati su PC tramite porta IRDA (infrarossi)
- Allarmi ottico/acustico per dose
- Fattori di conversione incorporati per convertire la concentrazione di Radon in dose
- Fattori di equilibrio regolabili per differenti tipi di costruzioni
- Robusta costruzione
  - contenitore in alluminio
  - resistente all'acqua per una facile decontaminazione
  - Basse interferenze EMI da cellulari e radio portatili
  - Clip per fissaggio a cintura

#### Caratteristiche tecniche

Dimensione	11,5x 6,0 x 3,5 cm.
Peso	250 g. con batterie
Detector	A semiconduttori impiantati tipo Si-ion da 200 mm <sup>2</sup> con spettro di analisi alpha per range 3,8-8,5 MeV con incrementi di 0,1 MeV

Alimentazione	Batteria ricaricabile NiMH ricaricabile in 2 ore
Operatività	300 ore in continuo con batterie standard
Display	LCD, a matrice di punti 3 linee di 12 caratteri, letture radon dose o concentrazione Istantanea e concentrazione integrata alla fine del campionamento
Letture dirette	$\mu\text{Sv}$ per dose di radiazione Bq/m <sup>3</sup> per concentrazione di radon
Campionamento	Diffusione
Campo di misura	0 ÷ 10.000 $\mu\text{Sv}$ per dose radiazione e 0,1 ÷ 4.000.000 Bq/m <sup>3</sup> per concentrazione equivalente di Radon
Tempo di risposta (t95)	10 minuti Fast Mode 120 minuti Slow Mode
Calibrazione	Non richiesti calibrazione e azzeramento
Allarmi	Acustico e luminoso
Soglia allarme	programmabile per dose 0÷10 mSv
Data logger	700 punti con intervallo di memorizzazione selezionabile tra 1 e 255 minuti. Indica ID, dose accumulata, tempo di misura
Comunicazione	Porta IrDA per caricare parametri o scaricare dati sul PC
Temp/Umidità	-10 .. + 50 °C // 0% .. 98 % RH non condensante
Pressione	84 ÷ 106,7 KPa
Custodia	IP64 – custodia in alluminio resistente agli shock completa di clip per cintura
Protezione EMI	Basse interferenze EMI
Certificazione	CE

Abbildung 18: Technisches Datenblatt RADONRAE

Figura 18: Scheda tecnica RADONRAE

### 8.7.3 Schwefelwasserstoff

Die Messung des Schwefelwasserstoffs erfolgt über den Transmitter vom Typ Draeger Politron 7000. Der Gasdetektor ist eigentlich sicher und in der Lage, alle Anwendungen zur Erkennung von Sauerstoff und Giftgasen über eine einzige Plattform zu tätigen. Der Detektor kann in ein Zugangskontrollsystem integriert werden um diesen Parameter ebenfalls über Glasfaserkabel zu kontrollieren.

Das Messgerät wird regelmäßig geeicht, zertifiziert und kontrolliert.

## 8.8 MESSUNGEN DER WASSERMENGE

### 8.8.1 Ständige Vermessungspunkte

Ultraschall-Flussmesser an Kanälen mit einem freien Durchfluss (Abbildung 19), bestehend aus:

### 8.7.3 Acido solfidrico

La misurazione dell'Acido Solfidrico si effettua tramite il sensore tipo Draeger Politron 7000. Il rilevatore di gas è intrinsecamente sicuro ed è in grado di gestire tutte le applicazioni di rilevazione di ossigeno e di gas tossici da una singola piattaforma. Il sensore può essere integrato nel sistema del controllo accessi, in modo da avere la possibilità di controllare anche questo parametro tramite fibra ottica.

Lo strumento verrà tarato, certificato e controllato periodicamente.

## 8.8 MISURE DI PORTATA D'ACQUA

### 8.8.1 Rilevamento in continuo

Misuratore a ultrasuoni di portata su canali con flusso a pelo libero (Figura 19), costituito da:

- Mikroprozessor-Steuergruppe mit Steuerungselektronik in einem Schutzgehäuse mit Schutzklasse IP 65 zur Wandbefestigung.
- Automatischer Ausgleichszyklus der Messung bei welligen oder schäumenden Wasseroberflächen.
- Ausgänge:
  - analog, 4-20 mA 500 Ohm isoliert
  - seriell RS 232.
- Stromversorgung: 220V ac
- Leistung max. 10W
- Display mit 6 Ziffern + 12 Zeichen Text
- Analoger Eingang für Drucksensor.
- Einheit zur Programmierung über eine Tastatur zur Parametereinstellung
- Ultraschallgeber, Messbereich 0,2 bis 1 Meter.
- Genauigkeit des Systems unter Betriebsbedingungen: 0,25% des Arbeitsbereichs.
- Temperaturkompensiert, Schutzklasse IP 68.
- Gruppo di controllo con elettronica di gestione a microprocessore, contenuto in custodia, con grado di protezione IP 65 per fissaggio a parete.
- Circuito di compensazione automatico della misura in presenza di superfici ondulate o schiumose.
- Uscite:
  - analogica, 4-20 mA 500 ohm isolata
  - seriale RS 232.
- Alimentazione: 220V ca
- Potenza max 10W
- Display a 6 cifre + testo di 12 caratteri
- Ingresso analogico da sensore di pressione.
- Unita' di programmazione tramite tastiera per inserimento parametri
- Trasduttore a ultrasuoni, campo di misura da 0,2 a 1 metri.
- Precisione del sistema in condizioni operative: 0,25% del campo di lavoro.
- Compensato in temperatura, classe prot. IP 68.

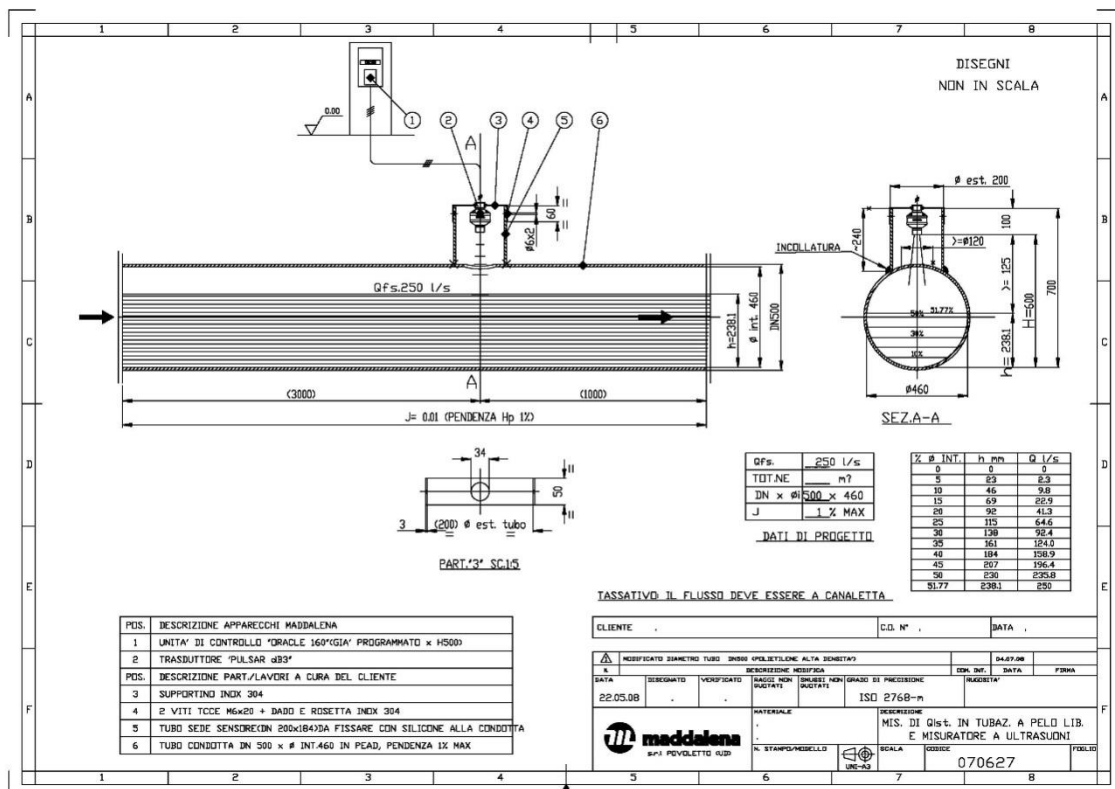


Abbildung 19: Beispiel für ein Schema eines Flussmessers im Rohr mit freiem Durchfluss und Ultraschallmessgerät.

Figura 19: Esempio di schema di un misuratore di portata in tubazione a pelo libero e misuratore a ultrasuoni.

### 8.8.2 Erfassung entlang der Tunnel

### 8.8.2 Rilevamento lungo le gallerie

### 8.8.2.1 Ultraschall-Flussmesser

Für die Messungen entlang des Erkundungsstollens wird auch ein Ultraschall-Flussmesser an Kanälen mit einem freien Durchfluss (Abbildung 19) eingesetzt.

### 8.8.2.2 Dreieckswehre

Ein dünnwandiges Messwehr, das einen Abflussquerschnitt in Dreiecksform aufweist, wird Dreieckswehr genannt. Dieses kann hergestellt werden, indem quer zur Kanalachse eine Platte eingesetzt wird und eine dreieckige Form (Überfall) ausgeschnitten wird.

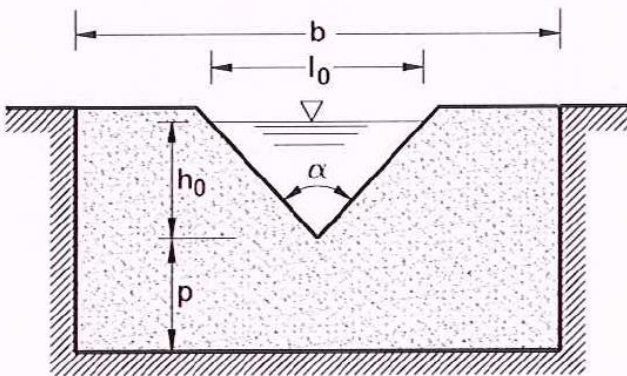


Abbildung 20: Dreieckswehr.

Bei der Positionierung des Wehres muss sichergestellt sein, dass:

- das Wehr richtig ausgerichtet ist;
- der Fluss aus dem darüber liegenden Becken sehr langsam erfolgt (damit die entsprechende kinetische Höhe als zu vernachlässigen angesehen werden kann);
- der Fluss nach unten frei ist, d.h. niedriger als der Überfall des Wehres;
- das Wehr "dünnwandig" ist, also eine klar abzugrenzende und dünne Kante aufweist, so dass sich der Wasserlauf davon lösen kann;
- die "Kontraktion" des Wasserflusses am Abfluss vollständig ist: hierzu muss das Schnittprofil des Wehres ausreichend weit vom Grund und vom Saum des Kanals (oder des Schachts) entfernt sein, in den es eingesetzt wird;
- Die Messung für die Höhe  $h = h_0 + p$  (die Nomenklatur bezieht sich auf Abbildung 20) soll sich oberhalb des Wehres in einem Abstand von mindestens dem 3-Fachen des Wertes  $h_0$  vom Wehr befinden.

### 8.8.2.1 Misuratori a ultrasuoni

Anche per le misure lungo il Cunicolo Esplorativo si utilizza un misuratore a ultrasuoni di portata su canali con flusso a pelo libero (Figura 19).

### 8.8.2.2 Stramazzi triangolari

Un stramazzo in parete sottile che presenta una sezione d'efflusso a forma triangolare viene denominato stramazzo triangolare. Esso si può realizzare ponendo un piatto trasversalmente all'asse del canale ed intagliandovi una forma (soglia) triangolare.



Figura 20: Stramazzo triangolare

Nel posizionare lo stramazzo occorrerà assicurarsi che:

- lo stramazzo sia orientato correttamente;
- il flusso nella vasca a monte sia molto lento (affinchè possa ritenersi trascurabile l'altezza cinetica di competenza);
- il flusso a valle sia libero, cioè più basso della soglia dello stramazzo;
- lo stramazzo sia in "parete sottile", cioè presenti un bordo netto e sottile in modo che la lama d'acqua si distacchi da esso;
- la "contrazione" del flusso d'acqua in uscita sia completa: a tal fine il profilo di contorno dello stramazzo deve essere sufficientemente lontano dal fondo e dal bordo della canale (o del pozzetto) che lo accoglie;
- la misura dell'altezza  $h = h_0 + p$  (la nomenclatura si riferisce a Figura 20) sia ubicata a monte dello stramazzo a una distanza dallo stesso pari ad almeno 3 volte il valore di  $h_0$ .

Wenn die Wasserlast  $h_0$  gemessen ist, kann der Wert der Flussmenge mit der Gleichung ermittelt werden:

$$Q = \frac{8}{15} \mu \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \sqrt{2g} h_0^{5/2}$$

wobei als Abflusskoeffizient  $\mu$  gilt: 0.6.

### 8.9 SONDIERUNGEN MIT DURCHGÄNGIGER KERNBOHRUNG

Die eingesetzten Ausrüstungen sind dergestalt, dass sie das vollständige Erreichen der im Untersuchungsplan vorgesehenen Ziele sicherstellen. Die Bohrausrüstung muss folgende Mindestanforderungen erfüllen:

- Drehgeschwindigkeit: 0 ÷ 500 rpm
- Maximales Drehmoment > 1300 kgm
- Durchlauf > 150 cm
- Schub > 8000 kg
- Zugkraft > 8000 kg
- Pumpendruck > 70 bar
- Seilwinde und autonome Stromversorgungsgruppe vorhanden

Die Pumpe wird mit einem Zusatzkreislauf zum Auffüllen der Flüssigkeit am Bohrlochkopf versehen.

Beim Einsatz von Kreislaufsclämmen muss in der Nähe des Messgerätes eine Anlage zur Aufbereitung und Rückgewinnung derselben verfügbar sein.

Bei horizontalen oder subhorizontalen Sondierungen muss außerdem ein im Boden einzementiertes Zulaufrohr mit einer Länge von nicht weniger als 4 m vorgesehen werden, das zudem mit einem Sicherheitsschieber zum Sperren eventueller Rückflüsse unter Druck an der Bohrloch-Mündung ausgerüstet ist.

Das Messgerät muss mit allem zur Ausführung der Arbeit nach der Spezifikation notwendigen Zubehör und mit den Werkzeugen zur Reparatur von Schäden in normaler Größenordnung ausgestattet sein.

In Bezug auf die Bohrwerkzeuge ist der Einsatz von "Wire-Line"-Systemen zulässig. Diese unterliegt allerdings der Genehmigung vonseiten der Bauleitung. Die geomechanische Beschreibung allerdings nur zu Bohrkernen ausgeführt werden, die mit einer Bohrung durch kontinuierliche Kernbohrung hergestellt wurden, wobei Doppelkernbohrer (T2, T6) oder Dreifachkernbohrer (T6S) verwendet werden.

### 8.10 PIEZOMETER

Una volta misurato il carico idraulico  $h_0$ , il relativo valore della portata è ricavabile dalla relazione:

$$Q = \frac{8}{15} \mu \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) \sqrt{2g} h_0^{5/2}$$

dove il coeff. d'efflusso  $\mu$  vale 0.6.

### 8.9 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Le attrezzature impiegate saranno tali da garantire il completo raggiungimento degli obiettivi fissati dal progetto delle indagini; in particolare, l'attrezzatura di perforazione dovrà possedere i seguenti requisiti minimi:

- velocità di rotazione: 0 ÷ 500 rpm
- coppia massima > 1300 kgm
- corsa continua > 150 cm
- spinta > 8000 kg
- tiro > 8000 kg
- pressione pompa > 70 bar
- argano a fune e gruppo energetico autonomo presente

La pompa sarà dotata di un circuito supplementare per il rabbocco del fluido a testa foro.

Nel caso di impiego di fanghi di circolazione dovrà essere disponibile, in prossimità della sonda, l'impianto per la preparazione ed il recupero degli stessi.

Nel caso di sondaggi orizzontali o suborizzontali si dovrà prevedere inoltre una tubazione di imbocco di lunghezza non inferiore a 4 m cementata al terreno e dotata di valvola preventer per il bloccaggio di eventuali refluenti in pressione a bocca foro.

Il corredo della sonda deve essere completo di tutti gli accessori necessari per l'esecuzione del lavoro a norma di specifica e degli utensili per la riparazione dei guasti di ordinaria entità.

Per quanto concerne gli utensili di perforazione è ammesso l'utilizzo di sistemi "wire-line" che dovrà comunque essere subordinata ad approvazione da parte della Direzione Lavori: in ogni caso la descrizione geomeccanica potrà essere svolta solo su carote ottenute con perforazione a carotaggio continuo eseguita utilizzando carotieri doppi (T2, T6) o tripli (T6S).

### 8.10 PIEZOMETRI



Das in einer Sondierungsbohrung installierte Elektro-Piezometer erlaubt eine direkte Messung des Zwischendrucks.

#### 8.10.1 Eigenschaften der Geräte

Die im Bohrloch zu installierenden Messgeräte muss bestehen aus:

- Absolutes Elektropiezometer mit Vibrationsfeder, mit eingebautem Thermometer mit einer Empfindlichkeit von 0,01% des vollen Skalenwertes, Genauigkeit von 0,3% des vollen Skalenwertes, thermische Abweichung von Null unter 1% des vollen Skalenwertes (im Kompensationsbereich); der Messbereich bis zu höchstens 7 bar wird durch den Untersuchungsplan oder durch die Bauleitung festgelegt. Der Geber muss folgende allgemeine Eigenschaften besitzen:
  - Messbereich: Noch festzulegen
  - Überlast: 30% des vollen Skalenwertes.
  - Empfindlichkeit: 0.01% des vollen Skalenwertes.
  - Genauigkeit 0.3% des vollen Skalenwertes.
  - Elektrisches Signal am Ausgang: 4 ÷ 20 mA
  - Betriebstemperatur: -10 ÷ +55 °C.
  - Material: Rostfreier Edelstahl
- Kabel für den Elektroanschluss zwischen dem Piezometer und der Oberfläche mit dem Messterminal, das in einem Schutzschacht untergebracht ist.

#### 8.10.2 Vorbereitung des Bohrlochs

Die Herstellung des Sondierungsbohrlochs, in dem das Piezometer installiert wird, muss mit einer Kühlflüssigkeit, Wasser oder Schlamm aus abbaufähigem Polymer erfolgen. Bentonit-Schlamm ist in keinem Fall erlaubt.

Wenn das Piezometer nicht an der Bohrloch-Sohle eingesetzt werden soll, muss das Bohrloch, bei schrittweisem Abziehen der Betonierung, bis zu einer Höhe von 0,5 m unter der Installationshöhe mit einem Wasser-Zement-Bentonit-Gemisch mit solchen Anteilen gefüllt werden, dass die Konsistenz der Mischung nach erfolgtem Einbau ähnlich der des Bodens im Bereich des Piezometers ist.

Nach dem Abbinden muss das Bohrloch mit sauberem Wasser gründlich gereinigt werden (nach vorheriger Verunreinigung im Falle von vorhandenem Polimerschlamm), wobei dann bei Bedarf ein dünner Pfropfen aus Bentonitkügelchen und Kies eingebracht wird, um die Decke der plastischen Mischung zu stabilisieren.

Il piezometro elettrico installato in un foro di sondaggio consente di misurare direttamente la pressione interstiziale.

#### 8.10.1 Caratteristiche della strumentazione

La strumentazione da installare nel foro dovrà essere costituita da:

- piezometro elettrico assoluto a corda vibrante, con termometro integrato, con sensibilità pari allo 0.01 % del fondo scala, precisione pari allo 0.3% del fondo scala, deriva termica di zero inferiore all'1% del fondo scala (nel campo di compensazione); il campo di misura, fino ad un massimo di 7 bar, sarà stabilito dal progetto delle indagini o dalla DL. Le caratteristiche generali del trasduttore dovranno essere le seguenti:
  - campo di misura: Da definirsi
  - sovraccarico: 30% del F.S.
  - sensibilità: 0.01% del F.S.
  - precisione: 0.3% del F.S.
  - segnale elettrico in uscita: 4 ÷ 20 mA
  - temperatura d'esercizio: -10 ÷ +55°C.
  - materiale: acciaio inox
- cavo elettrico di collegamento tra il piezometro e la superficie con terminale di misura alloggiato in pozzetto di protezione.

#### 8.10.2 Preparazione del foro

La perforazione del foro di sondaggio in cui andrà installato il piezometro dovrà essere eseguita utilizzando, come fluido di circolazione, acqua oppure fango a polimeri degradabili. In nessun caso è permesso l'uso di fango bentonitico.

Se il piezometro non deve essere posato a fondo foro, il foro dovrà essere riempito, ritirando man mano il rivestimento, fino ad una quota di 0.5 m più bassa di quella di installazione, con una miscela acqua-cemento-bentonite in proporzioni tali che la consistenza della miscela, a posa avvenuta, sia simile a quella del terreno nella zona del piezometro.

Una volta avutasì la presa, il foro deve essere accuratamente lavato con acqua pulita (previo degrado nel caso di presenza di fango a polimeri), interponendo se necessario un sottile tappo di palline di bentonite e ghiaietto per stabilizzare il tetto della miscela plastica.

Um Sättigungsverluste des Piezometers während der Einbauphase zu vermeiden, muss das Bohrloch ständig voll Wasser gehalten werden. Außerdem muss das Piezometer vor dem Einsetzen in das Bohrloch, das sich in einem mit Sand und Wasser gefüllten geotextilen Sack befindet, in einen zweiten, mit Wasser gefüllten wasserdichten Sack eingesetzt werden, der zerrissen werden muss, sobald er in das Wasser in der Sondierungsbohrung eingetaucht wurde. Das Einsetzen des Piezometers in den Geotextilsack und in den wasserdichten Sack muss innerhalb eines wassergefüllten Behälters erfolgen.

### 8.10.3 Installation

Die Installation folgt den folgenden Phasen:

- Einbau einer Schicht von 0,5 m aus feinem, sauberem Sand;
- Absenkendes Elektro-Piezometers auf Quote, das in einem mit Sand und Wasser gefüllten Sack liegt, sowie des elektrischen Anschlusskabels;
- Einbringen von Sand um das Piezometer und oberhalb desselben bis ca. 0,5 m, wobei nach und nach die Verkleidung zurückgezogen wird, ohne sich mit Drehen zu behelfen, mit dem Hinweis, dass darauf geachtet wird, dass die Messzelle und das Kabel nicht zusammen zur Verkleidung aufsteigen;
- Einbau eines undurchlässigen Pfropfens mit einer Gesamtstärke von 1 m, hergestellt durch Einführen von Betonit in Kügelchen ( $\varnothing = 1 - 2$  cm) in Schichten von 20 cm, im Wechsel mit Kies in Schichten von 2 - 3 cm, wobei die Verkleidung weiter nach und nach zurückgezogen wird.
- Verfüllen des Bohrlochs oberhalb des wasserundurchlässigen Pfropfens mit einer plastischen Mischung aus Wasser-Zement-Bentonit (mit Gewichtsanteilen von 100, 30 bzw. 5), das über geeignete Stäbe bis zur Bohrlochsohle abgesenkt wird;
- Verbauung und Schutz der Bohrlochenden durch Herstellung eines Verschlusses;
- Durchführung einer ersten signifikanten Ablesung.

Al fine di evitare perdite di saturazione del piezometro durante le fasi di installazione il foro dovrà essere mantenuto costantemente pieno d'acqua. Inoltre prima dell'inserimento nel foro il piezometro, contenuto in un sacchetto di geotessile riempito di sabbia e acqua, dovrà essere inserito in un secondo sacchetto impermeabile pieno d'acqua da rompere una volta immerso in acqua all'interno del foro di sondaggio. L'inserimento del piezometro nel sacchetto di geotessile e nel sacchetto impermeabile dovrà essere eseguito all'interno di un contenitore pieno d'acqua.

### 8.10.3 Installazione

L'installazione seguirà le seguenti fasi:

- posa di uno spessore di 0.5 m di sabbia fine e pulita;
- discesa a quota del piezometro elettrico, inserito all'interno di un sacchetto di geotessile riempito di sabbia e acqua, e del cavo elettrico di collegamento;
- posa di sabbia attorno al piezometro e al di sopra per circa 0.5 m, ritirando man mano il rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che cella e cavi non risalgano assieme al rivestimento;
- posa di un tampone impermeabile dello spessore complessivo di 1 m, realizzato inserendo bentonite in palline ( $\varnothing = 1 \div 2$  cm) in strati di 20 cm alternata a ghiaietto in strati di 2  $\div$  3 cm, ritirando sempre man mano il rivestimento;
- riempimento del foro al di sopra del tampone impermeabile con una miscela plastica acqua-cemento-bentonite (con proporzioni in peso rispettivamente di 100, 30 e 5), calata attraverso apposite aste discese sul fondo del foro;
- sistemazione e protezione della estremità del foro con la realizzazione di un chiusino di protezione;
- esecuzione della prima lettura significativa.

## PIEZOMETRI A CORDA VIBRANTE



La tecnologia costruttiva dei piezometri elettrici a corda vibrante li rende particolarmente adatti per monitoraggi a lungo termine.

I piezometri a corda vibrante montano all'interno di un corpo cilindrico in acciaio inossidabile il trasduttore costituito da un diaframma deformabile su cui è fissata l'estremità della corda e un termistore per la misura della temperatura.

La deformazione del diaframma - proporzionale al carico idraulico - modifica la tensione della corda che, eccitata durante la misura, vibra con frequenze proporzionali al livello di tensionamento e quindi al carico idraulico agente sul diaframma.

## Specifiche tecniche



MODELLO PK45A	con filtro ceramico
MODELLO PK45S	con filtro in acciaio sinterizzato o polietilene sinterizzato
MODELLO PK45I	versione ad infusione
Campo di misura	200, 350, 500, 700 KPa 1.0, 1.7, 2.0, 3.5 Mpa
Sensibilità	± 0.025% FS
Precisione	< 0.5% FS
Temperatura di esercizio	-20°C +100°C
Caratteristiche del filtro	
- HAE (100 KPa)	1 µ ceramico
- LAE stone	40 µ acciaio inox sinterizzato 40/50 µ polietilene sinterizzato
Diametro / lunghezza	25 mm / 215 mm

### SATURATORE (Codice prodotto OPFOISAT000)

Il saturatore è indispensabile per effettuare la saturazione dei filtri ceramici (porosità 1 µm) montati sui piezometri elettrici e a corda vibrante. Il saturatore è costituito da una pompa con liquido ad alta viscosità su cui è montato un manometro per il controllo della pressione di mandata. Un attacco filettato consente il montaggio diretto del filtro da saturare.



STRUMENTAZIONE SIGGEO 9

Abbildung 21: Beispiel für ein Piezometer mit Vibrationsfeder.

Figura 21: Esempio di piezometri a corda vibrante.

## PIEZOMETRI CASAGRANDE E A TUBO APERTO







I piezometri Casagrande sono usati per misurare il livello di falda o la pressione neutra in terreni a medio alta permeabilità e roccia. I filtri sono realizzati in polietilene sinterizzato.

Sono disponibili in differenti modelli in grado di soddisfare ogni tipo di applicazione. L'estremità superiore presenta attacchi filettati per il collegamento, singolo o doppio, con tubi da 0,5" e da 1,5".

I piezometri a tubo aperto vengono comunemente impiegati per misurare il livello di falda. L'elemento filtrante è solitamente rivestito da una calza in geotessuto con funzione filtrante.

Sono disponibili piezometri Casagrande e a tubo aperto del tipo a infissione per essere installati direttamente in terreni non coesivi senza necessità di eseguire perforazioni.

## Specifiche tecniche

P101		Porosità 40 $\mu$ piezometro Casagrande/tubo aperto connessione singola da 1,5" Lunghezze disponibili: 200, 400, 800 mm Diametro esterno: 61,5 mm
P112		Porosità 40 $\mu$ piezometro Casagrande connessione singola da 1,5" Lunghezze disponibili: 200, 400, 800mm Diametro esterno: 61,5 mm
TFH		Elemento filtrante per piezometri a tubo aperto in PVC con fessure orizzontali Diametri disponibili: 1" 1,5" e 2" Lunghezza: 3 in
P102		Elemento filtrante ad infissione Diametro esterno: 40/45 mm Porosità < 40 $\mu$ (nominale)

### CHIUSINO DI PROTEZIONE

(Codice prodotto 0P100CH1000)  
Munito di una borchia topografica, assicura la protezione della testa del tubo piezometrico.

### BENTONITE GRANULARE

(Codice prodotto 1000BE20025K)  
Fornita in sacchi da 25 Kg, permette una perfetta sigillatura del tubo piezometrico nel foro di sondaggio.



### 9 STRUMENTAZIONE SIGGEO

Abbildung 22: Beispiel für Casagrande-Piezometer und Piezometer mit offenem Rohr.

Figura 22: Esempio di piezometri casagrande e a tubo aperto.

## TERMOMETRI



La misura della temperatura è utilizzata in campo geotecnico e strutturale come parametro per compensare gli errori che le variazioni di temperatura causano alle letture effettuate con altri strumenti.

I termometri Siegeo possono montare due tipi di sensore: sensore RTD al platino tipo PT100 oppure sensore a termistore. Entrambi i modelli sono alloggiati in un corpo cilindrico in acciaio adatto ad essere annegato nel calcestruzzo.

La sonda termometrica portatile è composta da un rullo sul quale viene avvolto il cavo strumentale; il rullo avvolgicavo monta al suo interno la batteria di alimentazione ed un display LCD che fornisce le letture direttamente in °C. Il cavo strumentale è una piastrina millimetrata alla cui estremità viene montato il sensore di temperatura.

La sonda termometrica è adatta ad effettuare misure termiche dell'acqua in pozzi o in piezometri a tubo aperto.

## Specifiche Tecniche

### TERMOMETRO RTD (PT100) (Codice prodotto OT111PT1000)

Tipo di sensore	PT100 resistenza platino 100 Ω a 0°C
Campo di misura	-50°C +150°C
Risoluzione	0.1°C
Precisione	0.5°C
Diametro	22 mm
Lunghezza	100mm
Materiale	acciaio inox

### TERMOMETRO A TERMISTORE (Codice prodotto OT3800GKA00)

Tipo di sensore	termistore NTC (YSI 44005)
Campo di misura	-50°C +150°C
Risoluzione	0.1°C
Precisione	0.5°C
Diametro	12 mm
Lunghezza	55 mm
Materiale	acciaio inox

### SONDINA TERMOMETRICA PORTATILE C112T

Tipo di sensore	IC 590 KH
Lunghezza cavo	30, 50, 100, 150m
Range di temperatura	-50°C +150°C
Risoluzione	± 0.1°C
Precisione	± 0.5°C
Diametro sonda	10 mm
Display digitale	3.5 cifre LCD
Batterie (2)	9V DC
Durata batterie	circa 20 ore

Abbildung 23: Beispiel für ein Thermometer.

Figura 23: Esempio di termometro.

## 8.12 OPTISCHE ZIELE

Zur Messung der Verformung der Tunnelwände werden Theodoliten mit automatischer Aufzeichnung und elektronischer Ausrüstung verwendet, die Abstandsmessungen des Instruments von den Zielpunkten mit einem Fehler von <1mm auf 80m unter normalen Sichtbedingungen im Tunnel erlauben, sowie  $3/100^\circ$  für die Richtungen.

Die Zielpunkte werden mit optischen Zielen (Spiegeln) realisiert, die auf normalen im Gebirgskörper einbetonierten Konvergenzbolzen montiert sind; im Falle des Einbaus von Stahlbögen muss die Anbringung von festen Zielen an den Profilstählen oder an den Bewehrungsgittern vorgesehen werden, im Falle von Schild-TBM-Vortrieb werden die Zielspiegel auf Tübbingen befestigt.

## 8.12 MIRE OTTICHE

Per la misura delle deformazioni delle pareti della galleria verranno impiegati teodoliti a registrazione automatica e attrezzature elettroniche che permettano l'esecuzione di misure di distanza dello strumento dai punti di mira con errore <1mm per distanze fino a 80m in condizioni di normale visibilità in galleria, e  $<3/100^\circ$  per le direzioni.

I punti di mira verranno realizzati con mire ottiche (riflettori) montate su normali bulloni di convergenza cementati nell'ammasso roccioso, oppure solidali ai profilati o alle armature reticolari (nel caso di installazione di centine) o fissate sui conci prefabbricati a tergo del back-up (nel caso di scavo con TBM scudata).

### REFERENCE BOLTS



**ODN0CH0000 Convergence reference bolt** consists in a stainless steel 3/8" G stud bolt mounted on a galvanized rebar, 22 mm diameter. Supplied with protective plastic cap.

Available models:

ODN0CH15000	with length 150 mm
ODN0CH20000	with length 200 mm
ODN0CH50000	with length 500 mm
ODN0CHE1000	with length 1 meter



**ODN0CH05000 Weldable reference bolt** consists in a stainless steel 3/8" G stud bolt mounted on a galvanized rebar, 50 mm long and 22 mm diameter. Supplied with protective plastic cap.



**ODN0TS10000 Reference wall bolt** consists in a stainless steel 3/8" G stud bolt mounted on an expansion anchor 14 mm diameter. Supplied with protective plastic cap. Requires hole 60 mm long.



**ODN0CH20E00 Convergence reference eyebolt** consists in a stainless steel 20.5 mm eyebolt mounted on a galvanized rebar, 200 mm long and 22 mm diameter.



**ODN0CH05E00 Weldable reference bolt** consists in a stainless steel 20.5 mm eyebolt mounted on a galvanized rebar, 50 mm long and 22 mm diameter.



**ODN0TS10E00 Reference wall bolt** consists in a stainless steel 20.5 mm eyebolt mounted on a screw anchor 14 mm diameter. Requires hole 60 mm long.



### REMOVABLE TARGET

(PRODUCT CODE OGCTRO05000)

This optical target consists in a plastic frame with a 360° rotary plate which has mounted at the opposite sides two reflective targets, 50x50 mm size. Measuring range from 2 to 80 m: it depends on the angle of the instrument and the target, and ambient conditions too. The centre point offset during rotation around 2 axis is less than  $\pm 1$  mm. To fit the stud of the convergence bolts the GCTR38AD00 adaptor with 3/8" G female thread is required.



Removable optical target 50x50 mm mod. OGCTRO05000

Adaptor for convergence bolt mod. GCTR38AD00

DNF0.EN - REV. 01 - 1207

Abbildung 24: Beispiele für optische Ziele.


Figura 24: Esempio di mire ottiche.

extensometer  
& jointmeters

## MEASURING ANCHORS

DESCRIPTION

The main purpose of measuring anchors is to define the depths where deformation occurs and consequently the stress distribution in the anchor rods. Typical application includes mining and measuring techniques for the New Austrian Tunneling Method NATM. The measuring anchor has a central annulus into which are fitted up to 4 stiff rods. Each rod is anchored internally at different depths (about 1/4 of the grouted length) within the central annulus. Manual dial gauge or vibrating wire displacement transducers are used to measure the change in length of the individual rod relative to the anchor head to give relative strains along the anchor length.

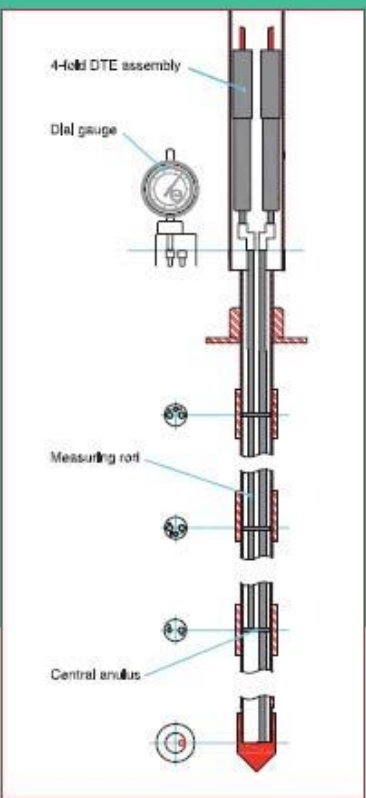


Dial gauge for manual reading.

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Anchor model	OBS2500000
Available lengths	4, 6, 9 m
Anchoring points	4
Loading capacity	250 kN
Overall outer diameter	38 mm
Drilling diameter	50 mm
Materials:	
rods	Iron
Central annulus	brass
Head	Stainless steel
Manual measuring equipment	ODIG10KDBS0
Range	0 – 10 mm
Resolution	0.01mm
4-fold vibrating wire measuring head	OBS04DTE00
Displacement transducer type	Vibrating wire
Range	+/- 5mm
Resolution	0.01 mm
Accuracy	< 0.5% FS
Operating temperature	-20°C +80°C
Signal output	frequency
Dimension of the head	Length 270mm, OD 54mm

electromagnetic compatibility according to EN 61326-1 and EN 61326-A1 directives for EMC emission and immunity



MEASURING ACCESSORIES

<b>ODIG10KDBS0</b>	<b>Manual measuring kit</b>	Portable dial gauge for manual readings. Range 10mm, resolution 0.01mm
<b>OBS04DTE00</b>	<b>4-fold DTE assembly</b>	Measuring head composed by 4 vibrating wire displacement transducers. Range 10mm, accuracy 0.5% FS

OBS\_BN - REV. 00 - 10/07

Abbildung 25: Beispiel für Messnägel.

Figura 25: Esempio di chiodi strumentati.

8.14 MULTIBASIS-DEHNUNGSMESSER

Die Messungen mit dem Bohrloch-Multibasis-Dehnungsmesser erlauben eine Überwachung der Verschiebungen zwischen dem Kopf einer schon ausgerichteten Sondierbohrung und einem oder mehreren Ankern, die in der Tiefe innerhalb desselben befestigt sind. In einer einzelnen Sondierbohrung

8.14 ESTENSIMETRI MULTIBASE

Le misure con estensimetri multibase da foro consentono di monitorare gli spostamenti relativi tra la testa di un foro di sondaggio comunque orientato ed uno o più ancoraggi fissati in profondità all'interno dello stesso; in un singolo foro di sondaggio possono essere posizionati più estensimetri ad asta con ancoraggi a diverse profondità.

können mehrere Stabdehnungsmesser mit Ankern in unterschiedlichen Tiefen montiert werden.

#### 8.14.1 Eigenschaften der Ausrüstung

Bestandteile der Multibasis-Dehnungsmessern:

- Messkopf aus verzinktem Eisen mit einer oder mehreren Basen mit Edelstahlaufnahmen für die Messtaster und/oder Linearverschiebungsmessgeber, die mit einer Plastikkappe geschützt und mit einem Dichtungsschutzdeckel versehen sind;
- Ableselehren mit verstellbaren Gewindestangen mit einer Länge von nicht weniger als 150 mm;
- Messstäbe aus Stahl oder glasfaserverstärktem Kunststoff mit einem geeigneten Anschlussystem, die mit einem festen Schutzrohr aus PVC oder Stahl ausgerüstet sind;
- Tiefenverankerungen aus Stahl mit verbesserter Haftfähigkeit und einer Länge von nicht weniger als 500 mm, die in die Bohrlochwände eingeklebt werden;
- Verbindungssystem zwischen den Verankerungen und den Messstäben;
- Rohr zum Einspritzen des Zementmörtels.

#### 8.14.2 Vorbereitung des Bohrlochs

Das Bohrloch zur Installation der Stangendehnungs-Basen muss einen Durchmesser von wenigstens 101 mm bei Dehnungsmessern bis zu 3 Messbasen und von nicht weniger als 127 mm im Falle von Dehnungsmessern bis zu 6 Messbasen aufweisen. Die obere Länge muss weiter mindestens 50 cm von der relativen Länge zur tiefsten Verankerungsbasis aufweisen.

#### 8.14.3 Installation

Am Ende der Ausführung des Bohrlochs werden die Stangen-Dehnungsmesser im Bohrloch eingerichtet, wobei darauf geachtet wird, dass die Anker genau in der im Untersuchungsplan oder durch die Bauleitung angegebenen Tiefe positioniert werden.

Besondere Aufmerksamkeit ist der Verbindung zwischen den Stangen und dem Messkopf an der Oberfläche zu widmen; wenn alle Teile der Instrumentierung richtig positioniert sind, werden die Anker in der Tiefe einzementiert, indem das entsprechende Einspritzrohr verwendet wird, worüber die Zementmischung von der Bohrlochsohle ausgehend bei geringem Druck eingepumpt wird. Dabei ist darauf zu achten keine Bewegungen an den eingebauten Dehnungsmesser-Stangen zu verursachen.

#### 8.14.1 Caratteristiche dell'attrezzatura

Gli estensimetri multibase saranno costituiti dai seguenti elementi:

- testa di misura in ferro zincato ad una o più basi con alloggiamenti in acciaio inox per i comparatori e/o trasduttori lineari di spostamento protetti da tappo in plastica, dotata di coperchio di protezione a tenuta stagna;
- riscontri di lettura con astine filettate di lunghezza non inferiore a 150 mm riposizionabili;
- aste di misura in acciaio o in vetroresina con idoneo sistema di accoppiamento e dotate di tubazione rigida di protezione in PVC o acciaio;
- ancoraggi profondi in acciaio ad aderenza migliorata di lunghezza non inferiore a 500 mm da cementare alle pareti del foro;
- sistema di collegamento tra gli ancoraggi e le aste di misura;
- tubo di iniezione della malta cementizia.

#### 8.14.2 Preparazione del foro

Il foro per l'installazione di basi estensimetriche ad asta dovrà avere diametro non inferiore a 101 mm nel caso di estensimetri fino a 3 basi di misura e non inferiore a 127 mm nel caso di estensimetri fino a 6 basi di misura e dovrà avere una lunghezza superiore di almeno 50 cm della lunghezza relativa alla base di ancoraggio più profonda.

#### 8.14.3 Installazione

Al termine dell'esecuzione del foro si provvederà ad installare nel foro gli estensimetri ad asta, avendo cura di posizionare gli ancoraggi esattamente alle profondità indicate dal progetto delle indagini o dalla DL.

Particolare cura dovrà essere posta nell'accoppiamento tra le aste e la testa di misura in superficie; una volta che tutte le parti della strumentazione saranno correttamente posizionate si provvederà a cementare gli ancoraggi in profondità impiegando l'apposito tubo di iniezione pompando la miscela cementizia dal fondo del foro a bassa pressione, avendo cura di non causare movimenti alle aste estensimetriche installate. La cementazione degli ancoraggi profondi avverrà successivamente alla cementazione della



Das Einzementieren der Tiefenanker erfolgt nach dem Einzementieren des Messkopfes an der Oberfläche, welches mit schnell abbindendem Zement erfolgt.

Nach dem Abbinden wird die Einstellung des Nullpunktes vorgenommen, wobei ein Hundertstel-Komparator oder ein Linearverschiebungsgeber verwendet und die Einstellschrauben des Messkopfes gedreht werden. Es müssen mindestens drei Messungen zur Gegenprobe durchgeführt werden.

Zu den Verformungsmessungen müssen immer Temperaturmessungen der Luft, der Gesteinsoberfläche und des Dehnungsmesser-Systems innerhalb des Dehnungsmesserkopfes durchgeführt werden.

testa di misura in superficie, da eseguirsi con cemento a presa rapida.

A presa avvenuta si procederà alla regolazione dello zero iniziale impiegando un comparatore centesimale o un trasduttore lineare di spostamento ed agendo sulla vite di regolazione della testa di misura, con esecuzione di almeno tre misure di riscontro.

Le misure di deformazione dovranno sempre essere accompagnate da misure di temperatura dell'aria, della superficie della roccia e del sistema di estensimetri eseguite all'interno della testa dell'estensimetro.

## DIGITAL GAUGE KIT (PRODUCT CODE 0DIGD020000)



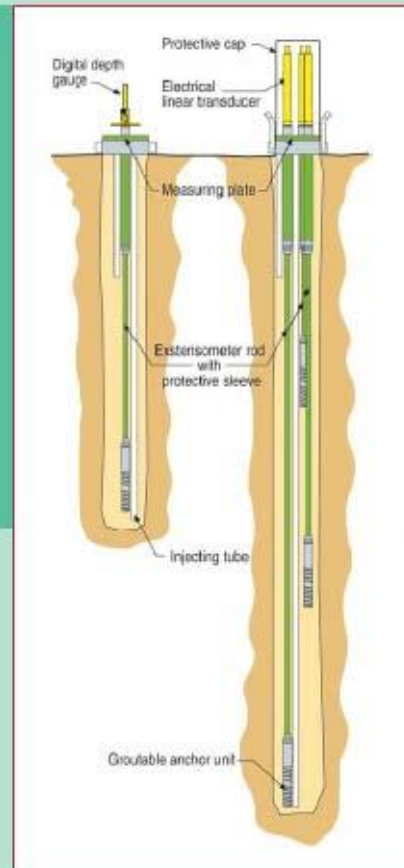
The digital gauge kit consists of:

- a depth caliper with LCD in metric and Imperial output and zero set facility
- 1.5 V SR44 dry cell
- one extension rod 200 mm long
- two extension rods 100 mm long
- carrying case

Caliper measuring range	from 0 to 200 mm
Gauge resolution	0.01 mm

## RODS & GROUTABLE ANCHORS

Model	0D221BMFG00	0D221BMAC00	0D221BMIN00
Rod materia	GFR (more glass)	Stainless steel	Invar
Coef. of linear expansion	5 x 10 <sup>-6</sup> /°C	12.0 x 10 <sup>-6</sup> /°C	1.5 x 10 <sup>-6</sup> /°C
Rod type	pre-assembled	2 m section (assembly at site)	
Rod junctions	continuous	threaded couplings	
Diameter	7 mm	8 mm	8 mm
Weight (kg/m)	0.20	0.40	0.40
Protective sleeve	nylon 11 (nilsan), OD 12 mm		
Rod-anchor unit junction	ready fitted at factory	quick joint	quick joint
Rod adjustment	only from the top		
Groutable anchor model	zinc-plated steel bar		
Diameter	16 mm	20 mm	20 mm
Length	400 mm	400 mm	400 mm



## TOP CAPS



Adequate protective caps for multipoint extensometers are available on the basis of number of linear displacement transducers employed. The top cap 0D222TOP100 is supplied as standard.

Model	0D222TOP100	0D222TOP200	0D222TOP320
Length	100 mm (standard)	200 mm	320 mm
Diameter	120 mm	120 mm	120 mm
DTE compatibility	-	25, 50 mm	100, 150, 200 mm

Abbildung 26: Beispiel für ein Multibasis-Dehnungsmessgerät.

Figura 26: Esempio di estensimetro multibase.

### 8.15 INKREMENTELLE DEHNUNGSMESSER

Der Einbau eines Rohres in das Innere eines jedenfalls geeigneten Sondierbohrlochs für inkrementelle Dehnungsmessungen ermöglicht über die Verwendung einer mobilen Sonde die Ermittlung von Längenveränderungen entlang des Rohres infolge von Verformungen des Bodens, in das es eingelassen ist.

### 8.15 ESTENSIMETRI INCREMENTALI

La posa in opera all'interno di un foro di sondaggio comunque inclinato di una tubazione per misure estensimetriche incrementali consente, attraverso l'uso di una apposita sonda removibile, il rilievo delle variazioni di lunghezza lungo la tubazione conseguenti a deformazioni nel terreno in cui è inserita.

Das Funktionsprinzip basiert auf der elektromagnetischen Induktion, die eine Bestimmung der Position und der Verschiebungen entsprechender, in die Wandung des Bohrlochs einzementierter Magnetringe ermöglicht.

#### 8.15.1 Eigenschaften des Rohres

Die Dehnungsmessrohre müssen aus ABS bestehen und müssen einen Rundquerschnitt besitzen, der mit vier Nuten als Führung für die Dehnungsmesssonde versehen ist.

Ein Dehnungsmessrohr für eine Bohrung von 101 mm muss folgende Maße aufweisen:

- Rohr-Innendurchmesser = 60 mm;
- Rohr-Außendurchmesser = 70 mm;
- Innendurchmesser Führungen = 63,5 mm;
- Wanddicke = 5,0 mm;
- Masse  $\geq$  1600 g/m

An der Außenseite des Dehnungsmessrohres müssen in Längenabständen von 1 m entsprechende Metallringe mit einer Masse von nicht weniger als 600 g positioniert werden.

Andere Maße des im Bohrloch einzubauenden Dehnungsmessrohres je nach unterschiedlichem Bohrungsdurchmesser müssen im Untersuchungsplan angegeben oder dem Auftragnehmer direkt durch die Bauleitung mitgeteilt werden.

#### 8.15.2 Eigenschaften der Messgeräte

Bestandteile des im Bohrloch zu installierenden Messgerätes:

- Mobile Messsonde mit elektronischer Positionierung und einem Durchmesser von 46 mm, an dessen Innenseite entsprechende Sensoren mit elektromagnetischer Induktion sitzen, mit einer Auflösung von 1  $\mu$ m, die in der Lage ist, die Position der außen sitzenden Referenzringe mit einer Systemgenauigkeit von mindestens 0,01 mm zu ermitteln;
- Mobile digitale Zentrale mit einem entsprechenden Display zum Ablesen der Daten und LEDs zur Kontrolle der korrekten Positionierung der Sonde in Höhe jedes Messabstandes;
- Lenkstangen aus Fiber mit Schnellverschluss;
- Fixierkopf für die Stangen, ausgestattet mit einem Feineinstellungssystem für die Position der Sonde im Bohrloch;

Il principio di funzionamento si basa sull'induzione elettromagnetica che consente di determinare la posizione e gli spostamenti di appositi anelli magnetici cementati alle pareti del foro.

#### 8.15.1 Caratteristiche della tubazione

I tubi estensimetrici dovranno essere di ABS e dovranno avere una sezione circolare provvista di quattro scanalature con funzione di guida per la sonda estensimetrica.

Le dimensioni del tubo estensimetrico, per una perforazione di 101 mm, dovranno essere le seguenti:

- $\varnothing$ int tubo = 60 mm;
- $\varnothing$ est tubo = 70 mm;
- $\varnothing$ int guide = 63.5 mm;
- spessore = 5.0 mm
- massa  $\geq$  1600 g/m

All'esterno del tubo estensimetrico dovranno essere posizionati ad intervalli di lunghezza di 1 m appositi anelli metallici di massa non inferiore a 600 g.

Dimensioni diverse del tubo estensimetrico da installare nel foro, in funzione di un diverso diametro di perforazione, dovranno essere indicate nel progetto delle indagini o dovranno essere comunicate all'Appaltatore direttamente dalla DL.

#### 8.15.2 Caratteristiche della strumentazione di misura

La strumentazione di misura dovrà essere costituita da:

- sonda di misura removibile a posizionamento elettronico, del diametro di 46 mm, al cui interno sono alloggiati appositi sensori ad induzione elettromagnetica con risoluzione di 1  $\mu$ m, in grado di rilevare la posizione degli anelli di riferimento esterni, con precisione del sistema non inferiore a 0.01 mm;
- centralina portatile digitale, con apposito display per la lettura dei dati, e led per il controllo del corretto posizionamento della sonda in corrispondenza di ogni intervallo di misura;
- aste di manovra in fibra ad innesto rapido;
- testa di bloccaggio delle aste, dotata di sistema per la regolazione fine della posizione della sonda nel foro;
- cavo elettrico di collegamento tra la sonda e la centralina di misura con relativo rullo avvolgicavo;

- Verbindungskabel zwischen Sonde und Messzentrale mit entsprechender Kabelaufwicklung;
- Kalibrierrohr der Sonde in einer entsprechenden wärmeisolierten Transportkassette.

- tubo di calibrazione della sonda alloggiato in apposita cassetta trasportabile, isolata termicamente.

### 8.15.3 Vorbereitung des Bohrlochs

Das Absenken des Sondierungs-Bohrlochs, in dem das Dehnungsmessrohr installiert werden soll, muss einen Durchmesser von 101 mm aufweisen und die im Untersuchungsplan oder durch die Bauleitung angegebene Ausrichtung besitzen.

Andere als der angegebene Bohrungsdurchmesser müssen im Untersuchungsplan angegeben oder dem Auftragnehmer direkt durch die Bauleitung mitgeteilt werden.

Sobald das Dehnungsmessrohr installiert wurde, muss die Bohrlochverkleidung mit einer einzigen Auszugsbewegung ohne jegliche Verdrehung der Verkleidungshülse herausgezogen werden um Beschädigungen am Dehnungsmessrohr zu vermeiden. Um das Herausziehen der Verkleidungshülse zu erleichtern, sollte diese Verbindungen mit M/F-Gewinde ohne Muffe oder äußere Verdickungen (glatte Hülse) haben, in einem einwandfreien Zustand sein (ohne Lockerungen in Höhe der Gewindeverbinder) und muss eine große Wanddicke haben (ca. 10 mm).

### 8.15.4 Vorkontrollen

Vor der Installation muss auf der Baustelle folgendes kontrolliert werden:

- die Rohre und Manschetten dürfen keine Beschädigungen oder Quetschungen aufgrund des Transports aufweisen, vor allem an den Endstücken;
- die Rohrenden und die Manschetten dürfen keine Abgratungen aufweisen, die das richtige Zusammenfügen der Rohre und das Gleiten der Messsonde beeinträchtigen könnten;
- ein gegebenenfalls vorhandenes Einspritzrohr für die außen auf die Neigungsmesssäule aufgebrachte Zementierungsmischung muss voll funktionstüchtig sein;
- die Zementierungsmischung muss aus Wasser, Zement und Betonit mit Gewichtsanteilen von 100, 30 bzw. 5;

### 8.15.5 Installation

### 8.15.3 Preparazione del foro

La perforazione del foro di sondaggio in cui verrà installato il tubo estensimetrico dovrà essere di diametro pari a 101 mm e dovrà avere l'orientazione indicata nel progetto delle indagini o dalla DL.

Diametri di perforazione diversi da quello indicato dovranno essere indicati nel progetto delle indagini o dovranno essere comunicate all'Appaltatore direttamente dalla DL.

Una volta installato il tubo estensimetrico, il rivestimento del foro dovrà essere estratto con movimenti di sola trazione e assolutamente senza rotazione della colonna del rivestimento, per evitare danneggiamenti al tubo estensimetrico. Per facilitare le operazioni di estrazione della colonna del rivestimento, essa dovrà avere giunti con filettatura M/F senza manicotti o ingrossamenti esterni (colonna liscia), dovrà essere in ottimo stato (senza scampanature in corrispondenza dei giunti filettati) e dovrà essere di notevole spessore (10 mm circa).

### 8.15.4 Controlli preliminari

In cantiere, prima dell'installazione, dovrà essere controllato quanto segue:

- i tubi e i manicotti non devono avere lesioni o schiacciature dovute al trasporto, soprattutto nelle parti terminali;
- le estremità dei tubi e dei manicotti non dovranno avere sbavature che possano compromettere il buon accoppiamento dei tubi e lo scorrimento della sonda di misura;
- l'eventuale tubo per l'iniezione della miscela di cementazione applicato all'esterno della colonna inclinometrica, dovrà essere perfettamente efficiente;
- la miscela di cementazione dovrà essere costituita da acqua, cemento e bentonite rispettivamente in proporzione di 100, 30 e 5 parti in peso;

### 8.15.5 Installazione

Der Einbau der Dehnungsmessrohre muss in Übereinstimmung mit folgenden Modalitäten erfolgen:

- Gründliches Waschen des Sondierbohrlochs mit sauberem Wasser;
- Vormontage der Dehnungsmessrohre in Abschnitten von 6 m, die an einem Ende mit einer Manschette abgeschlossen werden. Das Zusammenfügen der Manschetten mit den Rohrabschnitten muss unter Verwendung eines geeigneten Klebers gemäss folgendem Verfahren erfolgen:
  - Aufbringen einer dünnen Leimschicht auf die Außenseite des Rohres und auf die Innenseite der Manschette;
  - Aufsetzen der Manschette auf das erste Rohr bis zur Hälfte seiner Länge;
  - Einsetzen eines zweiten Rohrstranges in die Manschette;
  - 10 Minuten warten und dann eine großzügige Umwicklung mit selbstvulkanisierendem Klebeband herstellen, wobei grobe Bewegungen, die Verdrehungen verursachen könnten absolut vermieden werden;
- Montage des Endstopfens auf das erste, bereits mit einer Manschette versehenen Rohrstück und Befestigung des unteren Rohrendes für die Einspritzung des zementösen Gemischs. Sollte der Endstopfen mit einem entsprechenden Einwegventil für die Einspritzung des Gemischs ausgestattet sein, ist letzterer Vorgang nicht notwendig;
- Montage eines Magnettrings auf jeden Längensmeter auf dem ersten Rohrabschnitt, wobei deren Position mit einem entsprechenden Abstandsmessgerät kontrolliert wird;
- Einsetzen des ersten Rohrabschnitts in das Bohrloch;
- Fixieren des Rohres mit einer entsprechenden Zwinde, so dass aus dem Bohrloch 40 - 50 cm Rohr plus Manschette herausragen;
- Einsetzen des nachfolgenden Rohrstückes worauf auf jedem Meter Magnetringe angebracht wurden; Einkleben und Versiegeln der Verbindung;
- Lockern der Zwinde um das Rohr weiter in das Bohrloch einzuführen, wobei gleichzeitig das Einspritzrohr befestigt wird;
- Fixieren des Rohres mit der Zwinde, so dass aus dem Bohrloch 40 - 50 cm Rohr plus Manschette herausragen;

La posa in opera dei tubi estensimetrici dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità:

- lavaggio accurato con acqua pulita del foro di sondaggio;
- preassemblaggio dei tubi estensimetrici in spezzoni di 6 m, terminanti ad un estremo con un manicotto. L'accoppiamento dei manicotti con gli spezzoni di tubo dovrà avvenire impiegando apposito collante secondo la seguente procedura:
  - applicazione di un sottile strato di collante all'esterno del tubo e all'interno del manicotto;
  - inserimento del manicotto sul primo tubo per metà della sua lunghezza;
  - inserimento di un secondo spezzone di tubo nel manicotto;
  - attesa di circa 10' e quindi applicazione di una abbondante fasciatura con nastro adesivo autovulcanizzante, evitando assolutamente bruschi movimenti che possano causare torsioni;
- montaggio del tappo di fondo sul primo spezzone di tubo, già munito di manicotto, e fissaggio dell'estremità inferiore del tubo per l'iniezione della miscela cementizia; nel caso in cui il tappo di fondo sia provvisto di apposita valvola unidirezionale per l'iniezione della miscela quest'ultima operazione non sarà necessaria;
- montaggio sul primo spezzone di tubo di un anello magnetico ogni metro di lunghezza, controllandone la posizione con apposito strumento spaziatore;
- inserimento del primo spezzone di tubo nel foro;
- bloccaggio del tubo mediante apposita morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo più il manicotto;
- inserimento dello spezzone successivo su cui saranno stati posizionati ogni metro gli anelli magnetici; incollaggio e sigillatura del giunto;
- allentamento della morsa per permettere di inserire il tubo nel foro fissando nel contempo il tubo di iniezione;
- bloccaggio del tubo con la morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo più il manicotto;
- prosecuzione delle operazioni descritte fino al completamento della colonna, annotando la lunghezza dei tratti di tubo e la posizione dei manicotti;
- cementazione del tubo estensimetrico, da eseguire a bassissima pressione, in ogni caso non superiore

- Fortsetzung der beschriebenen Arbeitsschritte bis zur Vollendung des Stranges. Die Länge der Rohrabschnitte und die Position der Manschetten muss jeweils notiert werden;
- Zementierung des Dehnungsmessrohrs (bei geringstem Druck auszuführen - in jedem Fall nicht höher als 200 kPa) über ein Einspritzrohr oder über den Endschieber, wobei das Ansteigen des zementösen Gemischs außerhalb des Dehnungsmessrohrs beobachtet wird; die Bohrungsverkleidung muss herausgezogen werden, indem mit nur einem Zug und ohne Drehung vorgegangen wird, sobald das Gemisch an der Oberkante erscheint; in der Auszugsphase der Verkleidung kann über die Bohrlochmündung Gemisch nachgefüllt werden um einen konstanten Pegel aufrecht zu erhalten; wenn ein Absinken des Gemisch-Pegels bemerkt wird, muss das Nachfüllen an den darauf folgenden Tagen fortgesetzt werden;
- Sorgfältiges Waschen des Inneren des Dehnungsmessrohres mit sauberem Wasser und einem Gerät mit sternförmigen Bohrungen;
- Installation eines Verschlusses aus lackiertem Stahl an der Bohrloch-Mündung; der Verschluss, der richtig im Boden einzementiert werden muss, muss mindestens 10 cm über die Spitze des Dehnungsmessrohres herausragen und muss mit einem Deckel versehen sein, der durch ein Vorhängeschloss gesichert ist, dessen Schlüssel der Bauleitung zu übergeben ist.

#### 8.15.6 Abnahme der Dehnungsmessrohre und Auslesen des Referenzwertes

Am Ende der Arbeitsschritte zur Installation und Einzementierung muss, die Funktionstüchtigkeit des Dehnungsmessrohres über eine Kontrolle der Durchgängigkeit und der Ausrichtung der Rohrabschnitte kontrolliert werden.

Die Kontrolle erfolgt über das Einbringen einer Probesonde, wobei sie entlang der Führungen des Rohres bis zur Bohrlochsohle gleitet und dann herausgezogen wird. Dieser Vorgang wird drei weitere Male wiederholt, nachdem die Sonde jedes Mal nach Herausziehen aus dem Bohrloch um 90° gedreht wurde. Das Dehnungsmessrohr wird für geeignet erklärt, wenn die Sonde über alle vier Führungen gelaufen ist, ohne sowohl beim Absinken als auch beim Aufsteigen auf Hindernisse zu stoßen.

Nachfolgend muss die Anfangskalibrierung des Rohres mittels eines inkrementellen Dehnungsmessgerät mit einer

a 200 kPa, attraverso il tubo di iniezione o attraverso la valvola di fondo, osservando la risalita della miscela cementizia all'esterno del tubo estensimetrico; il rivestimento di perforazione dovrà essere estratto, operando solo a trazione e senza rotazione, non appena la miscela appare in superficie; nella fase di estrazione del rivestimento il rabbocco della miscela potrà essere eseguito da testa foro, per mantenere il livello costante al fronte; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi;

- accurato lavaggio con acqua pulita dell'interno del tubo estensimetrico mediante attrezzo a fori radiali;
- installazione a testa foro di un chiusino di protezione in acciaio verniciato; il chiusino di protezione, che dovrà essere ben cementato al terreno, dovrà sporgere di almeno di 10 cm dalla sommità del tubo estensimetrico e dovrà essere provvisto di un coperchio, dotato di lucchetto e chiavi che dovranno essere consegnate alla DL.

#### 8.15.6 Collaudo della tubazione estensimetrica e lettura iniziale di riferimento

Al termine delle operazioni di installazione e cementazione, si dovrà verificare la funzionalità della tubazione estensimetrica attraverso il controllo della continuità e dell'allineamento degli spezzoni di tubo.

Il controllo verrà eseguito inserendo nel foro una sonda testimone, facendola scorrere lungo le guide del tubo fino a fondo foro, estraendola e quindi ripetendo l'operazione altre tre volte, dopo aver ruotato la sonda di 90° ogni volta che viene estratta dal foro. Il tubo estensimetrico verrà dichiarato idoneo se la sonda testimone sarà passata in tutte e quattro le guide senza incontrare ostacoli sia in discesa sia in risalita.

Successivamente si dovrà effettuare la calibrazione iniziale della tubazione mediante sonda estensimetrica incrementale avente precisione non inferiore a 1 µm, registrando le

Genauigkeit von nicht unter 1 µm durchgeführt werden, wobei die Längenunterschiede aller mit Messgeräten bestückten Abschnitte in Bezug auf die Referenzlänge von einem Meter aufgezeichnet werden.

Vor der Ausführung der Auslesen von "0" muss das inkrementelle Dehnungsmessgerät in ein entsprechendes Kalibrierrohr eingeführt und der auf dem Display der Zentrale abgelesene Wert überprüft sowie gegebenenfalls nach erfolgter thermischer Stabilisierung eingestellt werden, wobei die Wärmeausdehnung des Kalibrierrohres berücksichtigt wird.

Die Bestimmung des Referenzpunktes Null muss mittels Durchführung von vier Ablesungen an ein und demselben Rohr mit Berechnung des Mittelwertes erfolgen. Die Ablesungen am Dehnungsmessrohr müssen ausgehend von der Bohrlochsohle nach erfolgter thermischer Stabilisierung in Schritten von 1 m erfolgen. Das Dehnungsmessrohr wird für geeignet erklärt, wenn alle relativen Abstände zwischen den installierten Messlehren innerhalb der Toleranz von  $\pm 5.0$  mm in Bezug auf den Nennabstand von 1 m liegen.

differenze di lunghezza di tutti i tratti strumentati rispetto alla lunghezza di riferimento di un metro.

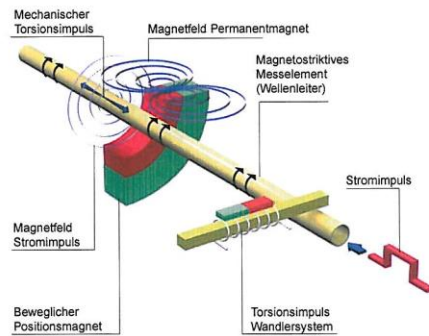
Prima dell'esecuzione della lettura di "0" la sonda estensimetrica incrementale dovrà essere introdotta in apposito tubo di calibrazione e dovrà essere controllato, ed eventualmente regolato, il valore letto al display della centralina, a stabilizzazione termica avvenuta, tenendo conto della dilatazione termica del tubo di calibrazione.

La determinazione dello zero di riferimento dovrà avvenire eseguendo almeno quattro letture sulla medesima tubazione con calcolo del valore medio. Le letture sulla tubazione estensimetrica dovranno essere eseguite partendo da fondo foro, a stabilizzazione termica avvenuta, con passo di 1 m. La tubazione estensimetrica verrà dichiarata idonea se tutte le distanze relative tra i riscontri di misura installati risulteranno comprese entro la tolleranza di  $\pm 5.0$  mm rispetto alla distanza nominale di 1 m.

**MagX (Magnetextensometer)**

**Magnetostriktives Messprinzip:**

Zur Messung wird ein kurzer Stromimpuls aus der Sensorelektronik durch den Wellenleiter geschickt. Dadurch entsteht ein mit dem Impuls laufendes, örtlich veränderliches zweites Magnetfeld radial, um den Wellenleiter herum. Im Bereich des Positionsmagneten findet gemäß des Wiedemann Effekts eine elastische, torsionale Verformung des Magnetostriktiven Wellenleiters statt, die aufgrund des Zeitverlaufs des Stromimpulses ein hochdynamischer Vorgang ist. Dadurch entsteht im wirksamen Feld des Positionsmagneten eine Torsionswelle. Die Torsionswelle wird am oberen Ende des Wellenleiters mit einem Impulswandlersystem detektiert. Das elektrische Antwortsignal wird durch die nachgeschaltete Elektronik verarbeitet. Die torsionale Körperschallwelle läuft mit konstanter Ultraschallgeschwindigkeit durch den Wellenleiter. Die genaue Ortsbestimmung ergibt sich durch eine Laufzeitmessung bei der Magnetposition aus der Zeit zwischen dem Start des Stromimpulses und dem Einstreffen des elektrischen Antwortsignals, der im Torsionswandler detektierten Körperschallwelle.



Prinzipieller Aufbau einer magnetostriktiven Messung bestehend aus: Elektronik, Wellenleiter, positionsmagnet und Torsionsimpuls-wandler

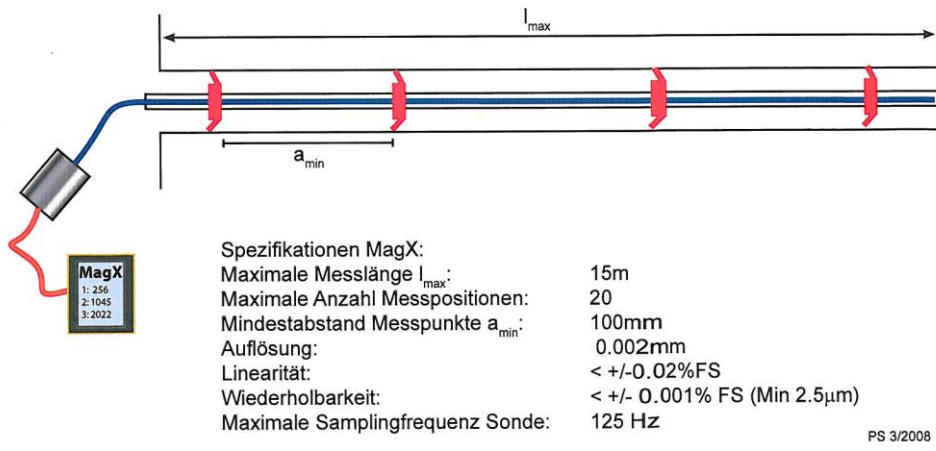


Abbildung 27: Beispiel für einen inkrementellen Dehnungsmesser. Figura 27: Esempio di estensimetri incrementali.




strain gauges & thermometers


## VIBRATING WIRE STRAIN-GAUGES

ACCESSORIES AND SPARE PARTS

<p><b>OVK420VFN00</b> "No-stress" embedment strain gauge with plastic container to isolate the section of concrete around the gauge</p>	<p><b>OVK42VC3D00</b> Mounting block for rosette assembling of embedment strain-gauges (X-Y-Z orientation)</p>
<p><b>OVK400JIG00</b> Mounting jig for welding the strain-gauge mounting blocks on the steel surface</p>	<p><b>OVK400MB200</b> Pair of arch weldable mounting blocks</p>




OVK420VFN00 "no-stress" strain-gauge



3-D strain-gauge assembly

### TECHNICAL SPECIFICATIONS

Model	OVK4000VS00	OVK4200VC00	OVK5005P0T0	OVK4000SM00
Description	surface mount type strain-gauge with pluck coil and arch weldable end blocks	concrete strain-gauge with flanges for concrete embedment	spot weldable strain gauge for steel structures	embedment strain-gauge specially designed for shotcrete application
Method of installation	arch welding	embedment	spot welder	embedment
Active gauge length	150 mm	165 mm	50 mm	200 mm
Range (nominal)	3000 µε	3000 µε	3000 µε	10000 µε
Sensitivity	1.0 µε	1.0 µε	1.0 µε	0.1 µε
Accuracy	<2.0% FSR	<2.0% FSR	<2.0% FSR	<2.0% FSR
Stability	0.1% FS/yr	0.1% FS/yr	0.1% FS/yr	0.1% FS/yr
Typical frequency datum	800 Hz	800 Hz	800 Hz	1600 Hz
Coil resistance	150 ohm	150 ohm	150 ohm	150 ohm
Thermal coeff. of expansion	11.6x10 <sup>-6</sup> /°C	11.6x10 <sup>-6</sup> /°C	11.6x10 <sup>-6</sup> /°C	11.6x10 <sup>-6</sup> /°C
Temperature range	-20°C + 80°C	-20°C + 80°C	-20°C + 80°C	-20°C + 80°C

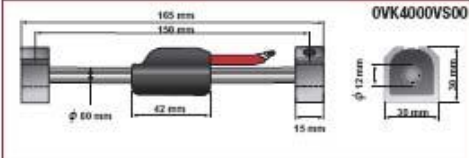


Strain-gauges on steel lining

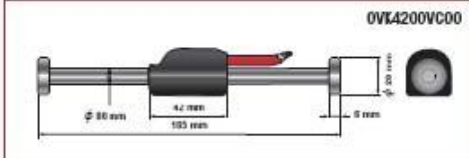
Vibrating wire strain-gauge output is a frequency signal, and it is therefore insensitive to resistance changes in connecting cables caused by contact resistance or leakage to ground. Gauges may be read up to 1000 metres away from their location without change in calibration. The vibrating wire gauge has the same thermal coefficient of expansion of reinforcing bar (and similar to that of concrete) and there is no requirement to compensate for thermal effects in normal use (thermal correction may be required, for example, in the calculation of stress changes of restrained structural members resulting from temperature changes). Temperatures can be measured by a NTC thermistor encapsulated in the pluck coil housing.

electromagnetic compatibility according to EN 61326-1 and EN 61326-A1 directives for EMC emission and immunity

### PHYSICAL FEATURES



**OVK4000VS00**



**OVK4200VC00**

Abbildung 28: Beispiel für ein Dehnungsmessgerät mit Vibrationsfeder.

Figura 28: Esempio di estensimetri a corda vibrante.

pressure and load cells

# STRAIN-GAUGES LOAD CELLS

## L2CT LOAD CELLS

Full scales	3,000, 5,000, 10,000 KN*
Overload	150% F.S.
Sensitivity	0,01% F.S.
Accuracy	0,2% F.S.
Power supply	12 V DC
Output signal	2 mV/V at full scale
Insulation	> 2 Mohm
Output bridge resistance	350 Ohm
Temp. operating range	-40°C +75°C
Compensated temp. range	-20°C +60°C
Protection Class	IP 65
Material	steel UR-40

\* Load Cells can also be supplied on client request for specific application.

Model	0L2CT030000	02CT050000	0L2CT100000
Range	3000 kN	5000 kN	10000 kN
Diameter	135 mm	180 mm	230 mm
Height	200 mm	200 mm	300 mm
Overall size	175x200 mm	220x200 mm	270x300 mm



www.geibald.com

## L2CE LOAD CELLS



These cells are specially designed for steel lining and pile testing applications. The mounting surface for load cell applications shall be flat and parallel for optimum performance.

Model	0L2CE019000	0L2CE030000
Range	1,900 kN	3,000 kN
Accuracy	typical 1% FS	
<i>(linearity, hysteresis and repeatability)</i>		
Sensor resolution	15 kg, 20kg	
Power supply	from 9 to 30 V DC	
Output signal	4-20 mA (current loop)	
Temp. operating range	from -20° to +80°C	
Protection Class	IP 68 watertight up to 100 kPa	
Material	stainless steel	
Pad diameter	191 mm	242.5 mm
Thickness	39 mm	39 mm
Overall size	320x39 mm	345x39 mm

Special distribution plates with spherical surface are available for application between not parallel planes.

0L2CE20PDD	Twin plates for 1,900 kN load cell, overall diam. 200 mm
0L2CE25PDD	Twin plates for 3,000 kN load cell, overall diam. 252 mm

**CE** electromagnetic compatibility according to EN 61326-1 and EN 61326-A1 directives for EMC emission and immunity

L2CT\_EN - REV. 01 - 04/05

Abbildung 29: Beispiel für Kraftmessdosen.

Figura 29: Esempio di celle di carico.

**pre loa**

### PRESSURE TRANSDUCERS

External pressure acting on the pressure pad is transmitted to the internal oil and sensed by the pressure transducer. Elasticity module of the whole system (pad-tubing-transducer) exceeds 50,000 MPa ensuring immediate and accurate response. The electrical pressure transducer originally fitted for remote monitoring is available either with ceramic diaphragm or vibrating wire sensor.

Model	P252A	PK45H
Type of sensor	Resistive strain-gauges	Vibrating Wire
Full scale	500 KPa	350, 700 KPa,
	1, 2, 5, 10, 20 MPa	1.7, 2, 3.5, 5, 7 MPa
Overload	30% FS	100% FS (minimum)
Resolution	0.01% FS	0.025% FS
Accuracy	< 0.3% FS	< 0.5% FS
Output signal	4-20 mA	frequency
Operating temp. range	-10°C +66°C	-20°C +100°C
Material	stainless steel	stainless steel
Diameter	28 mm	28 mm
Length	180 mm	180 mm
Weight	0.5 Kg	0.5 Kg
Cable	OWE102KE000	OWE104VWK00
	2-cond.FE+PVC jacket	2-twisted pairs PVC jacket

### PRESSURE PADS

Product code	Application	Size	Weight	Working Pressure	Transducer Models
<b>OL111101500</b>	NATM standard shotcrete radial stress	rectangular 150 x 150 mm	0,3 kg	up to 5.0 MPa	OP252A05000
<b>OL111102000</b>	NATM standard shotcrete tangential stress	rectangular 100 x 200 mm	0,3 kg		OP252A20000
<b>OL111204000</b>	contact pressure rock/concrete	rectangular 200 x 400 mm	0,5 k	up to 5.0 MPa	OP252A00500, P252A010000, OP252A02000, OP252A05000, OPK45H35000, OPK45H70000, OPK45HE1700, OPK45HE3500
<b>OL111006000</b>	contact pressure soil/concrete	circular 500 mm OD	0,8 kg		up to 1.0 MPa

### HYDRAULIC TUBING (PRODUCT CODE OTUNYO30600)



High resistance Rilsan 11H tubing saturated at factory by de-aired oil extending to max 15 meter (to specify at order). Rilsan 11H tube presents negligible volume variation at the working pressure for the requested length (up to 15 m).

### REPRESSURING DEVICE (PRODUCT CODE OL111PUMPOO)

To obtain correct measurements the hydraulic cell is pre-stressed to maintain intimate contact between the pad and the surrounding material. This is achieved by increasing the cell hydraulic pressure with a pump connected to the prestressing and repressurizing connection.




Abbildung 30: Beispiel für Druckmessdosen.

Figura 30: Esempio di celle di pressione.

## 9 VERZEICHNISSE

### 9.1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Beispiel für ein Schmidt-Hammer.....	44
Abbildung 2: Beispiel für ein Punktlastmessgerät. ....	47
Abbildung 3: Beispiel für ein Datenlogger. ....	48
Abbildung 4: Beispiel für ein Datenexport durch den Datenlogger nach Excel.....	49
Abbildung 5: Beispiel für eine zusammenfassende Grafik der geforderten Daten. ....	49
Abbildung 6: Beispiel für ein technisches Datenblatt für Messfühler (1/2). 57	
Abbildung 7: Beispiel für ein technisches Datenblatt für Messfühler (2/2) 58	
Abbildung 8: Instrumentierung des Erfassungssystems der Rock-Burst-Erscheinung. In blau sind die Sensoren und Kabel für die Signalübertragung aus den Sensoren markiert. Der Messfühler ist gelb gekennzeichnet. Der Datenserver und der Zeitgeberserver befinden sich außerhalb des Tunnels und sind über ein Glasfaserkabel mit dem Messfühler verbunden (schwarz markiert).....	59
Abbildung 9: Vergleichstafel der Werte für PFE und Widerstand sowie Eigenschaften des Gebirges.....	60
Abbildung 10: Beispiel für eine auf dem Display in der Bedienerkabine erscheinende Grafik, die die aufgezeichneten Werte zusammenfasst. ....	61
Abbildung 11: Beispiel für die Exceldatei, die die Hauptdaten einer geoelektrischen Vermessung beinhaltet .....	61
Abbildung 12: Beispiel für einen Ausbruchsbericht, der die wichtigsten Aktivitäten der Fräse zusammenfassend darstellt. 62	
Abbildung 13: Beispiel für ein Detailblatt zum Cutter-Wechsel. 63	
Abbildung 14: Beispiel für ein Hauptbildschirm von Datenerhebungssystemen. ....	65
Abbildung 15: Beispiel für ein Messinstrument zum Wiegen auf dem Förderband 66	
Abbildung 16: Beispiel für ein Bildschirm mit der Zusammenfassung der Ausbruchparameter .....	66
Abbildung 17: Beispiel für ein Katalytische Messperle (Typ Polytron Ex). 67	
Abbildung 18: Technisches Datenblatt RADONRAE.....	68

## 9 ELENCHI

### 9.1 ELENCO DELLE ILLUSTRAZIONI

Figura 1: Esempio di martello di Schmidt.....	44
Figura 2: Esempio di Pont Load Tester.....	47
Figura 3: Esempio di data Logger. ....	48
Figura 4: Esempio di esportazione dati in Excel dal Data- Logger. 49	
Figura 5: Esempio di grafico riassuntivo dei dati richiesti. ...	49
Figura 6: Esempio di scheda tecnica per rilevatori di misura (1/2). 57	
Figura 7: Esempio di scheda tecnica per rilevatori di misura (2/2) 58	
Figura 8: Strumentazione del sistema di rilevamento del fenomeno dei rock-burst. In blu sono indicati i sensori e i cavi per la trasmissione dei segnali provenienti dai sensori. Il rilevatore di misura è indicato in giallo. Il server dei dati e il server temporizzatore si trovano al di fuori del tunnel e sono collegati al rilevatore di misura mediante cavi a fibre ottiche (indicati in nero). 59	
Figura 9: Quadro di raffronto fra i valori di PFE e Resistività e caratteristiche dell'ammasso roccioso.....	60
Figura 10: Esempio di grafico che appare sul display posizionato in cabina operatore che sintetizza i valori registrati. 61	
Figura 11: Esempio di file Excel riportante i dati essenziali di un rilievo geoelettrico .....	61
Figura 12: Esempio di report di scavo che sintetizza le attività principali della fresa. ....	62
Figura 13: Esempio di foglio dettagliato per la sostituzione dei cutter. 63	
Figura 14: Esempio di schermata principale del sistema di acquisizione. 65	
Figura 15: Esempio di strumento per pesatura su nastro trasportatore 66	
Figura 16: Esempio di schermata riassuntiva dei parametri di scavo 66	
Figura 17: Esempio di sensore catalitico (tipo Polytron EX). 67	
Figura 18: Scheda tecnica RADONRAE .....	68
Figura 19: Esempio di schema di un misuratore di portata in tubazione a pelo libero e misuratore a ultrasuoni.....	69

Abbildung 19: Beispiel für ein Schema eines Flussmessers im Rohr mit freiem Durchfluss und Ultraschallmessgerät. ....	69	Figura 20: Stramazzo triangolare .....	70
Abbildung 20: Dreieckswehr. ....	70	Figura 21: Esempio di piezometri a corda vibrante. ....	74
Abbildung 21: Beispiel für ein Piezometer mit Vibrationsfeder. ....	74	Figura 22: Esempio di piezometri casagrande e a tubo aperto. ....	75
Abbildung 22: Beispiel für Casagrande-Piezometer und Piezometer mit offenem Rohr. ....	75	Figura 23: Esempio di termometro. ....	76
Abbildung 23: Beispiel für ein Thermometer. ....	76	Figura 24: Esempio di mire ottiche. ....	77
Abbildung 24: Beispiele für optische Ziele. ....	77	Figura 25: Esempio di chiodi strumentati. ....	78
Abbildung 25: Beispiel für Messnägel. ....	78	Figura 26: Esempio di estensimetro multibase. ....	81
Abbildung 26: Beispiel für ein Multibasis-Dehnungsmessgerät. ....	81	Figura 27: Esempio di estensimetri incrementali. ....	87
Abbildung 27: Beispiel für einen inkrementellen Dehnungsmesser. ....	87	Figura 28: Esempio di estensimetri a corda vibrante. ....	88
Abbildung 28: Beispiel für ein Dehnungsmessgerät mit Vibrationsfeder. ....	88	Figura 29: Esempio di celle di carico. ....	89
Abbildung 29: Beispiel für Kraftmessdosen. ....	89	Figura 30: Esempio di celle di pressione. ....	90
Abbildung 30: Beispiel für Druckmessdosen. ....	90		

## 9.2 ANLAGENVERZEICHNIS

- ANHANG 1 - SYSTEMATISCHE UNTERSUCHUNGEN IM VERLAUFE DES VORTRIEBES
- ANHANG 2 - PUNKTUELLE UNTERSUCHUNGEN IM VERLAUFE DES VORTRIEBES
- ANHANG 3 - ÜBERWACHUNG WÄHREND UND NACH DEN BAUARBEITEN IM BETRIEB
- ANHANG 4 - ZUSTÄNDIGKEITEN FÜR DIE DURCHFÜHRUNG DER ÜBERWACHUNG, SCHÜRFUNGEN UND VERMESSUNGEN
- ANHANG 5 - BEISPIEL DER DOKUMENTATION FÜR DIE VERMESSUNG DER ABBAUFRONT

## 9.3 REFERENZDOKUMENTE

### 9.3.1 Eingangsdokumente

#### 9.3.1.1 Ausführungsprojekt Baulos Mauis 2-3

- [1] 02\_H61\_EG\_991\_KAP\_D0700\_12004 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mauis 2-3 – Gesamtbauwerke – Absteckplan– Grundriss Trassierung Oströhre

## 9.2 ELENCO APPENDICI

- APPENDICE 1 - INDAGINI SISTEMATICHE NEL CORSO DELL'AVANZAMENTO
- APPENDICE 2 - INDAGINI PUNTUALI NEL CORSO DELL'AVANZAMENTO
- APPENDICE 3 - MONITORAGGI IN CORSO D'OPERA E FINALIZZATI ALL'ESERCIZIO
- APPENDICE 4 - COMPETENZE PER L'ESECUZIONE DI MONITORAGGI, PROSPEZIONI E RILIEVI
- APPENDICE 5 - ESEMPIO DI SCHEDA DI RILIEVO DEL FRONTE

## 9.3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 9.3.1 Documenti in ingresso

#### 9.3.1.1 Progetto Esecutivo Lotto Mauis 2-3

- [1] 02\_H61\_EG\_991\_KAP\_D0700\_12004 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mauis 2-3 - Opere generali – Planimetria di tracciamento– Planimetria di tracciamento Galleria principale Est

[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 (Blätter 12/25 - 25/25)

[4] 02\_H61\_EG\_991\_KLS\_D0700\_12100–12110 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke – Längenschnitt – Bautechnisches Längenprofil und Trassierung – Oströhre (Blätter 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 (Blätter 15/25 - 25/25)

[6] 02\_H61\_OP\_085\_KLP\_D0700\_22127 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Logistikknoten – Lageplan – NL-Übersichtsplan

[7] 02\_H61\_EG\_991\_KTB\_D0700\_15005 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke - Techn. Bericht - Risikobewältigung

[8] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23058 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Muls 2-3 – Gesamtbauwerke Teil 3 - Techn. Bericht - Schutz der Grundwasserreserven

### 9.3.2 Normen und Richtlinien

- [9] Technische Konstruktionsnormen 2008 – NTC 2008;
- [10] Leitfaden N.617, Vorgehensweise für technische Konstruktionsnormen, Ausgabe Januar 2008
- [11] D.L. 26/5/2000, n. 241- Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.

### 9.3.3 Ausgangsdokumente

[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 (Tavv. 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 opere e di tracciamento - Galleria principale Est (Tavv. 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 (Tavv. 15/25 - 25/25)

[6] 02\_H61\_OP\_060\_KHS\_D0700\_22127 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 – Nodo logistico – Planimetria – NL-Planimetria generale

[7] 02\_H61\_EG\_991\_KTB\_D0700\_15005 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali- Relazione tecnica — Procedura di gestione del rischio

[8] 02\_H61\_OP\_035\_KTB\_D0700\_23058 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Muls 2-3 - Opere generali Parte 3 - Relazione tecnica - Relazione sulla salvaguardia delle risorse idriche

### 9.3.2 Normative e linee guida

- [9] Norme Tecniche delle Costruzioni 2008 – NTC 2008;
- [10] Circolare n.617, Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
- [11] D.L. 26/5/2000, n. 241- Attuazione della direttiva 96/29/EURATOM in materia di protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori contro i rischi derivanti dalle radiazioni ionizzanti.

### 9.3.3 Documenti in uscita

- [12] 02\_H61\_MO\_994\_MLS\_D0700\_17010-17011-17012-17013-17020-17026-17027 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mails 2-3 – Gesamtbauwerke , Überwachung - Profil und Schnitte Oströhre (Blatt 1/7 -7/7)
- [12] 02\_H61\_MO\_994\_MLS\_D0700\_17010-17011-17012-17013-17020-17026-17027 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali-Monitoraggio in sotterraneo– Profilo e sezioni Galleria principale Est (Tav 1/7 – 7/7) –
- [13] 02\_H61\_MO\_994\_MLS\_D0700\_17014-17015-17016-17017-17021-17028-17029 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mails 2-3 – Gesamtbauwerke - Überwachung - Profil und Schnitte Weströhre (Blatt 1/7 -7/7)
- [13] 02\_H61\_MO\_994\_MLS\_D0700\_17014-17015-17016-17017-17021-17028-17029 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali-Monitoraggio in sotterraneo– – Profilo e sezioni Galleria principale Ovest (Tav 1/7 – 7/7) –
- [14] 02\_H61\_MO\_994\_MLS\_D0700\_17018-17023-17024-17025 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mails 2-3 – Gesamtbauwerke - Überwachung - Profil und Schnitte Erkundungsstollen (Blatt 1/4 -4/4)
- [14] 02\_H61\_MO\_994\_MLS\_D0700\_17018-17023-17024-17025 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali-Monitoraggio in sotterraneo – Profilo e sezioni Cunicolo Esplorativo(Tav 1/4 – 4/4) –
- [15] 02\_H61\_MO\_994\_MLS\_D0700\_17019 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mails 2-3 – Gesamtbauwerke -Überwachung - Profil und Schnitte Fensterstollen Mails und angrenzende Bauwerke
- [15] 02\_H61\_MO\_994\_MLS\_D0700\_17019 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali-Monitoraggio in sotterraneo – Profilo e sezioni Finestra di Mules e opere annesse –
- [16] 02\_H61\_MO\_994\_MLS\_D0700\_17022 - Brenner Basistunnel – Ausführungsplanung - D0700: Baulos Mails 2-3 – Gesamtbauwerke - Überwachung - Profil und Schnitte Zugangstunnel und Mittelstollen Trens
- [16] 02\_H61\_MO\_994\_MLS\_D0700\_17022 - Galleria di Base del Brennero - Progettazione esecutiva - D0700: Lotto Mules 2-3 - Opere generali-Monitoraggio in sotterraneo – Profilo e sezioni Galleria di Accesso e Cunicolo centrale Trens

ANHANG 1 - SYSTEMATISCHE UNTERSUCHUNGEN IM VERLAUFE DES VORTRIEBES

Bauteil	Sektionen Typ	Kilometrierung Ost-Röhre [Kilometrierung weitere Bauwerke]			Systematische Untersuchungen im Verlaufe des Vortriebes							
		Dehnung Bauteil	von [km]	bis [km]	Geostrukturelle Vermessung der Abbaufont	Radialsondierung mit Kernzerstörung	Geophysikalische Seismikuntersuchungen mit TRT	Geoelektrische Vermessungen (BEAM)	Messungen der Geräuschemissionen	Aufzeichnung und Analyse der Fräsenparameter	Überwachung Gase und Strahlungen	Messungen der Wassermenge
Erkundungsstollen (bergmännischer Vortrieb)	C-T	46+014 - 46+844 [13+290 - 12+460 CE]	46+014 [13+290 CE]	46+844 [12+460 CE]	Jeder Durchbruch	Kontinuierlich, alle 100 m mit Überlappung von 50 m	Kontinuierlich, alle 80 m mit Überlappung von 30 m	K.A.	K.A.	K.A.	Kontinuierlich	Kontinuierliche Vermessungspunkte: kontinuierliche Messungen, Vermessung entlang der Tunnel: etwa mit einem Mindestabstand von 500m, Häufigkeit der Messungen im Ermessen der Bauleitung.
Erkundungsstollen (Ausbruch mit Schild-TBM)	C-MS	32+088 - 46+014 [27+217 - 13+290 CE]	32+088 [27+217 CE]	46+014 [13+290 CE]	--	Kontinuierlich, alle 100 m mit Überlappung von 50 m	Kontinuierlich, alle 80 m mit Überlappung von 30 m	Kontinuierlich	Kontinuierlich (Anmerkung 1)	Kontinuierlich	Kontinuierlich	
Haupttunnel (Ausbruch mit Schild-TBM)	GL-MS	32+088 - 44+192 [32+047 - 44+155 GL Weströhre]	32+088 [32+047 GL Weströhre]	35+911 [35+883 GL Weströhre]	--	--	Bei der Annäherung an kartografierte Störungszonen. Gesamt Länge = 2000m	Kontinuierlich	Kontinuierlich (Anmerkung 1)	Kontinuierlich	Kontinuierlich	
			35+911 [35+883 GL Weströhre]	37+511 [37+508 GL Weströhre]		Kontinuierlich, alle 100 m mit Überlappung von 50 m						
			37+511 [37+508 GL Weströhre]	40+352 [40+315 GL Weströhre]		--						
			40+352 [40+315 GL Weströhre]	43+352 [43+315 GL Weströhre]		Kontinuierlich, alle 100 m mit Überlappung von 50 m						
			43+352 [43+315 GL Weströhre]	44+192 [44+155 GL Weströhre]		--						
Haupttunnel Montagekammer TBM Norden (bergmännischer Vortrieb)	GL-CM	44+192 - 44+352 [44+155 - 44+315 GL Weströhre]	44+192 [44+155 GL Weströhre]	44+352 [44+315 GL Weströhre]	Jeder Durchbruch	--	--	K.A.	Kontinuierlich (Anmerkung 1)	K.A.	Kontinuierlich (Anmerkung 2)	
Haupttunnel (bergmännischer Vortrieb)	GL-T	44+352 - 44+555 [44+315 - 44+518 GL Weströhre]	44+352 [44+315 GL Weströhre]	44+555 [44+518 GL Weströhre]	Jeder Durchbruch	--	Kontinuierlich, alle 80 m mit Überlappung von 30 m (beide Röhre)	K.A.	Kontinuierlich (Anmerkung 1)	K.A.	Kontinuierlich (Anmerkung 2)	
Haupttunnel Nothaltestelle (bergmännischer Vortrieb)	FdE-GL-T	44+555 - 45+025 [44+518 - 44+988 GL Weströhre]	44+555 [44+518 GL Weströhre]	45+025 [44+988 GL Weströhre]	Jeder Durchbruch	--	--	K.A.	Kontinuierlich (Anmerkung 1)	K.A.	Kontinuierlich (Anmerkung 2)	
Haupttunnel (bergmännischer Vortrieb)	GL-T	45+025 - 47+259 [44+988 - 47+222 GL Weströhre]	45+025 [44+988 GL Weströhre]	47+259 [47+222 GL Weströhre]	Jeder Durchbruch	--	Kontinuierlich, alle 80 m mit Überlappung von 30 m (beide Röhre)	K.A.	Kontinuierlich (Anmerkung 1)	K.A.	Kontinuierlich (Anmerkung 2)	
Bestehende Haupttunnel (bergmännischer Vortrieb, Los Mauls 1)	GL-E-T	47+259 - 49+082 [47+222 - 49+057 GL Weströhre]	47+259 [47+222 GL Weströhre]	49+082 [49+057 GL Weströhre]	--	--	--	--	--	--	--	
Haupttunnel (bergmännischer Vortrieb)	GL-MAT	49+082 - 49+118 [49+057 - 49+241 GL Weströhre]	49+082 [49+057 GL Weströhre]	49+118 [49+241 GL Weströhre]	Jeder Durchbruch	--	--	K.A.	Kontinuierlich (Anmerkung 1)	K.A.	Kontinuierlich (Anmerkung 2)	
Haupttunnel (Ausbruch mit offener TBM)	GL-MA	49+118 - 52+622 [49+241 - 52+845 GL Weströhre]	49+118 [49+241 GL Weströhre]	51+580 [51+571 GL Weströhre]	Täglich	--	Kontinuierlich, alle 80 m mit Überlappung von 30 m (nur eine Röhre)	--	Kontinuierlich (Anmerkung 1)	Kontinuierlich	Kontinuierlich	
			51+580 [51+571 GL Weströhre]	52+622 [52+845 GL Weströhre]								
Haupttunnel Doppelgleis (bergmännischer Vortrieb)	GA-DA GL-D GL-DM	52+622 - 54+015 [52+845 - 54+002 GL Weströhre]	52+622 [52+845 GL Weströhre]	54+015 [54+002 GL Weströhre]	Jeder Durchbruch	Kontinuierlich, alle 100 m mit Überlappung von 50 m	Kontinuierlich, alle 80 m mit Überlappung von 30 m (nur eine Röhre)	K.A.	Kontinuierlich (Anmerkung 1)	K.A.	Kontinuierlich (Anmerkung 2)	
Zufahrtstunnel Trems (bergmännischer Vortrieb)	GA-T	45+192 - 18+909 [0+000 - 3+806 GA]	45+192 [0+000 GA]	48+909 [3+806 GA]	Jeder Durchbruch	--	--	K.A.	--	K.A.	Kontinuierlich (Anmerkung 2)	

Anmerkung 1: Messungen sind etwa für Deckungen von mehr als 1000m für die folgenden Materialien zu planen:

- Gneiss der Vorgranit-Platte
- Quarzite und Quarzitschiefer der Gebirgsformation Kaserer und im Trias (Pfitsch, Basis der Pfitsch-Schicht, Basis der Flatschspitz-Schicht)
- Amphibolite der kristallinen Austroalpinen Platte
- Tonalite von Mauls (auch für Deckgestein unter 1000m)
- Brixon-Granit

Anmerkung 2: Messungen der Radioaktivität sind nur für folgende Materialien vorzusehen:

- Paragneis der kristallinen Austroalpinen Platte
- Tonalite von Mauls
- Brixon-Granit



APPENDICE 1 – INDAGINI SISTEMATICHE NEL CORSO DELL'AVANZAMENTO

Parte d'opera	Sezioni tipo	Progressive Canna Est [Progressive altre opere]			Indagini sistematiche nel corso dell'avanzamento							
		Estensione parte d'opera	da [km]	a [km]	Rilievo geostrutturale del fronte di scavo	Sondaggio a distruzione di nucleo	Rilievi geofisici sismici TRT	Rilievi geolettrici (BEAM)	Misure emissioni acustiche	Registrazione ed analisi parametri fresa	Monitoraggio gas e radiazioni	Misure di portata d'acqua
Cunicolo Esplorativo (Scavo in tradizionale)	C-T	46+014 - 46+844 [13+290 - 12+460 CE]	46+014 [13+290 CE]	46+844 [12+460 CE]	Ogni sfondo	Continuo, ogni 100 m con sovrapposizione di 50 m	Continuo, ogni 80 m con sovrapposizione di 30 m	N.A.	N.A.	N.A.	Continuo	Punti di rilevamento continuo: misure in continuo. Rilevamento lungo le gallerie: indicativamente con distanza minima 500m, frequenza delle misure a discrezione della DL.
Cunicolo Esplorativo (Scavo con TBM scudata)	C-MS	32+088 - 46+014 [27+217 - 13+290 CE]	32+088 [27+217 CE]	46+014 [13+290 CE]	--	Continuo, ogni 100 m con sovrapposizione di 50 m	Continuo, ogni 80 m con sovrapposizione di 30 m	Continuo	Continuo (Nota 1)	Continuo	Continuo	
Gallerie di Linea (Scavo con TBM scudata)	GL-MS	32+088 - 44+192 [32+047 - 44+155 GL Ovest]	32+088 [32+047 GL Ovest]	35+911 [35+883 GL Ovest]	--	--	In avvicinamento alle zone di faglia cartografate. Lunghezza totale = 2000m	Continuo	Continuo (Nota 1)	Continuo	Continuo	
			35+911 [35+883 GL Ovest]	37+511 [37+508 GL Ovest]		Continuo, ogni 100 m con sovrapposizione di 50 m						
			37+511 [37+508 GL Ovest]	40+352 [40+315 GL Ovest]		--						
			40+352 [40+315 GL Ovest]	43+352 [43+315 GL Ovest]		Continuo, ogni 100 m con sovrapposizione di 50 m						
			43+352 [43+315 GL Ovest]	44+192 [44+155 GL Ovest]		--						
Gallerie di Linea Camerone di montaggio TBM Nord (Scavo in tradizionale)	GL-CM	44+192 - 44+352 [44+155 - 44+315 GL Ovest]	44+192 [44+155 GL Ovest]	44+352 [44+315 GL Ovest]	Ogni sfondo	--	--	N.A.	Continuo (Nota 1)	N.A.	Continuo (Nota 2)	
Gallerie di Linea (Scavo in tradizionale)	GL-T	44+352 - 44+555 [44+315 - 44+518 GL Ovest]	44+352 [44+315 GL Ovest]	44+555 [44+518 GL Ovest]	Ogni sfondo	--	Continuo, ogni 80 m con sovrapposizione di 30 m (entrambe le canne)	N.A.	Continuo (Nota 1)	N.A.	Continuo (Nota 2)	
Gallerie di Linea Fermata d'emergenza (Scavo in tradizionale)	FdE-GL-T	44+555 - 45+025 [44+518 - 44+988 GL Ovest]	44+555 [44+518 GL Ovest]	45+025 [44+988 GL Ovest]	Ogni sfondo	--	--	N.A.	Continuo (Nota 1)	N.A.	Continuo (Nota 2)	
Gallerie di Linea (Scavo in tradizionale)	GL-T	45+025 - 47+259 [44+988 - 47+222 GL Ovest]	45+025 [44+988 GL Ovest]	47+259 [47+222 GL Ovest]	Ogni sfondo	--	Continuo, ogni 80 m con sovrapposizione di 30 m (entrambe le canne)	N.A.	Continuo (Nota 1)	N.A.	Continuo (Nota 2)	
Gallerie di Linea Esistenti (Scavo in tradizionale Lotto Mules 1)	GL-E-T	47+259 - 49+082 [47+222 - 49+057 GL Ovest]	47+259 [47+222 GL Ovest]	49+082 [49+057 GL Ovest]	--	--	--	--	--	--	--	
Gallerie di Linea (Scavo in tradizionale)	GL-MAT	49+082 - 49+118 [49+057 - 49+241 GL Ovest]	49+082 [49+057 GL Ovest]	49+118 [49+241 GL Ovest]	Ogni sfondo	--	--	N.A.	Continuo (Nota 1)	N.A.	Continuo (Nota 2)	
Gallerie di Linea (Scavo con TBM aperta)	GL-MA	49+118 - 52+622 [49+241 - 52+845 GL Ovest]	49+118 [49+241 GL Ovest]	51+580 [51+571 GL Ovest]	Giornaliero	--	Continuo, ogni 80 m con sovrapposizione di 30 m (solo una canna)	--	Continuo (Nota 1)	Continuo	Continuo	
			51+580 [51+571 GL Ovest]	52+622 [52+845 GL Ovest]		Continuo, ogni 100 m con sovrapposizione di 50 m						
Gallerie di Linea Doppio binario (Scavo in tradizionale)	GA-DA GL-D GL-DM	52+622 - 54+015 [52+845 - 54+002 GL Ovest]	52+622 [52+845 GL Ovest]	54+015 [54+002 GL Ovest]	Ogni sfondo	Continuo, ogni 100 m con sovrapposizione di 50 m	Continuo, ogni 80 m con sovrapposizione di 30 m (solo una canna)	N.A.	Continuo (Nota 1)	N.A.	Continuo (Nota 2)	
Galleria di Accesso di Trens (Scavo in tradizionale)	GA-T	45+192 - 18+909 [0+000 - 3+806 GA]	45+192 [0+000 GA]	48+909 [3+806 GA]	Ogni sfondo	--	--	N.A.	--	N.A.	Continuo (Nota 2)	

Nota 1: Misure da prevedere indicativamente per coperture superiori a 1000m nei seguenti materiali:

- Gneiss del basamento pregranitico
- Quarziti e Sisti quarziticci della Formazione di Kaserer e nel Triassico (Val di Vizze, base della Falda di Vizze, base della Falda di Flatschspitz)
- Anfiboliti del Basamento Cristallino Austroalpino
- Tonaliti di Mules (anche per coperture inferiori a 1000m)
- Granito di Bressanone

Nota 2: Misure di radioattività da prevedere solamente nei seguenti materiali:

- Paragneiss del Basamento Cristallino Austroalpino
- Tonaliti di Mules
- Granito di Bressanone

ANHANG 2 - PUNKTUELLE UNTERSUCHUNGEN IM VERLAUFE DES VORTRIEBES

Bauteil	Kilometrierung Ost-Röhre [Kilometrierung weitere Bauwerke]			Punktuelle Untersuchungen im Verlaufe des Vortriebes		
	Dehnung Bauteil	von [km]	bis [km]	Sondierungen mit durchgängiger Kernbohrung (im Vortrieb und radial)	Radialsondierung mit Kernzerstörung	Hydrogeologische und thermometrische Vermessungen
Erkundungsstollen (bergmännischer Vortrieb)	46+014 - 46+844 [13+290 - 12+460 CE]	46+014 [13+290 CE]	46+844 [12+460 CE]	Bei der Annäherung an kartografierte Störungszonen. Gesamt Kernbohrungen = 2000m	Störungszone in Richtung Haupttunnel. Gesamt Sonderungen = 500m	Stationen sind etwa in Höhe der Flussmessungen entlang der Tunnel zu positionieren (Mindestabstand 500m). Messungshäufigkeit im Ermessen der Bauleitung.
Erkundungsstollen (Ausbruch mit Schild-TBM)	32+088 - 46+014 [27+217 - 13+290 CE]	32+088 [27+217 CE]	46+014 [13+290 CE]			
Haupttunnel (Ausbruch mit Schild-TBM)	32+088 - 44+192 [32+047 - 44+155 GL Weströhre]	32+088 [32+047 GL Weströhre]	35+911 [35+883 GL Weströhre]	Nur bei unsicheren Ergebnissen der systematischen Untersuchungen	--	
		35+911 [35+883 GL Weströhre]	37+511 [37+508 GL Weströhre]		--	
		37+511 [37+508 GL Weströhre]	40+352 [40+315 GL Weströhre]		--	
		40+352 [40+315 GL Weströhre]	43+352 [43+315 GL Weströhre]		--	
		43+352 [43+315 GL Weströhre]	44+192 [44+155 GL Weströhre]		--	
Haupttunnel Montagekammer TBM Norden (bergmännischer Vortrieb)	44+192 - 44+352 [44+155 - 44+315 GL Weströhre]	44+192 [44+155 GL Weströhre]	44+352 [44+315 GL Weströhre]	--	--	
Haupttunnel (bergmännischer Vortrieb)	44+352 - 44+555 [44+315 - 44+518 GL Weströhre]	44+352 [44+315 GL Weströhre]	44+555 [44+518 GL Weströhre]	--	--	
Haupttunnel Nothaltestelle (bergmännischer Vortrieb)	44+555 - 45+025 [44+518 - 44+988 GL Weströhre]	44+555 [44+518 GL Weströhre]	45+025 [44+988 GL Weströhre]	Bei der Annäherung an kartografierte Störungszonen. Gesamt Kernbohrungen = 200m	Störungszone. Gesamt Sonderungen = 200m	
Haupttunnel (bergmännischer Vortrieb)	45+025 - 47+259 [44+988 - 47+222 GL Weströhre]	45+025 [44+988 GL Weströhre]	47+259 [47+222 GL Weströhre]	--	--	
Bestehende Haupttunnel (bergmännischer Vortrieb, Los Mauls 1)	47+259 - 49+082 [47+222 - 49+057 GL Weströhre]	47+259 [47+222 GL Weströhre]	49+082 [49+057 GL Weströhre]	--	--	
Haupttunnel (bergmännischer Vortrieb)	49+082 - 49+118 [49+057 - 49+241 GL Weströhre]	49+082 [49+057 GL Weströhre]	49+118 [49+241 GL Weströhre]	--	--	
Haupttunnel (Ausbruch mit offener TBM)	49+118 - 52+622 [49+241 - 52+845 GL Weströhre]	49+118 [49+241 GL Weströhre]	51+580 [51+571 GL Weströhre]	--	--	
		51+580 [51+571 GL Weströhre]	52+622 [52+845 GL Weströhre]	--	--	
Haupttunnel Doppelgleis (bergmännischer Vortrieb)	52+622 - 54+015 [52+845 - 54+002 GL Weströhre]	52+622 [52+845 GL Weströhre]	54+015 [54+002 GL Weströhre]	--	--	
Zufahrtstunnel Trems (bergmännischer Vortrieb)	45+192 - 18+909 [0+000 - 3+806 GA]	45+192 [0+000 GA]	48+909 [3+806 GA]	--	--	

APPENDICE 2 – INDAGINI PUNTUALI NEL CORSO DELL'AVANZAMENTO

Parte d'opera	Progressive Canna Est [Progressive altre opere]			Indagini puntuali nel corso dell'avanzamento		
	Estensione parte d'opera	da [km]	a [km]	Sondaggi a carotaggio continuo (in avanzamento e radiali)	Sondaggi radiali a distruzione di nucleo	Rilievi idrogeologici e termometrici
Cunicolo Esplorativo (Scavo in tradizionale)	46+014 - 46+844 [13+290 - 12+460 CE]	46+014 [13+290 CE]	46+844 [12+460 CE]	In avvicinamento alle zone di faglia cartografate. Totale carotaggi = 2000m	Zone di faglia verso gallerie di linea. Totale sondaggi = 500m	Stazioni da posizionare indicativamente in corrispondenza delle misure di portata lungo le gallerie (distanza minima 500m). Frequenza delle misure a discrezione della DL.
Cunicolo Esplorativo (Scavo con TBM scudata)	32+088 - 46+014 [27+217 - 13+290 CE]	32+088 [27+217 CE]	46+014 [13+290 CE]			
Gallerie di Linea (Scavo con TBM scudata)	32+088 - 44+192 [32+047 - 44+155 GL Ovest]	32+088 [32+047 GL Ovest]	35+911 [35+883 GL Ovest]	Solo se risultati incerti delle indagini sistematiche	--	
		35+911 [35+883 GL Ovest]	37+511 [37+508 GL Ovest]		--	
		37+511 [37+508 GL Ovest]	40+352 [40+315 GL Ovest]		--	
		40+352 [40+315 GL Ovest]	43+352 [43+315 GL Ovest]		--	
		43+352 [43+315 GL Ovest]	44+192 [44+155 GL Ovest]		--	
Gallerie di Linea Camerone di montaggio TBM Nord (Scavo in tradizionale)	44+192 - 44+352 [44+155 - 44+315 GL Ovest]	44+192 [44+155 GL Ovest]	44+352 [44+315 GL Ovest]	--	--	
Gallerie di Linea (Scavo in tradizionale)	44+352 - 44+555 [44+315 - 44+518 GL Ovest]	44+352 [44+315 GL Ovest]	44+555 [44+518 GL Ovest]	--	--	
Gallerie di Linea Fermata d'emergenza (Scavo in tradizionale)	44+555 - 45+025 [44+518 - 44+988 GL Ovest]	44+555 [44+518 GL Ovest]	45+025 [44+988 GL Ovest]	In avvicinamento delle zone di faglia cartografate. Totale carotaggi = 200m	Zone di faglia. Totale sondaggi = 200m	
Gallerie di Linea (Scavo in tradizionale)	45+025 - 47+259 [44+988 - 47+222 GL Ovest]	45+025 [44+988 GL Ovest]	47+259 [47+222 GL Ovest]	--	--	
Gallerie di Linea Esistenti (Scavo in tradizionale Lotto Mules 1)	47+259 - 49+082 [47+222 - 49+057 GL Ovest]	47+259 [47+222 GL Ovest]	49+082 [49+057 GL Ovest]	--	--	
Gallerie di Linea (Scavo in tradizionale)	49+082 - 49+118 [49+057 - 49+241 GL Ovest]	49+082 [49+057 GL Ovest]	49+118 [49+241 GL Ovest]	--	--	
Gallerie di Linea (Scavo con TBM aperta)	49+118 - 52+622 [49+241 - 52+845 GL Ovest]	49+118 [49+241 GL Ovest]	51+580 [51+571 GL Ovest]	--	--	
		51+580 [51+571 GL Ovest]	52+622 [52+845 GL Ovest]	--	--	
Gallerie di Linea Doppio binario (Scavo in tradizionale)	52+622 - 54+015 [52+845 - 54+002 GL Ovest]	52+622 [52+845 GL Ovest]	54+015 [54+002 GL Ovest]	--	--	
Galleria di Accesso di Trens (Scavo in tradizionale)	45+192 - 18+909 [0+000 - 3+806 GA]	45+192 [0+000 GA]	48+909 [3+806 GA]	--	--	

ANHANG 3 - ÜBERWACHUNG WÄHREND DER AUSFÜHRUNG UND FÜR DEN BETRIEB

Bauteil	Kilometrierung Ost-Röhre [Kilometrierung weitere Bauwerke]			Überwachungen während der Bauarbeiten						Spannungsmessungen an den Tübbing	Betriebsorientierte Überwachung
	Dehnung Bauteil	von [km]	bis [km]	Konvergenzmessungen	Messung der Extrusion der Abbaufont	Messungen der Verformung des Gesteins			Messungen der Verformung/Spannung in der Betonierung Phase 1		Innenschale als Ortbeton
				Optische Ziele	Optische Ziele	Messnägel	Multibasis-Radialdehnungsmesser	Inkrementelle Dehnungsmesser an der Front	Dehnungsmessgerät mit Vibrationsfeder an den Lehrbogen Kraftmessdosen unter den Füßen der Lehrbogen Druckmessdosen im Spritzbeton		
Erkundungsstollen (bergmännischer Vortrieb)	46+014 - 46+844 [13+290 - 12+460 CE]	46+014 [13+290 CE]	46+844 [12+460 CE]	Jede Vortrieb-Woche	Im Falle längerer Stillstände beim Vortrieb	Etwa eine Station alle 50m in den Streckenabschnitten mit Betonierung der 1. Phase mit einzementierten Nägeln	In Höhe von Störungszonen oder kritischen Zonen	Störungszonen und kritische Bereiche.	1 Station alle 50 m (Einbau der Druckmessdosen nach Ermessen der Bauleitung)	--	Etwa 1 Station alle 500m (Mindestabstand)
Erkundungsstollen (Ausbruch mit Schild-TBM)	32+088 - 46+014 [27+217 - 13+290 CE]	32+088 [27+217 CE]	46+014 [13+290 CE]	2 Messstationen in Höhe der Haltebuchten/Nischen in kritischen Bereichen	--	--	1 Messstation in Höhe der Haltebuchten/Nischen, nur in kritischen Bereichen	--	--	Etwa alle 500m und in Höhe von Störungszonen oder kritischen Zonen	
Haupttunnel (Ausbruch mit Schild-TBM)	32+088 - 44+192 [32+047 - 44+155 GL Weströhre]	32+088 [32+047 GL Weströhre]	35+911 [35+883 GL Weströhre]	Zwei Abschnitte in Höhe jeder Anbindung von Querstollen	--	--	1 Messstation in Höhe der Querstollen, nur in kritischen Bereichen	--	--		
		35+911 [35+883 GL Weströhre]	37+511 [37+508 GL Weströhre]		--	--					
		37+511 [37+508 GL Weströhre]	40+352 [40+315 GL Weströhre]		--	--					
		40+352 [40+315 GL Weströhre]	43+352 [43+315 GL Weströhre]		--	--					
		43+352 [43+315 GL Weströhre]	44+192 [44+155 GL Weströhre]		--	--					
Haupttunnel Montagekammer TBM Norden (bergmännischer Vortrieb)	44+192 - 44+352 [44+155 - 44+315 GL Weströhre]	44+192 [44+155 GL Weströhre]	44+352 [44+315 GL Weströhre]	2 Messabschnitte für jede Kaverne	--	--	2 Messabschnitte für jede Kaverne	--	--		
Haupttunnel (bergmännischer Vortrieb)	44+352 - 44+555 [44+315 - 44+518 GL Weströhre]	44+352 [44+315 GL Weströhre]	44+555 [44+518 GL Weströhre]	Jede Vortrieb-Woche	Im Falle längerer Stillstände beim Vortrieb	Etwa eine Station alle 50m in den Streckenabschnitten mit Betonierung der 1. Phase mit einzementierten Nägeln	In Höhe von Störungszonen oder kritischen Zonen	Störungszonen und kritische Bereiche.	1 Station alle 50 m (Einbau der Druckmessdosen nach Ermessen der Bauleitung)		
Haupttunnel Nothaltestelle (bergmännischer Vortrieb)	44+555 - 45+025 [44+518 - 44+988 GL Weströhre]	44+555 [44+518 GL Weströhre]	45+025 [44+988 GL Weströhre]	Jede Vortrieb-Woche und in Höhe von Störungszonen							
Haupttunnel (bergmännischer Vortrieb)	45+025 - 47+259 [44+988 - 47+222 GL Weströhre]	45+025 [44+988 GL Weströhre]	47+259 [47+222 GL Weströhre]	Jede Vortrieb-Woche							
Bestehende Haupttunnel (bergmännischer Vortrieb, Los Mauls 1)	47+259 - 49+082 [47+222 - 49+057 GL Weströhre]	47+259 [47+222 GL Weströhre]	49+082 [49+057 GL Weströhre]	--	--	--	--	--	--		
Haupttunnel (bergmännischer Vortrieb)	49+082 - 49+118 [49+057 - 49+241 GL Weströhre]	49+082 [49+057 GL Weströhre]	49+118 [49+241 GL Weströhre]	Jede Vortrieb-Woche	Im Falle längerer Stillstände beim Vortrieb	Etwa eine Station alle 50m in den Streckenabschnitten mit Betonierung der 1. Phase mit einzementierten Nägeln	In Höhe von Störungszonen oder kritischen Zonen	Störungszonen und kritische Bereiche.	1 Station alle 50 m (Einbau der Druckmessdosen nach Ermessen der Bauleitung)		
Haupttunnel (Ausbruch mit offener TBM)	49+118 - 52+622 [49+241 - 52+845 GL Weströhre]	49+118 [49+241 GL Weströhre]	51+580 [51+571 GL Weströhre]	2 Messstationen in Höhe jedes Anschlusses von Querstollen	--						
		51+580 [51+571 GL Weströhre]	52+622 [52+845 GL Weströhre]								
Haupttunnel Doppelgleis (bergmännischer Vortrieb)	52+622 - 54+015 [52+845 - 54+002 GL Weströhre]	52+622 [52+845 GL Weströhre]	54+015 [54+002 GL Weströhre]	Jede Vortrieb-Woche	Im Falle längerer Stillstände beim Vortrieb	--	Störungszonen und kritische Bereiche.	--			
Zufahrtstunnel Trems (bergmännischer Vortrieb)	45+192 - 18+909 [0+000 - 3+806 GA]	45+192 [0+000 GA]	48+909 [3+806 GA]	Jede Vortrieb-Woche	--	--	--	--	--		

APPENDICE 3 – MONITORAGGI IN CORSO D'OPERA E FINALIZZATI ALL'ESERCIZIO

Parte d'opera	Progressive Canna Est [Progressive altre opere]			Monitoraggi in corso d'opera						Misure di tensione nei conci prefabbricati	Monitoraggi finalizzati all'esercizio
	Estensione parte d'opera	da [km]	a [km]	Misure di convergenza	Misure di estrusione del fronte	Misure di deformazione dell'ammasso roccioso			Misure di deformazione/tensione nel rivestimento 1a fase		Rivest. def. gettato in opera
				Mire ottiche	Mire ottiche	Chiodi strumentati	Estensimetri multibase radiali	Estensimetri incrementali sul fronte	Estensimetri a corda vibrante sulle centine Celle di carico sotto i piedi delle centine Celle di pressione nel betoncino proiettato		Estensimetri a corda vibrante
Cunicolo Esplorativo (Scavo in tradizionale)	46+014 - 46+844 [13+290 - 12+460 CE]	46+014 [13+290 CE]	46+844 [12+460 CE]	Ogni settimana di avanzamento	In caso di soste prolungate dell'avanzamento	Una stazione indicativamente ogni 50m nelle tratte con rivestimento di 1a fase con chiodi cementati..	In corrispondenza delle zone di faglia o delle zone critiche.	Zone di faglia e zone critiche	1 stazione ogni 50m (Installazione delle celle di pressione a discrezione della DL)	--	
Cunicolo Esplorativo (Scavo con TBM scudata)	32+088 - 46+014 [27+217 - 13+290 CE]	32+088 [27+217 CE]	46+014 [13+290 CE]	2 stazioni di misura in corrispondenza di piazzole/ nicchie in zone critiche.	--	--	1 stazione di misura in corrispondenza di piazzole/ nicchie, solo in zone critiche.	--			
Gallerie di Linea (Scavo con TBM scudata)	32+088 - 44+192 [32+047 - 44+155 GL Ovest]	32+088 [32+047 GL Ovest]	35+911 [35+883 GL Ovest]	Due sezioni in corrispondenza di ogni innesto cunicoli trasversali	--	--	1 stazione di misura in corrispondenza dei cunicoli trasversali, solo in zone critiche.	--	--	Indicativamente ogni 500m e in corrispondenza delle zone di faglia o delle zone critiche.	
		35+911 [35+883 GL Ovest]	37+511 [37+508 GL Ovest]		--	--					
		37+511 [37+508 GL Ovest]	40+352 [40+315 GL Ovest]		--	--					
		40+352 [40+315 GL Ovest]	43+352 [43+315 GL Ovest]		--	--					
		43+352 [43+315 GL Ovest]	44+192 [44+155 GL Ovest]		--	--					
Gallerie di Linea Camerone di montaggio TBM Nord (Scavo in tradizionale)	44+192 - 44+352 [44+155 - 44+315 GL Ovest]	44+192 [44+155 GL Ovest]	44+352 [44+315 GL Ovest]	2 sezioni di misura per ogni camerone			2 stazioni di misura per ogni camerone.	--			Indicativamente 1 stazione ogni 500m (distanza minima)
Gallerie di Linea (Scavo in tradizionale)	44+352 - 44+555 [44+315 - 44+518 GL Ovest]	44+352 [44+315 GL Ovest]	44+555 [44+518 GL Ovest]	Ogni settimana di avanzamento	In caso di soste prolungate dell'avanzamento	Una stazione indicativamente ogni 50m nelle tratte con rivestimento di 1a fase con chiodi cementati	In corrispondenza delle zone di faglia o delle zone critiche.	Zone di faglia e zone critiche.	1 stazione ogni 50m (Installazione delle celle di pressione a discrezione della DL)	--	
Gallerie di Linea Fermata d'emergenza (Scavo in tradizionale)	44+555 - 45+025 [44+518 - 44+988 GL Ovest]	44+555 [44+518 GL Ovest]	45+025 [44+988 GL Ovest]	Ogni settimana di avanzamento e in corrispondenza delle zone di faglia						--	
Gallerie di Linea (Scavo in tradizionale)	45+025 - 47+259 [44+988 - 47+222 GL Ovest]	45+025 [44+988 GL Ovest]	47+259 [47+222 GL Ovest]	Ogni settimana di avanzamento						--	
Gallerie di Linea Esistenti (Scavo in tradizionale Lotto Mules 1)	47+259 - 49+082 [47+222 - 49+057 GL Ovest]	47+259 [47+222 GL Ovest]	49+082 [49+057 GL Ovest]	--	--	--	--	--	--	--	
Gallerie di Linea (Scavo in tradizionale)	49+082 - 49+118 [49+057 - 49+241 GL Ovest]	49+082 [49+057 GL Ovest]	49+118 [49+241 GL Ovest]	Ogni settimana di avanzamento	In caso di soste prolungate dell'avanzamento			Zone di faglia e zone critiche.		--	
Gallerie di Linea (Scavo con TBM aperta)	49+118 - 52+622 [49+241 - 52+845 GL Ovest]	49+118 [49+241 GL Ovest]	51+580 [51+571 GL Ovest]	2 stazioni di misura in corrispondenza di ogni innesto cunicoli trasversali	--	Una stazione indicativamente ogni 50m nelle tratte con rivestimento di 1a fase con chiodi cementati	In corrispondenza delle zone di faglia o delle zone critiche.	--	1 stazione ogni 50m (Installazione delle celle di pressione a discrezione della DL)	--	
		51+580 [51+571 GL Ovest]	52+622 [52+845 GL Ovest]								
Gallerie di Linea Doppio binario (Scavo in tradizionale)	52+622 - 54+015 [52+845 - 54+002 GL Ovest]	52+622 [52+845 GL Ovest]	54+015 [54+002 GL Ovest]	Ogni settimana di avanzamento	In caso di soste prolungate dell'avanzamento			Zone di faglia e zone critiche.		--	
Galleria di Accesso di Treni (Scavo in tradizionale)	45+192 - 18+909 [0+000 - 3+806 GA]	45+192 [0+000 GA]	48+909 [3+806 GA]	Ogni settimana di avanzamento						--	

**ANHANG 4 - ERKUNDUNGEN UND VERMESSUNGEN**

Tätigkeit	Kapitel	Lieferung - Installation der Geräte	Durchführung Messungen und Verantwortung für die Daten Übermittlung	Ort	Häufigkeit	Zeitplanung Messungen
<b>Kapitel 4 - Systematische Untersuchungen im Verlaufe des Vortriebes</b>						
Geomechanische Vermessungen	4.4	—	DL/ÖBA	Abbaufont bei bergmännischem Vortrieb Gripper Ausbruchwände bei TBT-	Bei TBM-Gripper: täglich zu intensivieren im Falle von Gebirge mit geringer Qualität (Klasse IV und V) oder auf Anweisung der Bauleitung Bei bergmännischem Vortrieb: nach jedem Vortrieb beim bergmännischen Vortrieb	Während des Wartungsstillstands des TBM-Grippers bei mechanischem Ausbruch Nach dem Vortrieb beim bergmännischen Vortrieb
Vortriebssondierung mit Kernzerstörung	4.5	Auftragnehmer	Auftragnehmer	TBM oder bergmännische Abbaufont (in den Streckenabschnitten der Anwendung)	Eine Sondierung von 150 m alle 100 m Ausbruch. In Streckenabschnitten, wo der Erkundungsstollen bereits auf Anweisung der Bauleitung auf der Grundlage der Stollenergebnisse vorgetrieben wurde	Kontinuierlich (in den Streckenabschnitten der Anwendung)
Geophysikalische Seismikuntersuchungen	4.6	Auftragnehmer	Auftragnehmer	TBM oder bergmännische Abbaufont (in den Streckenabschnitten der Anwendung)	Eine Untersuchung alle 100m Ausbruch entlang des Erkundungstunnels und entlang der Tunnel, die nicht in Achse mit dem Erkundungstunnel sind, oder auf Anweisung der Bauleitung	Kontinuierlich (in den Streckenabschnitten der Anwendung)
Messungen der Geräuschemissionen - Rockburst	4.7	Auftragnehmer	Auftragnehmer	alle 50 m entlang der Tunnelachse in geophysikalischen Bohrungen (in den Abschnitten der Anwendung)	Kontinuierlich bei Lagen > 1000m (in den Streckenabschnitten der Anwendung) Bei Lagen zwischen 600m und 1000m sowie in anderen Streckenabschnitten nach Angabe durch die Bauleitung auf der Grundlage geologischer Umstände und von Vorüberwachungszeichen	Kontinuierlich (in den Streckenabschnitten der Anwendung)
Geoelektrische Vermessungen	4.8	Auftragnehmer	Auftragnehmer	Schild-TBM	Kontinuierlich (in den Streckenabschnitten der Anwendung)	Kontinuierlich (in den Streckenabschnitten der Anwendung)
Erhebung der Fräsen-Parameter	4.9	Auftragnehmer	Auftragnehmer	Ausbruch mit TBM	Kontinuierlich	Kontinuierlich
Überwachung der Gase und der Strahlungen	4.10	Auftragnehmer	Auftragnehmer	Ausbruch mit TBM und in den Anwendungs-Abschnitten beim bergmännischen Vortrieb, in anderen Abschnitten auf Anweisung der Bauleitung	Kontinuierlich (in den Streckenabschnitten der Anwendung)	Kontinuierlich (in den Streckenabschnitten der Anwendung)
Flussmessungen: Ständige Vermessungspunkte	4.11.1	Auftragnehmer	DL/ÖBA	In Stollen am Aicha-Portal, in Höhe des Punktes der geringsten Überschneidung mit dem Zweig A - Ultraschallmessgeräte	Kontinuierlich	Kontinuierlich
Flussmessungen: Erfassung entlang der Tunnel	4.11.2	Auftragnehmer	DL/ÖBA	Etwa alle 500 m Tunnel (Mikroflügelmesser mit Messkala im Stollen, Dreieckswehre in den anderen Tunneln)	—	—
<b>Kapitel 5 - Punktuelle Untersuchungen im Verlaufe des Vortriebes</b>						
Radialsondierung mit Kernzerstörung	5.1	Auftragnehmer	Auftragnehmer	Auf Anweisung der Bauleitung/ÖBA auf der Basis der geologischen Umstände	Auf Anweisung der Bauleitung/ÖBA auf der Basis der geologischen Umstände	—
Sondierungen mit durchgängiger Kernbohrung im Vortrieb	5.2	Auftragnehmer	Auftragnehmer	Auf Anweisung der Bauleitung/ÖBA im Falle unsicherer geologischer Bedingungen	Auf Anweisung der Bauleitung/ÖBA im Falle unsicherer geologischer Bedingungen	—
Radiale Sondierungen mit durchgängiger Kernbohrung	5.3	Auftragnehmer	Auftragnehmer	Auf Anweisung der Bauleitung/ÖBA auf der Basis der geologischen Umstände	Auf Anweisung der Bauleitung/ÖBA auf der Basis der geologischen Umstände	—
Hydrogeologische und thermometrische Vermessungen	5.4/5.5	Auftragnehmer	Bauleitung/ÖBA	Etwa alle 500 m Tunnel	—	—

Tätigkeit	Kapitel	Lieferung - Installation der Geräte	Durchführung Messungen und Verantwortung für die Daten Übermittlung	Ort	Häufigkeit	Zeitplanung Messungen
<b>Kapitel 6 - Überwachungen während der Bauarbeiten</b>						
Konvergenzmessungen	6.1	Auftragnehmer	DL/ÖBA	Beim bergmännischen Vortrieb: dicht an der Abbaufont Ausbruch mit TBM: hinter dem Backup Beim	Beim bergmännischen Vortrieb: Installation einer Station pro Woche und in Höhe von Verbreiterungen oder Schnittpunkten zwischen Tunneln; Laufweite oder Position kann auf Anweisung der Bauleitung geändert werden. Beim TBM-Vortrieb: 2 Stationen in Höhe der Schnittpunkte mit Querstellen und Nischen	Messung von "0" sofort nach der Installation. Weitere Messungen je nach Konvergenzgeschwindigkeit
Messung der Extrusion der Abbaufont	6.2	Auftragnehmer	DL/ÖBA	An der Abbaufont bei bergmännischem Vortrieb	Im Falle längerer Stillstände	Messung von "0" sofort nach der Installation. Weitere Messungen je nach Extrusionsgeschwindigkeit und immer mindestens vor der Wiederaufnahme des Vortriebs
Messungen der Verformungen der Gebirgsmasse an der Ausbruchskontur: mit Instrumenten Messnägel	6.3	Auftragnehmer	DL/ÖBA	Geostrukturelle Vermessung dicht an der Abbaufont gleich nach dem Vortrieb	Im Verlaufe der Anwendung von Ausbruchsabschnitten mit einzementierten Nagelungen, etwa eine Station alle 50 m (immer in Höhe einer Konvergenzstation)	Messung von "0" sofort nach der Installation. Weitere Messungen je nach Verformungsgeschwindigkeit
Messungen der Verformungen der Gebirgsmasse an der Ausbruchskontur: mit Messnägeln	6.4	Auftragnehmer	DL/ÖBA	Installation dicht an der Abbaufont gleich nach dem Vortrieb oder nach dem Backup bei Ausbruch mit TBM	TBM-Vortrieb: etwa in Höhe von Querstellen, Nischen und Logistikbuchten und/oder in Bereichen mit kritischem geomechanischem Verhalten. Bergmännischer Vortrieb: zwei Stationen für Tunnelkavernen und etwa eine Station alle 600 m Vortrieb (in Höhe von Querstellen, Nischen und Logistikbuchten und/oder in Bereichen mit kritischem geomechanischem Verhalten) (immer in Höhe einer Konvergenzstation)	Messung von "0" sofort nach der Installation. Weitere Messungen je nach Verformungsgeschwindigkeit
Messungen der Verformungen der Gebirgsmasse am Ausbruchskern: inkrementelle Dehnungsmesser	6.5	Auftragnehmer	DL/ÖBA	Am Ausbruchskern bei bergmännischem Vortrieb	Im Falle längerer Stillstände und in Bereichen mit kritischem geomechanischem Verhalten	Messung von "0" sofort nach der Installation. Weitere Messungen je nach Verformungsgeschwindigkeit
Messungen der Verformung/Spannung an der Betonierung der ersten Phase: Dehnungsmesser mit Vibrationsfeder, Kraftmessdosen, Druckmessdosen	6.6	Auftragnehmer	DL/ÖBA	Geostrukturelle Vermessung dicht an der Abbaufont gleich nach dem Vortrieb	Im Verlaufe der Anwendung von Ausbruchsabschnitten mit einzementierten Nagelungen, etwa eine Station alle 50 m (immer in Höhe einer Konvergenzstation)	Messung von "0" sofort nach der Installation. Weitere Messungen je nach Verformungs-/Lastgeschwindigkeit
Messungen von Verformung/Spannung: Messquader mit Dehnungsmessgeräten mit Vibrationsfeder	6.7	Auftragnehmer	DL/ÖBA	Ausbruch mit Schild-TBM	Etwa eine Station alle max. 500m Ausbruch und/oder in Höhe von Bereichen mit kritischem geomechanischem Verhalten, Schnittpunkten mit Querstellen, Nischen, Verbreiterungen	Messung von "0" sofort nach der Installation. Weitere Messungen je nach Verformungs-/Lastgeschwindigkeit
<b>Kapitel 7 - Betriebsorientierte Überwachung</b>						
Messungen von Verformung/Spannung: Innenschale als Ortbeton mit Dehnungsmessgeräten mit Vibrationsfeder	7.1	Auftragnehmer	DL/ÖBA - BBT	In den Innenschalen als Ortbeton	Etwa eine Station alle max. 500m Ausbruch und/oder in Höhe von Bereichen mit kritischem geomechanischem Verhalten, Schnittpunkten mit Querstellen, Nischen, Verbreiterungen	Messung von "0" sofort nach der Installation. Weitere Messungen je nach Verformungs-/Lastgeschwindigkeit Immer eine quartalsweise Ablesung nach Beendigung der Arbeiten

APPENDICE 4 – COMPETENZE PER L'ESECUZIONE DI MONITORAGGI, PROSPEZIONI E RILIEVI

Attività	Capitolo	Fornitura e installazione della strumentazione	Esecuzione delle misure e restituzione dati	Luogo di esecuzione / installazione	Frequenza di esecuzione / installazione	Tempistica misure
<b>Capitolo 4 - indagini sistematiche nel corso dell'avanzamento</b>						
Rilievi geomeccanici	4.4	—	DL/ÖBA	Fronte di scavo per scavi tradizionali di scavo per Gripper TBT Pareti	Per Gripper TBM: giornaliero da intensificare in caso di ammasso di scarsa qualità (IV e V classe) o su ordine DL Per scavi tradizionali: dopo ogni avanzamento per scavo tradizionale	Durante pausa manutenzione Gripper TBM per scavo meccanizzato Dopo avanzamento per scavo tradizionale
Sondaggi in avanzamento a distruzione di nucleo	4.5	Appaltatore	Appaltatore	TBM o fronte di scavo tradizionale (nelle tratte di applicazione)	Un sondaggio di 150m ogni 100m di scavo. In tratte dove Cunicolo Esplorativo è scavato su ordine DL in base a risultati cunicolo	Continuo (nelle tratte di applicazione)
Rilievi geofisici sismici Geophysikalische Seismikuntersuchungen	4.6	Appaltatore	Appaltatore	TBM o fronte di scavo tradizionale (nelle tratte di applicazione)	Un indagine ogni 100m di scavo lungo Cunicolo Esplorativo e lungo gallerie non in asse al Cunicolo Esplorativo su ordine DL	Continuo (nelle tratte di applicazione)
Misure emissioni acustiche - Rockburst	4.7	Appaltatore	Appaltatore	ogni 50 metri lungo asse galleria in fori geofisica (nelle tratte di applicazione)	In continuo per coperture > 1000m nelle tratte di applicazione. Per coperture comprese tra 600m e 1000m e nelle altre tratte su indicazione DL in base condizioni geologiche e segni premonitori	Continuo (nelle tratte di applicazione)
Rilievi geoelettrici	4.8	Appaltatore	Appaltatore	TBM Scudate	Continuo (nelle tratte di applicazione)	Continuo (nelle tratte di applicazione)
Registrazione dei parametri fresa Erhebung der TBM-Parameter	4.9	Appaltatore	Appaltatore	Scavi con TBM	Continuo	Continuo
Monitoraggio dei gas e delle radiazioni	4.10	Appaltatore	Appaltatore	Scavi con TBM e nelle tratte di applicazione per scavo in tradizionale, nelle altre tratte su indicazione della DL	Continuo (nelle tratte di applicazione)	Continuo (nelle tratte di applicazione)
Misure di portata: punti di rilevamento continuo	4.11.1	Appaltatore	DL/ÖBA	Nel Cunicolo al portale di Aica, in corrispondenza punto di minimo e all'intersezione con il Ramo A - misuratori a ultrasuoni	Continuo	Continuo
Misure di portata: rilevamento lungo le gallerie	4.11.2	Appaltatore	DL/ÖBA	Indicativamente ogni min 500 m di galleria (micromulinelli ad asta graduata nel Cunicolo, stramazzi triangolari nelle altre gallerie)	—	—
<b>Capitolo 5 - Indagini puntuali nel corso dell'avanzamento</b>						
Sondaggi radiali a distruzione di nucleo	5.1	Appaltatore	Appaltatore	Su ordine DL/ÖBA in base a condizioni geologiche	Su ordine DL/ÖBA in base a condizioni geologiche	—
Sondaggi a carotaggio continuo in avanzamento	5.2	Appaltatore	Appaltatore	Su ordine DL/ÖBA nel caso di condizioni geologiche incerte	Su ordine DL/ÖBA nel caso di condizioni geologiche incerte	—
Sondaggi radiali a carotaggio continuo	5.3	Appaltatore	Appaltatore	Su ordine DL/ÖBA in base a condizioni geologiche	Su ordine DL/ÖBA in base a condizioni geologiche	—
Rilievi idrogeologici e termometrici	5.4/5.5	Appaltatore	DL/ÖBA	Indicativamente ogni min 500 m di galleria	—	—



Attività	Capitolo	Fornitura e installazione della strumentazione	Esecuzione delle misure e restituzione dati	Luogo di esecuzione / installazione	Frequenza di esecuzione / installazione	Tempistica misure
<b>Capitolo 6 - Monitoraggi in corso d'opera</b>						
Misure di convergenza	6.1	Appaltatore	DL/ÖBA	Per scavi tradizionali: a ridosso del fronte di scavo con TBM: dietro il back-up Per scavi	Per scavi in tradizionale: installazione di una stazione a settimana ed in corrispondenza di allarghi o intersezioni tra gallerie; spazitura o posizione può essere cambiata su ordine DL. Per scavi con TBM: n.2 stazioni in corrispondenza intersezioni con cunicoli trasversali e nicchie	Misura di "0" subito dopo l'installazione. Altre misure in funzione della velocità di convergenza
Misure di estrusione del fronte di scavo	6.2	Appaltatore	DL/ÖBA	Sul fronte di scavo per avanzamenti in tradizionale	Nel caso di soste prolungate	Misura di "0" subito dopo l'installazione. Altre misure in funzione della velocità di estrusione e comunque almeno prima della ripresa dell'avanzamento
Misure di deformazione dell'ammasso roccioso sul contorno dello scavo: chiodi strumentati	6.3	Appaltatore	DL/ÖBA	Installazione a ridosso del fronte di scavo subito dopo avanzamento	Nel corso dell'applicazione di sezioni di scavo con chiodature cementate, indicativamente una stazione ogni 50 m (sempre in corrispondenza di una stazione di convergenza)	Misura di "0" subito dopo l'installazione. Altre misure in funzione della velocità di deformazione
Misure di deformazione dell'ammasso roccioso sul contorno dello scavo: estensimetri multibase	6.4	Appaltatore	DL/ÖBA	Installazione a ridosso del fronte di scavo subito dopo avanzamento odietro al back-up per scavi con TBM	Scavi con TBM: indicativamente in corrispondenza di Cunicoli Trasversali, nicchie e Piazzole Logistiche e/o in zone a comportamento geomeccanico critico. Scavi in tradizionale: due stazioni per Cameroni e indicativamente una stazione ogni 600 m di avanzamento ( in corrispondenza di Cunicoli Trasversali, nicchie e Piazzole Logistiche e/o in zone a comportamento geomeccanico critico) (sempre in corrispondenza di una stazione di convergenza)	Misura di "0" subito dopo l'installazione. Altre misure in funzione della velocità di deformazione
Misure di deformazione dell'ammasso roccioso sul nucleo di scavo: estensimetri incrementali	6.5	Appaltatore	DL/ÖBA	Sul nucleo di scavo per avanzamenti in tradizionale	Nel caso di soste prolungate e in zone a comportamento geomeccanico critico	Misura di "0" subito dopo l'installazione. Altre misure in funzione della velocità di deformazione
Misure di deformazione / tensione sul rivestimento di prima fase: estensimetri a corda vibrante, celle di carico, celle di pressione	6.6	Appaltatore	DL/ÖBA	Installazione a ridosso del fronte di scavo subito dopo avanzamento	Nel corso dell'applicazione di sezioni di scavo con centine, indicativamente una stazione ogni 50 m (sempre in corrispondenza di una stazione di convergenza)	Misura di "0" subito dopo l'installazione. Altre misure in funzione della velocità di deformazione / carico
Misure di deformazione / tensione: conci strumentati con estensimetri a corda vibrante	6.7	Appaltatore	DL/ÖBA	Scavi con TBM scudate	Una stazione indicativamente ogni max 500 m di scavo e/o in corrispondenza di zone a comportamento geomeccanico critico, intersezioni con Cunicoli Trasversali, nicchie, allarghi	Misura di "0" subito dopo l'installazione. Altre misure in funzione della velocità di deformazione / carico
<b>Capitolo 7 - Monitoraggio finalizzato all'esercizio</b>						
Misure di deformazione / tensione: rivestimenti definitivi gettati in opera strumentati con estensimetri a corda vibrante	7.1	Appaltatore	DL/ÖBA - BBT	Nei rivestimenti definitivi gettati in opera	Una stazione indicativamente ogni max 500 m e/o in corrispondenza di zone a comportamento geomeccanico critico, intersezioni con Cunicoli Trasversali, nicchie, allarghi	Misura di "0" subito dopo l'installazione. Altre misure in funzione della velocità di deformazione / carico. Comunque una lettura trimestrale al termine dei lavori

ANHANG 5 – DEFINITION DER ÜBERWACHUNGS-AUSBRUCHQUERSCHNITTE

APPENDICE 5 – DEFINIZIONE DELLE SEZIONI TPO DI MONITORAGGIO

Phase / Fase	Überwachungs- regelquerschnitt / Sezione tipo di monitoraggio	Optische Ziele für Konvergenzmessungen / Mire ottiche per misure di convergenza	Ausgerüstete Stahlbögen / Centine strumentate		Messnägel / Chiodi strumentati	Multibasis- Dehnungsmessern / Estensimetri multibase	Elektrische Piezometer / Piezometri elettrici	Thermometer / Termometri	Dehnungsmessgerät in den Tübbingem/ Strain gauges nei conci	Dehnungsmessgerät in den Innenschalen / Strain gauges nei rivestimenti definitivi
			Dehnungsmessgerät / Strain gauges	Kraftmessdosen / Celle di carico						
Bauwerk / Costruzione	1	X								
	2	X	X	X						
	3	X	X	X	X					
	4	X	X	X	X	X				
	5	X	X	X			X	X		
	6	X	X	X		X	X	X		
	7	X			X					
	8	X			X	X				
	9	X							X	
	10	X					X	X	X	
	11	X				X	X	X	X	
Betrieb / Esercizio	12									X
	13								X	X

ANHANG 6 – ANWENDUNG DER ÜBERWACHUNGS-AUSBRUCHQUERSCHNITTE


APPENDICE 6 – APPLICAZIONE DELLE SEZIONI DI MONITORAGGIO


Phase / Fase	Überwachungs- regelquerschnitt / Sezione tipo di monitoraggio	Strecken (für die Kürzelbedeutung siehe nachfolgende Tabelle) / Tratte (per il significato delle sigle di veda la tabella successiva)										
		GL-D/DA/DM	GL-MA	GL-MAT	GL-T	FdE-GL-T	GL-CM-T	C-T	GA + CcT	C-MS	GL-MS	Bestehende Bauwerke / Opere esistenti
Bauwerk / Costruzione	1	44 (22+22)		1	4 (2+2)	2 (1+1)		16	104	17	100 (50+50)	
	2	8 (4+4)			4 (2+2) 2 (1+1)	8 (4+4)		2	4 3 7			
	3				14 (7+7) 4 (2+2)	10 (5+5)		4	1 13 2 2			
	4					4 (2+2)			2			
	5	2 (1+1)										
	6	2 (1+1)	4 (2+2)									
	7		16 (8+8) 78 (39+39)	3 (1+2)	2 (1+1) 42 (21+21) 14 (7+7)	8 (4+4)	2 (1+1)	9	12 27 3			
	8						4 (2+2)					
	9									15	32 (16+16)	
	10									4	2 (1+1)	
	11									9	14 (7+7)	
Betrieb / Esercizio	12	20 (10+10)			12 (6+6)			2	9			8 (4+4) 4 4
	13									28	48 (24+24)	

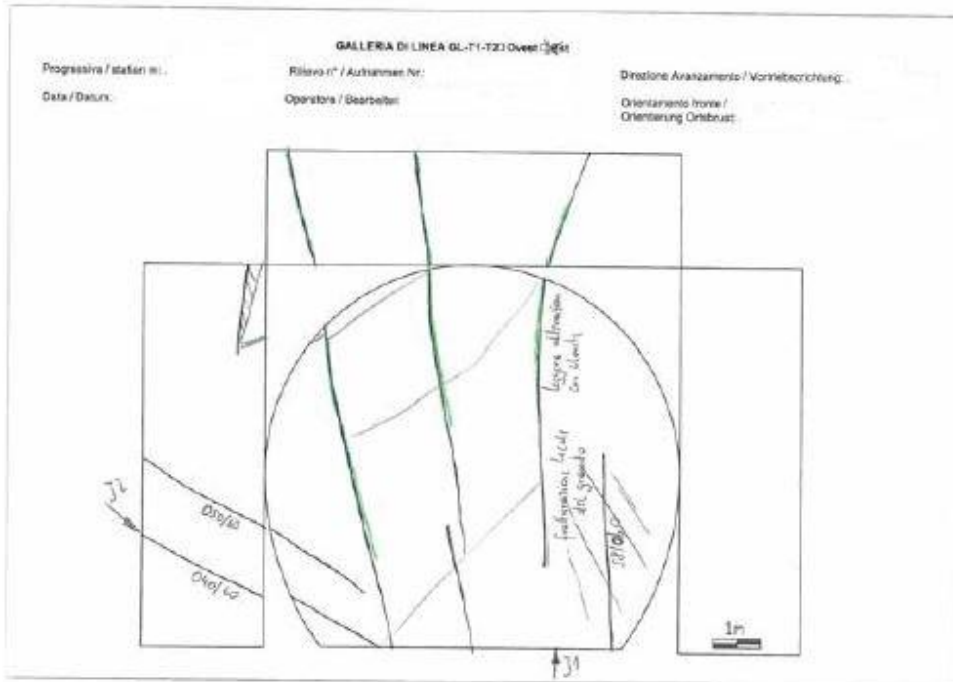
<b>Abkürzung / Sigla</b>	<b>Strecke / Tratta</b>
<b>GL-D/DA/DM</b>	Doppelgleisiger Haupttunnel, verbreiteter Querschnitt (GL-D), mit verbreiterem Querschnitt (GL-DA), mit Feder-Masse-System (GL-DM) - konventioneller Vortrieb / Galleria di Linea doppio binario, sezione corrente (GL-D), allargata (GL-DA), masse flottanti (GL-DM) - scavo in tradizionale
<b>GL-MA</b>	Eingleisiger Haupttunnel - Offene-TBM Vortrieb / Galleria di Linea singolo binario - scavo meccanizzato TBM aperta
<b>GL-MAT</b>	Haupttunnel - konventioneller Vortrieb im Übergangsbereich zur offenen TBM-Strecke / Galleria di Linea -Scavo in tradizionale per passaggio TBM aperta
<b>GL-T</b>	Eingleisiger Haupttunnel - konventioneller Vortrieb + Galleria di Linea singolo binario - scavo in tradizionale
<b>FdE-GL-T</b>	Haupttunnel Nothaltestelle - konventioneller Vortrieb / Galleria di Linea Fermata di Emergenza- scavo in tradizionale
<b>GL-CM-T</b>	Haupttunnel - Montagekaverne - konventioneller Vortrieb / Galleria di Linea - Camerone montaggio - scavo in tradizionale
<b>C-T</b>	Erkundungsstollen - konventioneller Vortrieb / Cunicolo Esplorativo - scavo in tradizionale
<b>GA + FdE-CcT</b>	Zugangstunnel Trens und Mittelstollen Trens - konventioneller Vortrieb / Galleria di Accesso di Trens e Cunicolo centrale di Trens- scavo in tradizionale.
<b>C-MS</b>	Erkundungsstollen - Schild-TBM Vortrieb / Cunicolo Esplorativo - scavo meccanizzato TBM scudata
<b>GL-MS</b>	Eingleisiger Haupttunnel - Schild-TBM Vortrieb / Galleria di Linea singolo binario - scavo meccanizzato TBM scudata
<b>Bestehende Bauwerke / Opere esistenti</b>	Haupttunnel, Erkundungsstollen, Fensterstollen Mauis, Lüftungskaverne und Zugangstunnel / Gallerie di Linea, Cunicolo Esplorativo, Finestra di Mules, Camerone di Ventilazione e Gallerie di Collegamento


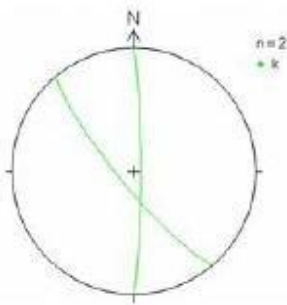
ANHANG 7 – BEISPIEL FÜR DIE  
DOKUMENTATION FÜR DIE VERMESSUNG  
DER ABBAUFREONT


APPENDICE 7 – ESEMPIO DI SCHEDA DI  
RILIEVO DEL FRONTE

		Documentazione geologica Relazione rilievo		Baugeologische Dokumentation Abschlagsbericht		
N° Documento / Dokumentnr.:						
Progressiva / Station m:		Rilev. n° / Aufnahme Nr.:		Data / Datum:		Ora / Zeit:
Progress. prog. / Proj. km:		Tipo avanz. / Vortriebsart:		Lungh. volata / Abschlagsl.:		Sez. tipo / Regelprofil / Copertura / Überlag.:
Descrizione litologia / Gesteinsbeschreibung:						
Descrizione ammasso roccioso / Gebirgsbeschreibung:						
Condizioni idriche / Bergwasser:						
Comport. dell'ammasso roccioso - stabilità / Gebirgsverhalten - Standfestigkeit:						
Rischio potenziale - Potenzielles Risiko:						
Descrizione di Discontinuità / Beschreibung von Trennflächen:						
Tipo amm. rocc. / Gebirgsart:		Tipo comp. amm. rocc. / GVT:		Sovrascavo / Mehrausbr.:		Tendenza / Tendenz:
Sostegni / Stützmaßnahmen:				Anomalie rivestimento / Unregelmäßigkeiten Stützmaßnahmen:		

 Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE	Documentazione geologica Relazione rilievo	Baugeologische Dokumentation Abschlagsbericht		
<b>N° Documento / Dokumentnr.:</b>				
Progressiva / Station m:	Rilievo n° / Aufnahme Nr.:	Data / Datum:	Ora / Zeit:	Operatore / Bearbeiter:
Progress. prog. / Proj. km:	Tipo avanz. / Vortriebsart:	Lungh. volata / Abschlagsl.:	Sez. tipo / Regelprofil:	Copertura / Überlag.:



		Documentazione geologica Relazione rilievo	Baugeologische Dokumentation Abschlagsbericht					
<b>N° Documento / Dokumentnr.:</b>								
Progressiva / Station m:	Rilev. n° / Aufnahme Nr.:	Data / Datum:	Ora / Zeit:	Operatore / Bearbeiter:				
Progress. prog. / Proj. km:	Tipo avanz. / Vortriebsart:	Lungh. volata / Abschlagsl.:	Sez. tipo / Regelprofil:	Copertura / Überlag.:				
<b>Dati rilievo / AufnahmeDaten</b>								
Litholog. (+N° leg) Lithol. (+Nr. Leg)	% Farbe	Colore Farbe	Grand. granuli (mm) Korngröße (mm)	Alterazione Verwitterung	Modif. l.pres. acqua Wasserempfindl.	Mart. di Schmidt Schmidt. H. (MPa)	Grado fratt. Zerleg.grad	Campionam. Probenahme
A)								
Tipo strutt. Trennfächenart	Imm / Incl. Dip Dir / Dip	Spaziat. (mm) Abstand	Persist. (m) Durchgäng.	Scabrezza Rauh. (JRC)	Riempimento Füllung	Alteraz. Verwitt.	Apertura Öffnung (mm)	
1) Giunti Kluft								
2) Giunti Kluft								
Faglie Störung	Imm / Incl. Dip Dir / Dip	Spess. Mächtigkeit [m]	Rocce di faglia Störungsgestein	Alteraz. Verwitt.	Acqua Wasser	Spess.app Verschnittl. [m]	Strie / Hamisch Imm / Incl. Dip Dir / Dip	
Acqua Bergwasser	Tipo venuta Austrittsart	Luogo venuta Austrittsort	Andamento port. Auslaufverhalten	Portata [l/s] Schüttmenge	Temperatura Temp. [°C]	Valore PH PH-Wert	Conducibilità Leitföh. [µS]	Camplone Probenahme
<b>Elaborazioni / Auswertungen</b>								
Discontinuità - Rappr. ciclograf. / Trennfl. - Großkreise			Distacchi gravitativi di blocchi / Gravitatives Versagen von Blöcken					
			Volume blocco / Blockvol. [m³]:  Peso blocco / Blockgewicht [t]:					
Geological strenght Index (GSI): GSI Structure: GSI Surface condition:			Classe di agg. a causa di acqua / Wassererschwerkklasse:					

 <small>Galleria di Base del Brennero Brenner Basistunnel BBT SE</small>		Documentazione geologica Relazione rilievo		Baugeologische Dokumentation Abschlagsbericht		
<b>N° Documento / Dokumentnr.:</b>						
Progressiva / Station m:	Rilev. n° / Aufnahme Nr.:	Data / Datum:	Ora / Zeit:	Operatore / Bearbeiter:		
Progress. prog. / Proj. km:	Tipo avanz. / Vortriebsart:	Lungh. volata / Abschlagsl.:	Sez. tipo / Regelprofil:	Copertura / Überlag.:		
<b>Classificazione / Klassifizierung RMR</b>						
<b>Parameter/Parameter</b>	<b>Range dei valori / Wertebereich</b>					
Resistenza roccia	Point load test	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	
Gesteinsfestigkeit	UCS	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 1-5 <1
		15	12	7	4	2 1 0
RQD		90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%
		20	17	13	8	3
Spaz.disc./Tr. abst.		> 2 m	0.6 -2 m	200-600 mm	60-200 mm	< 60 mm
		20	15	10	8	5
Condizione delle discontinuità / Trennflächeneigenschaften	Persistenza	< 1 m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	> 20 m
	Durchgängigk.	6	4	2	1	0
	Apertura	serrata / keine	< 0.1 mm	0.1-1.0 mm	1-5 mm	>5 mm
	Öffnung	6	5	4	1	0
	Scabrezza	mo.rug./ s.rauh	Rugoso / rauh	po.rug./wenig r.	Piana / plan	Liscia / glatt
	Rauhigkeit	6	5	3	1	0
	Riempimento	assente / keine	duro/hart<5mm	duro/hart>5mm	plast./weich< 5	plast./weich>5
	Füllung	6	4	2	2	0
	Alterazione	assent./unverw.	scarsa/schwa.	moder./mäßig	elavata / stark	decomp./vollst.
Verwitterung	6	5	3	1	0	
Acqua / Wasser	Co.gen./Allg.B.	assente/trock.	umido/feucht	bagnato/nass	stillicidi/tropf.	venute/fließ.
	Q 10m Gal./Tun.	0 l/min	< 10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	>125 l/min
		15	10	7	4	0
Orient. giunti-gall. / Orient.Klüfte-Tunn.		molto favorev. / sehr begünst.	favorevole / begünstigend	discreta / mäßig	sfavorevole / ungünstig	mo. sfavorev. / s. ungünstig
		0	-2	-5	-10	-12
RMR - Indice / Index:						74
Classe amm. rocc. / Gebirgsklasse:						II
<b>Firma / Fertigung</b>						
	Nome / Name	Data / Datum	Firma / Unterschrift			
Direzione lavori / Bauleitung						
Impresa / Baufirma						
BBT-SE						