

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01 e s.m.i.



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

CUP: J94F04000020001

U.O. GALLERIE

PROGETTO DEFINITIVO

ASSE FERROVIARIO MONACO - VERONA

ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

SCALA:

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

IBL1 10 D 07 RG GN0000 001 A



Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Emissione Definitiva per CdS	N.Casagrande	Marzo 2013	A.Sciotti	Marzo 2013	G. Mazzocchi	Marzo 2013	A.PIGORINI
		A.Amato						



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	2 di 154

INDICE

1	PREMESSA	7
2	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO	8
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	8
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI	8
3.2	DOCUMENTI CORRELATI	9
3.3	DOCUMENTI SUPERATI	9
3.4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO PER LA PROGETTAZIONE DELLE GALLERIE.....	9
3.4.1	<i>Normative Cogenti</i>	9
3.4.2	<i>Raccomandazioni, linee guida, riferimenti bibliografici</i>	10
3.4.3	<i>Prescrizioni e specifiche tecniche RFI, Italferr</i>	10
3.4.4	<i>Prescrizioni CIPE</i>	10
3.5	DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO	10
3.6	ABBREVIAZIONI	16
4	METODOLOGIA DI LAVORO.....	18
5	OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE E DIFFERENZE RISPETTO AL PROGETTO PRELIMINARE	19
5.1	OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE EMERSE IN SEDE DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO PRELIMINARE.....	19
5.2	DIFFERENZE RISPETTO AL PROGETTO PRELIMINARE E RELATIVE MOTIVAZIONI.....	19
5.2.1	<i>Modifica del tracciato delle interconnessioni di Ponte Gardena</i>	19
5.2.2	<i>Modifica dell'ubicazione dell'imbocco della discenderia di Chiusa</i>	20
5.2.3	<i>Spostamento più a nord della finestra di Aica-Varna e del relativo cantiere nei pressi del deposito in val Riga</i> .	20
5.2.4	<i>Modifica del tracciato della finestra di Albes</i>	21
5.2.5	<i>Modifica dello schema organizzativo degli scavi e dei trasporti ad Albes</i>	21
5.2.6	<i>Conclusioni</i>	21
6	INTERFERENZE	22
6.1	INTERFERENZA TRA LA GALLERIA DI INTERCONNESSIONE PARI DELLA SCALERES E LE GALLERIE DI LINEA.....	22



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
 IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RC	GN 00 00 001	A	3 di 154

6.2	INTERFERENZA DELLA DOPPIA FINESTRA AICA-VARNA CON L'AUTOSTRADA A22 E LA LINEA FERROVIARIA DEL BRENNERO.....	22
6.3	INTERFERENZA DELLA DOPPIA GALLERIA FORCH PER LO SMARINO CON LA S.S.12 DEL BRENNERO	22
6.4	INTERFERENZA DELLE GALLERIE DI INTERCONNESSIONE DI PONTE GARDENA CON IL VIADOTTO BELPRATO DELL'AUTOSTRADA A22	23
7	ASPETTI GENERALI	24
7.1	IL TRACCIATO DI PROGETTO	24
8	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	25
8.1	CONFIGURAZIONE E SVILUPPO DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	27
8.1.1	<i>Il sistema galleria Scaleres - Tratto tra Fortezza e l'imbocco Sud.....</i>	27
8.1.2	<i>Il sistema galleria Gardena - Tratto tra l'imbocco Nord e Ponte Gardena.....</i>	31
8.2	SEZIONI DI INTRADOSSO	34
8.2.1	<i>Gallerie naturali di linea e di interconnessione.....</i>	35
8.2.2	<i>Gallerie artificiali.....</i>	38
8.2.3	<i>Cameroni per le Interconnessioni.....</i>	39
8.2.4	<i>Cameroni per i Posti di Comunicazione.....</i>	40
8.2.5	<i>Nicchie.....</i>	44
8.2.6	<i>Cunicoli trasversali di collegamento.....</i>	45
8.2.7	<i>Le altre opere funzionali alla realizzazione delle gallerie di linea.....</i>	47
8.2.8	<i>Finestra di Aica-Varna Sud.....</i>	48
8.2.9	<i>Finestre di Aica-Varna Nord, Forch e Chiusa.....</i>	50
8.2.10	<i>Finestra di Albes.....</i>	51
8.3	ASPETTI CONNESSI ALLA IMPERMEABILIZZAZIONE DELLE GALLERIE E ALLO SMALTIMENTO DELLE ACQUE INTERCETTATE DURANTE LO SCAVO E DI PIATTAFORMA.	53
8.3.1	<i>Premessa.....</i>	53
8.3.2	<i>Smaltimento delle acque di infiltrazione in fase di costruzione.....</i>	54
8.3.3	<i>Smaltimento acque di infiltrazione in fase di esercizio.....</i>	54
8.3.4	<i>Smaltimento acque di piattaforma in fase di esercizio - Liquidi pericolosi.....</i>	54

8.3.5	<i>Schemi della direzione dei flussi delle acque intercettate durante lo scavo e delle acque di piattaforma</i>	55
8.4	DISCONNESSIONE FUMI	60
9	IMBOCCHI DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	61
9.1	RILIEVI CELERIMETRICI DELLE ZONE DEI PORTALI	61
9.2	GALLERIA SCALERES	61
9.2.1	<i>Imbocco Nord galleria Scaleres</i>	61
9.2.2	<i>Imbocco Sud galleria Scaleres</i>	62
9.3	INTERCONNESSIONI DI FORTEZZA	64
9.3.1	<i>Imbocco della galleria binario pari</i>	64
9.3.2	<i>Imbocco della galleria binario dispari</i>	65
9.4	GALLERIA GARDENA	66
9.4.1	<i>Imbocco Nord galleria Gardena</i>	66
9.5	INTERCONNESSIONI DI PONTE GARDENA	67
9.5.1	<i>Imbocco della galleria di interconnessione binario dispari</i>	68
9.6	IMBOCCHI FINESTRE AICA-VARNA E GALLERIE DI SMARINO FORCH NELL'AREA UNTERSEEBER	69
9.7	IMBOCCHI GALLERIE DI SMARINO FORCH NELL'AREA DI DEPOSITO FORCH	70
9.8	IMBOCCO FINESTRA DI ALBES	71
9.9	IMBOCCO DISCENDERIA DI CHIUSA	72
10	FASE CONOSCITIVA	74
10.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO	74
10.1.1	<i>Caratteri litostratigrafici e strutturali</i>	74
10.1.2	<i>Caratteri idrogeologici</i>	77
10.2	INDAGINI	79
10.2.1	<i>Indagini e prove in sito</i>	79
10.2.2	<i>Indagini e prove di laboratorio</i>	80
10.2.3	<i>Indagini geofisiche</i>	80



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	5 di 154

10.3	LO STUDIO GEOTECNICO	80
10.3.1	<i>Caratterizzazione geotecnica degli ammassi rocciosi</i>	80
11	FASE DI DIAGNOSI: ANALISI DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO ALLO SCAVO	100
11.1	CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO	100
11.2	DETERMINAZIONE DELLE CLASSI DI COMPORTAMENTO	101
11.2.1	<i>Analisi del comportamento allo scavo con il metodo delle linee caratteristiche</i>	101
11.2.2	<i>Analisi del rischio di "squeezing"</i>	108
11.2.3	<i>Analisi del rischio di "spalling"</i>	112
11.2.4	<i>Definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo</i>	114
11.3	RISCHI POTENZIALI CONNESSI CON LA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE	116
12	FASE DI TERAPIA	117
12.1	METODOLOGIA DI SCAVO	117
12.1.1	<i>Criteri di scelta del sistema di scavo</i>	117
12.1.2	<i>Metodo di scavo tradizionale</i>	122
12.1.3	<i>Metodo di scavo meccanizzato delle gallerie</i>	122
12.2	SOLUZIONI PROGETTUALI E COSTRUTTIVE PER LA GESTIONE DEL RISCHIO IN FASE DI SCAVO	128
12.2.1	<i>Instabilità del fronte e del cavo</i>	128
12.2.2	<i>Grandi deformazioni (squeezing)</i>	129
12.2.3	<i>Rotture fragili (spalling)</i>	129
12.2.4	<i>Spinte dissimetriche</i>	130
12.2.5	<i>Mitigazione e controllo delle interferenze con le risorse idriche: venute d'acqua, isterilimento sorgenti e corsi d'acqua</i> 130	
12.2.6	<i>Risentimenti su infrastrutture sottoattraversate</i>	132
12.3	DEFINIZIONE E DESCRIZIONE DELLE SEZIONI DI SCAVO ED AVANZAMENTO	134
12.3.1	<i>Sezione tipo di avanzamento per scavo in tradizionale: gallerie di linea e finestre</i>	134
12.3.2	<i>Sezioni di scavo e consolidamento per i cameroni di interconnessione e di comunicazione P/D</i>	136
12.3.3	<i>Sezione tipo di avanzamento per scavo meccanizzato</i>	139



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
 LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
 IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	6 di 154

13	FASE REALIZZATIVA	141
13.1	CRITERI DI ORGANIZZAZIONE DEGLI SCAVI E DEI TRASPORTI E FASI REALIZZATIVE.....	141
13.1.1	<i>Criteri di organizzazione degli scavi e dei trasporti</i>	<i>141</i>
13.1.2	<i>Fasi realizzative</i>	<i>142</i>
13.2	STIMA DEI TEMPI DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE CIVILI INGALLERIA	150
13.3	IL MONITORAGGIO PER LA FASE REALIZZATIVA	152
14	CONCLUSIONI	154

1 PREMESSA

La presente relazione sintetizza gli aspetti principali della Progettazione Definitiva delle opere civili in sotterraneo riguardanti il 1° lotto prioritario “Fortezza-Ponte Gardena”, ubicato nel territorio della Provincia Autonoma di Bolzano, nell’ambito del quadruplicamento della linea Verona-Fortezza di accesso Sud alla galleria del Brennero.

La lunghezza totale del tracciato Alta Capacità (AC) a doppio binario nel Lotto 1 tratta “Fortezza-Ponte Gardena” è di circa 22,5 km e si sviluppa in massima parte in sotterraneo mediante due gallerie naturali denominate Scaleres e Gardena, aventi lunghezza complessiva di circa 21,7 km. Sono previste anche due interconnessioni, a Fortezza Sud e a Ponte Gardena Nord, anch’esse in sotterraneo.

Il Progetto Definitivo (P.D.) è stato sviluppato sulla base del Progetto Preliminare (P.P.) 2003 e degli aggiornamenti allo stesso del 2011 per l’adeguamento alle specifiche tecniche definite da RFI. Il presente progetto recepisce inoltre le prescrizioni CIPE formulate in sede di approvazione del Progetto Preliminare con delibera n.82/2010 del 18.11.2010 (pubblicata sulla G.U. del 16/03/2011). Variazioni rispetto al Progetto Preliminare riguardano, come si vedrà più avanti, la modifica di tracciato delle interconnessioni di Ponte Gardena, la modifica dell’ubicazione dell’imbocco della finestra di Chiusa, lo spostamento della finestra di Aica-Varna nei pressi dei depositi in val Riga in accordo alle prescrizioni n° 2 e 27 del CIPE, la modifica di tracciato della finestra di Albes e la modifica dello schema organizzativo degli scavi e dei trasporti ad Albes.

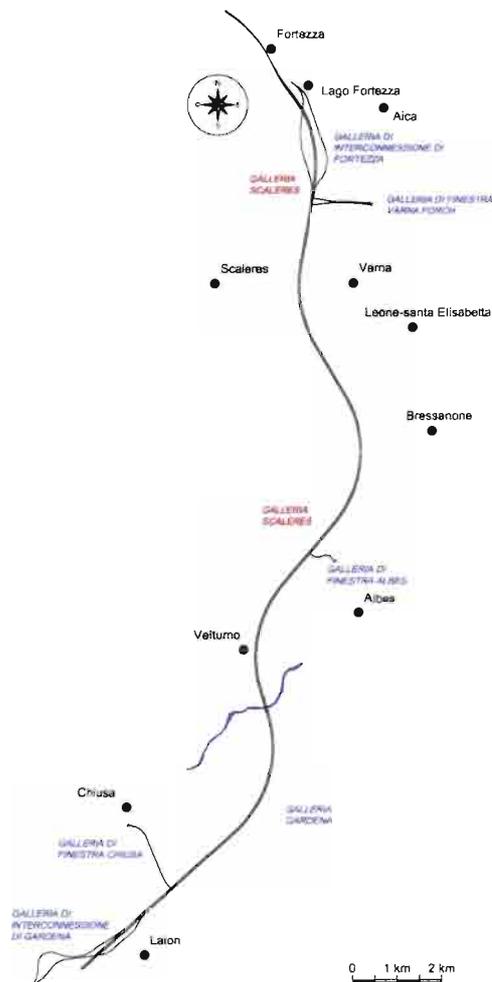


Fig. 1.1 - Tracciato del Lotto 1



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	8 di 154

2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Scopo del documento è illustrare i risultati della progettazione definitiva delle opere in sotterraneo della linea Verona - Fortezza, nella tratta Ponte Gardena-Fortezza (1° lotto), sviluppata recependo le integrazioni alle specifiche tecniche rispondenti alla lettera di incarico RFI-DIN-DPI-NC\A0011\P\2010\0001563 del 05.11.2010 e le prescrizioni CIPE delibera n.82/2010 del 16.03.2011.

Gli obiettivi della progettazione definitiva per le opere in sotterraneo sono i seguenti:

- definizione della geometria e delle caratteristiche tecniche delle opere;
- classificazione di terreni/rocce interessati dalla realizzazione delle gallerie;
- individuazione delle problematiche connesse al comportamento dei terreni/rocce in fase di scavo in funzione del quadro geologico, idrogeologico e geotecnico;
- definizione delle modalità realizzative (tradizionale e/o meccanizzato) e delle sezioni tipo di scavo;
- definizione dei tempi e dei costi di costruzione delle opere.

Nei successivi paragrafi, dopo aver illustrato la metodologia di lavoro, sono sviluppati i temi legati alla progettazione delle gallerie, con particolare riferimento alle problematiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche, agli aspetti realizzativi e ai requisiti in termini di sicurezza.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

I documenti referenziati, utilizzati come input per il presente documento, sono i seguenti:

- Rif. [1] Italferr, U.O. Gallerie, elaborati del Progetto Preliminare Legge Obiettivo 2003 e integrazioni 2011 “Asse Ferroviario Monaco - Verona. Accesso Sud alla galleria di base del Brennero. Quadruplicamento della linea Fortezza – Verona”.
- Rif. [2] Italferr, U.O. Geologia, elaborati del Progetto Definitivo “Asse ferroviario Monaco – Verona. Accesso sud alla galleria di base del Brennero. Quadruplicamento della linea Fortezza – Verona. Lotto 1: Fortezza – Ponte Gardena”.
- Rif. [3] Italferr, U.O. Sicurezza, manutenzione e interoperabilità, documento IBL1 10 D 97 RG SC 00 03 001 “Relazione generale di sicurezza della tratta Lotto 1”
- Rif. [4] Italferr, U.O. Impiantistica Industriale documento “IBL1 10 D17 RO IT 08 03 001 A - Porte da galleria ferroviaria - Relazione tecnica”.
- Rif. [5] Italferr, U.O. Impiantistica Industriale documento “IBL1 10 D17 RO IT 06 02 001 A - Liquidi Pericolosi - Relazione tecnica e di calcolo”.
- Rif. [6] Italferr, U.O. Impiantistica Industriale documento “IBL1 10 D17 RO AI 07 09 001 A - Bypass di collegamento trasversale tra le canne - Relazione tecnica e di calcolo”.
- Rif. [7] Italferr, U.O. Impiantistica Industriale documento “IBL1 10 D17 RO AI 00 09 001 A - Relazione tecnica e di calcolo - Impianto Controllo Fumi Finestre”.



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	9 di 154

- Rif. [8] Italferr, elaborati del Progetto definitivo “Asse Ferroviario Monaco-Verona - Accesso Sud alla galleria di base del Brennero – Quadruplicamento della linea Fortezza-Verona - Sub Lotto Funzionale: Fluidificazione del traffico ed interconnessione con la rete esistente del lotto 1 Fortezza-Ponte Gardena”.
- Rif. [9] Italferr, documento “IBL1 10 D 05 RG MD0000 002 A - Relazione di rispondenza al progetto preliminare e alle prescrizioni della deliberazione CIPE n° 82 del 18/11/2011”.
- Rif. [10] Italferr, documento “IBL1 10 D 26 RO OC0000 001 A -Relazione tecnica generale delle aree di sicurezza, delle demolizioni e delle viabilità di Progetto”.
- Rif. [11] Italferr, documento “IBL1 10 D 26 RO OC0000 002 A - Relazione smaltimento acque -Viabilità e piazzali”.
- Rif. [12] Autostrada del Brennero - Documentazione riguardante il viadotto Belprato 2 (Schoenau) – Caratteristiche costruttive e rilievi. Novembre 2011.
- Rif. [13] Autostrada del Brennero - P1 Rapporto 2012 – Relazione preliminare. Misure di spostamento di alcune pile del viadotto Belprato 2 (Schoenau). Marzo 2012.
- Rif. [14] Autostrada del Brennero - Documentazione riguardante il viadotto Belprato Novale luglio 2012. Disegno e calcoli della struttura del viadotto Belprato (Novale).

3.2 DOCUMENTI CORRELATI

p.m.

3.3 DOCUMENTI SUPERATI

Non sono presenti documenti superati.

3.4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO PER LA PROGETTAZIONE DELLE GALLERIE

3.4.1 Normative Cogenti

- Rif. [15] Decreto Ministero delle Infrastrutture 14/01/2008. “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”.
- Rif. [16] Decreto Ministeriale 28/10/2005. “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”.
- Rif. [17] Circolare 02/02/2009 n°617 C.S.LL.PP. “Istruzioni per l’applicazione delle “nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al DM 14/01/2008”.
- Rif. [18] Decisione del 21/12/2007 della Commissione dell’Unione Europea - 2008/164/CE - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente le “persone a mobilità ridotta” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità.
- Rif. [19] Decisione del 20/12/2007 della Commissione dell’Unione Europea - 2008/163/CE - relativa alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente “la sicurezza nelle gallerie ferroviarie” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità.
- Rif. [20] Decisione del 20/12/2007 della Commissione dell’Unione Europea - 2008/217/CE - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità.
- Rif. [21] 2008/284/CE Specifiche tecniche d’interoperabilità per il sottosistema energia del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità;

	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
	LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 10 di 154

Rif. [22] 2012/88/UE relativa alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi «controllo-comando e segnalamento» del sistema ferroviario transeuropeo integrata dalla 2012/696/UE).

3.4.2 Raccomandazioni, linee guida, riferimenti bibliografici

Rif. [23] SIG, “Linee guida per la progettazione, l’appalto e la costruzione di opere in sotterraneo”, 1997.

Rif. [24] AFTES - Groupe de travail Tunnel support and lining. Recommendations for use of convergence – confinement method”.

Rif. [25] ITA, “Guidelines for the design of tunnels”, 1988.

Rif. [26] Lunardi P. “Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS”. Ed. Hoepli, 2006.

Rif. [27] DAUB - German Tunnelling Committee (ITA/AITES): Recommendations for selecting tunnel boring machines (10/2010)

Rif. [28] DAUB - German Tunnelling Committee (ITA/AITES): Recommendations for Design and Operation of Shield Machines (6/2000)

Rif. [29] SIG – Linee guida per la scelta delle TBM (5/1997)

Rif. [30] ITA/AITES – International Tunnelling Association: Recommendations and Guidelines for Tunnel Boring Machines (TBMs) Year 2000 - Working Group : WG 14 « Mechanized Tunnelling ».

3.4.3 Prescrizioni e specifiche tecniche RFI, Italferr

Rif. [31] RFI Direzione Investimenti Ingegneria Civile, documento RFI-DIN-IC MA GA GN 00 001 B “Manuale di progettazione gallerie”, 2003.

Rif. [32] RFI Direzione Investimenti Ingegneria Civile, documento RFI-DIN-IC\A0011\P\2005\0001075 “Relazione Conclusiva Gruppo di Lavoro Nicchie in galleria”, 24/11/2005.

Rif. [33] Aggiornamento dei requisiti tecnico-funzionali di base (Specifiche Tecnico-Funzionali RFI gennaio 2011 e nota RFI-DTC\A011\P1\2011\0002271 del 15/07/2011.

Rif. [34] Italferr, “Manuale di progettazione” PRO.0000689.

Rif. [35] Italferr, documento n. XXXX 00 E IF MA 000000 001 A “Linee guida per la progettazione esecutiva delle gallerie naturali”, ottobre 1996.

3.4.4 Prescrizioni CIPE

Rif. [36] Prescrizioni CIPE delibera n.82/2010 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n°. 62 del 16.03.2011.

3.5 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

I contenuti della presente relazione sono completati e arricchiti dai seguenti elaborati di progetto:



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	11 di 154

Rif. [37] Italferr, U.O. Gallerie, elaborati del Progetto Definitivo "Asse ferroviario Monaco – Verona. Accesso sud alla galleria di base del Brennero. Quadruplicamento della linea Fortezza – Verona. Lotto 1: Fortezza – Ponte Gardena"

GALLERIE	
A-ELABORATI GENERALI	.....
Relazione tecnica generale delle opere in sotterraneo	IBL1.1.0.D.07.RG.GN.00.0.0.001.A
Caratteristiche dei materiali - Note generali	IBL1.1.0.D.07.SP.GN.00.0.0.001.A
Computo metrico estimativo	IBL1.1.0.D.07.CM.GN.00.0.0.001.A
Schema WBS 1/2	IBL1.1.0.D.07.SP.GN.00.0.0.002.A
Schema WBS 2/2	IBL1.1.0.D.07.SP.GN.00.0.0.003.A
B- GEOTECNICA	.....
Profilo geotecnico Galleria Scaleres 1/2	IBL1.1.0.D.07.F5.GN.01.0.0.001.A
Profilo geotecnico Galleria Scaleres 2/2	IBL1.1.0.D.07.F5.GN.01.0.0.002.A
Profilo geotecnico gallerie di interconnessione di Fortezza	IBL1.1.0.D.07.F5.GN.06.0.0.001.A
Profilo geotecnico Galleria Gardena	IBL1.1.0.D.07.F5.GN.02.0.0.001.A
Profilo geotecnico gallerie di interconnessione di Ponte Gardena tav. 1 di 2	IBL1.1.0.D.07.F5.GN.07.0.0.001.A
Profilo geotecnico gallerie di interconnessione di Ponte Gardena tav. 1 di 2	IBL1.1.0.D.07.F5.GN.07.0.0.002.A
Profilo geotecnico Finestra Aica-Vama/Forch	IBL1.1.0.D.07.F5.GN.03.0.0.001.A
Profilo geotecnico Finestra Albes	IBL1.1.0.D.07.F5.GN.04.0.0.001.A
Profilo geotecnico Finestra Chiusa	IBL1.1.0.D.07.F5.GN.05.0.0.001.A
C-GALLERIE NATURALI DI LINEA E DI INTERCONNESSIONE	.....
Sezione di intradosso scavo in tradizionale e meccanizzato	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.00.0.0.001.A
Sezione di intradosso scavo in tradizionale e meccanizzato: particolari drenaggi e condotte portacavi	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.00.0.0.012.A
Gallerie di linea. By-pass trasversali. Piante e sezioni	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.00.0.0.002.A
Andamento piano-altimetrico degli stradelli	IBL1.1.0.D.07.PZ.GN.00.0.0.001.A
Scavo tradizionale	.....
Sezione tipo A0 - Scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.00.0.0.003.A
Sezione tipo A1 - Scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.00.0.0.004.A
Sezione tipo A2 - Scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.00.0.0.005.A
Sezione tipo B1 - Scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.00.0.0.006.A
Sezione tipo C2v - Scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.00.0.0.007.A
Sezione tipo Cd - Scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.00.0.0.008.A
Sezioni per comunicazione P.D./traslazione/lancio TBM - Scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.00.0.0.009.A
By-pass trasversali - tratta in tradizionale - scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.00.0.0.010.A
Scavo meccanizzato	.....
Rivestimento conci prefabbricati - carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GN.00.0.0.001.A
By-pass trasversali - tratta in meccanizzato - scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.00.0.0.011.A
D-GALLERIA SCALERES	.....
Galleria Scaleres - Camerone di interconnessione - pianta e sezioni	IBL1.1.0.D.07.WZ.GN.01.0.0.001.A
Galleria Scaleres - Camerone di interconnessione - Sezione I1 - scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.01.0.0.001.A
Galleria Scaleres - Camerone di interconnessione -Sezione I2 - scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.01.0.0.002.A
Galleria Scaleres - Camerone di interconnessione - Sezione I3 - scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.01.0.0.003.A
Galleria Scaleres - Camerone di comunicazione/montaggio TBM - piante e sezioni	IBL1.1.0.D.07.WZ.GN.01.0.0.002.A
Galleria Scaleres - Binario dispari - Camerone di comunicazione/montaggio TBM - sezione C0 - scavo, consolidamento, carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.01.0.0.004.A
Galleria Scaleres - Binario dispari - Camerone di comunicazione/montaggio TBM - sezione C1 - scavo, consolidamento, carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.01.0.0.005.A



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO I: FORTEZZA - PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	12 di 154

Galleria Scaleres - Binario dispari - Camerone di comunicazione/montaggio TBM - sezione C2 - scavo, consolidamento, carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.01.0.0.006.A
Galleria Scaleres - Binario dispari - Camerone di comunicazione/montaggio TBM - sezione C3 - scavo, consolidamento, carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.01.0.0.007.A
Galleria Scaleres - Binario pari - Camerone di comunicazione/montaggio TBM -sezione I1F - scavo, consolidamento, carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.01.0.0.008.A
Galleria Scaleres - Binario pari - Camerone di comunicazione/montaggio TBM -sezione I2 - scavo, consolidamento, carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.01.0.0.009.A
Galleria Scaleres - Binario pari - Camerone di comunicazione/montaggio TBM - sezione G - scavo, consolidamento, carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.01.0.0.010.A
Imbocco Nord (Fortezza)	.....
Planimetria Opere di imbocco - Fasi Prowisorie	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.01.0.0.001.A
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi prowisorie	IBL1.1.0.D.07.W9.GA.01.0.0.001.A
Sviluppata delle paratie delle opere di imbocco e particolari costruttivi - fasi prowisorie	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.01.0.0.001.A
Sistemazione Definitiva - Planimetria	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.01.0.0.002.A
Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali	IBL1.1.0.D.07.W9.GA.01.0.0.002.A
Opere di imbocco - Concrete Arch	IBL1.1.0.D.07.B9.GA.01.0.0.001.A
Galleria Artificiale - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BA.GA.01.0.0.001.A
Concrete Arch - Muro di contenimento	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.01.0.0.002.A
Concrete Arch - Schema delle fasi esecutive	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.01.0.0.003.A
Scavi piazzale - Schema delle fasi esecutive	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.01.0.0.004.A
Tratto con setto a spessore ridotto - planimetria e fasi esecutive	IBL1.1.0.D.07.PZ.GA.01.0.0.001.A
Tratto con setto a spessore ridotto -Sezioni	IBL1.1.0.D.07.WB.GA.01.0.0.001.A
Imbocco Sud (Ponte sull'Isarco)	.....
Planimetria Opere di imbocco - Fasi Prowisorie	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.01.0.0.005.A
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi prowisorie	IBL1.1.0.D.07.WZ.GA.01.0.0.001.A
Chiodatura del versante - Planimetria sezioni e particolari costruttivi	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.01.0.0.003.A
Sviluppata chiodatura delle opere di imbocco e particolari costruttivi - fasi prowisorie	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.01.0.0.004.A
Sistemazione Definitiva - Planimetria	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.01.0.0.006.A
Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali	IBL1.1.0.D.07.WZ.GA.01.0.0.002.A
Opere di imbocco - Concrete Arch	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.01.0.0.005.A
Concrete Arch - Schema delle fasi esecutive	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.01.0.0.007.A
Portale di imbocco - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.01.0.0.006.A
Schema delle fasi esecutive tav 1 di 2	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.01.0.0.008.A
Schema delle fasi esecutive tav 2 di 2	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.01.0.0.009.A
E-GALLERIE DI INTERCONNESSIONE DI FORTEZZA	.....
Gallerie di interconnessione di Fortezza - By-pass di sicurezza - Planimetria e sezioni	IBL1.1.0.D.07.PZ.GN.06.0.0.001.A
Imbocco lato Fortezza - B.P.	.....
Planimetria Opere di imbocco - Fasi Prowisorie	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.06.0.0.001.A
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi prowisorie tav 1 di 2	IBL1.1.0.D.07.W9.GA.06.0.0.001.A
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi prowisorie tav 2 di 2	IBL1.1.0.D.07.W9.GA.06.0.0.002.A
Sviluppata delle paratie delle opere di imbocco e particolari costruttivi - fasi prowisorie	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.06.0.0.001.A
Sistemazione Definitiva - Planimetria	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.06.0.0.002.A
Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali tav 1 di 2	IBL1.1.0.D.07.W9.GA.06.0.0.003.A
Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali tav 2 di 2	IBL1.1.0.D.07.W9.GA.06.0.0.004.A
Dima e concio d'attacco - Carpenteria e consolidamenti	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.06.0.0.001.A
Galleria Artificiale - Carpenteria tav 1 di 2	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.06.0.0.002.A
Galleria Artificiale - Carpenteria tav 2 di 2	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.06.0.0.003.A
Portale di imbocco - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.06.0.0.004.A
Schema delle fasi esecutive Fase 1 di 2	IBL1.1.0.D.07.PZ.GA.06.0.0.001.A
Schema delle fasi esecutive Fase 1 di 2	IBL1.1.0.D.07.PZ.GA.06.0.0.002.A



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	13 di 154

Imbocco lato Fortezza B.D.		.....
Planimetria Opere di imbocco - Fasi Prowisorie		IBL1.1.0.D.07.P9.GA.06.0.0.003.A
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi prowisorie tav. 1 di 2		IBL1.1.0.D.07.W9.GA.06.0.0.005.A
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi prowisorie tav. 2 di 2		IBL1.1.0.D.07.W9.GA.06.0.0.006.A
Sviluppata delle paratie delle opere di imbocco e particolari costruttivi - fasi prowisorie		IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.06.0.0.002.A
Sistemazione Definitiva - Planimetria		IBL1.1.0.D.07.P9.GA.06.0.0.004.A
Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali tav. 1 di 2		IBL1.1.0.D.07.W9.GA.06.0.0.007.A
Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali tav. 2 di 2		IBL1.1.0.D.07.W9.GA.06.0.0.008.A
Dima e concio d'attacco - Carpenteria e consolidamenti		IBL1.1.0.D.07.BB.GA.06.0.0.005.A
Galleria Artificiale - Carpenteria tav. 1 di 2		IBL1.1.0.D.07.BB.GA.06.0.0.006.A
Galleria Artificiale - Carpenteria tav. 2 di 2		IBL1.1.0.D.07.BB.GA.06.0.0.007.A
Portale di imbocco - Carpenteria		IBL1.1.0.D.07.BB.GA.06.0.0.008.A
Schema delle fasi esecutive		IBL1.1.0.D.07.PZ.GA.06.0.0.003.A
F-GALLERIA GARDENA		.....
Galleria Gardena - Camerone di interconnessione - piante e sezioni		IBL1.1.0.D.07.WZ.GN.02.0.0.001.A
Galleria Gardena - Camerone di interconnessione sezione C0 - scavo, consolidamento e carpenteria		IBL1.1.0.D.07.WB.GN.02.0.0.001.A
Galleria Gardena - Camerone di interconnessione sezione C1 - scavo, consolidamento e carpenteria		IBL1.1.0.D.07.WB.GN.02.0.0.002.A
Galleria Gardena - Camerone di interconnessione sezione C2 - scavo, consolidamento e carpenteria		IBL1.1.0.D.07.WB.GN.02.0.0.003.A
Galleria Gardena - Camerone di interconnessione sezione C3 - scavo, consolidamento e carpenteria		IBL1.1.0.D.07.WB.GN.02.0.0.004.A
Galleria Gardena - Camerone di comunicazione/montaggio TBM - piante e sezioni		IBL1.1.0.D.07.WZ.GN.02.0.0.002.A
Galleria Gardena - Camerone di comunicazione Nord - binario pari e binario dispari - sezione I1 - scavo, consolidamento, carpenteria		IBL1.1.0.D.07.WB.GN.02.0.0.005.A
Galleria Gardena - Camerone di comunicazione Nord - binario pari e binario dispari - sezione I2 - scavo, consolidamento, carpenteria		IBL1.1.0.D.07.WB.GN.02.0.0.006.A
Galleria Gardena - Camerone di comunicazione Nord - binario pari e binario dispari - sezione I3 - scavo, consolidamento, carpenteria		IBL1.1.0.D.07.WB.GN.02.0.0.007.A
Galleria Gardena - Camerone di comunicazione Sud - binario pari - sezione I1 - scavo, consolidamento, carpenteria		IBL1.1.0.D.07.WB.GN.02.0.0.008.A
Galleria Gardena - Camerone di comunicazione Sud - binario pari - sezione I2 - scavo, consolidamento, carpenteria		IBL1.1.0.D.07.WB.GN.02.0.0.009.A
Galleria Gardena - Camerone di comunicazione Sud - binario pari - sezione G - scavo, consolidamento, carpenteria		IBL1.1.0.D.07.WB.GN.02.0.0.010.A
Galleria Gardena - Camerone di comunicazione Sud - binario dispari - sezione C0 - scavo, consolidamento, carpenteria		IBL1.1.0.D.07.WB.GN.02.0.0.011.A
Galleria Gardena - Camerone di comunicazione Sud - binario dispari - sezione C1 - scavo, consolidamento, carpenteria		IBL1.1.0.D.07.WB.GN.02.0.0.012.A
Galleria Gardena - Camerone di comunicazione Sud - binario dispari - sezione C2 - scavo, consolidamento, carpenteria		IBL1.1.0.D.07.WB.GN.02.0.0.013.A
Galleria Gardena - Camerone di comunicazione Sud - binario dispari - sezione C3 - scavo, consolidamento, carpenteria		IBL1.1.0.D.07.WB.GN.02.0.0.014.A
Galleria Gardena - Camerone di comunicazione/montaggio TBM - Fasi esecutive		.....
Imbocco Nord (Ponte sull'Isarco)		.....
Planimetria Opere di imbocco - Fasi Prowisorie		IBL1.1.0.D.07.P9.GA.02.0.0.001.A
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi prowisorie		IBL1.1.0.D.07.WA.GA.02.0.0.001.A
Sviluppata delle paratie delle opere di imbocco e particolari costruttivi - fasi prowisorie		IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.02.0.0.001.A
Sistemazione Definitiva - Planimetria		IBL1.1.0.D.07.P9.GA.02.0.0.002.A
Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali		IBL1.1.0.D.07.WA.GA.02.0.0.002.A
Dima e concio d'attacco - Carpenteria e consolidamenti		IBL1.1.0.D.07.BB.GA.02.0.0.001.A
Sviluppata del muro di rivestimento della paratia - Fase definitiva		IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.02.0.0.002.A
Portale di imbocco - Carpenteria		IBL1.1.0.D.07.BB.GA.02.0.0.002.A
Schema delle fasi esecutive		IBL1.1.0.D.07.P9.GA.02.0.0.003.A
Viabilità di accesso: Planimetria e profilo viabilità di accesso		IBL1.1.0.D.07.PZ.GA.02.0.0.001.A

Viabilità di accesso: Sezioni stradali	IBL1.1.0.D.07.W9.GA.02.0.0.001.A
Viabilità di accesso: Pianta e sezioni opere d'arte - fase definitiva	IBL1.1.0.D.07.PZ.GA.02.0.0.002.A
Viabilità di accesso: Pianta e sezioni opere d'arte - fase costruttiva	IBL1.1.0.D.07.PZ.GA.02.0.0.003.A
Viabilità di accesso: Sviluppata e particolari costruttivi opere d'arte	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.02.0.0.003.A
G-GALLERIE DI INTERCONNESSIONE DI PONTE GARDENA	.....
Gallerie di Interconnessione di Ponte Gardena. By-pass di sicurezza - Planimetria e sezioni	IBL1.1.0.D.07.PZ.GN.07.0.0.001.A
Imbocco Galleria Binario Dispari	.....
Galleria Artificiale - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.07.0.0.001.A
Dima - Carpenteria e consolidamenti	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.07.0.0.002.A
Sviluppata delle paratie delle opere di imbocco e particolari costruttivi - Fasi Prowisorie	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.07.0.0.001.A
Sviluppata del muro di rivestimento della paratia - Fase Definitiva	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.07.0.0.002.A
Planimetria opere di consolidamento imbocco naturale	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.07.0.0.001.A
Sistemazione Definitiva - Planimetria	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.07.0.0.002.A
Schema delle fasi esecutive	IBL1.1.0.D.07.PZ.GA.07.0.0.001.A
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi Prowisorie	IBL1.1.0.D.07.WA.GA.07.0.0.001.A
Sistemazione Definitiva - Profili e sezioni trasversali	IBL1.1.0.D.07.WA.GA.07.0.0.002.A
H-INTERFERENZA TRA LE INTERCONNESSIONI DI PONTE GARDENA E A 22	.....
INTERVENTI A SALVAGUARDIA VIADOTTO BELPRATO B.P.	.....
Intervento pila 13 - Planimetria, profilo e sezioni B.P.	IBL1.1.0.D.07.P9.GN.07.0.0.003.A
Intervento Pila 14 - planimetria, profilo e sezioni B.P.	IBL1.1.0.D.07.P9.GN.07.0.0.004.A
Opere di consolidamento a monte galleria artificiale per arrivo TBM - Planimetria, profilo e sezioni	IBL1.1.0.D.07.PZ.GN.07.0.0.002.A
Opere di consolidamento a monte galleria artificiale per arrivo TBM - Fasi esecutive	IBL1.1.0.D.07.PZ.GN.07.0.0.003.A
INTERVENTI A SALVAGUARDIA VIADOTTO BELPRATO B.D.	.....
Planimetria, profilo e sezione opere di consolidamento da piano campagna B.D.	IBL1.1.0.D.07.P9.GN.07.0.0.005.A
Planimetria, profilo e sezioni opere di consolidamento sotto sede autostradale B.D.	IBL1.1.0.D.07.P9.GN.07.0.0.006.A
Consolidamenti da piano campagna - Schema delle fasi esecutive B.D.	IBL1.1.0.D.07.PZ.GN.07.0.0.004.A
Relazione tecnica. Interferenza interconnessioni di Ponte Gardena e A22	IBL1.1.0.D.07.RH.GN.07.0.0.001.A
I-FINESTRA AICA -VARNA/FORCH	.....
Planimetria, profilo, piante e sezioni.	IBL1.1.0.D.07.PZ.GN.03.0.0.001.A
Sezione di intradosso F3 (Varna Sud). Sezione tipo A0. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.03.0.0.001.A
Sezione di intradosso F3 (Varna Sud). Sezione tipo A1. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.03.0.0.002.A
Sezione di intradosso F3 (Varna Sud). Sezione tipo A2. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.03.0.0.003.A
Sezione di intradosso F3 (Varna Sud). Sezione tipo B1. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.03.0.0.004.A
Sezione di intradosso F3 (Varna Sud). Sezione tipo C1. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.03.0.0.005.A
Sezione di intradosso F3 (Varna Sud). Sezione tipo C1bis. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.03.0.0.006.A
Sezione di intradosso F2 (Varna Nord, Forch). Sezione tipo A0. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.03.0.0.007.A
Sezione di intradosso F2 (Varna Nord, Forch). Sezione tipo A1 - Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.03.0.0.008.A
Sezione di intradosso F2 (Varna Nord, Forch). Sezione tipo A2 - Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.03.0.0.009.A
Sezione di intradosso F2 (Varna Nord, Forch). Sezione tipo B1 - Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.03.0.0.010.A
Sezione di intradosso F2 (Varna Nord, Forch). Sezione tipo C1 - Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.03.0.0.011.A
Sezione di intradosso F2 (Varna Nord, Forch). Sezione tipo C1bis - Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.03.0.0.012.A
Finestra Aica-Varna/Forch Sud: Zona di innesto con galleria di linea - Scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WZ.GN.03.0.0.001.A
Finestra Aica-Varna/Forch Nord: Zona di innesto con galleria di linea - Scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WZ.GN.03.0.0.002.A
Finestra Aica - Varna/Forch: interferenze. Planimetria, pianta, profili e sezione di monitoraggio.	IBL1.1.0.D.07.PZ.GN.03.0.0.002.A



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	15 di 154

Imbocchi Varna e Forch Unterseeber	.....
Planimetria opere di imbocco - Fasi Prowisorie	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.03.0.0.001.A
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi prowisorie	IBL1.1.0.D.07.W9.GA.03.0.0.001.A
Sviluppata delle paratie delle opere di imbocco e particolari costruttivi - Fasi prowisorie	IBL1.1.0.D.07.B9.GA.03.0.0.001.A
Particolari costruttivi - Fasi prowisorie	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.03.0.0.001.A
Planimetria opere di imbocco - sistemazione definitiva	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.03.0.0.002.A
Profili e sezioni trasversali - sistemazione definitiva	IBL1.1.0.D.07.W9.GA.03.0.0.002.A
Schema delle fasi esecutive	IBL1.1.0.D.07.P7.GA.03.0.0.001.A
Dima e concio d'attacco - Carpenteria e consolidamenti	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.03.0.0.001.A
Portale di imbocco - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.03.0.0.002.A
Dima e concio d'attacco - Carpenteria e consolidamenti	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.03.0.0.003.A
Portale di imbocco - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.03.0.0.004.A
Imbocco Forch	.....
Area Forch - Planimetria fase 1	IBL1.1.0.D.07.P7.GA.03.0.0.002.A
Area Forch - Planimetria fase 2	IBL1.1.0.D.07.P7.GA.03.0.0.003.A
Area Forch - Planimetria fase 3	IBL1.1.0.D.07.P7.GA.03.0.0.004.A
Planimetria Opere di imbocco - Fasi Prowisorie	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.03.0.0.003.A
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi prowisorie	IBL1.1.0.D.07.W9.GA.03.0.0.003.A
Sviluppata delle paratie delle opere di imbocco e particolari costruttivi - fasi prowisorie	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.03.0.0.002.A
Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali	IBL1.1.0.D.07.W9.GA.03.0.0.004.A
Dima e concio d'attacco - Carpenteria e consolidamenti	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.03.0.0.005.A
Galleria Artificiale - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.03.0.0.003.A
Portale di imbocco - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.03.0.0.006.A
Schema delle fasi esecutive	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.03.0.0.004.A
L-FINESTRA ALBES	.....
Planimetria, profilo, pianta e sezioni.	IBL1.1.0.D.07.PZ.GN.04.0.0.001.A
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo A0. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.04.0.0.001.A
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo A1. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.04.0.0.002.A
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo A2. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.04.0.0.003.A
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo B1. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.04.0.0.004.A
Sezione di intradosso F1 . Sezione tipo C2v. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.04.0.0.005.A
Finestra Albres: Zona di innesto con galleria di linea - Scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WZ.GN.04.0.0.001.A
Imbocco	.....
Planimetria Opere di imbocco - Fasi Prowisorie	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.04.0.0.001.A
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi prowisorie	IBL1.1.0.D.07.WA.GA.04.0.0.001.A
Sviluppata delle paratie delle opere di imbocco e particolari costruttivi - fasi prowisorie	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.04.0.0.001.A
Sistemazione Definitiva - Planimetria	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.04.0.0.002.A
Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali	IBL1.1.0.D.07.WA.GA.04.0.0.002.A
Dima e concio d'attacco - Carpenteria e consolidamenti	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.04.0.0.001.A
Galleria Artificiale - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.04.0.0.002.A
Portale di imbocco - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.04.0.0.003.A
Schema delle fasi esecutive	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.04.0.0.003.A
M-FINESTRA CHIUSA	.....
Planimetria, profilo, pianta e sezione.	IBL1.1.0.D.07.PZ.GN.05.0.0.001.A
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo A0. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.05.0.0.001.A
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo A1. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.05.0.0.002.A
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo A2. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.05.0.0.003.A
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo B1. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.05.0.0.004.A



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	16 di 154

Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo C1. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.05.0.0.005.A
Sezione di intradosso F2 . Sezione tipo C2v. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.05.0.0.006.A
Sezione di intradosso. Sezione tipo Cd. Scavo consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.05.0.0.007.A
Zona di innesto con galleria di linea - Scavo, consolidamento e carpenteria	IBL1.1.0.D.07.WZ.GN.05.0.0.001.A
Imbocco	.....
Planimetria Opere di imbocco - Fasi Prowisorie	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.05.0.0.001.A
Profili e sezioni delle opere di imbocco - Fasi prowisorie	IBL1.1.0.D.07.WA.GA.05.0.0.001.A
Sviluppata delle paratie delle opere di imbocco e particolari costruttivi - fasi prowisorie	IBL1.1.0.D.07.BZ.GA.05.0.0.001.A
Sistemazione Definitiva - Planimetria	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.05.0.0.002.A
Sistemazione definitiva - Profili e sezioni trasversali	IBL1.1.0.D.07.WA.GA.05.0.0.002.A
Dima e concio d'attacco - Carpenteria e consolidamenti	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.05.0.0.001.A
Galleria Artificiale - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.05.0.0.002.A
Portale di imbocco - Carpenteria	IBL1.1.0.D.07.BB.GA.05.0.0.003.A
Schema delle fasi esecutive	IBL1.1.0.D.07.P9.GA.05.0.0.003.A
N-MONITORAGGIO	.....
Gallerie di linea e di accesso intermedio - Monitoraggio intemo - Sezioni tipo	IBL1.1.0.D.07.WB.GN.00.0.0.012.A

3.6 ABBREVIAZIONI

- A.C.: Alta Capacità
- A.DE.CO. - RS: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli
- AFTES: Association Francaise des Tunnels et de l'Espace Souterrain
- AITES: Association Internationale des Travaux en Soterrain
- A22: Autostrada del Brennero
- BMR: Basic Mass Rating
- BBT: Tunnel di base del Brennero
- B.D.: binario dispari
- B.P.: binario pari
- c.a.: cemento armato
- cls. : calcestruzzo
- CIPE: Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica
- DAUB: Deutscher Ausschuss fur unterirdisches Bauen u.V - German Tunnelling Committee (ITA/AITES)
- EPB: Earth Pressure Balance Support
- F.S.: Ferrovie dello Stato Italiane
- GA: galleria artificiale
- GIS: geographical international system
- GN: galleria naturale
- GSI: Geological Strength Index
- ITA: International Tunnelling Associaton
- OBB: Oesterreichische Bundesbahnanen
- P.C.: Posto di comunicazione
- P.D.: Progetto Definitivo
- p.f.: piano ferro



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBLI	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	17 di 154

- P.M.O.: Profilo Minimo degli Ostacoli
- P.P. : Progetto Preliminare
- PVC: Polivinilcloruro
- R.F.I.: Rete Ferroviaria Italiana
- RMR: Rock mass rating
- s.l.m.: sul livello del mare
- SIG: Società Italiana Gallerie
- S.P.: Strada Provinciale
- SPT: Standard Penetration Test
- S.S.: Strada Statale
- S.T.I.: Specifiche tecniche di interoperabilità
- TBM: Tunnel Boring Machine
- TM: Tunnelling Machines
- TBM-DS: Tunnel Boring Machine Doppio Scudata
- T.E.: trazione elettrica
- U.O.: Unità Operativa
- VTR: vetroresina
- 3D: tridimensionale

	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 18 di 154

4 METODOLOGIA DI LAVORO

La progettazione delle opere in sotterraneo ha riguardato la definizione della configurazione delle gallerie della tratta nel rispetto delle normative in termini di sicurezza sulle gallerie ferroviarie Rif. [16] e Rif. [19] e in particolare del documento Rif. [3], in cui vengono declinati i requisiti di sicurezza per lo specifico progetto, e la definizione degli aspetti strutturali e costruttivi delle gallerie.

In accordo con il metodo ADECO-RS (Rif. [26]), la progettazione si è articolata nelle seguenti fasi progettuali:

- acquisizione degli elementi geologici e geotecnici (fase Conoscitiva),
- analisi del comportamento dell'ammasso allo scavo (fase di Diagnosi),
- scelta delle modalità realizzative e definizione delle sezioni tipo di scavo ed avanzamento (fase di Terapia)

Le scelte messe a punto in sede di progettazione definitiva si sono basate su quanto sviluppato nelle precedenti fasi Progettuale (Progetto Preliminare), sull'analisi dei dati e dei requisiti di base e della documentazione relativa agli studi condotti nel corso della Fase Conoscitiva.

Durante la Fase Conoscitiva è stata eseguita, ai fini della progettazione dell'opera, una campagna di indagini geognostiche di tipo diretto ed indiretto integrata da rilievi geologici, idrogeologici e geomorfologici e accompagnata da prove di laboratorio su campioni. Le risultanze dell'attuale campagna geognostica sono state integrate con le risultanze della precedente fase progettuale (Progetto Preliminare, Rif. [1]). Il quadro geologico, idrogeologico e geotecnico risultante ha permesso di definire in particolare i seguenti aspetti:

- la litologia degli ammassi rocciosi e la loro successione stratigrafica lungo il tracciato delle gallerie;
- la morfologia presente nell'area interessata dai lavori, con particolare riferimento alle zone di imbocco;
- il quadro idrogeologico di riferimento;
- le principali caratteristiche geomeccaniche degli ammassi rocciosi attraversati e il loro comportamento allo scavo.

La progettazione geotecnica e strutturale delle opere in sotterraneo è stata sviluppata nel rispetto della normativa vigente e in accordo con le prescrizioni e le raccomandazioni elencate nel paragrafo 3.4 "Documenti di riferimento per la progettazione delle gallerie".

Gli aspetti tecnico-applicativi sono stati sviluppati anche sulla base della documentazione raccolta e degli approfondimenti derivanti da alcuni sopralluoghi eseguiti in sito, in particolare nelle aree di imbocco.

I risultati dello studio geologico sono stati esaminati ed interpretati allo scopo di individuare le principali problematiche progettuali legate alla realizzazione delle singole opere (fase di Diagnosi), individuando tra le soluzioni tecniche possibili, le migliori ai fini del rispetto dell'impatto sul territorio e dei requisiti di sicurezza, sia in fase esecutiva che di esercizio (fase di Terapia).

Sono stati, pertanto, definiti i metodi di scavo e le sezioni tipo di avanzamento più idonee per le varie tratte, individuando, in funzione delle caratteristiche geotecniche e geomorfologiche dei materiali, dei fenomeni deformativi attesi e delle interferenze lungo il tracciato, anche la tipologia di interventi di consolidamento propedeutici allo scavo.



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	19 di 154

5 OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE E DIFFERENZE RISPETTO AL PROGETTO PRELIMINARE

5.1 OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI CIPE EMERSE IN SEDE DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO PRELIMINARE

Il Progetto Preliminare (P.P.) del 2003 è stato approvato dalla Giunta Provinciale della Provincia Autonoma di Bolzano-Alto Adige con deliberazione n. 3748 del 20/10/2003 e dal CIPE che, nella seduta del 18/11/2010 ha approvato con prescrizioni il Progetto Preliminare del 1° lotto con pubblicazione nella G.U. del 16/03/2011 consentendo l'avvio della Progettazione Definitiva.

Per la verifica dell'ottemperanza del Progetto Definitivo (P.D.) alle prescrizioni è stata elaborata una apposita relazione di verifica (IBL1 10D 05 RG MD0000 002) allegata ai documenti di progetto definitivo a cui si rimanda.

Per le prescrizioni che riguardano specificatamente le gallerie naturali si può comunque affermare l'ottemperanza del Progetto Definitivo.

5.2 DIFFERENZE RISPETTO AL PROGETTO PRELIMINARE E RELATIVE MOTIVAZIONI

Le differenze principali tra il P.P. e il P.D. riguardano:

- Modifica del tracciato delle interconnessioni di Ponte Gardena
- Modifica dell'ubicazione dell'imbocco della discenderia di Chiusa
- Spostamento più a nord della finestra di Aica-Varna e del relativo cantiere
- Modifica del tracciato della finestra di Albes
- Modifica dello schema organizzativo degli scavi e dei trasporti ad Albes

5.2.1 Modifica del tracciato delle interconnessioni di Ponte Gardena

Nel Progetto Preliminare un aspetto critico era rappresentato dall'interferenza del primo tratto di galleria naturale di entrambe le interconnessioni di Ponte Gardena con le opere di fondazione dei viadotti denominati "Belprato" e "Belprato 2" dell'Autostrada A22 del Brennero. Nel prosieguo della progettazione, a seguito di incontri con i rappresentanti dell'Autostrada del Brennero, si è appreso di un movimento franoso sulla porzione di versante attraversata dal viadotto "Belprato2" che avrebbe pertanto coinvolto le gallerie di interconnessione. La Società Autostrada del Brennero ha fornito elementi e dati riguardanti caratteristiche geometriche e tipologie delle fondazioni dei viadotti, quote delle stesse, schema strutturale del viadotto, e i risultati del monitoraggio fatto eseguire sul versante e sulle pile (Rif. [12] - Rif. [13] - Rif. [14]). Allo stesso tempo Italferr ha intrapreso un'ampia campagna geognostica nell'area in esame e ha condotto un'analisi di dati radar satellitari al fine di poter ricostruire l'estensione del corpo di frana ed individuare le soluzioni progettuali per attraversare il versante e sottopassare in sicurezza l'autostrada A22.

I risultati di tali studi e indagini e le soluzioni progettuali sono descritti nell'elaborato "IBL1 10 D 07 RH GN0700 001 A - Relazione tecnica-Interferenza interconnessioni di Ponte Gardena e Autostrada del Brennero" allegato ai documenti di progetto a cui si rimanda per i dettagli. In sintesi la soluzione individuata prevede lo spostamento del tracciato più a sud rispetto alla soluzione di P.P. che consente di evitare l'interferenza con l'area in frana e di sottopassare in sicurezza il viadotto Belprato dell'autostrada A22 nella porzione non interessata dal suddetto fenomeno.

Inoltre è stata definita una metodologia di avanzamento diversa rispetto a quella indicata in progetto preliminare, in cui era stato previsto lo scavo tradizionale, prediligendo invece per lo scavo di entrambe le gallerie di interconnessione l'impiego di una TBM scudata a piena sezione e fronte in pressione, per controllare gli effetti di interazione con le opere. Tale scelta ha comportato la modifica dell'organizzazione logistica dei cantieri rispetto a quanto previsto nel P.P. Nel P.D. è previsto, infatti, che lo scavo con le TBM avvenga in discesa verso sud a partire dai rispettivi cameroni di interconnessione sino alla stazione di Ponte Gardena, mentre il P.P. prevedeva l'avanzamento in scavo



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBLI	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	20 di 154

tradizionale in salita verso nord a partire dagli imbocchi di Ponte Gardena. Pertanto nella nuova configurazione di P.D. gli interventi a Ponte Gardena, per le gallerie naturali, sono limitati ai soli lavori di predisposizione delle opere di imbocco e della galleria artificiale scatolare dell'interconnessione binario dispari. Per l'interconnessione binario pari è previsto un tampone di terreno consolidato a tergo della testata della galleria artificiale, per garantire il corretto arrivo della TBM, opera quest'ultima che rientra nella progettazione definitiva del sub-lotto funzionale Fortezza-Ponte Gardena. Sono altresì previsti interventi a salvaguardia delle opere interferite mediante consolidamenti del terreno per i cui dettagli si rimanda agli specifici elaborati progettuali.

5.2.2 Modifica dell'ubicazione dell'imbocco della discenderia di Chiusa

In fase di approfondimento del progetto è emerso che l'ubicazione dell'imbocco della discenderia di Chiusa definita in sede di P.P. ricadeva all'interno di un corpo di frana quiescente che ha comportato lo spostamento dell'imbocco della finestra verso Nord-Est sempre restando nella stessa località Lageder. Ne è conseguita una lieve modifica di tracciato plano-altimetrico della finestra nel tratto iniziale. Dovendo effettuare la modifica si è ottimizzato lo spostamento in modo che le opere sia di imbocco che i tiranti dei micropali non interferiscano con un metanodotto rielevato nei pressi della zona di imbocco.

5.2.3 Spostamento più a nord della finestra di Aica-Varna e del relativo cantiere nei pressi del deposito in val Riga

Lo spostamento della finestra di Aica-Varna e del relativo cantiere più a nord, nei pressi dei depositi in val Riga, ottempera alle prescrizioni n°2 e 27 del CIPE per la linea di accesso sud ed alle prescrizioni n°4 e 57 del progetto del tunnel di base. In queste ultime in particolare viene espressamente dichiarato che i cantieri/depositi del tunnel di base e della linea di accesso sud dovranno essere coordinati tra loro, con riferimento specifico a quelli in val Riga, per la loro posizione strategica a servizio della galleria di base e della galleria Scaleres.

E' stato quindi sviluppato un concetto di cantierizzazione e organizzazione logistica in sintonia con quanto prescritto dal CIPE.

Il presente progetto prevede la realizzazione della doppia finestra di Aica-Varna, con l'uscita in corrispondenza dell'area Unterseeber, e la prosecuzione poi con un doppio tunnel di collegamento fino all'area di Forch, concentrando quindi in un grande cantiere in val Riga l'attività connessa alla realizzazione delle gallerie di linea e di interconnessione Scaleres.

E' previsto il trasporto diretto del materiale estratto dalla galleria attraverso la suddetta finestra e la doppia galleria di smarino Forch sino ai siti di destinazione finale ubicati in val Riga. La doppia finestra Aica-Varna assume pertanto un'importanza fondamentale per la gestione logistica e organizzativa del cantiere dovendo sopportare i flussi da e per i tratti di gallerie scavati in tradizionale in direzione nord (porzione di galleria compreso tra la zona di innesto della finestra e i quattro portali a Nord, zona Fortezza) e in meccanizzato, in direzione sud, a partire dal Posto di Comunicazione Scaleres.

La scelta di raddoppiare la finestra di Aica-Varna e la galleria di smarino Forch risponde all'esigenza di separare, dal punto di vista organizzativo e logistico, le attività di scavo previste nella galleria Scaleres nel tratto in tradizionale e nel tratto in meccanizzato. In tal modo si garantisce e velocizza la gestione del flusso dei materiali separando i flussi dei trasporti da/per i due fronti di scavo verso sud in scavo meccanizzato e verso nord in tradizionale.

Gli imbocchi della doppia finestra sono previsti nell'area Unterseeber, il tracciato sottopassa in scavo naturale, con sufficiente copertura prima l'autostrada A22 del Brennero e poi la linea esistente della Ferrovia del Brennero con pendenza a salire fino alla zona di innesto con le gallerie di linea.

La doppia galleria di smarino Forch sottopassa in scavo naturale, con sufficiente copertura, la Strada Statale n. 12 del Brennero con pendenza a scendere da Unterseeber a Forch.



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	21 di 154

5.2.4 Modifica del tracciato della finestra di Albes

La modifica di tracciato deriva da affinamenti progettuali sviluppati in sede di P.D. con traslazione di 300 m circa verso Nord dell'innesto della finestra con le gallerie di linea. L'ubicazione dell'imbocco resta sostanzialmente invariata, salvo modeste variazioni conseguenti ai normali affinamenti progettuali.

5.2.5 Modifica dello schema organizzativo degli scavi e dei trasporti ad Albes

Al fine di rispettare la durata temporale di realizzazione delle opere prevista nel programma di P.P. 2003, a garanzia della realizzazione del Lotto 1 coerentemente con la data di completamento del tunnel di base del Brennero, si rende necessario apportare una modifica allo schema organizzativo degli scavi e dei trasporti per la galleria Scaleres.

Secondo le Prescrizioni 2 e 27 del CIPE, lo schema delle fasi esecutive per la galleria Scaleres prevede, a partire dal Posto di Comunicazione Scaleres, l'avanzamento in scavo meccanizzato con TBM verso Sud sino all'imbocco in prossimità del ponte sull'Isarco. Tale soluzione comporta la necessità di costruire in sotterraneo dei cameroni di notevoli dimensioni per il montaggio delle TBM, che comportano un allungamento dei tempi di realizzazione rispetto a quelli stabiliti nel programma di P.P.2003, non compatibile con la data di attivazione del tunnel di Base.

Pertanto, al fine di rispettare le tempistiche ed evitare lo sfasamento temporale tra la realizzazione del Lotto 1 e la galleria di Base secondo la prescrizione 2 del CIPE, il programma di P.D. prevede che il tratto compreso tra la zona di innesto della finestra di Albes e l'imbocco sud della Scaleres venga anticipato utilizzando la finestra di Albes come attacco intermedio, svincolandosi così dall'attesa dell'arrivo delle TBM da nord con le quali proseguire lo scavo sino all'imbocco sud.

Tale scelta produce una sensibile contrazione dei tempi complessivi di realizzazione della galleria Scaleres, tuttavia, per contro, comporta che il materiale escavato nel tratto suddetto debba essere trasportato su autocarri sino ai depositi individuati in val Riga. L'impatto del trasporto sul territorio risulta comunque ridotto, in quanto nelle vicinanze dell'imbocco della finestra di Albes lo svincolo autostradale di Bressanone Sud permette l'accesso diretto da e per l'area di cantiere direttamente dall'autostrada senza utilizzare la viabilità locale e passare per i centri abitati.

5.2.6 Conclusioni

Dall'esame di quanto sopra riportato si osserva che le differenze sostanziali tra P.P. e P.D. riguardano ottimizzazioni di tracciato derivanti da un approfondimento degli studi e ottimizzazioni del sistema logistico e organizzativo derivanti dal rispetto delle prescrizioni.



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	22 di 154

6 INTERFERENZE

Le principali interferenze che si riscontrano nell'ambito della realizzazione delle opere del Lotto 1 riguardano infrastrutture ferroviarie e stradali. Nel presente capitolo si elencano le principali interferenze e le soluzioni tecniche adottate per il superamento delle medesime.

Procedendo da Nord verso Sud:

- interferenza tra la galleria di interconnessione pari della Scaleres e le gallerie di linea;
- interferenza della doppia finestra Aica-Varna con l'autostrada A22 e la linea ferroviaria del Brennero;
- interferenza della doppia galleria Forch per lo smarino con la S.S.12 del Brennero;
- interferenza delle gallerie di interconnessione di Ponte Gardena con il viadotto Belprato dell'autostrada A22.

6.1 INTERFERENZA TRA LA GALLERIA DI INTERCONNESSIONE PARI DELLA SCALERES E LE GALLERIE DI LINEA

Ai km 0+710 e 0+775 circa il tracciato della galleria d'interconnessione pari passa obliquamente sopra il tracciato delle due gallerie di linea con un angolo di ca. 37°, con una differenza tra le quote del p.f. di ca. 12 m. Tutte le gallerie sono realizzate in scavo tradizionale. La ridotta distanza tra gli estradossi delle gallerie impone l'adozione di misure cautelative, in termini di fasi e di interventi, per garantire lo scavo in condizioni di sicurezza. Le fasi dei lavori prevedono che la realizzazione delle gallerie di linea preceda quella della galleria di interconnessione. Nelle gallerie di linea, nella zona di interferenza tra le opere, è previsto in calotta un trattamento radiale con bulloni su una tratta di ca. 50 m. L'intervento è completato dalla posa di centine di guardia provvisoria, che saranno rimosse una volta completato lo scavalco delle gallerie e da un sistema di monitoraggio topografico (misure di convergenza e dei cedimenti) per la durata dei lavori.

6.2 INTERFERENZA DELLA DOPPIA FINESTRA AICA-VARNA CON L'AUTOSTRADA A22 E LA LINEA FERROVIARIA DEL BRENNERO

Il tracciato della doppia finestra costruttiva di Aica-Varna, i cui imbocchi sono collocati nell'area di Unterseeber, sottopassa la sede dell'autostrada A22 con una copertura, misurata in asse galleria, rispettivamente di 10 m (Aica-Varna sud) e 12 m circa (Aica-Varna nord) e la sede ferroviaria con coperture rispettivamente di 16 e 14 m circa. Le due finestre, che presentano sezioni di intradosso differenti per ragioni legate al loro diverso impiego logistico di cantiere, verranno realizzate in scavo tradizionale. Per il sottoattraversamento in sicurezza di tali interferenze e in relazione alle caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati si prevedono interventi di precontenimento del fronte e al contorno tramite colonne suborizzontali in jet-grouting. Per tutta la fase di sottoattraversamento verrà messo in opera un adeguato programma di monitoraggio, sia all'interno della galleria, che in superficie per verificare ed ottimizzare le soluzioni progettuali.

6.3 INTERFERENZA DELLA DOPPIA GALLERIA FORCH PER LO SMARINO CON LA S.S.12 DEL BRENNERO

Le due gallerie di servizio collegano l'area di Unterseeber con l'area di Forch e sono adibite al transito dei materiali di scavo provenienti dalla galleria Scaleres per essere collocati nei depositi individuati in val Riga. La S.S.12 del Brennero viene sottopassata con una copertura di 33-34 m circa. Per il sottoattraversamento in sicurezza di tale interferenza si prevedono interventi analoghi a quelli previsti per l'interferenza con autostrada e la ferrovia.



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	23 di 154

6.4 INTERFERENZA DELLE GALLERIE DI INTERCONNESSIONE DI PONTE GARDENA CON IL VIADOTTO BELPRATO DELL'AUTOSTRADA A22

Come anticipato al paragrafo 5.2.1, i tracciati delle interconnessioni di Ponte Gardena sono stati modificati rispetto al P.P. e spostati più a sud per evitare l'interferenza con un'area in frana e sottopassare in sicurezza le fondazioni del viadotto Belprato dell'autostrada A22. Il tracciato del binario pari sottopassa al km 2+208 circa la pila 13 del viadotto Belprato ad una distanza di 11 m circa, misurata tra l'estradosso della galleria e il piano di fondazione.

Lo scavo della galleria è previsto con una TBM scudata con fronte in pressione. Sono previsti interventi a salvaguardia delle opere interferite mediante consolidamento, con perforazioni suborizzontali, dell'ammasso roccioso al di sotto della fondazione stessa, la cui geometria è definita negli elaborati di progetto a cui si rimanda e la realizzazione di una paratia di pali di cinturazione tra la pila 14 e la galleria per ridurre gli effetti di disturbo indotti dallo scavo.

L'interferenza del tracciato della galleria di binario dispari con l'Autostrada A22 è rappresentata dal sottoattraversamento del rilevato del viadotto "Belprato", a ridosso della spalla sud, con copertura di 16 m circa rispetto al piano di rotolamento stradale. Anche qui sono previsti interventi a salvaguardia delle opere interferite mediante consolidamento, con perforazioni suborizzontali, del terreno al di sotto delle sede stradale, la cui geometria è definita negli elaborati di progetto a cui si rimanda.

Tutti gli interventi di salvaguardia previsti si svolgono all'esterno delle strutture autostradali.



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	24 di 154

7 ASPETTI GENERALI

7.1 IL TRACCIATO DI PROGETTO

Le opere in progetto riguardano la linea ferroviaria alta capacità del Brennero nella tratta Fortezza-Verona. Si prevede la realizzazione di una nuova linea a doppio binario che collega la stazione di Fortezza, collegata a nord con il Brennero attraverso una galleria naturale (tunnel di base), con la stazione di Verona per una lunghezza complessiva di circa 180 km.

Il Lotto 1, oggetto del presente progetto definitivo, interamente ubicato nel territorio della Provincia Autonoma di Bolzano, ha inizio in asse al fabbricato viaggiatori della stazione di Fortezza e termina a sud della stazione di Ponte Gardena.

Il tracciato del lotto in oggetto si sviluppa quasi interamente in sotterraneo, per mezzo di due gallerie naturali a doppia canna denominate Scaleres, di 15,4 km circa, e Gardena, di 6,3 km per il B.P. e 5,8 km per il B.D. circa, separate da un ponte sull'Isarco di 240 m circa. Entrambe le gallerie prevedono il collegamento alla linea esistente tramite rami di interconnessione che si sviluppano quasi completamente in sotterraneo.

Dalla stazione di Fortezza, dove i nuovi binari affiancano la linea esistente, il tracciato procede verso sud e dopo un breve tratto in trincea entra in galleria (Galleria Scaleres) al km 0+487,75 B.P./0+487,25 B.D. e prosegue in destra dell'Isarco fino al ponte sull'Isarco alla progressiva km 15+883 B.P./15+872 B.D. circa in prossimità di Velturmo. A Nord la galleria Scaleres si collegherà all'attuale rete esistente mediante due rami di interconnessione previsti quasi completamente in galleria della lunghezza rispettivamente di 2,25 km circa per il B.P. e di 2,4 km circa per il B.D.

Il tracciato attraversa il fiume Isarco mediante un ponte lungo 240 m circa per rientrare nuovamente in sotterraneo (Galleria Gardena) in sinistra Isarco al km 16+113 B.P./16+134 B.D. e prosegue sino alle radici delle interconnessioni di Ponte Gardena al km 22+410 B.P./21+872 B.D. La galleria Gardena del Lotto 1 rappresenta una porzione di una galleria ben più lunga che si svilupperà in prosecuzione a Sud, sbucando presso l'abitato di Bronzolo, e che rientra nell'ambito dei futuri lotti di completamento. Il collegamento della galleria Gardena alla rete esistente è previsto tramite due rami di interconnessione in gran parte in sotterraneo, di lunghezza rispettivamente 2,3 km circa per il B.P. e 3 km circa per il B.D., che partendo dalle radici delle interconnessioni, sbucheranno in corrispondenza della stazione di Ponte Gardena.

La velocità di tracciato costante è di 225 km/h, la pendenza massima longitudinale in linea è del 12,50 ‰.



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	25 di 154

8 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

Il presente progetto comprende le seguenti opere principali:

- GN01 - Galleria di linea Scaleres, a doppia canna a singolo binario, di 15,4 km circa per ciascuna canna, con i relativi portali e gallerie artificiali.
- GN02 - Galleria di linea Gardena, a doppia canna a singolo binario, di 6,3 km circa per il B.P. e 5,8 km circa per il B.D. con i relativi portali e gallerie artificiali;
- GN03 - Finestra di Aica-Varna e Forch di 1,4 km circa;
- GN04 - Finestra Albes di 0,7 km circa;
- GN05 - Finestra di Chiusa di 1,8 km circa

Le finestre sono previste come attacchi intermedi per la costruzione delle opere, mentre in fase di esercizio svolgono le funzioni di manutenzione e soccorso.

- GN06 - Gallerie di interconnessione di Fortezza, a singolo binario, di 2,25 km circa per il B.P e 2,4 km circa per il B.D. con i relativi portali e gallerie artificiali;
- GN07 - Gallerie di interconnessione di Ponte Gardena, a singolo binario, di 2,3 km circa per il B.P. e 3 km circa per il B.D. con il relativo portale e galleria artificiale.

Nella seguente figura è riportato lo schematico del sistema gallerie che caratterizzano il lotto 1.

La sezione tipo delle gallerie di interconnessione è conforme alla galleria di linea e risponde alle stesse specifiche di base.

Lo sviluppo complessivo di tutte le opere sotterranee del Lotto 1, contando anche i cunicoli trasversali di collegamento e le altre opere funzionali al sistema (locali tecnici) è di 62 km circa; il corrispondente volume di materiale estratto, calcolato in banco, è di 5,5 milioni di m³ circa.

SCHEMATICO GALLERIE LOTTO 1

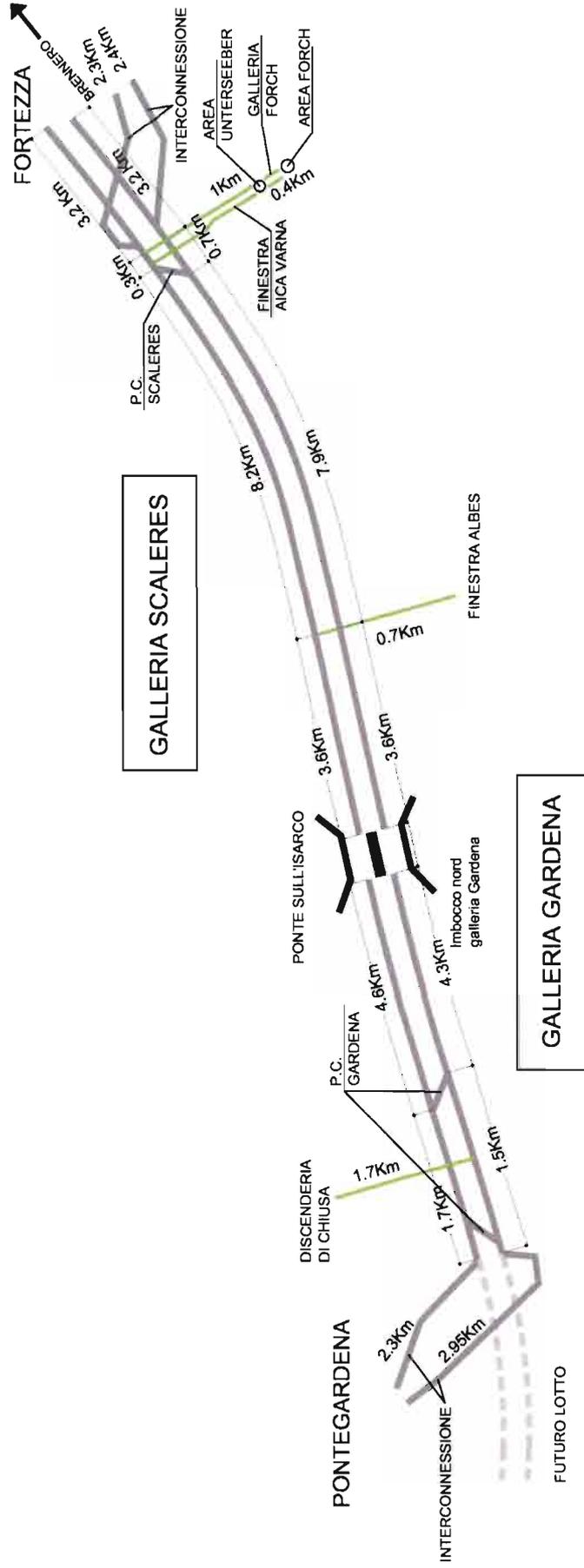


Fig. 8.1 – Schematico sistema gallerie Lotto 1



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBLI	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	27 di 154

8.1 CONFIGURAZIONE E SVILUPPO DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

Per garantire adeguati requisiti di sicurezza in esercizio, la configurazione per le gallerie naturali Scaleres e Gardena è costituita da un sistema a due canne parallele a singolo binario, con interasse di 40 m, collegate tra loro ogni 500 metri (distanza massima), al fine di rispettare la normativa europea STI “Sicurezza nelle gallerie ferroviaria”, Rif. [19], da cunicoli di sicurezza trasversali. Per le gallerie di linea sono previsti 42 passaggi trasversali (31 nella galleria Scaleres e 11 nella galleria Gardena).

Anche le gallerie di interconnessione sono collegate tra loro ogni 500 metri (distanza massima) con cunicoli di sicurezza trasversali: sono previsti 12 passaggi trasversali (5 nelle interconnessioni di Fortezza e 7 nelle interconnessioni di Ponte Gardena) e un’uscita di sicurezza all’esterno nell’interconnessione pari di Ponte Gardena.

Nel successivo paragrafo si descrivono le principali opere che caratterizzano i due sistemi di galleria Scaleres e Gardena.

8.1.1 Il sistema galleria Scaleres - Tratto tra Fortezza e l’imbocco Sud

Nella seguente tabella si riportano le principali opere sotterranee che fanno parte del sistema galleria Scaleres che si incontrano seguendo il tracciato da Nord a Sud:

Galleria di linea Scaleres	Galleria con configurazione a doppia canna/singolo binario della lunghezza di 15,4 km circa.
Gallerie di Interconnessione di Fortezza	Due gallerie a singolo binario di lunghezza 2,25 km circa per il ramo pari e 2,4 km circa per l’interconnessione dispari. Le interconnessioni si innestano nelle canne della linea tramite la realizzazione di due cameroni di diramazione.
Posto di Comunicazione semplice Scaleres	Camerone composto da una galleria a singolo binario e da due cameroni di connessione di dimensioni geometriche adeguate a consentire il montaggio e la traslazione delle TBM scudate.
Finestre di Aica-Varna e gallerie di smarino Forch	Due gallerie affiancate di circa 1 km per l’attacco intermedio dello scavo della galleria Scaleres separate da un tratto all’aperto, zona Unterseeber, dalle altre due gallerie di smarino affiancate, di circa 0,4 km, per il collegamento all’area di deposito Forch.
Finestra di Albes	Galleria di circa 0,7 km per l’attacco intermedio dello scavo della galleria di linea.
Cunicoli trasversali di collegamento	By-pass pedonali previsti sia per le gallerie di linea che per le gallerie di interconnessione e collocati ad intervalli di 500 m al massimo.
Altre opere funzionali al sistema	Locali tecnici sotterranei ubicati in prossimità della zona di innesto delle finestre con le gallerie di linea, cameroni di manovra zona di innesto, by-pass tecnici, nicchioni tecnici.
Altre opere funzionali alla galleria	Camere di sfiocco, per il montaggio della struttura di spinta e di partenza della TBM.

Tab. 8.1 – Principali opere sotterranee del sistema galleria Scaleres - Tratto Fortezza-Imbocco sud

8.1.1.1 La galleria naturale di linea Scaleres

La galleria Scaleres è costituita da un sistema a doppia canna con singolo binario con interasse di 40 m ed è provvista di cunicoli trasversali di sicurezza con passo di 500 m (al massimo). La galleria sviluppa complessivamente 15.395 m circa (rif. binario pari km 0+487,75 portale Nord/km15+883 portale Sud) suddivisi in 15.350 di galleria naturale e 45 m circa di tratte in artificiale così ripartite: l’imbocco nord (lato Fortezza) ha un’estesa di 38 m circa (progr. 0+487,75/525,75) mentre quello a sud (lato ponte sull’Isarco) ha un’estesa di 7 m circa (progr. 15+876/883). La galleria verrà realizzata in parte con il metodo tradizionale (7.287 m circa per il B.P. e 7.586 m circa per il B.D.) ed in



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	28 di 154

parte con il metodo meccanizzato (8.063 m circa per il B.P., 7.721 m circa per il B.D.). Dal punto di vista altimetrico il tracciato della galleria è caratterizzato da una livelletta monopendente (pendenza massima del 12,50‰ circa) in discesa verso le progressive crescenti. La galleria Scaleres presenta la copertura massima di 800 m circa intorno alla progressiva km 7+200.

8.1.1.2 Le gallerie naturali di interconnessione di Fortezza

Le gallerie di interconnessione di Fortezza (collocate nella parte Nord della galleria Scaleres) si diramano in direzione nord-ovest dalle gallerie di linea, attraverso dei cameroni di diramazione, ed escono in superficie in prossimità del tracciato della linea esistente.

L'interconnessione pari passa al di sopra delle gallerie di linea con una differenza di quota tra i rispettivi piano ferro di circa 12 m.

Al fine di rispettare la normativa europea STI per la Sicurezza nelle gallerie ferroviarie (Rif. [19]) è prevista la realizzazione di by-pass pedonali di collegamento tra le due gallerie di interconnessione, con passo pari a 500 m al massimo, di lunghezza variabile in relazione alla distanza tra le due canne ed aventi le dimensioni interne rispondenti ai requisiti della STI/SRT 2008.

La galleria di interconnessione pari si sviluppa per 70 m circa in artificiale (prog. 0+250/320) e per 2.197 metri circa in naturale sino al camerone di interconnessione e presenta una copertura massima di 790 m. La galleria di interconnessione dispari si sviluppa per circa 62 m in artificiale (progr. 0+153/215) e per circa 2.337 m in naturale sino al camerone di interconnessione e presenta una copertura massima di 490 m circa. Entrambe le gallerie sono previste scavate col metodo tradizionale.

I due cameroni di interconnessione presentano uno sviluppo rispettivamente di 241 m quello del B.P. e 243 m quello del B.D. e prevedono ampie sezioni a doppio binario con interasse variabile.

8.1.1.3 Il posto di comunicazione semplice dispari/pari di Scaleres

Lungo il tracciato è presente un posto di comunicazione semplice dispari/pari che consente il collegamento tra le due canne di linea per il passaggio dei treni nella canna attigua in caso di interruzione di un tratto del tracciato in seguito a lavori di manutenzione o altre cause. La comunicazione ha inizio nella canna dispari al km 4+405 circa e termina nella canna pari al km 3+394 circa, a valle della camera di innesto della finestra Aica-Varna sud con le gallerie di linea.

Il posto di comunicazione è composto da due cameroni di diramazione, uno per ciascuna canna, collegati tra loro da una galleria a semplice binario della lunghezza di 118 m circa. La galleria di comunicazione presenta una sezione tipo più ampia rispetto a quella della galleria di linea per consentire la traslazione di una delle due TBM che realizzeranno il tratto di galleria in scavo meccanizzato. Entrambi i cameroni di diramazione presentano uno sviluppo di 211 m circa con ampie sezioni a doppio binario con interasse variabile. Le dimensioni geometriche dei cameroni sono state concepite per consentire il montaggio e la traslazione delle TBM. In particolare il camerone del B.P. presenta la sezione più ampia, denominata G, per consentire il montaggio delle due TBM; il camerone del B.D., invece, ha dimensioni tali da consentire la traslazione della TBM e del relativo back-up sino alla camera di lancio.

Il posto di comunicazione Scaleres segna il punto di confine a Nord tra lo scavo meccanizzato e lo scavo tradizionale della galleria Scaleres.

Per garantire la corretta ventilazione e per evitare la circolazione di aria viziata in caso di incendio, la galleria di comunicazione dispari/pari viene dotata di compartimentazione antincendio, descritta nel paragrafo 8/4 (Disconnessione fumi).

8.1.1.4 La doppia finestra di Aica-Varna e le gallerie di smarino di Forch

Per realizzare la porzione della galleria Scaleres compresa tra gli imbocchi Nord e la zona di innesto della finestra di Albes, sono state previste due finestre costruttive affiancate, denominate Aica-Varna Nord ed Aica-Varna Sud. Tali opere collegano l'area di Unterseeber ad est dell'Autostrada A22, dove sono ubicati i due imbocchi, con la galleria di

linea. Le gallerie sottopassano in naturale prima l'autostrada e poi la ferrovia del Brennero con pendenza a salire del 7% circa

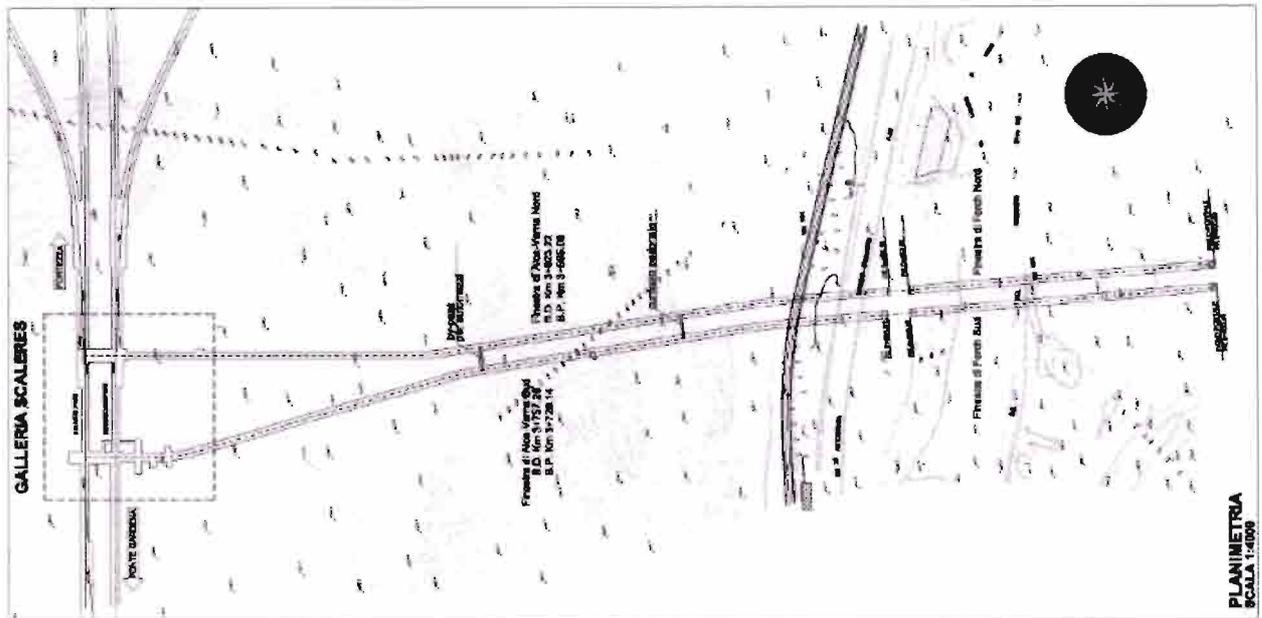


Fig. 8.2 - Stralcio planimetrico doppia finestra Aica-Varna

Esigenze di organizzazione logistica e di sicurezza di cantiere, volte a tenere separati i flussi di traffico da e per i fronti dei tratti di galleria realizzati rispettivamente in scavo meccanizzato e tradizionale, hanno portato a definire la soluzione che prevede due finestre costruttive, con differente sezione di intradosso in relazione alle specifiche funzioni logistiche cui ciascuna galleria è stata adibita.

La finestra Aica-Varna Nord di lunghezza pari a 1.000 m circa è adibita alla costruzione in scavo tradizionale del tratto di gallerie verso Nord, compreso dall'innesto della finestra con le due canne di linea sino a Fortezza. Tale tratto comprende quindi i due cameroni, le due gallerie di interconnessione e le due gallerie di linea.

La finestra Aica-Varna Sud, di lunghezza pari a 1.020 m circa, è invece adibita alla costruzione del tratto verso Sud, compreso dall'innesto della finestra con le due canne di linea sino alla zona di innesto con la finestra di Albes. Comprende quindi il posto di comunicazione (scavo tradizionale) e le gallerie di linea in scavo meccanizzato. Le dimensioni di questa finestra sono più ampie dell'altra poiché devono consentire il trasporto con mezzi speciali degli elementi più grandi della TBM (cuscinetto principale, testa fresante, carri del back-up etc.).

Nelle zone di innesto delle due finestre con le canne di linea la sezione trasversale è ampliata per ragioni logistiche di cantiere. In fase di esercizio alla zona di innesto della finestra Aica-Varna Sud viene attribuita la funzione di cunicolo trasversale di sicurezza. Le finestre sono collegate tra loro con due passaggi intermedi, uno pedonale e l'altro carrabile.

In fase di esercizio la finestra Aica-Varna-Sud svolgerà la funzione di galleria di soccorso e di manutenzione. La finestra sarà utilizzata per lo smaltimento a gravità, tramite due condotte separate, delle eventuali acque di infiltrazione e di piattaforma proveniente dal tratto di galleria Scaleres compreso tra la finestra e Fortezza. L'acqua di infiltrazione proseguirà poi con una condotta nel ricettore finale (fiume Isarco) attraverso la galleria di smarino Forch sud, l'acqua

di piattaforma invece verrà recapitata in una vasca interrata di 300 m³ circa situata in prossimità del portale a Unterseeber, dove verrà pompata e allontanata con mezzi di trasporto speciali.

Per la finestra Aica-Varna Nord invece non è previsto alcun utilizzo in fase di esercizio, salvo il tratto finale che si innesta nella galleria di linea che verrà adibito a locale tecnico. Si prevede pertanto che a fine lavori il portale di questa galleria, a Unterseeber, verrà chiuso.

Le due gallerie di smarino, denominate Forch Nord e Forch Sud, entrambe di lunghezza di 400 m circa costituiscono il prolungamento in asse delle due finestre Aica-Varna verso est, da cui sono separate dal tratto all'aperto dell'area Unterseeber, e verranno utilizzate per il trasporto del materiale proveniente dagli scavi della galleria Scaleres nei depositi in val Riga. Tali depositi sono raggiungibili da Unterseeber anche attraverso una strada di collegamento di cantiere e la viabilità ordinaria. Queste opere quindi sono parte integrante del sistema di gallerie in fase di costruzione.

Le due gallerie di smarino presentano una pendenza a salire da Forch verso Unterseeber dello 0,5% circa; entrambe sono composte da un tratto in naturale (216 m circa Forch nord e 246 m circa Forch sud) e da un tratto in artificiale (181m ca Forch nord e 151 m circa Forch sud) che termina nell'area di Forch.

In fase di esercizio la galleria Forch-Sud sarà utilizzata per lo smaltimento a gravità, tramite una condotta interna, dell'eventuale acqua di infiltrazione proveniente dalla finestra Aica-Varna sud e dalla porzione di galleria Scaleres compreso tra la finestra e Fortezza. Dal portale ubicato nel deposito Forch l'acqua sarà sversata nel fiume Isarco. A fine lavori i portali di questa galleria verranno chiusi con cancelli o portoni.

Per la galleria Forch-Nord non si prevede invece alcun utilizzo in fase di esercizio per cui a fine lavori verrà chiusa.

8.1.1.5 La finestra di Albes

La finestra di Albes si innesta nella galleria di linea alla progressiva km 12+229 B.D/12+180 B.P. circa. Presenta uno sviluppo di 672 m circa, con pendenza massima a salire del 13,5% circa. E' concepita in fase di cantiere per la realizzazione in scavo tradizionale del tratto di galleria di linea compreso tra l'innesto della finestra di Albes con le canne di linea e l'imbocco Sud, in prossimità del ponte sull'Isarco. In fase di esercizio svolgerà la funzione di galleria di sicurezza e per attività di manutenzione. La finestra sarà utilizzata per lo smaltimento a gravità, tramite due condotte separate, delle eventuali acque di infiltrazione e di piattaforma proveniente dal tratto di galleria Scaleres compreso tra Aica e Albes. L'acqua di infiltrazione proseguirà poi con una condotta nel ricettore finale (fiume Isarco), l'acqua di piattaforma invece verrà recapitata in una vasca interrata di 300 m³ circa situata in prossimità del portale, dove verrà pompata e allontanata con mezzi di trasporto speciali.

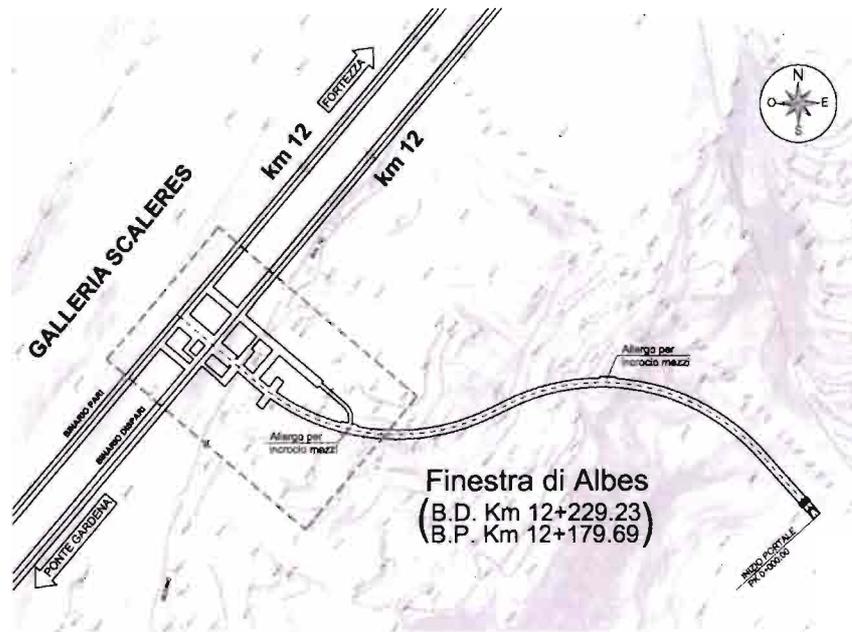


Fig. 8.3 - Stralcio planimetrico della finestra di Albes

8.1.2 Il sistema galleria Gardena - Tratto tra l'imbocco Nord e Ponte Gardena

Nella seguente tabella si riportano le principali opere in sotterraneo che si incontrano seguendo il tracciato del sistema galleria Gardena da Nord verso Sud:

Galleria di linea Gardena	Galleria con configurazione a doppia canna/singolo binario lunghezza di 6,3 km circa per il B.P. e di 5,8 km circa per il B.D.
Finestra di Chiusa	Galleria per l'attacco intermedio dello scavo della galleria Gardena della lunghezza di 1,8 km circa
Posto di Comunicazione doppia	Doppio sistema di comunicazione, ciascuno composto da una galleria a singolo binario e da due cameroni di connessione. I cameroni del PC Sud presentano dimensioni geometriche adeguate a consentire il montaggio e la traslazione della TBM scudata per lo scavo delle gallerie di interconnessione.
Gallerie di Interconnessione	Due gallerie a singolo binario della lunghezza 2,3 km circa per il ramo pari e 3 km circa per il ramo dispari, che sovrappassa la linea. Le interconnessioni si innestano nelle canne di linea tramite la realizzazione di due cameroni di diramazione.
Cunicoli trasversali di collegamento	Queste opere sono previste sia per le gallerie di linea che per le gallerie di interconnessione e collocati ad intervalli di 500 m al massimo.
Altre opere funzionali al sistema	Cameroni trasversali alle finestre per locali tecnici, cameroni di manovra al termine delle finestre, by-pass tecnici, nicchioni tecnici.
Altre opere funzionali alla galleria	Camere di sfiocco, per il montaggio della struttura di spinta e di partenza della TBM.

Tab. 8.2 – Tabella principali opere sotterranee del sistema galleria Gardena - Tratto Imbocco Nord - Ponte Gardena



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	32 di 154

8.1.2.1 La galleria naturale di linea Gardena

La galleria Gardena presenta la configurazione a doppia canna a singolo binario con interasse tra le canne pari a 40 m ed è provvista di cunicoli trasversali di sicurezza con passo di 500 m al massimo. Questa seconda galleria sviluppa complessivamente 6.355 m circa (rif. binario pari - progr. 16+113/22+468) suddivisi in 6.342 m di galleria naturale e in 12,50 m di galleria artificiale all'imbocco Nord in corrispondenza del ponte sull'Isarco. La progressiva 22+468,41 segna la fine del lotto costruttivo, da questo punto il collegamento in sotterraneo con la galleria Sciliar sarà oggetto di un futuro lotto.

La galleria verrà realizzata con il metodo tradizionale, dal punto di vista altimetrico il tracciato della galleria è caratterizzato da una livelletta monopendente (pendenza max. del 12,50% circa) in discesa verso le progressive crescenti. La galleria Gardena presenta la copertura massima di 600 m circa intorno ai km 18+900 e 21+100.

8.1.2.2 Le gallerie naturali di interconnessione di Ponte Gardena

Le interconnessioni si diramano in direzione Sud-Ovest dalle gallerie di linea tramite cameroni di diramazione ed escono in superficie in prossimità della stazione di Ponte Gardena.

I due cameroni di interconnessione presentano uno sviluppo rispettivamente di 243 m per il B.P. e 239 m per il B.D. e prevedono ampie sezioni a doppio binario con interasse variabile.

L'interconnessione dispari passa sopra al tracciato del futuro collegamento sotterraneo tra le gallerie AC con una differenza di quota tra i p.f. di circa 13 m. La pendenza massima non supera il valore del 12,50%.

Proseguendo verso sud il tracciato sottopassa il rilevato dell'autostrada del Brennero, posto a ridosso della spalla sud del viadotto "Belprato", con copertura di 15 m circa rispetto al piano di rotolamento stradale ed esce allo scoperto al km 3+214 circa a sud della stazione di Ponte Gardena. La galleria di interconnessione binario dispari pertanto si sviluppa per circa 2.947 m in naturale e per circa 28 m in artificiale con copertura massima di circa 800 m intorno al km 0+800.

La galleria di interconnessione pari si sviluppa in naturale per circa 2.115 m e poi in artificiale per 223 m circa sbucando a nord della stazione di Ponte Gardena. La galleria artificiale è oggetto della progettazione definitiva dei lavori relativi al Sub Lotto Funzionale Fortezza-Ponte Gardena (Rif. [8]). Il tracciato sottopassa al km 2+125 circa la pila 13 del viadotto Belprato ad una distanza di circa 11 m, misurata tra l'estradosso della galleria e il piano di fondazione. La copertura massima raggiunge 580 m circa intorno al km 0+500. Lo sbocco all'aperto del tracciato della canna pari richiede una deviazione provvisoria della linea storica per sottopassare l'attuale linea del Brennero, già prevista nell'ambito dei lavori relativi al Sub Lotto Funzionale Fortezza-Ponte Gardena (Rif. [8]).

Dal punto di vista altimetrico occorre sottolineare che l'interconnessione pari manifesta la presenza di una "corda molle" al km 2+368 circa in corrispondenza della GA (oggetto della progettazione definitiva dei lavori relativi al Sub Lotto Funzionale Fortezza-Ponte Gardena) dove è previsto un doppio sistema di smaltimento forzato per le eventuali acque di infiltrazione e per le acque di piattaforma e liquidi pericolosi. La pendenza massima non supera il valore del 12,50%. Nella galleria artificiale è previsto anche un'uscita di emergenza.

Al fine di rispettare la normativa europea STI, per la Sicurezza nelle gallerie ferroviarie, è prevista la realizzazione di by-pass pedonali di collegamento tra le due gallerie di interconnessione con passo pari a 500 metri al massimo, di lunghezza variabile in relazione alla distanza tra le due canne ed aventi le dimensioni interne rispondenti ai requisiti della STI/SRT 2008.

8.1.2.3 Il posto di comunicazione doppia di Chiusa

Lungo il tracciato sono presenti due posti di comunicazioni (P.C.) pari/dispari e dispari/pari posti rispettivamente a nord e a sud della camera di innesto della finestra di Chiusa con le gallerie di linea. Questa doppia comunicazione ha inizio al km 20+453 B.D. e termina al km 21+573 sempre sul B.D.. Ciascun P.C. è composto da due cameroni di deviazione, uno per ciascuna canna, collegati tra loro da una galleria a semplice binario della lunghezza di circa 118

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA					
	RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 33 di 154

m. Tali cameroni, che misurano lunghezze anche di oltre 200 m, prevedono sezioni a doppio binario con interasse variabile.

8.1.2.4 *La finestra di Chiusa*

Per la realizzazione di una porzione della galleria Gardena è prevista la finestra costruttiva di Chiusa (in realtà è una discenderia) che si innesta nelle gallerie di linea ai km 20+958 B.P./20+013 B.D. Nella zona di innesto la sezione trasversale è ampliata per ragioni logistiche di cantiere. La funzione di questa finestra, in fase costruttiva, è quella di realizzare il tratto di gallerie di linea compresa tra il posto di comunicazione a Nord della zona d'innesto e i due cameroni di interconnessione a sud. Per la realizzazione di tutte le sopracitate opere si farà ricorso al metodo di scavo in tradizionale. La finestra ha uno sviluppo complessivo di 1.790 m circa ripartiti in 22 m di galleria artificiale e 1.767 m di galleria naturale con pendenza massima del il 6% circa.

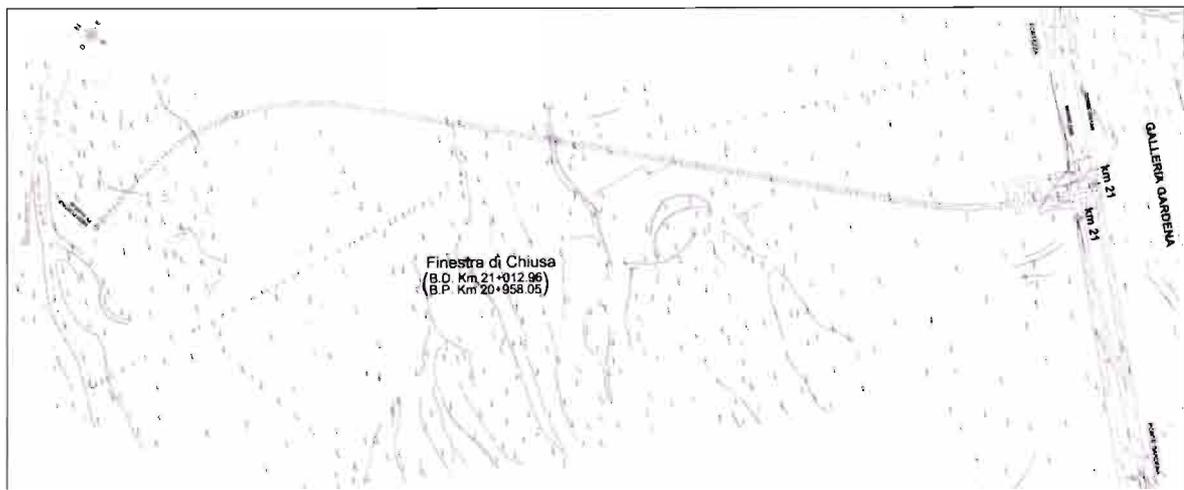


Fig. 8.4 – Stralcio planimetrico Discenderia di Chiusa

8.1.2.5 *I cunicoli trasversali di sicurezza*

I cunicoli trasversali o by-pass sono collocati con passo di 500 m al massimo e svolgono le seguenti funzioni:

- Collegamento tra le gallerie di linea
- Collegamento tra le gallerie di interconnessione
- Via di fuga e soccorso in caso di emergenza
- Spazio per impianti tecnici

I cunicoli trasversali svolgono la funzione di via di esodo, per raggiungere la canna attigua della galleria di linea o di interconnessione. Su entrambi i lati i cunicoli sono dotati di porte di fuga a tenuta di pressione e di sistema di ventilazione. La parte centrale del corridoio svolge la funzione di passaggio vero e proprio, su uno dei lati del corridoio invece vengono collocati gli impianti tecnici.

I by-pass delle interconnessioni presentano lunghezze molto estese, determinate dalla distanza tra i rami di interconnessione, raggiungendo anche 500 m circa nell'interconnessione di Fortezza e oltre 400 m nell'interconnessione di Ponte Gardena.

	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 34 di 154

8.1.2.6 Le altre opere funzionali alla costruzione delle gallerie di linea

Il tratto di partenza delle TBM è caratterizzato da una serie di opere speciali, denominate camere, realizzate in scavo tradizionale, di collegamento tra il tratto in meccanizzato e i cameroni del P.C. Scaleres e dell'interconnessione di Ponte Gardena. Tali opere sono funzionali alla corretta partenza della TBM e sono composte da tre brevi tratti di galleria, come rappresentato in figura, con differenti sezioni di intradosso.

A partire dai suddetti cameroni le tre camere sono in ordine:

- **Camera di sfiocco:** serve per allontanarsi dal camerone in modo tale da annullare la reciproca influenza tra la zona di influenza della camera successiva, caratterizzata da una sezione di scavo più ampia, e la galleria di diramazione del camerone. Tale camera misura dai 12 ai 30 m ed ha una sezione di intradosso all'interno della quale può traslare la TBM.
- **Camera per l'installazione della struttura di spinta:** misura 18 m con sezione di intradosso che consente il montaggio della struttura di spinta della TBM dopo che questa è stata traslata nella successiva camera di partenza.
- **Camera di partenza della TBM:** misura 12 m con sezione di intradosso che consente l'alloggiamento della TBM. In questa camera vengono montati i primi anelli prefabbricati di rivestimento definitivo, fissati al rivestimento provvisorio della camera attraverso l'iniezione a tergo per consentire il corretto avvio della TBM.

8.1.2.7 Le altre opere funzionali al sistema

- Locali tecnici sotterranei ubicati nel tratto che precede la zona di innesto delle finestre con le gallerie di linea. Questi locali presentano la stessa sezione di intradosso F1 della galleria di Albes.
- By-pass tecnici in numero di cinque, di dimensioni analoghe ai cunicoli trasversali di collegamento. Quattro sono collocati nella galleria Scaleres rispettivamente ai km 6+493 B.P./6+500 B.D. , 9+480 B.P./9+500 B.D e 12+142 B.P./12+192 B.D., 12+210 B.P./12+260 B.D. e uno nella galleria Gardena al km 18+533 B.P./18+600 B.D.
- Nicchie tecnologiche per T.E. in numero di 14.

8.2 SEZIONI DI INTRADOSSO

Come evidenziato nel capitolo precedente, il complesso delle opere sotterranee del Lotto 1 comporta l'adozione di numerose sezioni tipo di intradosso, elencate nella seguente tabella secondo le rispettive sigle di identificazione, e di seguito illustrate.

SEZIONE TIPO DI INTRADOSSO	APPLICAZIONI	SEZIONE TIPO DI INTRADOSSO	APPLICAZIONI
LT	Galleria di linea scavo tradizionale	F2	Finestra di Aica-Varna nord
LTs	Galleria di comunicazione pari/dispari	F3	Finestra di Aica-Varna sud
LTt	Galleria di comunicazione pari/dispari	I1	Cameroni di interconn. e di comunic. P/D
LM	Galleria di linea scavo meccanizzato	I2	Cameroni di interconn. e di comunic. P/D
LMs	Camera di sfiocco e di partenza TBM	I3	Cameroni di interconn. e di comunic. P/D
Cs	Camera montaggio struttura di spinta	C0	Cameroni di interconn. e di comunic. P/D
G	Camerone montaggio TBM	C1	Cameroni di interconn. e di comunic. P/D
F0	Cunicolo di servizio	C2	Cameroni di interconn. e di comunic. P/D
F1	Finestra di Albes e locali tecnici	C3	Cameroni di interconn. e di comunic. P/D

Tab.8.3 - Sezioni tipo di intradosso

8.2.1 Gallerie naturali di linea e di interconnessione

Le sezioni d'intradosso, in entrambe le configurazioni costruttive previste, tradizionale (LT, fig. 8.6) o meccanizzato (LM, fig. 8.7) presentano il raggio della calotta pari a 4,2 metri e piano dei centri posto a 2,7 metri sul p.f.; nel caso dello scavo meccanizzato la sezione è di tipo monocentrico, invece nel caso dello scavo tradizionale il raggio dei piedritti è pari a 4,40 metri. Anche le tolleranze costruttive si differenziano nelle due sezioni: sono di 10 cm (sul raggio) per il meccanizzato e di 5 cm per il tradizionale. Onde consentire un'ottimizzazione degli spazi all'interno delle sezioni, l'asse del binario è sempre posizionato con un dissassamento di 30 cm rispetto all'asse della galleria e dal lato opposto è inserito lo stradello di servizio.

Le sezioni trasversali sono state progettate, in ottemperanza alle specifiche di base, per:

- consentire velocità massime di 225 km/h;
- consentire il transito del Gabarit di tipo C con i relativi Profili Minimi degli Ostacoli (v. fig. seguente) calcolati secondo le regole sia delle OBB che delle FS;
- l'alimentazione a 2x25 KV c.a.;
- l'adozione dell'armamento di tipo non tradizionale (su piastra).

Nella situazione di tracciato in retta, con le dimensioni sopra specificate, l'area libera risulta di circa 48÷49 m².

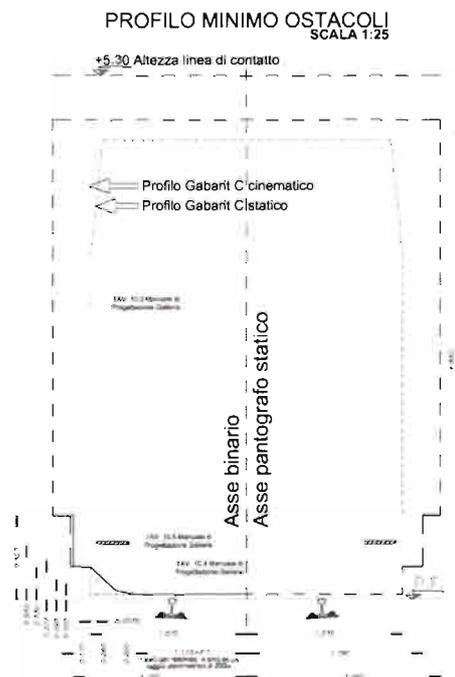


Fig. 8.5 – Profilo minimo ostacoli

Come da specifica di base Rif. [33], la posizione dello spigolo dello stradello di servizio è variabile all'interno della sezione in funzione della configurazione dell'armamento dovendo comunque garantire una quota del calpestio, misurata sul piano di rotolamento, di 25 cm ed una distanza dello spigolo dall'interno della più vicina rotaia di 88 cm.

	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 36 di 154

Con il criterio sopraddetto, la quota è pari a 25 cm sul p.f. nella configurazione retta, mentre risulta di 18 e 43 cm in un tratto in curva nella configurazione di sopraelevazione massima (11 cm), rispettivamente all'interno o all'esterno del binario.

La larghezza dello stradello varia in funzione dell'andamento planimetrico del tracciato, del raggio d'intradosso dei piedritti e della tolleranza costruttiva. Nella seguente tabella sono riportati i relativi valori:

Posizione dello stradello rispetto al binario			
Tipo di scavo	Interno curva (con soprael. max)	Retta	Esterno curva (con soprael. max)
Meccanizzato	186 cm	199 cm	214 cm
Tradizionale	245 cm	248 cm	256 cm

Tabella 8.4 – Larghezze dello stradello rispetto al binario

Le dimensioni trasversali della vasca dell'armamento sono di 260x63 cm con uno spazio laterale libero (distanza dall'ostacolo più vicino), per la necessaria messa in opera e manutenzione della rotaia, di 30 cm. Tale spazio consente inoltre la raccolta e lo smaltimento di liquidi pericolosi che dovessero invadere la galleria nel caso si verificasse un accidentale sversamento da vagoni cisterna; il sistema di raccolta prevede, in aggiunta, la realizzazione di un collettore di raccolta longitudinale con una serie di pozzetti con sistema di sifone rompi fiamma.

E' prevista l'adozione delle sezioni d'intradosso nello scavo con il metodo tradizionale per le gallerie di linea, per quelle d'interconnessione, e per i brevi tratti di galleria a singolo binario da realizzarsi nelle tre comunicazioni Pari/Dispari. Solo in quest'ultimo caso la sezione sarà priva di dissassamento e sarà dotata su entrambi i lati di stradelli per assicurare la continuità di transito ai manutentori.

Tutte le sezioni, sia in scavo tradizionale che in scavo meccanizzato, sono dotate di corrimano conforme alle normative (Rif. [16], Rif. [19]).

8.2.2 Gallerie artificiali

In corrispondenza degli imbocchi delle gallerie naturali di linea e di interconnessione è prevista la realizzazione di tratti di galleria artificiale in c.a., che verranno successivamente ricoperti, permettendo la riconfigurazione geometrica locale dei versanti.

La maggior parte di tali opere ha lo stesso profilo d'intradosso dei contigui tratti di gallerie naturali, mentre gli spessori esterni sono determinati dalla presenza delle opere di contenimento laterali e/o dal profilo della scarpata. La geometria longitudinale dei portali d'imbocco è prevista a becco di flauto diritto o rovescio. Per il dettaglio sulla carpenteria si rimanda agli elaborati specifici.

Fanno eccezione il portale Nord della Scaleres e la galleria artificiale dell'interconnessione binario dispari di Ponte Gardena.

Per il primo, in accordo alla prescrizione CIPE n° 21, è stata sviluppata una soluzione architettonica analoga a quella prevista per il portale sud della galleria del Brennero, prevedendo una struttura portante in cemento armato rivestita con gusci in lamiera zinco-titanio.

Nel caso dell'interconnessione binario pari di Ponte Gardena, la geometria della galleria artificiale è a forma scatolare per consentire il ripristino della strada di servizio utilizzata sia dalle Ferrovie che dalla società Autostrada del Brennero.

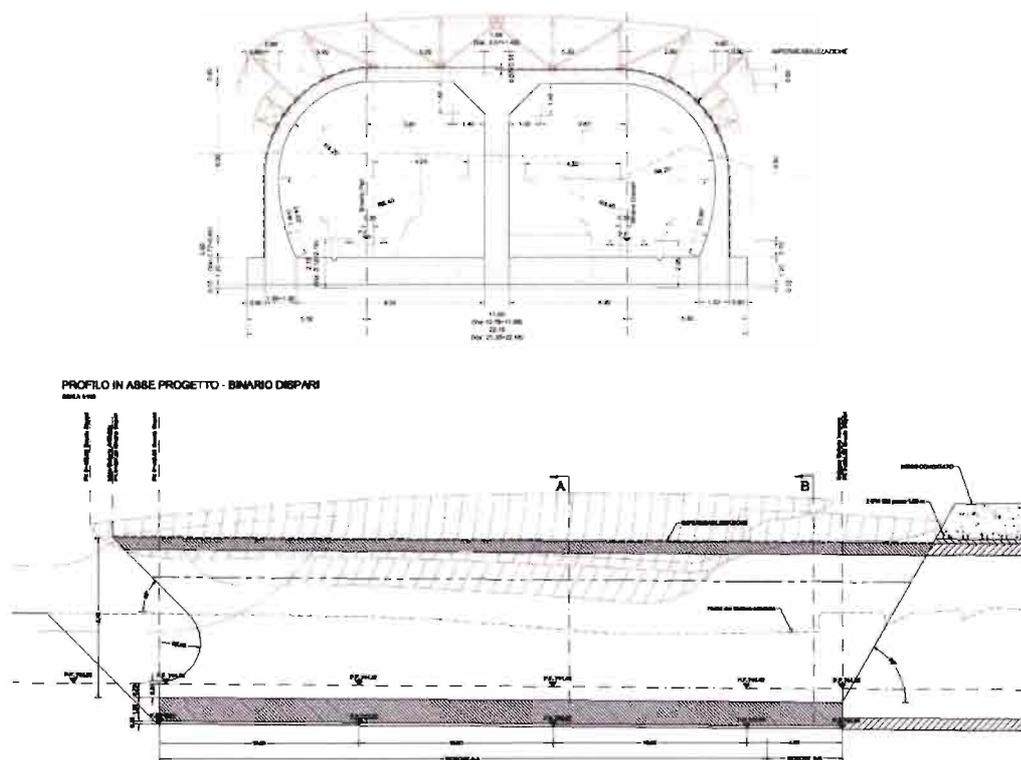


Fig. 8.8 – Portale lato Fortezza

Il sistema di impermeabilizzazione delle tratte in artificiale è costituito da una guaina impermeabile messa in opera sopra la struttura in c.a. e protetta da un doppio strato di tessuto non tessuto. La guaina al piede viene risvoltata in modo tale da costituire una base per il tubo drenante che ha la funzione anche di convogliare le acque all'esterno del tratto di artificiale. Il raccordo con il sistema di impermeabilizzazione della galleria naturale avviene per termosaldatura avendo cura di risvoltare i teli in corrispondenza della sovrapposizione e di proteggere il raccordo con una cappa in calcestruzzo.

Per la sistemazione finale, il ritombamento dovrà ricoprire interamente, oltre agli scavi d'approccio, le strutture di sostegno provvisorie, raccordando il versante a monte e a valle dell'imbocco con pendenze adeguate.

8.2.3 Cameroni per le Interconnessioni

Per la realizzazione delle interconnessioni di Fortezza e di Ponte Gardena sono previsti cameroni di diramazione del binario di interconnessione dal binario di corsa (uno per il binario pari ed uno per il dispari) tramite l'applicazione di sezioni trasversali mano a mano crescenti con l'allontanamento della diramazione dalla galleria di linea. I cameroni di diramazione delle interconnessioni di Ponte Gardena presentano dimensioni geometriche maggiori degli omologhi cameroni dell'interconnessione di Fortezza, poiché devono consentire il transito della TBM per lo scavo delle gallerie di interconnessione. Di seguito si riportano le principali caratteristiche geometriche delle sezioni dei cameroni di diramazione rispettivamente per l'interconnessione di Fortezza e di Ponte Gardena.

8.2.3.1 Cameroni di diramazione - interconnessione di Fortezza

Questi cameroni presentano 3 diverse sezioni tipo trasversali, denominate I₁, I₂ e I₃, mano a mano crescenti quando le canne si allontanano e con lunghezze differenti.

	Sezioni di camerone		
	I ₁	I ₂	I ₃
Area libera (m ²)	95	125	165
Area al netto del rivestimento (m ²)	111	154	200
Area di scavo (m ²)	165	235	305
Tratte di applicazione B.P. (m)	156	54	31
Tratte di applicazione B.D. (m)	156	55,5	32

Tab. 8.5 - Principali caratteristiche geometriche delle sezioni dei cameroni di diramazione dell'Interconnessione di Fortezza.

	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 40 di 154

8.2.3.2 Camerone di diramazione - interconnessione di Ponte Gardena

Questi camerone presentano 4 diverse sezioni tipo trasversali, denominate C₀, C₁, C₂ e C₃, mano a mano crescenti quando le canne si allontanano e con lunghezze differenti.

	Sezioni di camerone			
	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃
Area libera (m ²)	73,7	95	125	163
Area al netto del rivestimento (m ²)	49	55,5	81,7	111,7
Area di scavo (m ²)	156	196	263	342
Tratte di applicazione B.P. (m)	98	57,5	51	36
Tratte di applicazione B.D. (m)	98	57,5	52	31,5

Tab. 8.6 - Principali caratteristiche geometriche delle sezioni dei camerone di diramazione dell'interconnessione di Ponte Gardena

8.2.4 Camerone per i Posti di Comunicazione

Il tracciato prevede la realizzazione di due Posti di Comunicazione, uno nella galleria Scaleres, denominato P.C. Scaleres (comunicazione semplice), collocato a sud della camera di innesto della finestra di Aica-Varna Sud con le gallerie di linea. L'altro, nella galleria Gardena, denominato P.C. Chiusa (comunicazione doppia) collocato a cavallo della zona di innesto della finestra di Chiusa con le gallerie di linea. Per permettere l'attuazione di queste geometrie del tracciato è prevista la costruzione di camerone con diverse sezioni trasversali di differente ampiezza e lunghezza.

8.2.4.1 Posto di comunicazione di Scaleres

Nella tabella seguente sono riportate le principali caratteristiche geometriche e sezioni di applicazione previste per il P.C. di Scaleres. Si osserva che le dimensioni dei camerone sono più ampie di quelle usualmente previste in casi analoghi, ciò si spiega col fatto che il camerone B.P. è progettato per il montaggio delle due TBM che scaveranno le gallerie di linea verso sud, invece il camerone B.D. presenta dimensioni più contenute ma è configurato con 4 sezioni tipo trasversali per permettere la traslazione della TBM sino alla camera di lancio per lo scavo della canna dispari.

P.C. Scaleres	Sezioni di camerone						
	I ₁	I ₂	G	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃
Area libera (m ²)	95	125	277	73,7	95	125	163
Area al netto del rivestimento (m ²)	111	154	352	49	55,5	81,7	111,7



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	41 di 154

Area di scavo (m ²)	165	235	487				
Tratte di applicazione B.P. (m)	143	37	31				
Tratte di applicazione B.D. (m)				98	45	37	31

Tab.8.7 - Principali caratteristiche geometriche delle sezioni dei cameroni del Posto di comunicazione di Scaleres

8.2.4.2 Posto di comunicazione di Chiusa

Nelle seguenti tabelle sono indicate le principali caratteristiche geometriche e sezioni di applicazione previste per i due P.C. di Chiusa.

Si osserva che le sezioni di intradosso dei cameroni del P.C. Chiusa sud sono di dimensioni più ampie rispetto a quelle del P.C. Chiusa nord. Ciò si spiega col fatto che i cameroni del P.C. Chiusa sud sono stati progettati per consentire il montaggio e la traslazione della TBM che realizzerà le gallerie di interconnessione di Ponte Gardena. Anche la galleria di comunicazione pari/dispari del PC sud presenta dimensioni più ampie della sua omologa del P.C. Chiusa nord, per consentire la traslazione della TBM dal camerone di montaggio ubicato sul B.P. alla camera di lancio dell'interconnessione B.D. ubicata a valle del camerone di interconnessione.

P.C. Chiusa nord	Sezioni di cameroni		
	I ₁	I ₂	I ₃
Area libera (m ²)	95	125	164,5
Area al netto del rivestimento (m ²)	111	154	200
Area di scavo (m ²)	165	235	304
Tratte di applicazione B.D. (m)	141	36,15	30,38
Tratte di applicazione B.P. (m)	170,78	36,20	30,38

Tab.8.8 - Principali caratteristiche geometriche delle sezioni dei cameroni del P.C. Chiusa nord

Il camerone B.P. del P.C. Chiusa sud prevede l'applicazione di tre sezioni tipo di intradosso. La maggiore, denominata sezione G, presenta ampie dimensioni per consentire il montaggio della TBM che scaverà le gallerie di interconnessione di Ponte Gardena.

Il camerone B.D. del P.C. Chiusa sud presenta invece 4 sezioni tipo. Tale configurazione nasce dall'esigenza di consentire la traslazione della TBM e dei carri di servizio (back-up) sino alla camera di lancio ubicata a valle del camerone di interconnessione dispari.

P.C. Chiusa sud	Sezioni di cameroni						
	I ₁	I ₂	G	C ₀	C ₁	C ₂	C ₃
Area libera (m ²)	95	125	277	73,7	95	125	163

	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 42 di 154

Area al netto del rivestimento (m ²)	111	154		49	55,5	81,7	111,7
Area di scavo (m ²)	165	235	487				
Tratte di applicazione B.P. (m)	170,78	36,25	30,40				
Tratte di applicazione B.D. (m)				96,12	42,83	36,23	30,40

Tab. 8.9 – Principali caratteristiche geometriche delle sezioni dei cameroni del P.C. Chiusa sud

Di seguito sono rappresentate le varie sezioni tipo che caratterizzano i cameroni delle interconnessioni e dei posti di comunicazione.

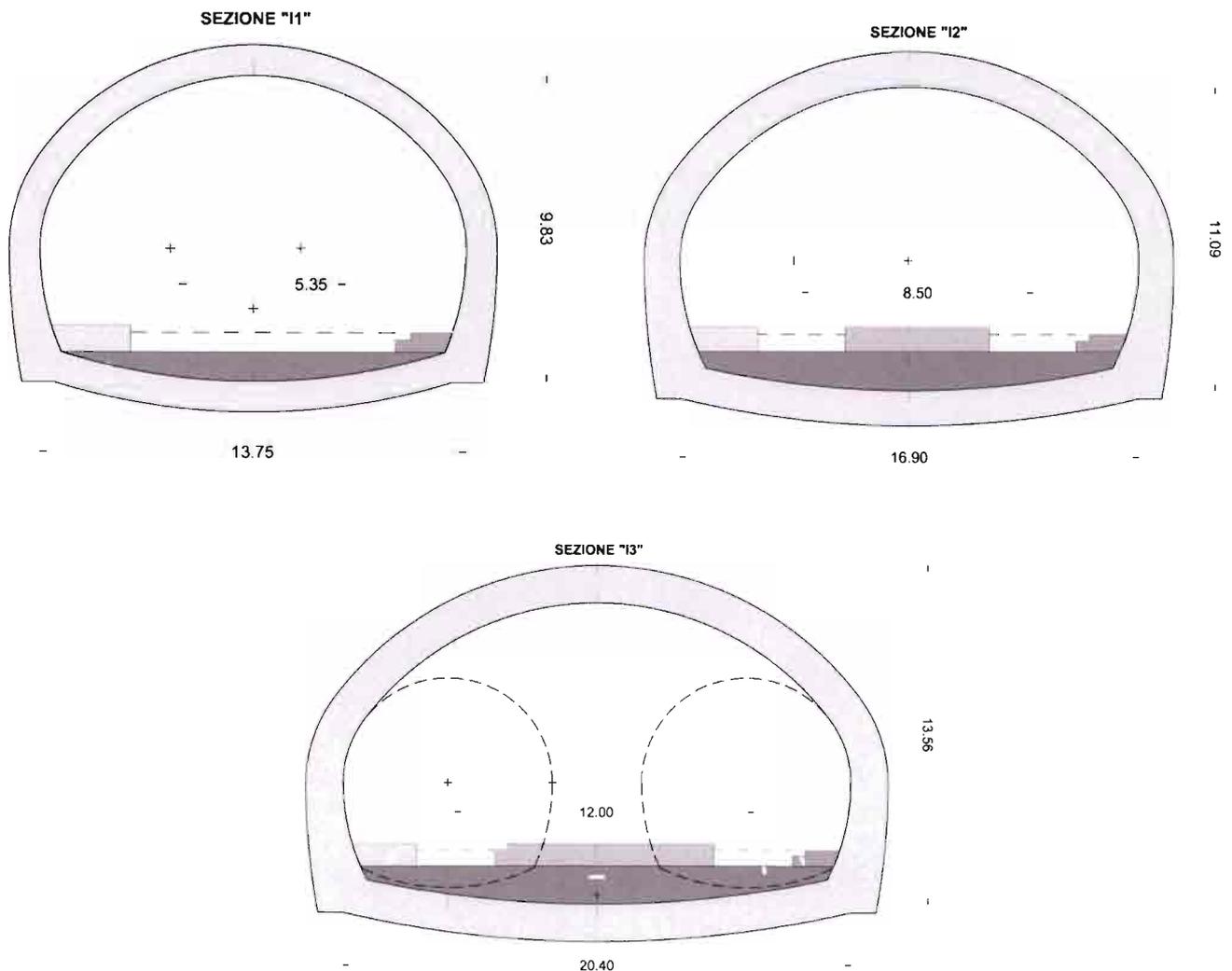


Fig. 8.9 – Sezioni tipo di intradosso I1,I2,I3

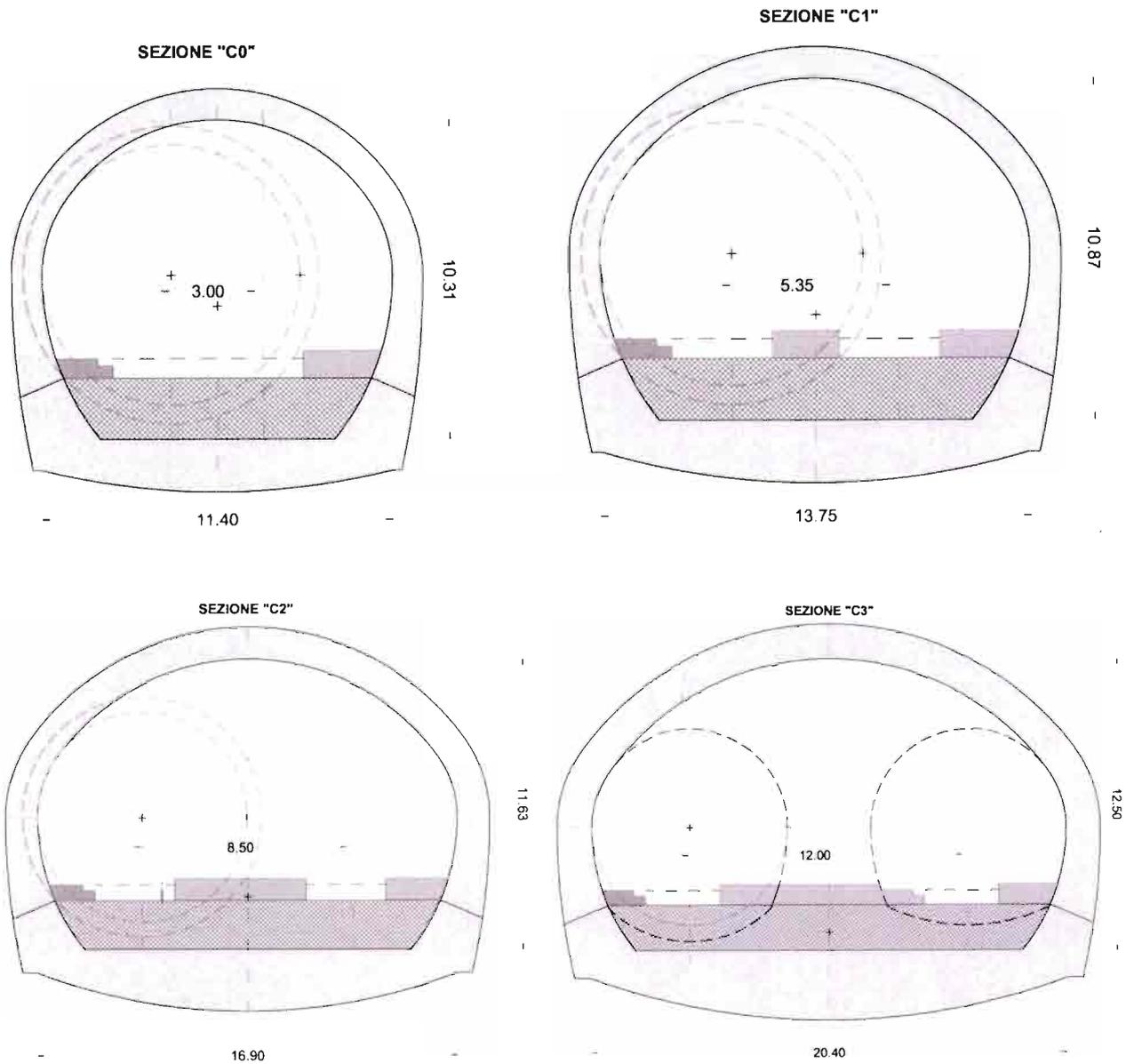


Fig. 8.10 – Sezioni tipo di intradosso Co, C1,C2,C3

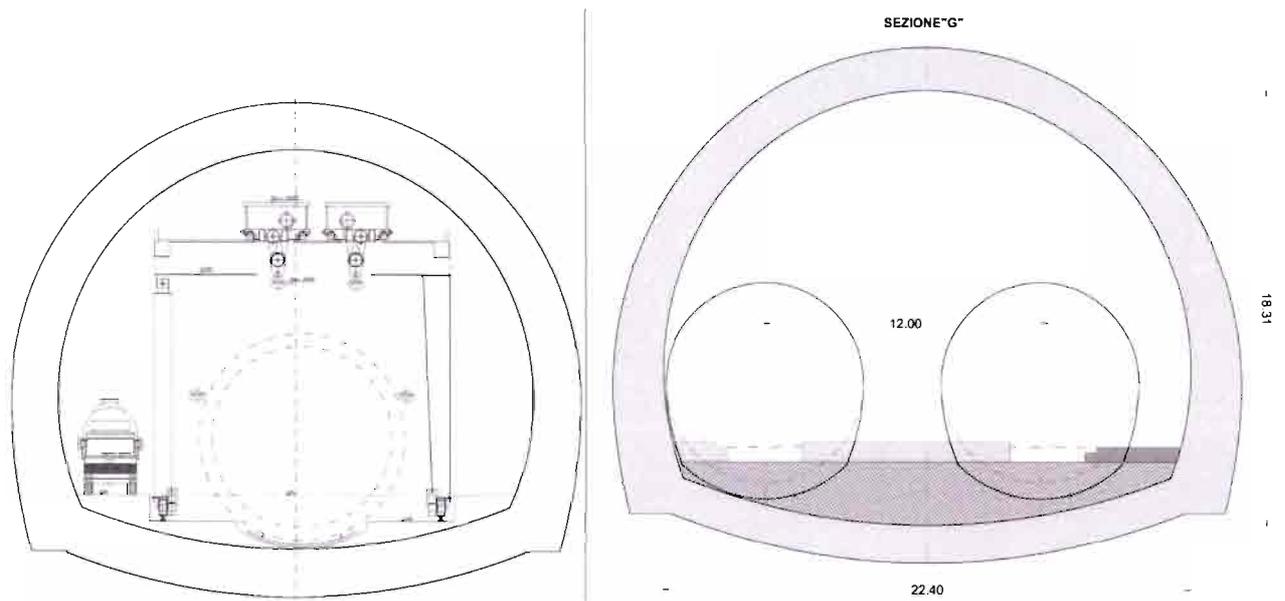


Fig. 8.11 – Sezioni tipo G per il montaggio della TBM

8.2.4.3 Zone di innesto delle finestre con le gallerie di linea

Nelle zone di innesto delle finestre con le gallerie di linea sono previste sezioni allargate per motivi logistici (manovra dei mezzi di trasporto). Tali sezioni corrispondono alla sezione tipo I₁ rappresentata nella seguente figura.

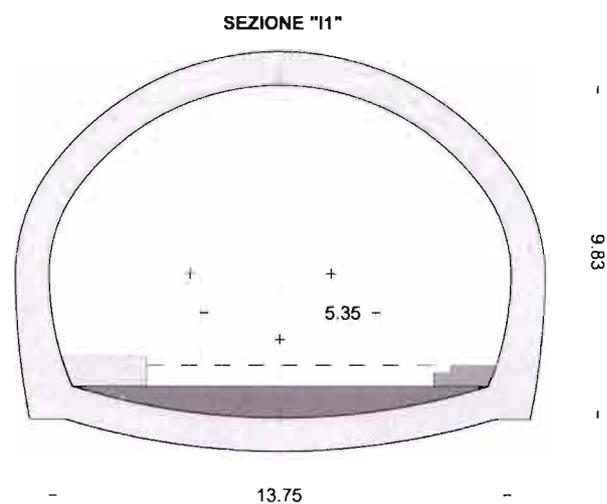


Fig. 8.12 – Sezioni tipo di intradosso I₁ nelle zone di innesto

8.2.5 Nicchie

Non sono previste le nicchie di ricovero personale nelle gallerie sia di linea che di interconnessione (Rif. [32]).

Invece sono previste per la trazione elettrica 14 nicchie realizzate in scavo tradizionale secondo la geometria e dimensioni indicate nelle seguenti figure.

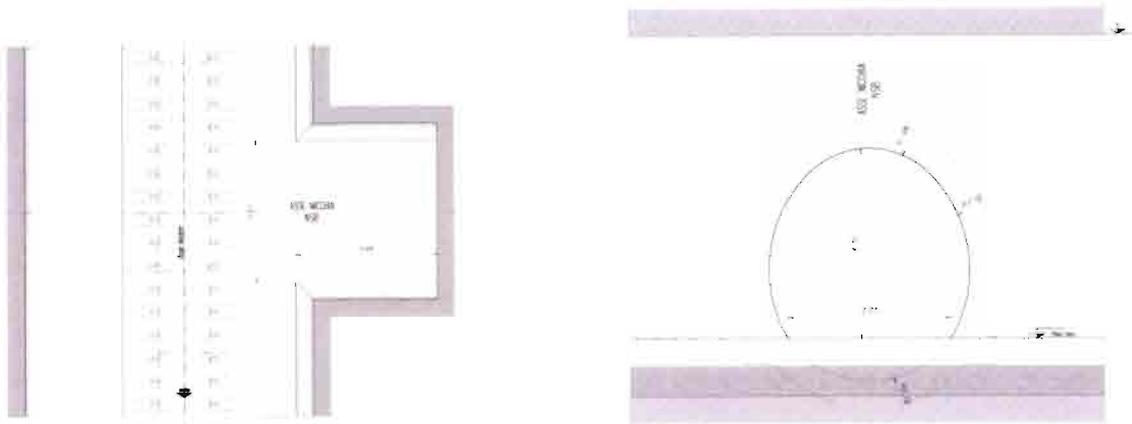


Fig. 8.13 - Pianta e vista frontale nicchia

8.2.6 Cunicoli trasversali di collegamento

Sia per le gallerie di linea a singolo binario a doppia canna che per le gallerie di interconnessione, assimilabili ad una galleria a doppia canna, sono previsti collegamenti trasversali pedonali (by-pass) (Fig. 8.14 e 8.15), ad interasse di 500 metri al massimo (Rif. [3] e Rif. [33]).

Il by-pass presenta due nicchie interne di dimensioni adeguate necessarie per l'installazione delle porte scorrevoli di accesso con dimensioni di 2,0 m x 2,0 m e delle relative dotazioni impiantistiche (Fig. 8.16 e 8.17). Il tratto pedonale misura una larghezza di 3,60 m al piano di rotolamento; la larghezza utile di transito è pari a 2,40 m, la parte restante è a disposizione delle dotazioni impiantistiche del by-pass. L'altezza utile interna nella zona pedonale è di 2,25; al di sopra della controsoffittatura, avente caratteristiche REI 120, sono alloggiati altri dispositivi impiantistici (Fig. 8.18 e 8.19).

Lo spazio disponibile è pari a 25,40 m ove l'interasse tra le canne è di 40 m. Per lunghezze maggiori di 100m, presenti solo nelle interconnessioni, sono previste due zone filtro realizzate mediante doppie porte e poste in sovrappressione, collocate ad una distanza di norma pari a 20-30m (fig. 8.20).



Fig. 8.14 - Vista interna cunicolo trasversale



Fig. 8.15 - Porta scorrevole cunicolo trasversale

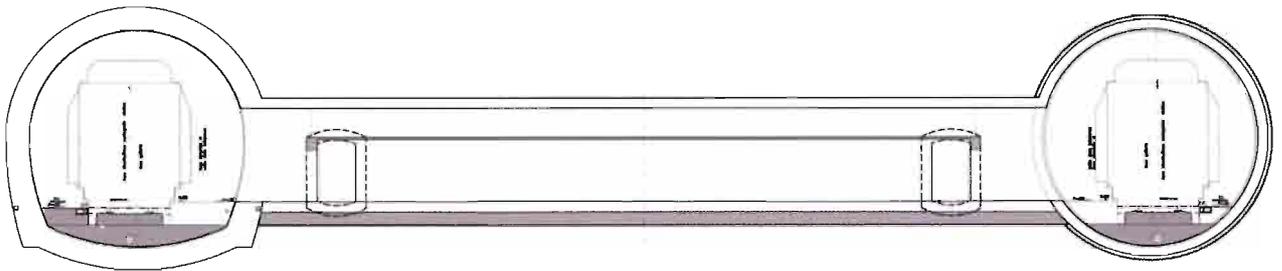


Fig. 8.16 – Profilo longitudinale cunicolo trasversale

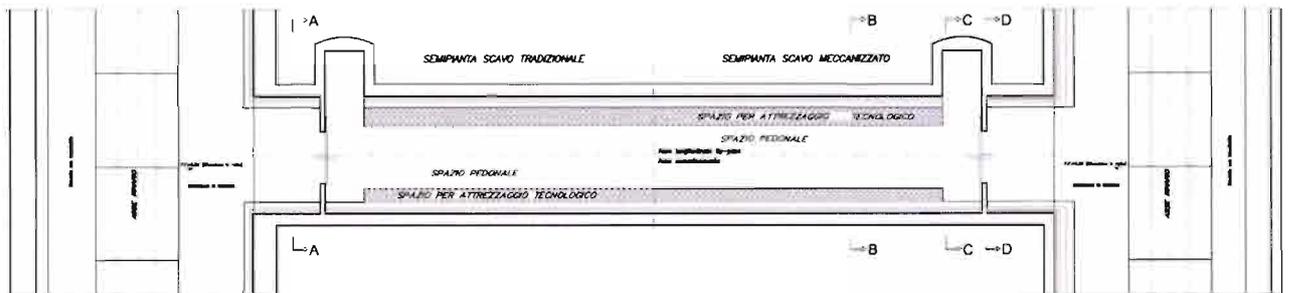


Fig. 8.17 – Pianta cunicolo trasversale

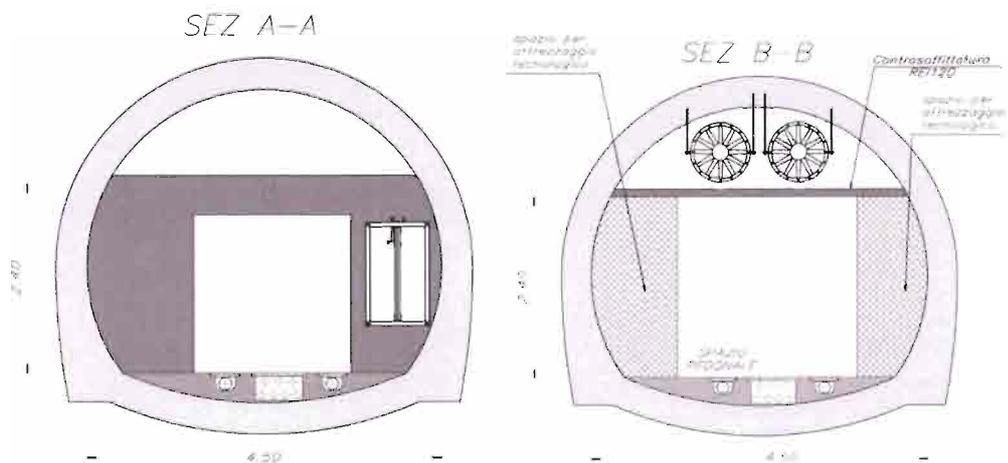


Fig. 8.18 – Sezioni trasversali by-pass

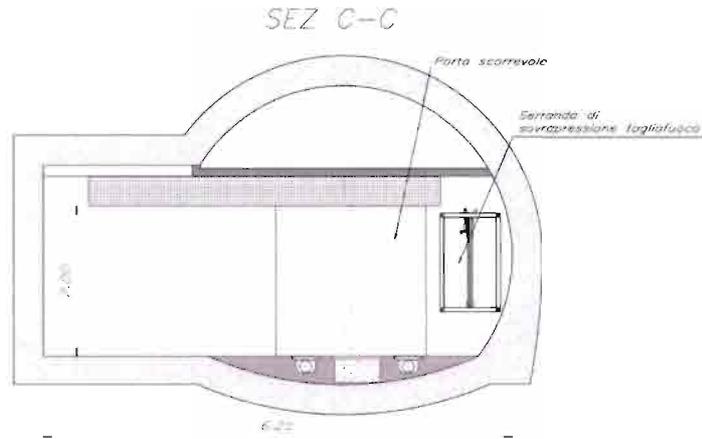


Fig. 8.19 – Sezioni trasversali by-pass

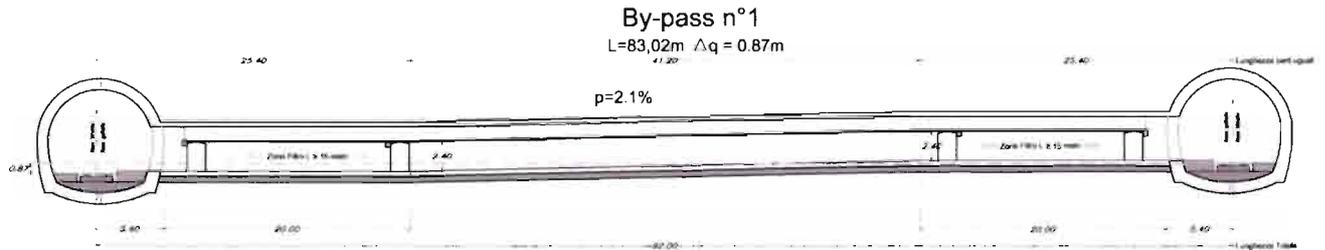


Fig. 8.20 – Profilo longitudinale cunicolo trasversale nelle interconnessioni

8.2.7 Le altre opere funzionali alla realizzazione delle gallerie di linea

Sono le opere che caratterizzano la zona di partenza delle TBM come illustrato al paragrafo 8.2.1.6.

Di seguito sono rappresentate le sezioni tipo di intradosso, tutte policentriche, che caratterizzano le tre camere speciali, denominate rispettivamente camera di sfiocco, camera montaggio struttura di spinta e camera di partenza della TBM.

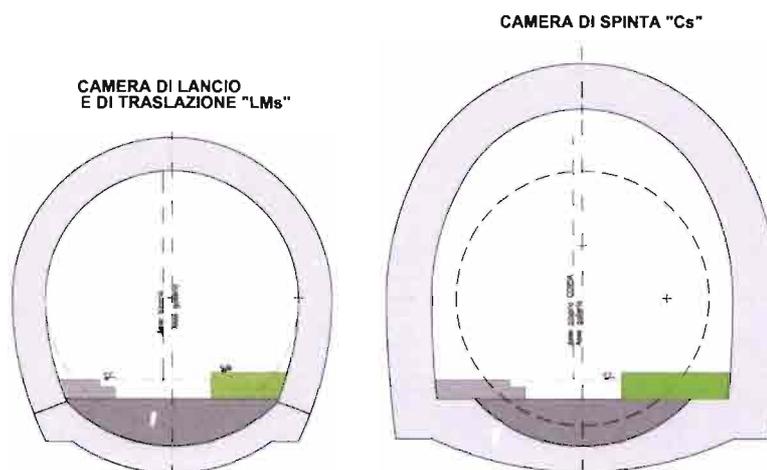


Fig. 8.21 – Sezioni di intradosso delle camere speciali

8.2.8 Finestra di Aica-Varna Sud

La sezione di intradosso F3 che caratterizza la finestra di Aica-Varna Sud è policentrica a doppia corsia, ed è dimensionata per le esigenze della gestione logistica dei cantieri per lo scavo in meccanizzato delle gallerie di linea. Le ampie dimensioni consentono il trasporto dei pezzi speciali della TBM (cuscinetto principale, testa fresante, carri del back-up).

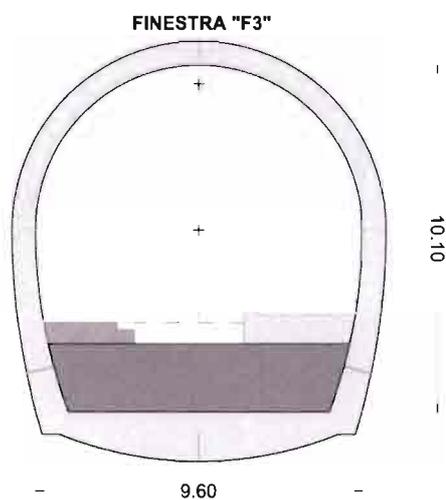


Fig. 8.22 – Sezione trasversale finestra Aica-Varna Sud

Le principali caratteristiche geometriche sono riportate nella seguente tabella:

	Libera	Al netto del rivestimento	Di scavo
Aree (m ²)	47	52	120

Tab. 8.10 – Area sezione finestra costruttiva di Aica-Varna sud

La finestra presenta uno sviluppo di 1.020 m con pendenza a salire verso la galleria Scaleres del 7% circa. Nella zona di innesto la sezione trasversale è ampliata (sez. tipo I1) per ragioni logistiche di cantiere (posto manovra dei mezzi). In fase di esercizio alla zona di innesto viene attribuita la funzione di collegamento trasversale tra le gallerie di linea. Nel tratto che precede la zona di innesto si prevede la realizzazione di 5 locali tecnici, come rappresentato nella figura seguente, che presentano la stessa sezione di intradosso F1 della finestra di Albes. Il locale tecnico più prossimo alla galleria di linea si collega al tratto centrale della zona di innesto con un cunicolo che sottopassa il binario dispari. La finestra presenta due collegamenti trasversali intermedi con l'altra finestra di Aica-Varna sud, uno pedonale e l'altro carrabile, previsti per esigenze di sicurezza e logistica.

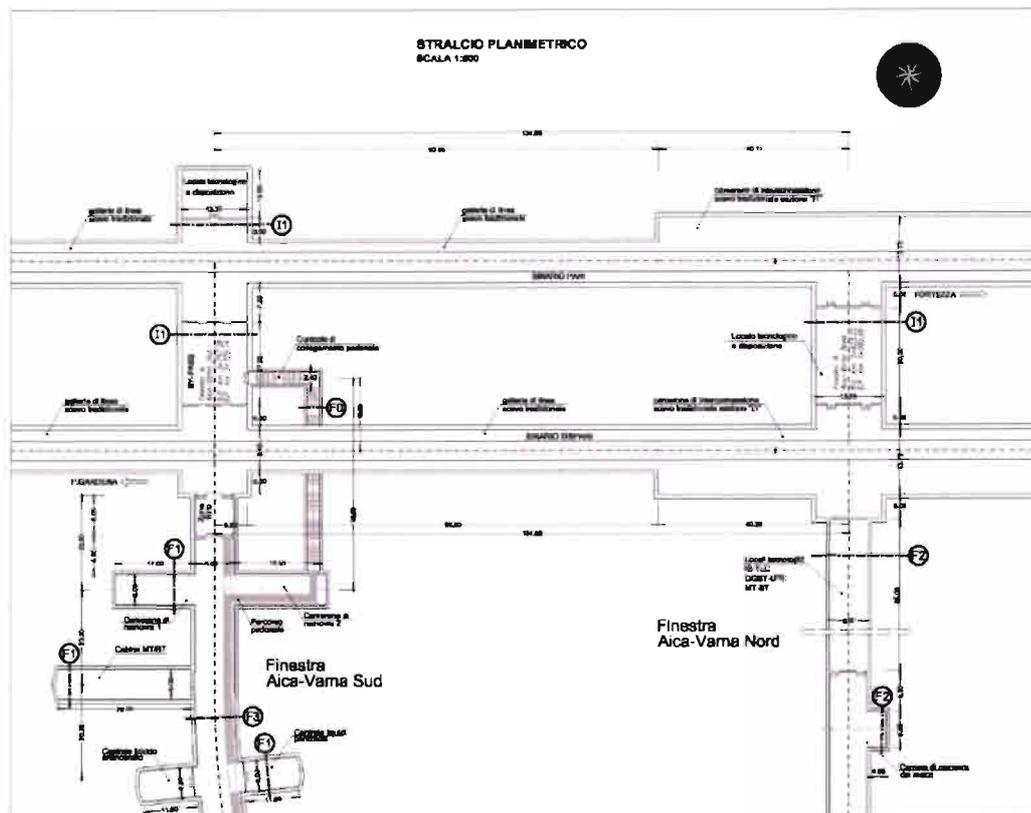


Fig. 8.23 - Stralcio planimetrico zona di innesto della finestra Aica-Varna con le gallerie di linea.

8.2.9 Finestre di Aica-Varna Nord, Forch e Chiusa

Queste finestre sono caratterizzate dalla stessa sezione di intradosso F2, prevista a doppia corsia, dimensionata per le esigenze della gestione logistica dei vari cantieri.

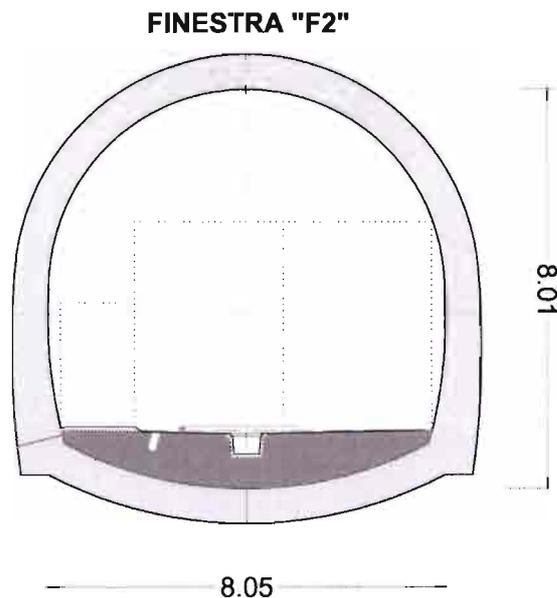


Fig. 8.24 – Sezione trasversale finestra costruttiva.

Le principali caratteristiche geometriche sono riportate nella seguente tabella:

	Libera	Al netto del rivestimento	Di scavo
Aree (m ²)	47	52	79,6

Tab. 8.11 – Area sezione finestre Aica-Varna nord, Forch nord e sud, Chiusa

La finestra di **Aica-Varna nord** presenta uno sviluppo di 1000 m circa con pendenza a salire verso la galleria Scaleres del 7% circa. Ha la funzione di sostenere i flussi dei trasporti per la costruzione della porzione Nord della galleria Scaleres, nel tratto compreso tra la zona di innesto della finestra e Fortezza. Nella zona di innesto la sezione trasversale è ampliata (sez. tipo II) per ragioni logistiche di cantiere (posto manovra dei mezzi). Nel tratto che precede la zona di innesto sono previsti due slarghi per consentire la manovra di inversione dei mezzi. In fase di esercizio il tratto finale della finestra, per un'estensione di 85 m, circa sarà destinato a locale tecnico, il resto della finestra verrà invece chiuso.

Le finestre di smarino **Forch nord e sud** costituiscono la prosecuzione in asse delle due finestre di Aica-Varna verso est, cioè dall'area di Unterseeber all'area Forch, e consentono il transito, mediante nastri trasportatori o autocarri, del marino della galleria Scaleres nei depositi in val Riga evitando l'utilizzo della viabilità locale. Entrambe le gallerie presentano un tratto in naturale (216 m circa Forch nord e 246 m circa Forch sud) e un tratto in artificiale che termina a Forch (181 m circa Forch nord e 151 m circa Forch sud) con pendenza a scendere da Unterseeber verso Forch dello 0,5% circa.

FINESTRA "F1"

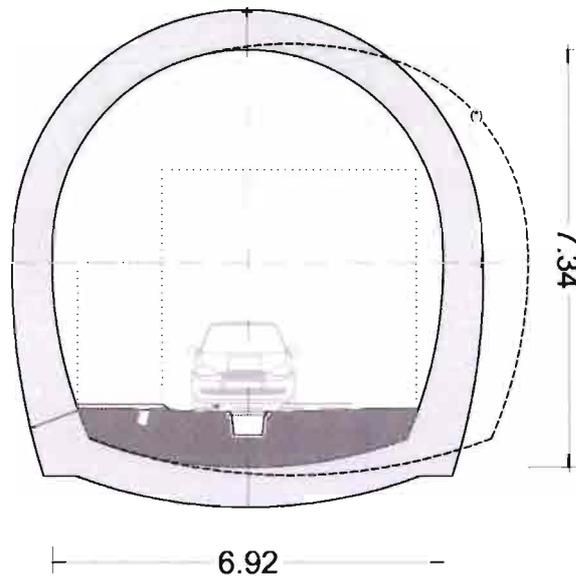


Fig. 8.26 – Sezione tipo di finestra di Albes

Le principali caratteristiche geometriche sono riportate nella seguente tabella:

	Libera	Al netto del rivestimento	Di scavo
Aree (m ²)	43	46	66

Tab. 8.12 – Aree sezione finestra di sicurezza

	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 54 di 154

8.3.2 *Smaltimento delle acque di infiltrazione in fase di costruzione*

In questa fase la galleria non è pienamente impermeabilizzata con un sistema che permette un efficace convogliamento controllato delle acque di infiltrazione e di lavorazione.

Pertanto una quota parte delle eventuali acque intercettate durante lo scavo, ovvero quelle che non potranno essere convogliate opportunamente, si mischieranno alle acque di lavorazione. Queste ultime verranno indirizzate all'esterno dove verranno depurate a norma di legge, prima della loro immissione nei ricettori finali.

Lo smaltimento dell'acqua avviene parte per gravità e parte con sistemi di pompaggio in relazione alle fasi e direzione di avanzamento previsti.

8.3.3 *Smaltimento acque di infiltrazione in fase di esercizio*

Nei tratti in tradizionale la galleria sarà impermeabilizzata con un telo in PVC, su supporto di tessuto non tessuto.

Questo sistema permette di convogliare l'eventuale acqua intercettata durante lo scavo all'interno di due tubi laterali che sversano nei pozzetti del collettore centrale di raccolta posto a quota inferiore e pertanto evita qualsiasi interazione con le acque di piattaforma. Lo stesso sistema può essere applicato anche nel tratto in meccanizzato qualora si riscontrino carichi idraulici eccessivi non compatibili con il rivestimento prefabbricato.

I pozzetti sono ubicati ogni 50 m e sono ispezionabili per consentire la manutenzione degli stessi.

Lo smaltimento dell'acqua di infiltrazione avviene per gravità. Solo nel caso della galleria di interconnessione pari di Ponte Gardena, per la presenza di una corda molle, è previsto un impianto di smaltimento forzato collocato nella galleria artificiale al km 2+368 circa.

8.3.4 *Smaltimento acque di piattaforma in fase di esercizio - Liquidi pericolosi*

In accordo con quanto riportato nel documento Rif. [3], nelle gallerie monopendenti di lunghezza complessiva maggiore di 5 km, è previsto un sistema di raccolta e smaltimento dei liquidi pericolosi che dovessero accidentalmente sversarsi da vagoni merci sulla piattaforma ferroviaria; i liquidi pericolosi saranno totalmente separati dalle acque di falda. Il sistema di raccolta prevede la realizzazione di un collettore longitudinale e di una serie di pozzetti con sistema di sifone rompi-fiamma. Tale collettore di raccolta, del diametro di 300 mm, sarà continuamente alimentato da acqua per tenere pulita la tubazione, diluire e raffreddare l'eventuale materiale pericoloso infiammabile. Il collettore è collegato alla vasca di ritenuta della capacità di 300 m³, posta esternamente agli imbocchi delle gallerie. La funzione principale delle vasche di ritenuta è la raccolta ed inertizzazione dei liquidi pericolosi. Le sostanze pericolose verranno poi aspirate ed allontanate con un mezzo idoneo.

Lo smaltimento avviene per gravità, salvo nella galleria di interconnessione pari di Ponte Gardena dove è previsto un impianto di smaltimento forzato collocato nella galleria artificiale al km 2+368 circa.

Sezioni Scavo Tradizionale (esempio sia con retta che con curva di raggio 500m e sopraelevazione 150mm)

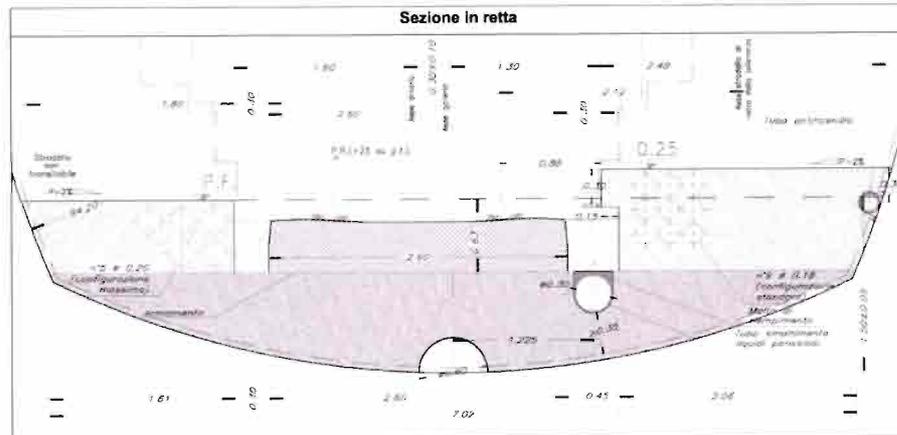


Fig. 8.28 - Piano di regolamento tratto in scavo tradizionale

Sezioni Scavo Meccanizzato (esempio sia con retta che con curva di raggio 2.500m e sopraelevazione 140mm)

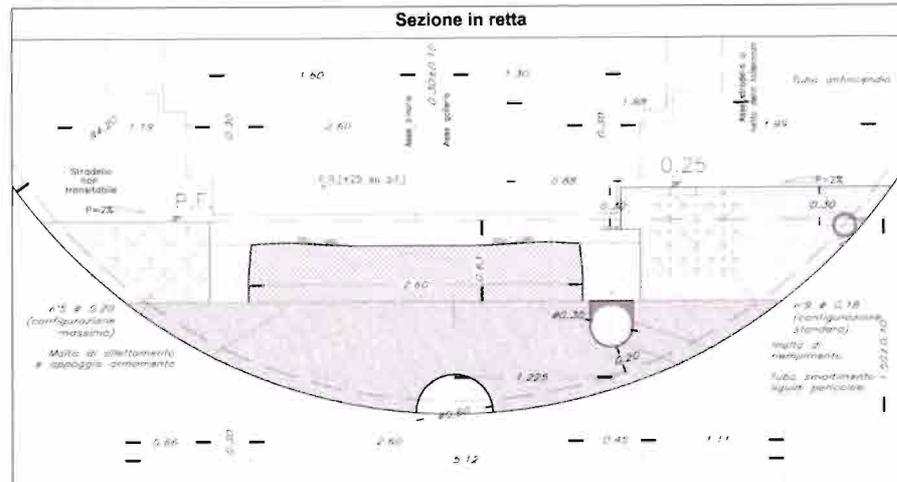


Fig. 8.29 - Piano di regolamento tratto in scavo meccanizzato

8.3.5 Schemi della direzione dei flussi delle acque intercettate durante lo scavo e delle acque di piattaforma

Con riferimento alle fasi rispettivamente di costruzione e di esercizio, sono stati prodotti due schemi, che indicano le direzioni dei flussi delle acque intercettate durante lo scavo (colore blu) e di piattaforma (colore rosso) ed i recapiti finali.

8.3.5.1 Schema della direzione dei flussi delle acque in fase di costruzione

In fase di costruzione lo schema della direzione dei flussi delle acque intercettate durante lo scavo e di piattaforma è rappresentato nello schema seguente. La direzione dei flussi è determinata in base alle direzioni di avanzamento e alle fasi costruttive previste.

	<p style="text-align: center;">ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA</p>				
	<p>RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO</p>	<p>COMMESSA IBL1</p>	<p>LOTTO 10</p>	<p>CODIFICA D07 RG</p>	<p>DOCUMENTO GN.00.00.001</p>	REV. A FOGLIO 56 di 154

**LOTTO 1: FASE DI COSTRUZIONE
SCHEMATICO DIREZIONE FLUSSI ACQUE DI INFILTRAZIONE E DI PIATTAFORMA**

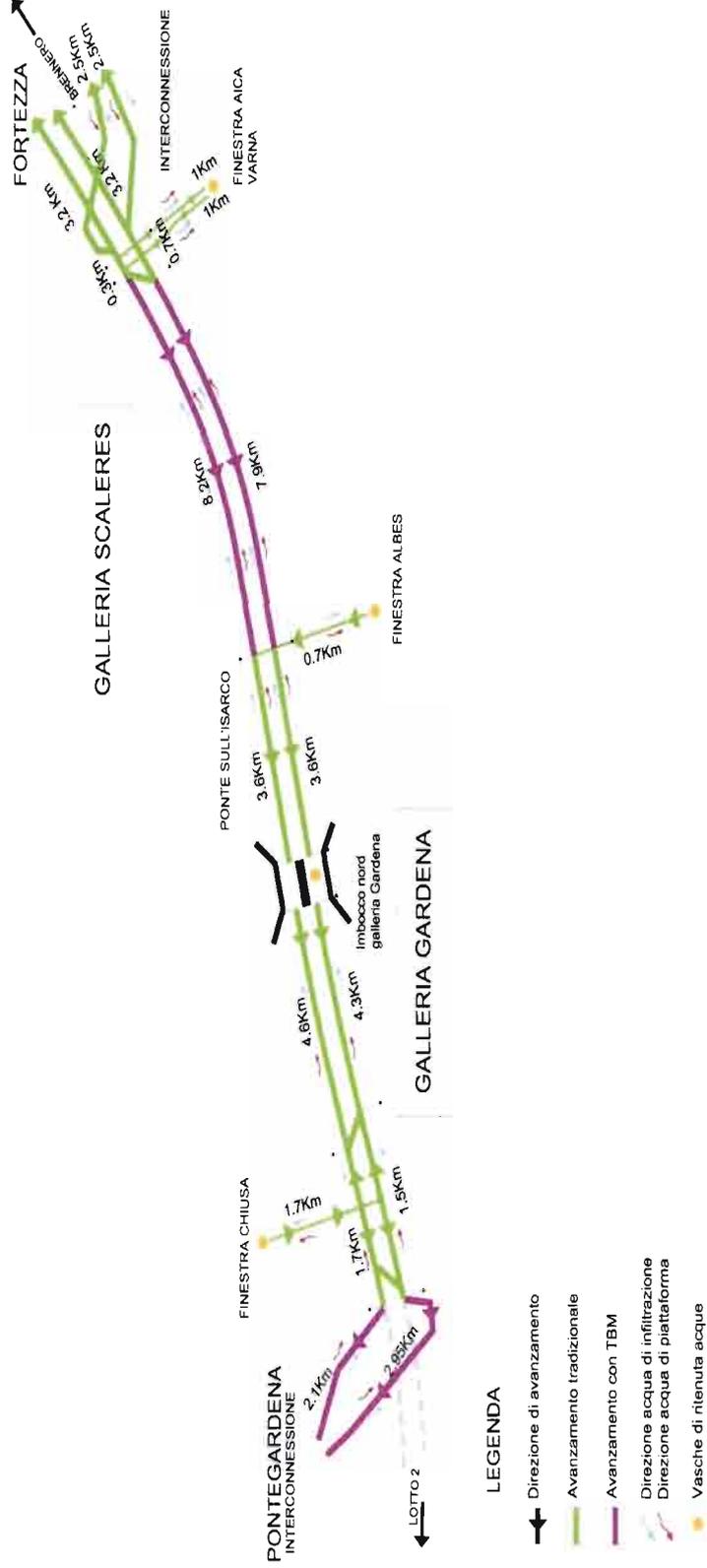


Fig. 8.30- Schematico direzione dei flussi delle acque nelle gallerie naturali - Fase costruttiva



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	58 di 154

La galleria Scaleres è suddivisa in tre tratte di avanzamento:

- dall'innesto della finestra di Aica-Varna Nord in salita verso Nord sino a Fortezza, per realizzare le gallerie di linea e di interconnessione.

Lo smaltimento delle acque intercettate durante lo scavo e di piattaforma avverrà pertanto per gravità verso sud e poi attraverso la finestra di Aica-Varna Nord sino all'imbocco Unterseeber dove è presente una vasca di raccolta interrata, in comune con l'altra finestra di Aica-Varna sud, che verrà svuotata con pompe. In alternativa, le acque una volta depurate possono essere convogliate in una condotta posta all'interno delle due gallerie di servizio Forch sino agli imbocchi nell'area Forch per essere direttamente sversate tramite tubazioni nel recapito finale (fiume Isarco).

- dall'innesto della finestra di Aica-Varna Sud in discesa sino all'innesto della finestra di Albes (tratto in meccanizzato).

Le acque saranno pompate in salita sino alla zona di innesto della finestra di Aica-Varna sud con le gallerie di linea e da qui proseguiranno per gravità attraverso la finestra stessa sino alla vasca di raccolta interrata ubicata all'imbocco di Unterseeber.

- dall'innesto della finestra di Albes con le gallerie di linea in discesa (scavo tradizionale) sino all'imbocco Sud.

Le acque saranno pompate in salita sino alla zona di innesto della finestra di Albes con le gallerie di linea e da qui proseguiranno per gravità attraverso la finestra stessa sino alla vasca di raccolta interrata ubicata all'imbocco.

In definitiva per il sistema galleria Scaleres sono state individuate due zone di raccolta e smaltimento delle acque intercettate durante lo scavo e di lavorazione. Una ubicata agli imbocchi delle finestre di Aica-Varna, zona Unterseeber, che raccoglie e smaltisce le acque della porzione di galleria compresa tra i portali a Nord (zona Fortezza) e l'innesto della finestra di Albes con la galleria di linea. L'altra all'imbocco della finestra di Albes per la raccolta e lo smaltimento delle acque della porzione di galleria compresa tra la finestra di Albes e l'imbocco Sud della Scaleres.

Per la galleria Gardena lo smaltimento avverrà sempre con sistemi di sollevamento per come sono state concepite le fasi e direzioni di avanzamento di seguito illustrate:

- dall'imbocco Gardena Nord in discesa sino al primo posto di comunicazione pari/dispari. Lo smaltimento avverrà con sistemi di pompaggio sino alla vasca di raccolta interrata ubicata all'imbocco Nord.
- dall'innesto della discenderia di Chiusa in salita verso Nord sino al posto di comunicazione dispari/pari e in discesa verso sud sino ai cameroni di interconnessione. Le acque verranno pompate attraverso la discenderia sino alla vasca interrata ubicata all'imbocco della discenderia stessa.
- dai cameroni di interconnessione in discesa sino a Ponte Gardena, le acque verranno pompate sino alle vasche di raccolta ubicate all'imbocco Nord della galleria Gardena o all'imbocco della discenderia di Chiusa.

In definitiva per il sistema galleria Gardena sono state individuate due zone di raccolta e smaltimento delle acque intercettate durante lo scavo e di lavorazione. Una ubicata agli imbocchi Gardena Nord che raccoglie e smaltisce le acque sia della porzione di galleria di linea compresa tra gli imbocchi Nord e la prima comunicazione pari/dispari e eventualmente anche delle due gallerie di interconnessione. L'altra ubicata all'imbocco della discenderia di Chiusa per la raccolta e smaltimento dell'acqua della parte restante di galleria ed eventualmente anche dell'acqua delle gallerie di interconnessione.

8.3.5.2 Schema della direzione dei flussi delle acque in fase di esercizio

In fase di esercizio lo schema della direzione dei flussi delle acque intercettate durante lo scavo e di piattaforma è rappresentato nello schema di figura seguente.



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	60 di 154

Per la galleria Scaleres lo smaltimento avviene completamente per gravità. Sono state individuate le seguenti zone di raccolta e smaltimento:

- All'imbocco della finestra di Aica-Varna Sud, zona Unterseeber, per la raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma e pericolose del tratto di galleria compreso tra la finestra di Aica-Varna Sud e gli imbocchi a Nord (zona Fortezza), compresi quindi sia i tratti di galleria di linea che di interconnessione. Nella finestra è pertanto previsto un sistema di collettori per la raccolta separata delle acque di falda e di piattaforma ferroviaria e stradale.
- All'imbocco della galleria di servizio Forch-Sud per la raccolta e smaltimento nei recapiti finali delle eventuali acque intercettate durante lo scavo della medesima porzione di galleria di cui sopra.
- All'imbocco della finestra di Albes per la raccolta e smaltimento delle acque di piattaforma e pericolose del tratto di galleria compreso tra l'innesto della finestra di Aica Varna- Nord e la finestra di Albes. Anche per la finestra di Albes è previsto un sistema di collettori per la raccolta separata delle acque di falda e di piattaforma ferroviaria e stradale. Le acque di falda verranno smaltite nei recapiti finali (fiume Isarco) tramite idonea tubazione.
- In prossimità delle spalle dell'imbocco Sud, al piede del versante, sono previste vasche interrato per la raccolta e smaltimento separato delle acque di falda e di piattaforma della porzione di galleria compresa tra l'innesto della finestra di Albes con le gallerie di linea e l'imbocco sud. All'uscita della galleria due tubazioni collegheranno i collettori di galleria con le sottostanti vasche di raccolta.

Per la galleria Gardena lo smaltimento avviene per gravità sino a Ponte Gardena. Tuttavia sul binario pari di interconnessione, al km 2+368 circa, è presente una corda molle in corrispondenza della Galleria Artificiale che comporta la necessità di realizzare, a fianco dell'artificiale stessa, un locale per il sistema di sollevamento e smaltimento sia delle acque di infiltrazione che di piattaforma.

All'imbocco della galleria di interconnessione binario dispari è prevista una vasca interrata di circa 300 m³ per la raccolta e lo smaltimento con pompe delle acque di piattaforma; le acque di drenaggio, invece, verranno convogliate con apposita tubazione nel recapito finale (fiume Isarco).

8.4 DISCONNESSIONE FUMI

Per la risoluzione del problema di disconnessione dei fumi nelle gallerie di comunicazione (Posti di Comunicazione di Scaleres e di Chiusa) è previsto l'utilizzo di porte di disconnessione con caratteristiche REI 120 (Rif. [3] e (Rif. [26]), analogamente a quanto previsto nel progetto della Torino- Lione e di altri collegamenti internazionali già realizzati (gallerie di base del San Gottardo e del Lötschberg – fig. 8.32) al fine di evitare un possibile ricircolo di fumi dalla canna incidentata a quella da destinare a luogo sicuro, garantendo in tal modo un esodo protetto dei viaggiatori.

Per quanto riguarda la confluenza delle gallerie in corrispondenza dei cameroni di interconnessione, la disposizione dei cunicoli trasversali di collegamento garantisce la sicurezza dell'esodo.

Tali soluzioni hanno consentito di evitare la realizzazione di pozzi per l'estrazione fumi, della profondità di parecchie centinaia di metri (500 m per l'interconnessione di Fortezza), che avrebbe comportato notevoli criticità per le difficoltà realizzative, l'impatto ambientale e la manutenzione, e conseguente sensibile incremento dei costi.



Fig. 8.32 – Porte scorrevoli disconnessione fumi (Galleria Löttschberg)

9 IMBOCCHI DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

9.1 RILIEVI CELERIMETRICI DELLE ZONE DEI PORTALI

In corrispondenza delle zone dei portali delle gallerie di linea, di interconnessione e delle finestre sono stati eseguiti rilievi celerimetrici di dettaglio.

9.2 GALLERIA SCALERES

9.2.1 *Imbocco Nord galleria Scaleres*

L'imbocco nord è previsto in un tratto in trincea nella stazione di Fortezza e ricade principalmente nei graniti e granodioriti. Nel complesso il versante è costituito da rocce compatte, con buone caratteristiche geomeccaniche, ma caratterizzate dalla presenza di numerosi sistemi di fratture e dislocazioni che ne riducono le caratteristiche di stabilità. In corrispondenza del portale di imbocco le gallerie di linea risultano ad interasse minimo (10,85 m).

Sono previsti interventi di stabilizzazione sulla parte di versante soprastante l'imbocco, costituiti da rete e pannelli di funi fissati alle parete con chiodi e cavi. Le opere di sostegno provvisoria degli scavi della trincea per la realizzazione della galleria artificiale e di contenimento ai binari della stazione di Fortezza, sono costituite da una berlinese di micropali, contrastati da travi di ripartizione orizzontali e vincolati da tiranti passivi in vetroresina. La struttura di sostegno è ricoperta da uno strato spritz-beton armato con rete elettrosaldata. La paratia si sviluppa per una lunghezza complessiva di 35 m circa. È prevista la realizzazione di un fosso di guardia a tergo della paratia per eseguire le lavorazioni all'asciutto.

A valle della trincea, a protezione della sede ferroviaria esistente, è prevista la realizzazione di un muro di sostegno in calcestruzzo armato fondato su micropali che si sviluppa per una lunghezza di 31 m circa.

La galleria artificiale è costituita da una struttura scatolare a cannocchiale in calcestruzzo armato e si estende dal km 0+487 al km 0+526 circa del tracciato di progetto. Nel primo tratto le due canne sono separate da un setto intermedio in calcestruzzo armato, mentre per 3,30 metri circa precedenti l'imbocco verso galleria naturale, le canne si distaccano tra loro (a meno della fondazione). Il portale presenta una copertura in lamiera zinco-titanio dalla forma a guscio. Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

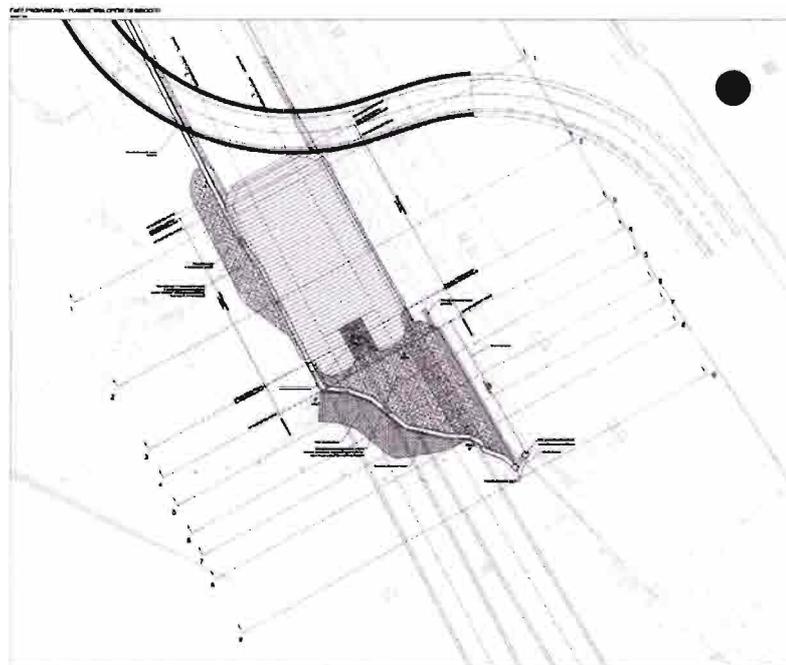


Fig. 9.1 Stralcio planimetrico imbocco Scaleres Nord

9.2.2 *Imbocco Sud galleria Scaleres*

Gli imbocchi sud delle gallerie di linea si collocano su un versante in sponda destra dell'Isarco, in località Velturmo. Il pendio con inclinazione sub verticale è costituito interamente da roccia affiorante, diorite nella porzione SO, fillade quarzifera nella porzione NE, di buone caratteristiche geomeccaniche.

Sul versante verranno predisposti interventi (rete e pannelli di funi fissati entrambi alle parete con chiodi e cavi) per garantire la stabilità di eventuali cunei e/o blocchi in condizioni di equilibrio precario.

Per accedere e predisporre le opere di imbocco della canna dispari si rende necessario realizzare una rampa di lavoro provvisoria, di 6 m di larghezza, realizzata con materiale proveniente dagli scavi, che dalla S.S.12 del Brennero, a quota 562,50 circa sale sino all'imbocco a quota 568 circa (fig.9.2). Al termine dei lavori la rampa verrà demolita, ripristinando le condizioni ante-operam del versante. La parte di versante al di sotto dell'imbocco verrà ricoperto con un muro in terra rinforzata secondo la geometria riportata nella figura 9.3, che copre anche la spalla del viadotto.

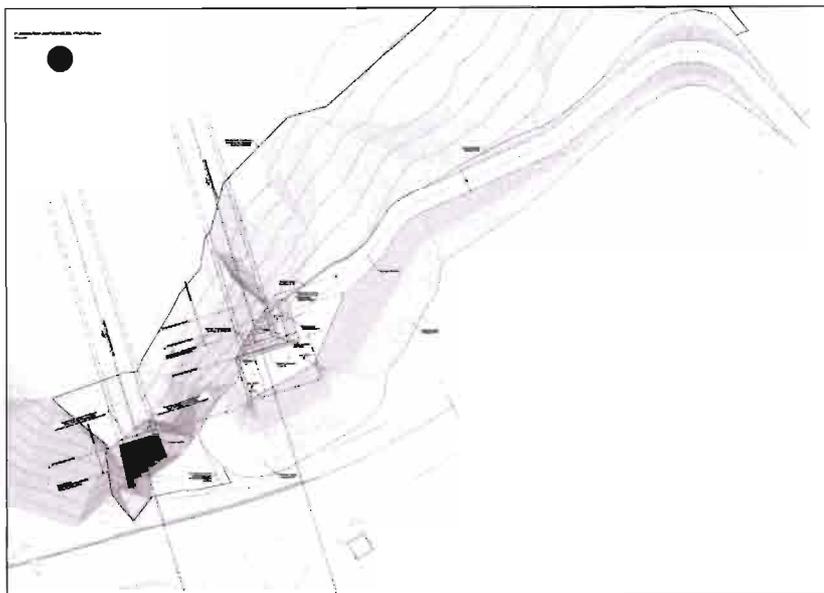


Fig. 9.2 – Stralcio planimetrico imbocco Scaleres Sud – Fase provvisoria

Per realizzare la rampa, la parete del versante verrà preventivamente consolidato con chiodature in barre di acciaio, rete elettrosaldata e completato con un rivestimento in betoncino spruzzato. Raggiunta la quota dell'imbocco verrà realizzato un plinto di fondazione su micropali per il sostegno laterale della dima di attacco, realizzata con centine metalliche "zoppe" a sviluppo variabile, che da una parte poggiano sul plinto e dall'altra sul versante della montagna, ricoperte da uno strato di spritz-beton. La struttura verrà poi ricoperta con misto granulare cementato e fogli di rete elettrosaldata sostenuto da pernerovo-metal. L'interno della dima verrà provvisoriamente riempito con calcestruzzo alleggerito, disposto a strati, e rimosso nella fase di abbattimento del diaframma che avverrà dall'interno della galleria naturale. Il breve tratto di portale, realizzato in c.a. gettato in opera, è sagomato a becco di flauto rovesciato.

L'imbocco della canna pari verrà eseguito direttamente dall'interno della galleria, stante la particolare acclività del versante, per evitare importanti opere provvisorie di sostegno all'esterno che interferirebbero con la sottostante viabilità stradale (S.S.12 del Brennero). Dall'interno della galleria verrà eseguito un presostegno al contorno con tubi in acciaio inclinati di 5° sull'orizzontale, sostenuti da centine metalliche, che costituisce la dima di imbocco. Anche la realizzazione del portale a becco di flauto rovesciato verrà realizzato dall'interno della galleria.

In condizioni di esercizio i portali assolveranno anche la funzione di protezione della linea ferroviaria da eventuali distacchi di materiale della parete del versante.

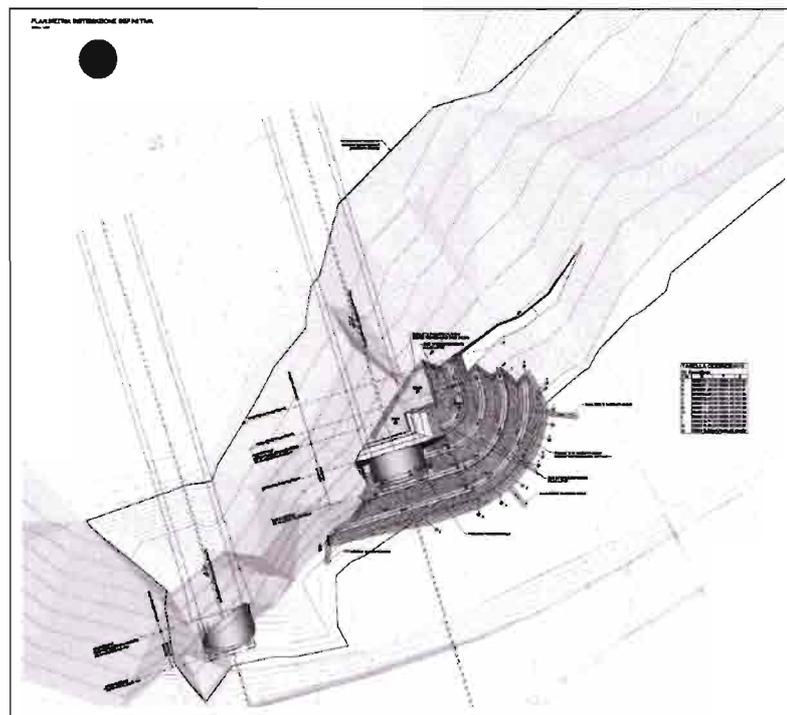


Fig. 9.3 - Stralcio planimetrico imbocco Scaleres Sud – Fase definitiva

9.3 INTERCONNESSIONI DI FORTEZZA

9.3.1 *Imbocco della galleria binario pari*

L'opera è situata in località Rio della Chiusa, nel comune di Fortezza, ad una quota altimetrica di circa 742,50 m s.l.m.. L'imbocco ricade in una trincea profonda ed è preceduto da una galleria artificiale di 70 m circa che passa sotto il Rio della Chiusa, il cui corso viene provvisoriamente deviato per consentire l'esecuzione dei lavori. Per i dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

Lo scavo per la costruzione della galleria artificiale viene realizzato completamente in una zona caratterizzata dalla presenza di litotipi lapidei appartenenti alla formazione denominata "Granito di Bressanone". In superficie l'ammasso roccioso si presenta fratturato ed alterato per uno spessore modesto, al di sotto del quale le caratteristiche meccaniche migliorano decisamente. In considerazione delle buone proprietà geomeccaniche della formazione rocciosa è stato previsto un attacco di tipo diretto, effettuando sbancamenti in roccia e provvedendo alla stabilizzazione delle pareti mediante la messa in opera di chiodature in barre d'acciaio con un doppio strato di rete elettrosaldata di contenimento e spritz-beton. Sul fronte di scavo dell'imbocco è prevista la messa in opera di chiodature in VTR con betoncino spruzzato e doppia rete elettrosaldata.

La struttura dell'imbocco (portale e artificiale) in calcestruzzo armato si estende per 70 m circa, dal Km 0+250 al Km 0+320 del tracciato di progetto. La sezione di intradosso della galleria artificiale è policentrica, uguale a quella delle gallerie di linea.

Nella sistemazione definitiva, la realizzazione della galleria artificiale permette il ritombamento a verde dei volumi sbancati. Il rinfiacco e ritombamento della galleria artificiale verranno realizzati con materiali provenienti dallo scavo. Al di sopra della calotta si prevedono la messa in opera di 50 cm del suddetto materiale di ritombamento e la

realizzazione di un solettone in c.a e uno strato di misto cementato dello spessore complessivo di 120 cm che costituisce la base di un bacino di accumulo di materiale detritico e acqua proveniente da monte; si prevede che tale materiale possa accumularsi per un'altezza massima pari a 6 m.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

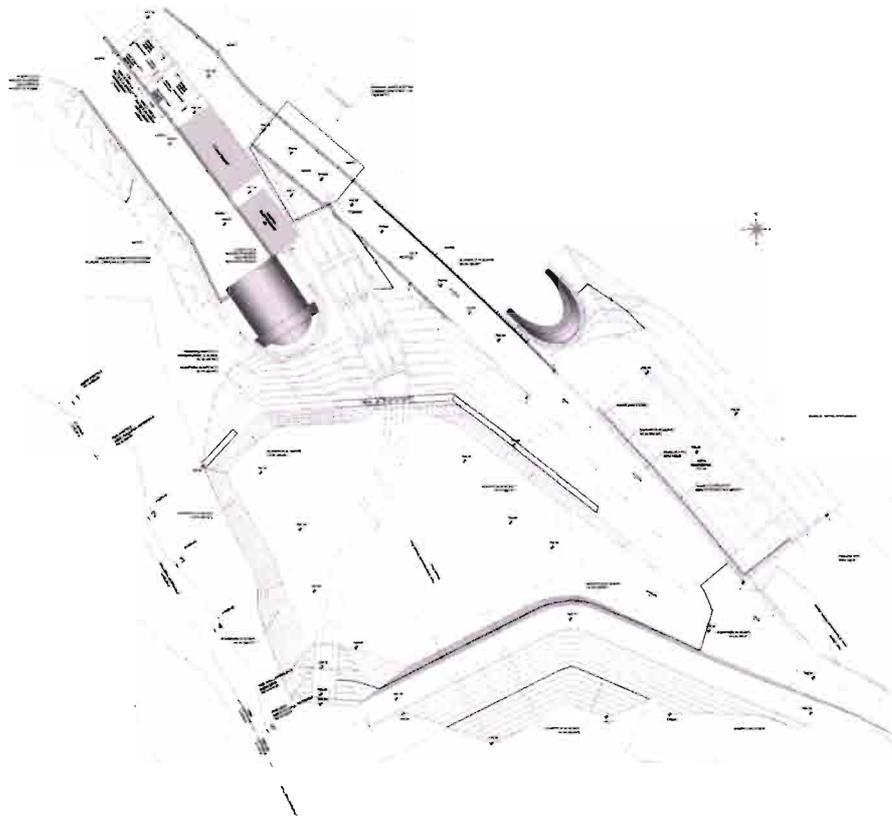


Fig. 9.4 - Stralcio planimetrico dell'imbocco dell'interconnessione pari.

9.3.2 Imbocco della galleria binario dispari

L'opera è situata in località Rio della Chiusa, nel comune di Fortezza, ad una quota altimetrica di circa 742,50 m s.l.m.. L'imbocco ricade in una zona caratterizzata da depositi sabbiosi e ghiaiosi sino a 12m circa di profondità dal piano campagna, dove si incontra il substrato roccioso costituito dalla formazione del Granito di Bressanone.

Le opere di sostegno provvisorie degli scavi della trincea di approccio alla parete di attacco dello scavo sono costituite da una berlinese di micropali vincolati da più ordini di tiranti e travi di ripartizione orizzontali, costituiti da profilati in acciaio. I micropali sono collegati in testa da una trave di coronamento in calcestruzzo armato. In corrispondenza del fronte di attacco al posto dei tiranti sono previsti interventi di consolidamento mediante barre in VTR dotate di piastra di ancoraggio per la pretesatura. La paratia si sviluppa secondo una configurazione ad "L" per una lunghezza complessiva di 100 m circa, come illustrato nella figura seguente, con un'altezza massima di 16 m circa. E' prevista la realizzazione di un fosso di guardia a tergo della paratia per eseguire le lavorazioni all'asciutto.

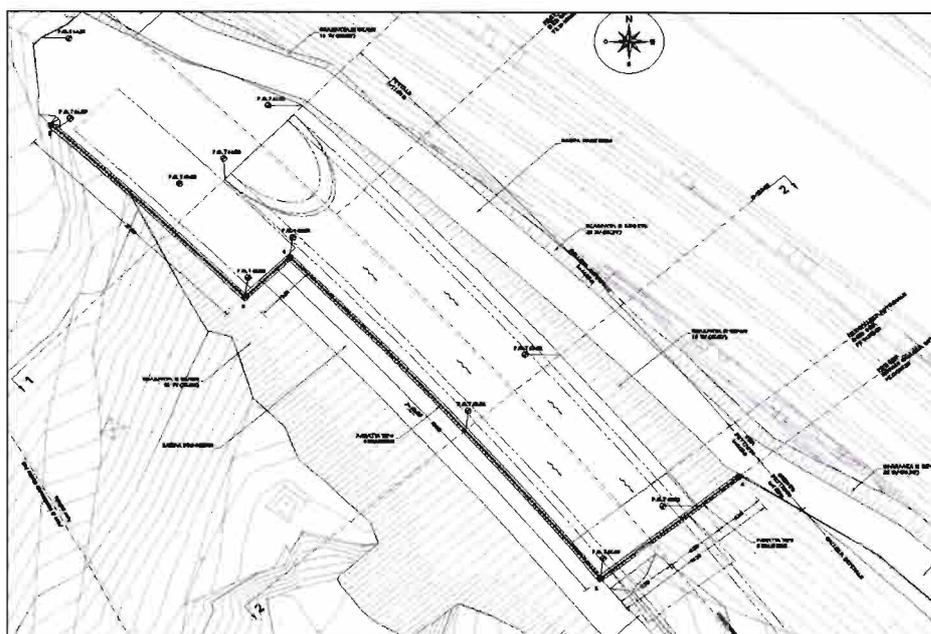


Fig. 9.5 - Stralcio planimetrico dell'imbocco dell'interconnessione dispari.

La struttura di sostegno verrà ricoperta da uno strato spritz-beton con rete elettrosaldata, attraversato da perforazioni in cui sono inseriti i tubi drenanti per lo scarico delle acque di filtrazione. Eseguita la paratia e gli sbancamenti si realizzerà la dima di attacco e quindi si potrà procedere allo scavo di attacco della galleria naturale.

La struttura della galleria artificiale di imbocco, con portale a “becco di flauto”, si estende per 62 m circa, dal km 0+153 al km 0+215 del tracciato di progetto.

La sezione di intradosso della galleria artificiale è policentrica, uguale a quella delle gallerie di linea.

Al di sopra della calotta della galleria artificiale verrà realizzato il piazzale di sicurezza, della superficie di 500m² circa accessibile direttamente dalla strada di servizio.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

9.4 GALLERIA GARDENA

9.4.1 Imbocco Nord galleria Gardena

L'imbocco Nord della galleria Gardena si colloca sul versante sud in sponda sinistra del Fiume Isarco. L'interesse tra i binari misura 40 m circa sono previsti quindi due portali separati. Il versante si presenta acclive costituito da una copertura detritica con spessore di pochi metri, poggiante sul substrato roccioso costituito dalla formazione delle Filladi quarzifere di Bressanone.

In queste condizioni l'attacco al primo fronte di scavo avverrà predisponendo un'opera provvisoria costituita da paratie di micropali sia sul fronte che su entrambi i lati per presidiare i versanti. I micropali sono vincolati da più ordini di tiranti e travi di ripartizione orizzontali, costituite da profilati in acciaio, e sono collegati in testa da una trave di coronamento in calcestruzzo armato. La struttura di sostegno è ricoperta da uno strato spritz-beton con rete elettrosaldata, attraversato da perforazioni in cui sono inseriti i tubi drenanti per lo scarico delle acque di filtrazione. La paratia si sviluppa secondo la configurazione riportata nella figura seguente, per una lunghezza complessiva di 125

m circa. A tergo della testata della paratia è prevista una canaletta a sezione trapezia, realizzata in elementi prefabbricati o in calcestruzzo gettato in opera, per la raccolta e smaltimento delle acque piovane e di superficie.

Preventivamente all'attacco dello scavo della galleria naturale, a contrasto della parete frontale, è prevista l'esecuzione di una dima in cls, di lunghezza pari a 5 m, armata all'intradosso con centine.

La configurazione finale dell'imbocco prevede la realizzazione di un muro di sostegno in calcestruzzo armato, rivestito con pietra locale, di un manufatto adibito a locale tecnico, posto a fianco dell'imbocco dispari e della vasca antincendio, collocata tra i due imbocchi. Ciascun portale di imbocco è sagomato a becco di flauto rovesciato in calcestruzzo armato, con profilo di intradosso policentrico e sviluppo longitudinale di 12,50 m circa.

Per esigenze legate alla sicurezza è previsto l'accesso a raso su entrambi gli imbocchi. Il collegamento con il piazzale di emergenza, situato più a nord, è garantito dalla strada di accesso all'area degli imbocchi, realizzata in fase di cantiere per la realizzazione delle opere e in fase definitiva destinata al servizio dell'opera per interventi di manutenzione e/o soccorso. Per consentire l'ordinaria manutenzione degli impianti della vasca antincendio evitando l'attraversamento dei binari, è previsto un passaggio pedonale sotto la spalla del viadotto dispari che collega la zona di ingresso con il locale della vasca antincendio. Tutta l'area degli imbocchi sarà delimitata da un'apposita recinzione metallica.

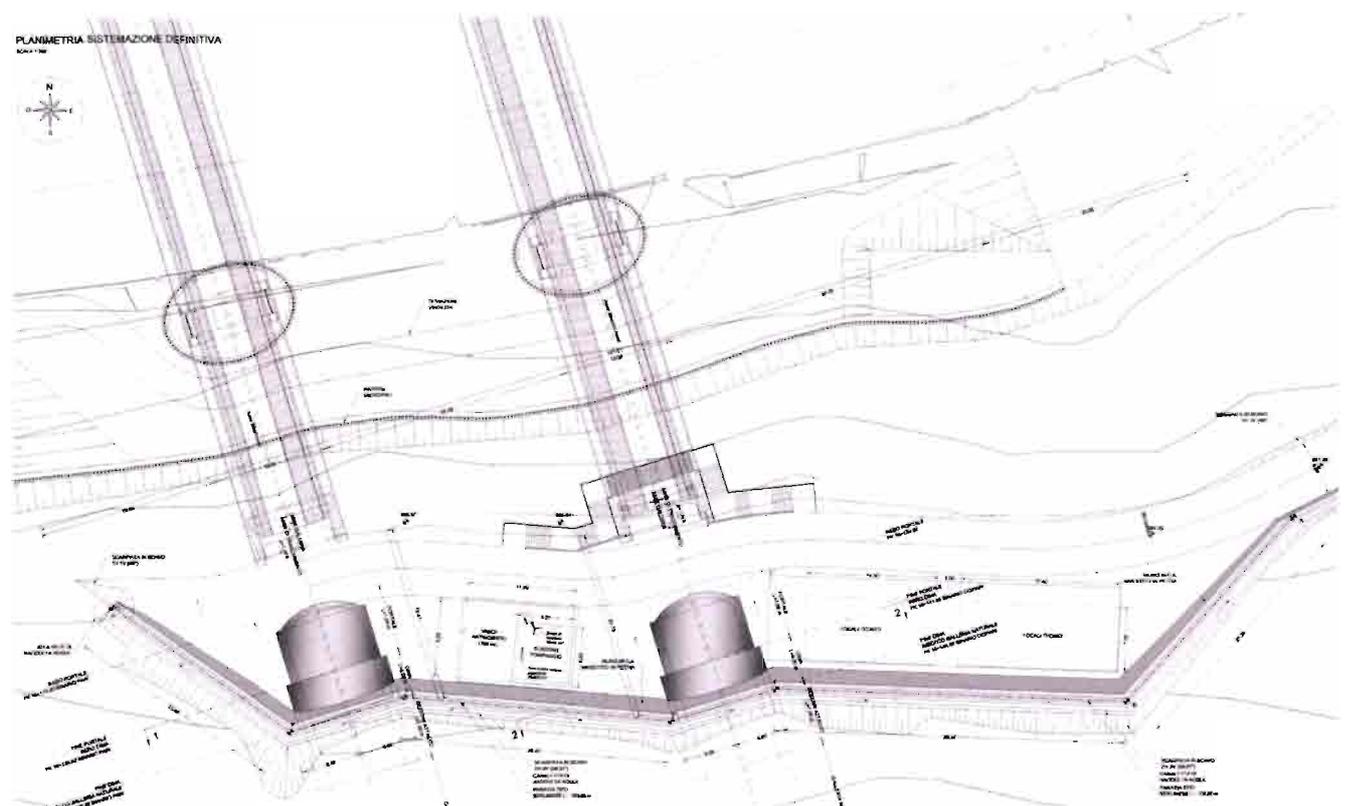


Fig. 9.6 - Gardena Nord - Stralcio planimetrico delle opere di imbocco.

9.5 INTERCONNESSIONI DI PONTE GARDENA

9.5.1 Imbocco della galleria di interconnessione binario dispari

L'imbocco è situato a sud della stazione di Ponte Gardena, a quota di 470 m circa s.l.m. e ricade all'interno dei depositi alluvionali, le filladi del substrato roccioso si trovano ad una profondità di 40m circa.

Le opere di sostegno, in parte provvisorie ed in parte definitive, degli scavi della trincea di approccio alla parete di attacco dello scavo della galleria sono costituite da una paratia di pali di grande diametro (\varnothing 800 mm), armati, di lunghezza variabile da 13 a 20 m. La paratia misura uno sviluppo di 90 m circa.

I pali sono contrastati su più ordini da travi di ripartizione orizzontali costituite da profilati di acciaio, ancorati con più ordini di tiranti a trefoli e collegati in testa da una trave di coronamento in calcestruzzo armato. La sezione di scavo maggiore risulta di 18 m circa. È prevista la realizzazione di un fosso di guardia a tergo della paratia che consenta di eseguire le lavorazioni all'asciutto.

La struttura di sostegno è ricoperta da uno strato spritz-beton, attraversato da perforazioni in cui sono inseriti i tubi drenanti per lo scarico delle acque di filtrazione. In fase definitiva le opere di sostegno verranno ritombate insieme al tratto di galleria artificiale previsto.

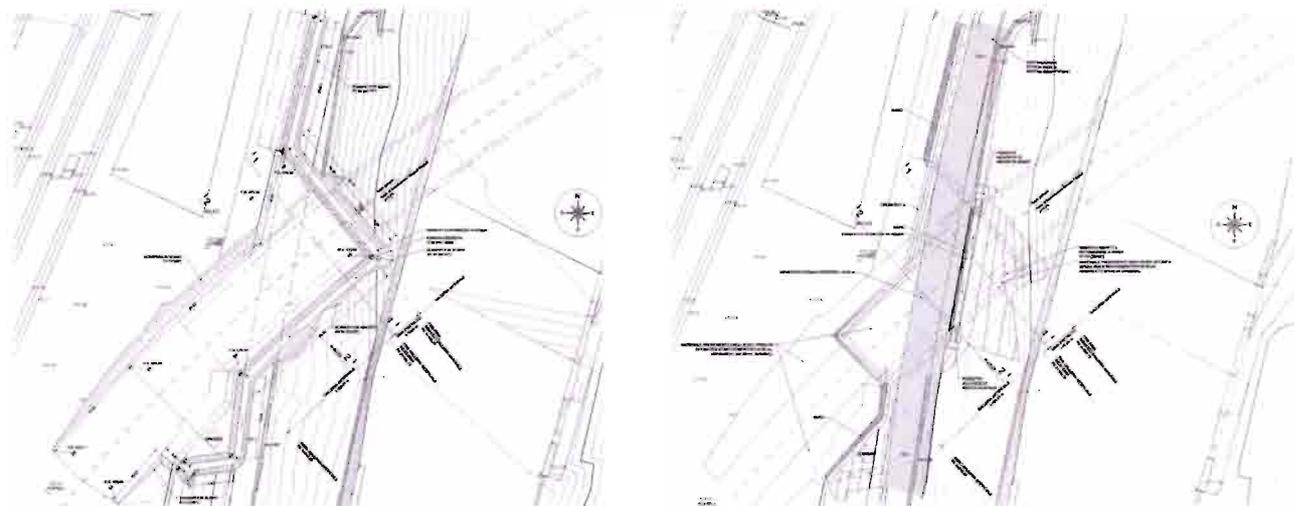


Fig. 9.7 - Stralcio planimetrico dell'imbocco dell'interconnessione dispari
(a sx fase costruttiva, a dx fase definitiva)

Lo sbancamento dovrà essere realizzato per ribassi successivi, seguiti dall'installazione dei tiranti, fino a quota di fondo scavo della paratia. A contrasto della parete frontale è prevista l'esecuzione di una dima in cls, di lunghezza pari a 5 m, con geometria a sezione policentrica di ampiezza sufficiente a consentire l'uscita della TBM. Davanti alla dima verrà realizzata una sella per accogliere e smontare la TBM. La sella costituirà poi l'arco rovescio della galleria artificiale.

Terminato lo smontaggio della TBM, verrà realizzata la galleria artificiale di lunghezza pari a 28,40m circa, a sezione scatolare, costituita da una soletta piana orizzontale in copertura, da piedritti verticali e da un arco rovescio in fondazione.

Durante le lavorazioni sarà necessario interrompere temporaneamente la strada di servizio che corre al piede del rilevato autostradale e deviare il percorso più a valle, raccordandola con la strada che passa dietro la stazione e ricollegandola più a nord al vecchio tracciato.

Il rinfilanco e ritombamento al di sopra della copertura della galleria artificiale verranno realizzati con materiali provenienti dallo scavo e con materiali idonei alla formazione di una massciata stradale per il ripristino della viabilità esistente. Lo spessore del ricoprimento al di sopra della calotta è pari a 0,6 m circa.

9.6 IMBOCCHI FINESTRE AICA-VARNA E GALLERIE DI SMARINO FORCH NELL'AREA UNTERSEEBER

Come anticipato gran parte della galleria Scaleres verrà realizzata attraverso le finestre costruttive di Aica-Varna realizzate in naturale. La soluzione progettuale individuata prevede la realizzazione delle gallerie di Aica-Varna e delle gallerie di smarino Forch che, partendo dall'area Unterseeber, situata lateralmente all'autostrada A22, permettono in direzione ovest l'attacco della galleria Scaleres ed in direzione est l'uscita sul piazzale Forch.

La zona d'attacco Unterseeber delle gallerie Aica-Varna e Forch prevede la realizzazione di uno scavo profondo, la cui stabilità è garantita da una paratia in diaframmi multiritirantati. L'accesso è previsto attraverso una strada appositamente realizzata che dalla viabilità ordinaria permette la discesa verso la zona degli scavi per la realizzazione dei diaframmi e poi l'accesso alla zona scavata alla quota di progetto del piano di rotolamento delle gallerie.

All'interno di tale area saranno realizzati opportuni ulteriori locali sbancamenti per consentire la realizzazione delle dime e delle gallerie artificiali.

Nella zona di Unterseeber sono previsti gli imbocchi delle seguenti 4 opere in sotterraneo come rappresentato nella seguente figura:

- Imbocco finestra Aica-Varna Sud
- Imbocco finestra Aica-Varna Nord
- Imbocco ovest galleria di smarino Forch Sud
- Imbocco ovest galleria di smarino Forch Nord

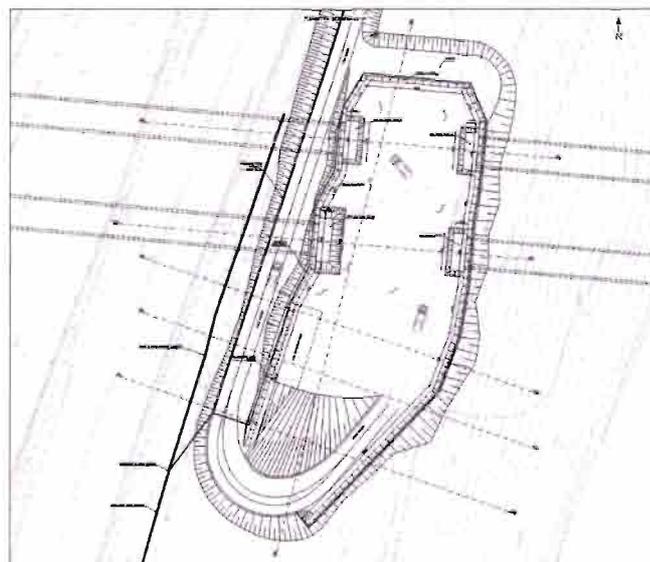


Fig. 9.8 - Area Unterseeber - Zona dei quattro imbocchi

L'area in esame risulta caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali antichi e recenti che interessano le zone di attacco delle due finestre di Aica-Varna e le opere nella zona delle gallerie Forch.



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	70 di 154

La realizzazione di tali opere prevede l'approfondimento rispetto al piano campagna attuale attraverso lo scavo di un'area di dimensioni approssimative di 120m x 45m, in cui il confinamento del terreno è previsto attraverso diaframmi realizzati attraverso pannelli in c.a. di spessore 1,20m scavati mediante idrofresa.

Le fasi costruttive dell'opera prevedono:

- Realizzazione strada di accesso e spianamento dell'area;
- Realizzazione dei cordoli guida e scavo dei pannelli primari di diaframma con idrofresa, messa in opera delle gabbie di armatura e realizzazione dei getti con raccolta e riciclo dei materiali di spurgo (bentonite o fanghi polimerici);
- Realizzazione scavo dei pannelli secondari di diaframma con idrofresa, messa in opera delle gabbie di armatura e realizzazione dei getti con raccolta e riciclo dei materiali di spurgo (bentonite o fanghi polimerici);
- Scavo dell'area all'interno della zona delimitata dai pannelli in c.a., secondo approfondimenti successivi e con messa in opera di tiranti a trefoli metallici;
- Realizzazione dime per le due canne della galleria Aica-Varna;
- Realizzazione dime per le due canne della galleria Forch;
- Realizzazione delle gallerie naturali;
- Risistemazioni ambientali, attraverso ritombamenti parziali (zona centrale e sud) o completi (lato nord).

Le gallerie artificiali, di sezione interna policentrica analoga a quelle delle gallerie naturali, risultano di lunghezza limitata in corrispondenza degli imbocchi delle gallerie al fine di lasciare adeguati spazi di manovra ai mezzi d'opera.

Nella sistemazione definitiva è prevista la connessione in galleria artificiale tra gli imbocchi Aica-Varna Nord e Forch Nord che permette di effettuare un completo ritombamento esteso anche alla zona del piazzale a monte delle paratie nella porzione nord dell'area di scavo. Anche se queste due gallerie in fase di esercizio saranno chiuse, è comunque prevista un'apertura nella galleria artificiale di connessione per consentire eventualmente il passaggio di mezzi e personale per esigenze di manutenzione.

In corrispondenza degli imbocchi di Aica-Varna Sud e Forch sud il ritombamento dell'area è parziale. All'imbocco della finestra di Aica-Varna sud è previsto il locale interrato per la raccolta e smaltimento di liquidi pericolosi.

9.7 IMBOCCHI GALLERIE DI SMARINO FORCH NELL'AREA DI DEPOSITO FORCH

L'imbocco verrà realizzato all'interno di una formazione costituita da depositi glaciali e fluvioglaciali. Nell'area di Forch lo spessore di tali depositi raggiunge 50 m circa.

Le opere di sostegno provvisori degli scavi della trincea di approccio alla parete di attacco dello scavo in sotterraneo sono costituite da una berlinese di micropali vincolati da più ordini di tiranti e travi di ripartizione costituite da profilati metallici, e collegati in testa da una trave di coronamento in calcestruzzo armato. La maggiore sezione di scavo presenta un'altezza di 16,70 m circa.

La struttura di sostegno verrà ricoperta da uno strato spritz-beton armato con rete elettrosaldata, attraversato da perforazioni in cui sono inseriti i tubi drenanti per lo scarico delle acque di filtrazione. In fase definitiva le opere di sostegno verranno ritombate insieme al tratto di galleria artificiale previsto.

La paratia si sviluppa secondo una configurazione ad "M" per una lunghezza complessiva di 150 m circa, come illustrato nella figura seguente. E' prevista la realizzazione di un fosso di guardia a tergo della paratia che consente di eseguire le lavorazioni all'asciutto.

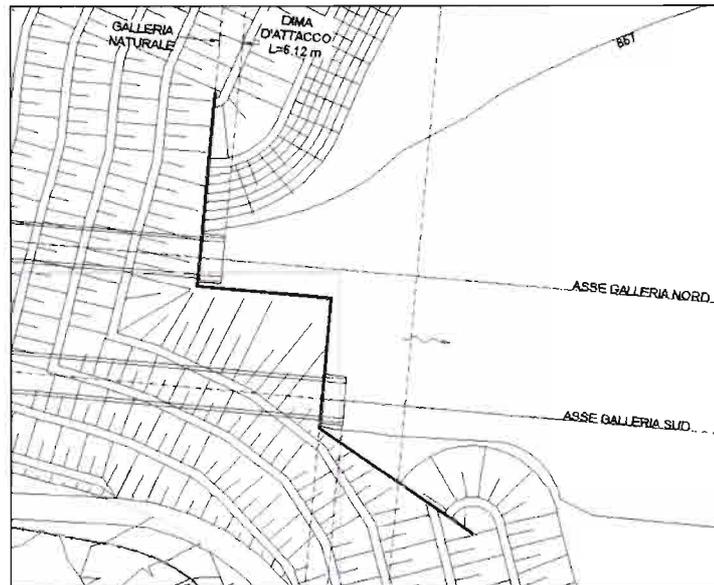


Fig. 9.9 - Stralcio Planimetrico delle opere di sostegno

Lo sbancamento dovrà essere realizzato per ribassi successivi, seguiti dall'installazione dei tiranti, fino a quota di fondo scavo della paratia. Preventivamente all'attacco dello scavo della galleria naturale, a contrasto della parete frontale, è prevista l'esecuzione di una dima in c.a., di lunghezza pari a 5 m.

Le gallerie artificiali hanno sezione interna policentrica uguale a quella delle gallerie naturali. Il rinfianco e ritombamento al di sopra della galleria artificiale verranno realizzati con materiali provenienti dallo scavo della galleria Scaleres, stesi per strati e rimodellati lungo le scarpate di progetto. Lo spessore massimo di ricoprimento al di sopra della calotta è pari a 32 metri circa, e corrisponderà ad una riprofilatura dell'area equivalente alla situazione "ante operam".

9.8 IMBOCCO FINESTRA DI ALBES

L'imbocco della galleria di finestra Albes è ubicato sul versante in destra idraulica del Fiume Isarco ad una quota di circa 547 m s.l.m., nei pressi del casello autostradale di Bressanone Sud. Il pendio risulta molto acclive ed è costituito da ammasso roccioso della formazione delle Filladi quarzifere di Bressanone.

Per l'imbocco della finestra di Albes, in considerazione delle buone proprietà geomeccaniche dell'ammasso è stato previsto un attacco di tipo diretto, effettuando sbancamenti in roccia e provvedendo alla stabilizzazione delle pareti mediante la messa in opera di chiodature in barre d'acciaio con un doppio strato di rete elettrosaldada di contenimento e spritz-beton. A tergo della paratia la realizzazione di un fosso di guardia consente di eseguire le lavorazioni all'asciutto.

Eseguiti gli scavi e le chiodature verrà realizzata la dima di attacco e quindi si potrà procedere allo scavo di attacco della galleria naturale.

La galleria artificiale presenta una sezione interna di tipo policentrico, ha uno sviluppo longitudinale pari a 20 metri circa (compreso il portale con taglio a "becco di flauto"). Il rinfianco e ritombamento al di sopra della calotta della galleria artificiale verranno realizzati con materiali provenienti dallo scavo. Lo spessore massimo di ricoprimento al di sopra della calotta è pari a 5 metri, e corrisponderà ad una riprofilatura dell'area equivalente alla situazione "ante operam".

Il piazzale antistante l'imbocco prevede a nord un'area di emergenza di 500 m² e a sud un'ampia area per il locale del "Posto Parallelo doppio" (fig. 9.10). Le due aree sono separate dalla strada che collega l'imbocco con la S.S.12 del Brennero. All'imbocco della finestra è previsto un locale interrato per la raccolta e smaltimento di liquidi pericolosi della capacità di 300 m³. Tutto il piazzale sarà delimitato da una recinzione metallica.

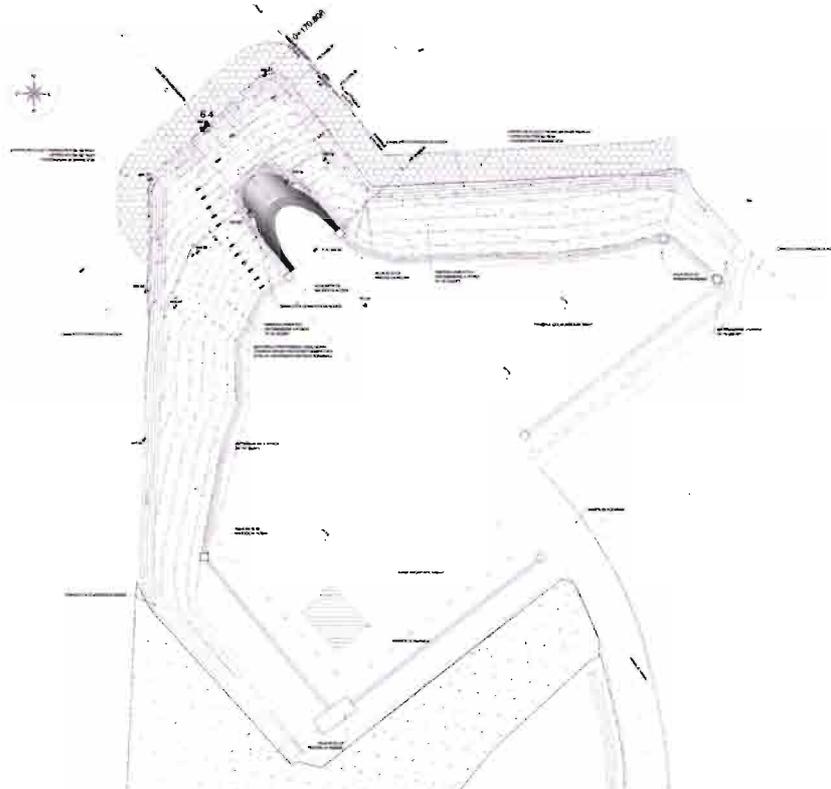


Fig. 9.10 – Stralcio planimetrico imbocco Albes

9.9 IMBOCCO DISCENDERIA DI CHIUSA

L'imbocco della galleria di finestra Chiusa è ubicato sul versante in sinistra idraulica del Fiume Isarco ad una quota di circa 610 m s.l.m. in località Lageder. Il pendio con acclività media è costituito da materiale lapideo della formazione delle Filladi quarzifere di Bressanone.

Le opere di sostegno provvisoria degli scavi della trincea di approccio alla parete di attacco della galleria sono costituite da una berlinese di micropali vincolata con più ordini di tiranti e travi di ripartizione. I micropali sono collegati in testa da una trave di coronamento in calcestruzzo armato. E' prevista la realizzazione di un fosso di guardia a tergo della paratia che consente di eseguire le lavorazioni all'asciutto. La struttura di sostegno è ricoperta da uno strato spritz-beton armato con rete elettrosaldata, attraversato da perforazioni in cui sono inseriti i tubi drenanti per lo scarico delle acque di filtrazione. In fase definitiva le opere di sostegno verranno ritombate insieme al tratto di galleria artificiale previsto.

La paratia si sviluppa secondo una configurazione ad "U" per una lunghezza complessiva di 90 m circa, come illustrato nella seguente figura.

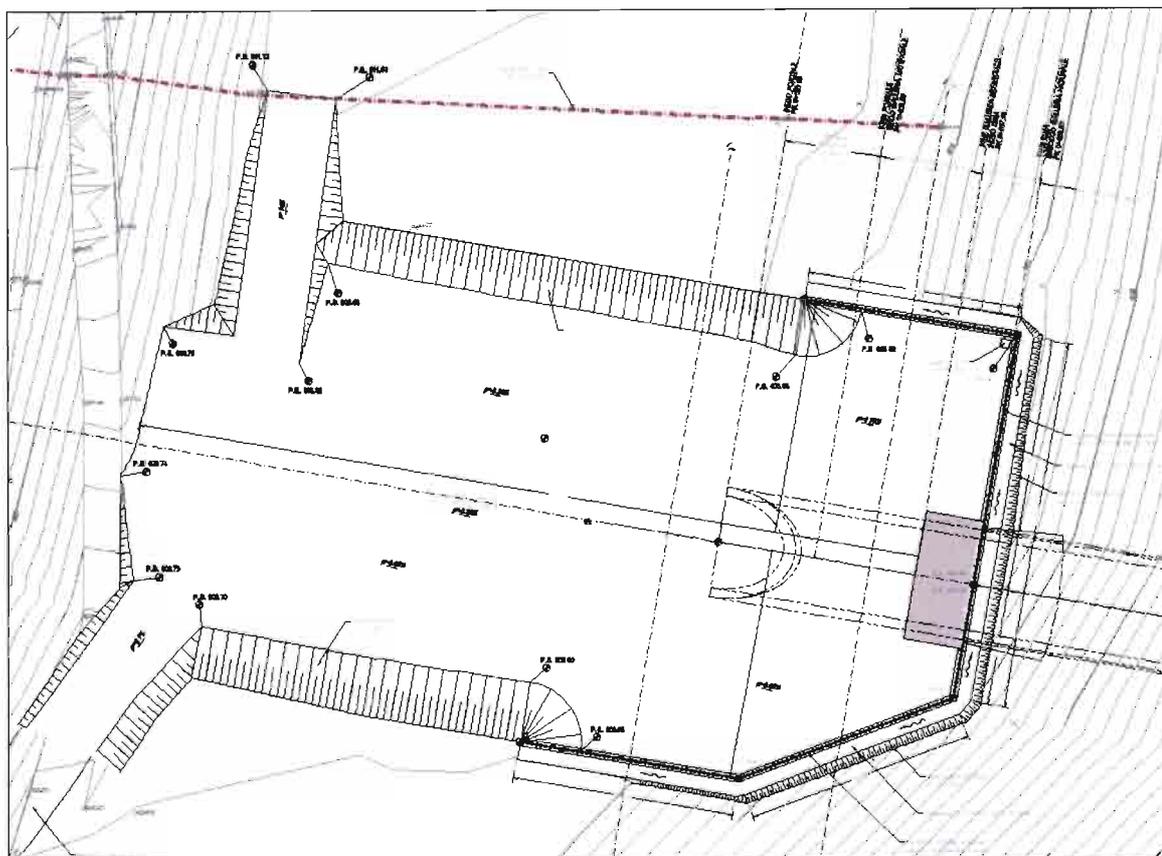


Fig. 9.11 – Stralcio planimetrico imbocco discenderia di Chiusa.

Nella zona dell'imbocco è stata rilevata una tubazione di gas che comunque non interferisce con le opere di imbocco nè con i tiranti dei micropali.

Realizzata la paratia e gli sbancamenti, si eseguirà prima la dima di attacco e quindi si potrà procedere allo scavo di attacco della galleria naturale.

La galleria artificiale presenta una sezione interna di tipo policentrico, uguale a quella della galleria naturale, con sviluppo longitudinale di 22 metri circa (compreso il portale con taglio a "becco di flauto"). Il rinfianco e ritombamento al di sopra della calotta della galleria artificiale verranno realizzati con materiali provenienti dallo scavo. Lo spessore massimo di ricoprimento al di sopra della calotta è pari a 5 metri, e corrisponderà ad una riprofilatura dell'area equivalente alla situazione "ante operam".

	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBLI	LOTTO 10	CODIFICA D07 RC	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 74 di 154

10 FASE CONOSCITIVA

10.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO

10.1.1 Caratteri litostratigrafici e strutturali

Di seguito è riportata una breve descrizione delle principali caratteristiche litologiche, stratigrafiche e strutturali delle formazioni attraversate dalle gallerie del Lotto 1. Per un quadro esauriente e dettagliato si rimanda agli elaborati specialistici di U.O. Geologia del presente progetto (Rif. [2]).

Procedendo da Nord verso Sud, le gallerie di linea tra Fortezza e Ponte Gardena (Lotto1) attraversano la formazione del **Granito di Bressanone – (γbi)**. La formazione è costituita da rocce granitoidi con composizione generalmente granitica e, più di rado, granodioritica. È caratterizzata in affioramento da diversi sistemi di fratture, dei quali i principali hanno direzione media NE-SW e sono sub-verticali.

Le gallerie escono dalla formazione del Granito attraversando una fascia di materiale che ha subito metamorfismo termico (**Aureola metamorfica di contatto**), costituita da cornubianiti. L'ammasso è caratterizzato da numerosi sistemi di giunti e faglie. Lo spessore di tale fascia può essere estremamente variabile e la definizione della sua estensione a quota galleria è affetta da incertezza (Rif. [2]).

Procedendo verso sud il tracciato attraversa la formazione delle **Filladi quarzifere dell'Unità di Bressanone, (BSS)** costituente il basamento cristallino delle Alpi meridionali. Si tratta di filladi più o meno quarzose a luoghi granatifere, di colore da argenteo a plumbeo. Frequenti sono i noduli e i letti di quarzo bianco. Si rinvengono anche livelli ricchi di grafite. In superficie le filladi presentano immersione variabile da N150 a N210 con inclinazioni che diminuiscono gradualmente verso i settori meridionali (Rif. [2]).

I sistemi di discontinuità che interessano le filladi nella zona di Fortezza hanno direzione NE-SW; tra Bressanone e Velturmo la direzione è ruotata di qualche grado verso Ovest. Nella Val Scaleres son evidenti due sistemi di discontinuità, una con direzione NE-SW (N50) e l'altra con direzione NW-SE (N140): si tratta di fratture sub-verticali ben visibili sia dall'analisi fotogrammetrica, sia dai rilevamenti di campagna (Rif. [2]). A sud della Val Scaleres, presso Tiles (progressive km 7+800÷9+400), sono evidenti fratture con direzione N120 (NW-SE) ed immersione verso NE, con inclinazione di circa 50-60° (Rif. [2]).

Procedendo verso Sud, in destra idrografica, in prossimità dell'attraversamento del fiume Isarco alla progressiva km 15+700 il tracciato attraversa le Dioriti quarzifere di Bressanone (δ) del sistema intrusivo di Chiusa. Il contatto è dislocato da faglie dirette sub-verticali a direzione NNE-SSW (Rif. [2]).

Superato in viadotto il fiume Isarco, il tracciato prosegue in sotterraneo in sinistra idrografica, attraversando nuovamente le **Filladi quarzifere di Bressanone**; in particolare, fino alla progressiva km 17+000, si incontrano litofacies particolarmente ricche in quarzo (**BSSa**).

Alla progressiva km 16+850 viene attraversata un'importante struttura tettonica (la linea di Funes), costituita da un lineamento con direzione NW-SE, che segue il Rio Funes, e un lineamento in direzione E-W, con immersione verso Sud ed inclinazione di circa 60°. Nella bassa val di Funes la fratturazione delle filladi è intensa. Nel settore più vicino al tracciato, la linea di Funes è rappresentata da una fascia di taglio costituita da una serie di faglie inverse riconosciute nei dintorni di Gudon sino ad alcuni settori in destra idrografica del fiume Isarco (Rif. [2]).

Superata la val di Funes le gallerie proseguono fino al termine del Lotto 1 nella formazione delle **Filladi Quarzifere** che presentano immersione pressoché costante verso SE (inclinazione circa 25-30°). Sono presenti fratture con direzione NW-SE sub-verticali a cui sono collegate le valli secondarie perpendicolari alla valle dell'Isarco. Negli ultimi duemila metri di tracciato le coperture aumentano raggiungendo valori dell'ordine dei 600 m. Dai dati di



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	75 di 154

superficie non sembrano ipotizzabili particolari variazioni dei litotipi a quota galleria (Rif. [2]). Si possono prevedere zone di maggiore fratturazione in corrispondenza dei lineamenti: alla progressiva km 19+800 in prossimità del Rio della Gola dove si osserva un'intersezione di più lineamenti. Tra le progressive km 18+200 e km 20+000 circa il tracciato si snoda parallelamente ad alcuni lineamenti strutturali individuati da studio fotogrammetrico (Rif. [2]).

Le gallerie delle Interconnessioni di Fortezza attraversano le stesse formazioni attraversate dalle gallerie di linea: il Granito di Bressanone, l'Aureola metamorfica di contatto e le Filladi Quarzifere. Sono presenti lungo il tracciato fratture con direzione NE-SW e ENE-WSW. In prossimità dell'imbocco sono presenti depositi detritici da debris flow in corrispondenza del Rio della Chiusa.

La Finestra Aica-Varna/Forch a partire da Est (imbocco) e procedendo verso Ovest (innesto con le gallerie di linea) attraversa **Depositi Alluvionali antichi**, costituiti da sabbie e conglomerati, e successivamente le **Filladi quarzifere**, che si presentano con struttura di monoclinale immergente verso SW, con un valore medio di circa 50°(Rif. [2]). Le filladi sono interessate da due sistemi di fratture sub-verticali, il primo con direzione N50, il secondo meno pervasivo e continuo con direzione N110.

La Finestra di Albes attraversa per tutto il suo sviluppo la formazione delle **Filladi Quarzifere** che in questa zona si presentano con giacitura uniforme all'incirca verso i settori sud-orientali e inclinazioni variabili tra i 30 e 70 gradi. I sistemi di frattura più evidenti presentano direzione principale N50 e N110 (Rif. [2]).

La Finestra di Chiusa attraversa, in sinistra idrografica del fiume Isarco, la formazione delle **Filladi Quarzifere** che in questa zona si presentano con giacitura media verso sud-est. I sistemi di frattura più rappresentativi e pervasivi hanno una direzione media N130, coniugati con sistemi a direzione N50; i sondaggi C11 (all'imbocco) e C12 (200 m più a monte) hanno mostrato un importante stato di fratturazione. Sono presenti anche coperture fluvio-glaciali costituite da sabbie e conglomerati di colore grigiastro, che determinano sensibili cambi di pendenza nel versante ed interessano parzialmente l'opera nel suo tratto iniziale (Rif. [2]).

Le gallerie delle Interconnessioni di Ponte Gardena attraversano la formazione delle Filladi Quarzifere. Nella parte iniziale del tracciato le filladi affiorano con giacitura media verso N150. Alla progressiva km 1+100 del binario dispari e alla progressiva km 0+470 del binario pari, il tracciato delle gallerie interseca un lineamento tettonico con immersione SW ed inclinazione di circa 50°, che delimita una zona caratterizzata da un intenso grado di fratturazione (Rif. [2]).

Nelle figure 10.1, 10.2, 10.3 sono riportate le quantità dei litotipi che si prevedono di intercettare lungo il tracciato delle gallerie (comprese le gallerie di interconnessione e le finestre).

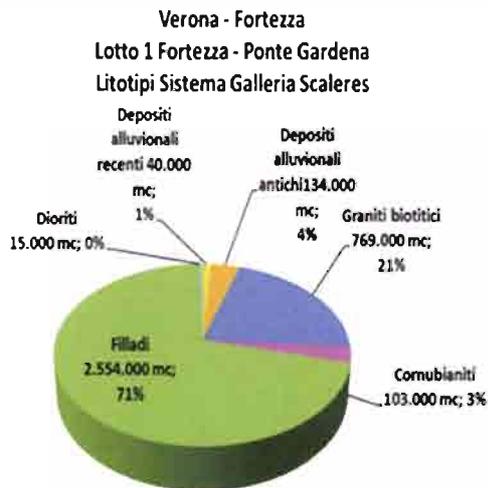


Fig. 10.1 – Litotipi presenti nella Scaleres



Fig. 10.2 – Litotipi presenti nella Gardena

È evidente la preponderanza delle filladi quarzifere che rappresentano quasi l'80% delle rocce che caratterizzano le gallerie. I depositi alluvionali sono presenti solo nelle finestre di Aica-Varna e Forch e in modesta quantità all'imbocco dell'interconnessione disparti di Ponte Gardena.

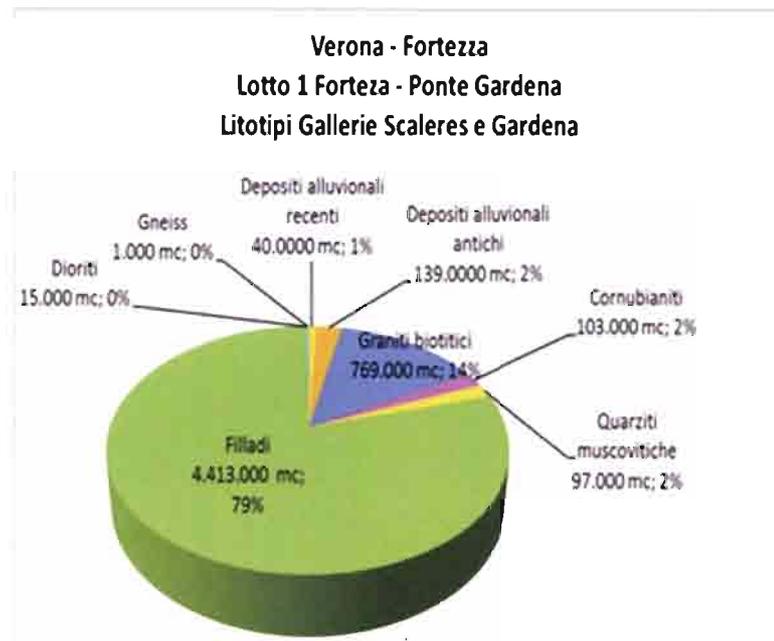


Fig.10.3 – Litotipi presenti nelle gallerie del Lotto 1



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	77 di 154

10.1.2 Caratteri idrogeologici

Gli ammassi rocciosi attraversati dalle gallerie sono in generale caratterizzati da una permeabilità di tipo primario scarsa o nulla: la conducibilità è, infatti, legata ai sistemi di discontinuità (permeabilità di tipo secondario) ed è quindi funzione del grado di fratturazione e delle interconnessioni tra i diversi sistemi di fratture.

In particolare, per le **Filladi Quarzifere di Bressanone** dalle misure di permeabilità in foro si ricavano valori del coefficiente di permeabilità compresi tra $1,0 \cdot 10^{-4}$ m/s in ambiti superficiali e di $1,0 \cdot 10^{-9}$ m/s in profondità (Rif. [2]).

La formazione del **Granito di Bressanone** è caratterizzata da valori di permeabilità (riscontrati da prove in situ e dalla stima della conducibilità da rilievi geomeccanici) compresi tra $1,0 \cdot 10^{-9}$ m/s e $3,0 \cdot 10^{-5}$ m/s (Rif. [2]).

L'Aureola metamorfica di contatto tra i Graniti di Bressanone e le Filladi quarzifere è contraddistinta da numerosi sistemi di giunti, fratture, faglie e zone cataclastiche: è pertanto ragionevole ritenere che tale zona sia caratterizzata da un'elevata permeabilità secondaria.

Le **Dioriti quarzifere**, in prossimità dell'Isarco, sono caratterizzate da una conducibilità idraulica compresa tra un massimo di $1,6 \cdot 10^{-6}$ m/s ed un minimo di $5,7 \cdot 10^{-10}$ m/s (Rif. [2]).

In generale, nelle formazioni attraversate dalle opere in sotterraneo le prove di permeabilità eseguite in foro a quota galleria forniscono valori compresi tra 10^{-6} - 10^{-9} m/s.

I **depositi detritici quaternari**, costituiti da alluvioni, antiche e recenti, morene, detriti di versante, depositi colluviali sono invece caratterizzati da una permeabilità primaria per porosità. Il grado di permeabilità di tali materiali è generalmente elevato. Solo le alluvioni antiche, pur sempre permeabili, possono mostrare una certa varietà di comportamento.

I complessi idrogeologici attraversati dalle gallerie sono stati classificati in termini di permeabilità relativa, distinguendo i seguenti cinque intervalli (Rif. [2]):

- classe 1. permeabilità relativa da bassa a molto bassa
- classe 2. permeabilità relativa medio-bassa
- classe 3. permeabilità relativa media
- classe 4. permeabilità relativa medio-alta
- classe 5. permeabilità relativa alta

e i seguenti intervalli di conducibilità idraulica a piano ferro (Rif. [2]):

- $K < 1E-08$
- $1E-08 > K > 1E-06$
- $1E-06 > K > 1E-05$
- $1E-05 > K > 1E-04$
- $K > 1E-04$

In particolare, agli ammassi rocciosi, con riferimento alla permeabilità per fratturazione, sono state attribuite le seguenti classi di permeabilità (Rif. [2]):

- classe 1: per ammasso non fratturato
- classe 2: per ammasso parzialmente fratturato
- classe 3: per ammasso molto fratturato/zona di faglia



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	78 di 154

Per le zone di faglia e le fasce tettonizzate è tuttavia probabile che la permeabilità attesa sia minore di quella prevista, potendo intervenire nell'ammasso fratturato processi di argillificazione dei fillosilicati (Rif. [2]).

Sui profili geotecnici è riportata per ciascuna galleria in progetto l'attribuzione degli intervalli di conducibilità idraulica sopra definiti (Rif. [37]). Si evidenzia che nei profili geotecnici l'attribuzione delle classi di permeabilità non distingue il dettaglio delle zone in prossimità degli imbocchi, di basse e medie coperture (fino a circa 50 m), per le quali è atteso un incremento della permeabilità: il dettaglio è illustrato negli elaborati specialistici (Rif. [2]).

Nell'area interessata dal tracciato del Lotto 1, il deflusso superficiale è rappresentato dal Fiume Isarco e dai suoi affluenti, generalmente impostati su lineamenti strutturali (vedi ad esempio il Rio Scaleres, il Rio dell'Orso, il Rio Snodres), il che fa ritenere che il flusso sia anche di tipo profondo: ad esempio, nel caso del Rio Funes che si imposta su un importante lineamento regionale, i dati geochimici dimostrano che in quella zona sono presenti fenomeni di mescolamento tra acque superficiali e acque di natura più profonda (Rif. [2]).

La circolazione idrica sotterranea avviene negli ammassi rocciosi attraverso la rete di discontinuità e fratture, che caratterizzano in maniera più o meno intensa le diverse formazioni, e anche nella coltre di alterazione, che spesso dà origine, insieme alla copertura detritica quaternaria, ad una unità idrogeologica con flusso sotterraneo a scarsa profondità (Rif. [2]).

Una buona parte delle sorgenti presenti nell'area di studio sarebbe classificabile come "sorgente superficiale" da detrito con interfaccia impermeabile rappresentata dal substrato roccioso. Ad ogni modo, nella valutazione dei possibili impatti dell'opera in sotterraneo con le risorse idriche, si è adottato un approccio cautelativo, considerando una possibile influenza di flussi più profondi. Infatti, non è da escludere che in alcuni casi le falde superficiali possano essere in contiguità con le falde idriche ospitate dai corpi acquiferi del substrato: per quanto sopra detto, infatti, i depositi quaternari possono saturare la parte superficiale del substrato e questo, a sua volta, laddove maggiormente fratturato, può rappresentare una probabile ricarica delle falde superficiali (Rif. [2]).

La stima delle possibili interferenze dell'opera in progetto sulle risorse idriche è stata effettuata utilizzando l'indice DHI (Drawdown Hazard Index), ampiamente illustrato nella Relazione geologica-idrogeologica (Rif. [2]). L'indice DHI prevede la modellazione dell'ammasso roccioso come mezzo poroso equivalente; inoltre l'effetto della galleria è simulato senza considerare eventuali interventi di mitigazione delle venute d'acqua in galleria (es. impermeabilizzazione al contorno del cavo). Tali ipotesi definiscono uno scenario conservativo rispetto alla previsione della possibile interferenza con le sorgenti. I risultati della valutazione dell'impatto sulle sorgenti dimostrano che sono a rischio medio-alto circa il 15% delle sorgenti tra tutti i punti indagati (Rif. [2]). Si rimanda agli elaborati specialistici per l'identificazione e l'ubicazione delle sorgenti a rischio (Rif. [2]).

È stata inoltre condotta una stima qualitativa dell'impatto da parte dello scavo sull'idrografia superficiale, prendendo in considerazione i possibili scambi tra i corsi d'acqua e i sistemi di flusso sotterranei, attraverso i principali sistemi di fratturazione presenti nell'area (Rif. [2]). I risultati di tale studio dimostrano che sostanzialmente per tutti i torrenti il rischio stimato è alto; sono a rischio nullo i corsi d'acqua che non intersecano il tracciato e che non sono intersecati da lineamenti di alcun genere. Si rimanda agli elaborati specialistici per l'identificazione e l'ubicazione dei corsi d'acqua a rischio (Rif. [2]).

Le soluzioni progettuali e costruttive per prevenire o mitigare l'eventuale impatto sulle risorse idriche sono descritte nel capitolo 12.

Lo studio idrogeologico ha condotto, inoltre, alla stima degli afflussi d'acqua attesi in galleria in fase di scavo (regime transitorio). Le stime sono state condotte nell'ipotesi che il contorno dello scavo sia perfettamente drenante, quindi senza tener conto di interventi di consolidamento o dei sistemi di impermeabilizzazione. L'ammasso roccioso è stato modellato come mezzo poroso equivalente. La portata d'acqua in galleria è definita con riferimento ad una tratta di 10 m di lunghezza, assumendo che le caratteristiche idrogeologiche siano omogenee e che lo scavo avvenga



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	79 di 154

istantaneamente, senza produrre perturbazioni al regime idraulico nelle tratte adiacenti. Con tali ipotesi conservative, si massimizzano le portate d'acqua stimate, definite *portate massime transitorie* (Rif. [2]). Sono state quindi definite cinque classi di portata massima transitoria riferite ad una tratta di 10 m di lunghezza:

1. $q = 0 \div 0.16$ l/s/10m
2. $q = 0.16 \div 0.4$ l/s/10m
3. $q = 0.4 \div 2$ l/s/10m
4. $q = 2 \div 10$ l/s/10m
5. $q = 10 \div 20$ l/s/10m

Sui profili geotecnici è riportata per ciascuna galleria in progetto la previsione delle portate massime transitorie (Rif. [37]): le massime portate attese in fase di scavo, nelle ipotesi sopra descritte, sono previste nelle zone di maggiore fratturazione e con i carichi idraulici più elevati.

In sintesi, per le gallerie di linea criticità idrogeologiche in fase di scavo, rappresentate da maggiori venute d'acqua in galleria, potrebbero riscontrarsi in corrispondenza delle seguenti tratte:

- attraversamento dell'aureola metamorfica di contatto, caratterizzata dalla maggiore permeabilità relativa (galleria Scaleres e Interconnessioni di Fortezza),
- sottoattraversamento delle valli di Spelonca (progressiva km 4+845) e di Scaleres (progressiva km 6+130), caratterizzate da una serie di fratture sub-verticali che appartengono a due sistemi di discontinuità, interconnessi tra loro e con aperture rilevanti in superficie.
- tra le progressive km 9+250 ÷ 9+700 nei pressi di Tiles (galleria Scaleres),
- tra la progressiva km 15+580 e la progressiva km 15+750, al passaggio tra filladi e dioriti (galleria Scaleres);
- in corrispondenza della val di Funes, tra le progressive km 16+800 e km 17+450 (galleria Gardena);
- attraversamento delle Filladi quarzifere a partire dalla progressiva km 1+500 per il binario dispari dell'interconnessione di Ponte Gardena e 0+500 per il binario pari dell'interconnessione di Ponte Gardena.

10.2 INDAGINI

Per la presente fase di progettazione è stata condotta nel 2011-2012 una campagna di indagini che ha interessato le zone di imbocco delle gallerie e zone puntuali lungo il tracciato. Le indagini svolte per questa fase di progettazione, sia dirette che indirette, di superficie e profonde, tengono conto dell'assetto geomorfologico nel quale si sviluppa il tracciato delle gallerie (le coperture superano in gran parte del tracciato i 500 m), delle difficoltà operative per lo svolgimento delle indagini stesse e della relativa tempistica. Metodi e risultati della campagna di indagini sono ampiamente esposti e commentati nell'elaborato di progetto "Relazione geologica-idrogeologica" (Rif. [2]).

10.2.1 Indagini e prove in situ

Nell'ambito della campagna condotta nel periodo 2011-2012, sono stati eseguiti 8 sondaggi a carotaggio continuo profondi (Lunghezza $L > 150$ m) con lunghezza variabile da 190 a 275 m e 32 sondaggi a carotaggio continuo ordinari (Lunghezza $L \leq 150$ m) spinti a profondità variabili tra 40 e 120 m da piano campagna.

Sono inoltre stati eseguiti 17 sondaggi a distruzione di nucleo per l'esecuzione di prove geofisiche in foro e per l'installazione di piezometri.

Nei sondaggi sono state eseguite prove geotecniche (prove SPT, prove pressiometriche, prove dilatometriche, prove di permeabilità tipo Lefranc o Lugeon) e sono stati prelevati campioni sottoposti a prove di laboratorio. Sono inoltre state

	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 80 di 154

eseguite prove di fratturazione idraulica. In alcuni fori di sondaggio, inoltre, sono stati installati piezometri e inclinometri.

Le ubicazioni dei sondaggi sono riportate sui profili geotecnici di progetto, distinte con apposita simbologia (Rif. [37]). Le stratigrafie dei sondaggi ed i risultati delle prove eseguite sono allegati agli elaborati specialistici di UO Geologia (Rif. [2]).

10.2.2 Indagini e prove di laboratorio

Dai 40 sondaggi realizzati durante la campagna geognostica 2011-2012, sono stati prelevati 488 campioni tra rimaneggiati e lapidei e 1 campione indisturbato, successivamente inviati in laboratorio per la realizzazione delle seguenti prove geotecniche:

- Prova di taglio su giunti naturali;
- Prova di punzonamento (Point Load Test);
- Prova di trazione brasiliana;
- Prova di resistenza a compressione monoassiale;
- Prova triassiale;
- Prova di taglio;
- Misura della velocità sonica v_p e v_s .

La descrizione dei campioni e i risultati delle prove eseguite sono allegati agli elaborati specialistici di UO Geologia (Rif. [2]).

10.2.3 Indagini geofisiche

Le attività relative alla campagna 2011-2012 hanno compreso l'esecuzione di:

- Profili tomografici elettrici
- Profili sismici a rifrazione
- Prove RE.MI (microtremori)
- Prove MASW
- Rilievi magnetotellurici
- Prove Cross-Hole
- Prove Down-Hole

I risultati di tali indagini sono allegati agli elaborati specialistici di U.O. Geologia (Rif. [2]).

10.3 LO STUDIO GEOTECNICO

10.3.1 Caratterizzazione geotecnica degli ammassi rocciosi

Le principali formazioni rocciose che interessano le opere in sotterraneo della tratta sono il Granito di Bressanone – (γ_{bi}), le Filladi quarzifere dell'Unità di Bressanone - (BSS) e in minima parte le Dioriti quarzifere di Bressanone - (δ).



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	81 di 154

Caratterizzazione della matrice litoide

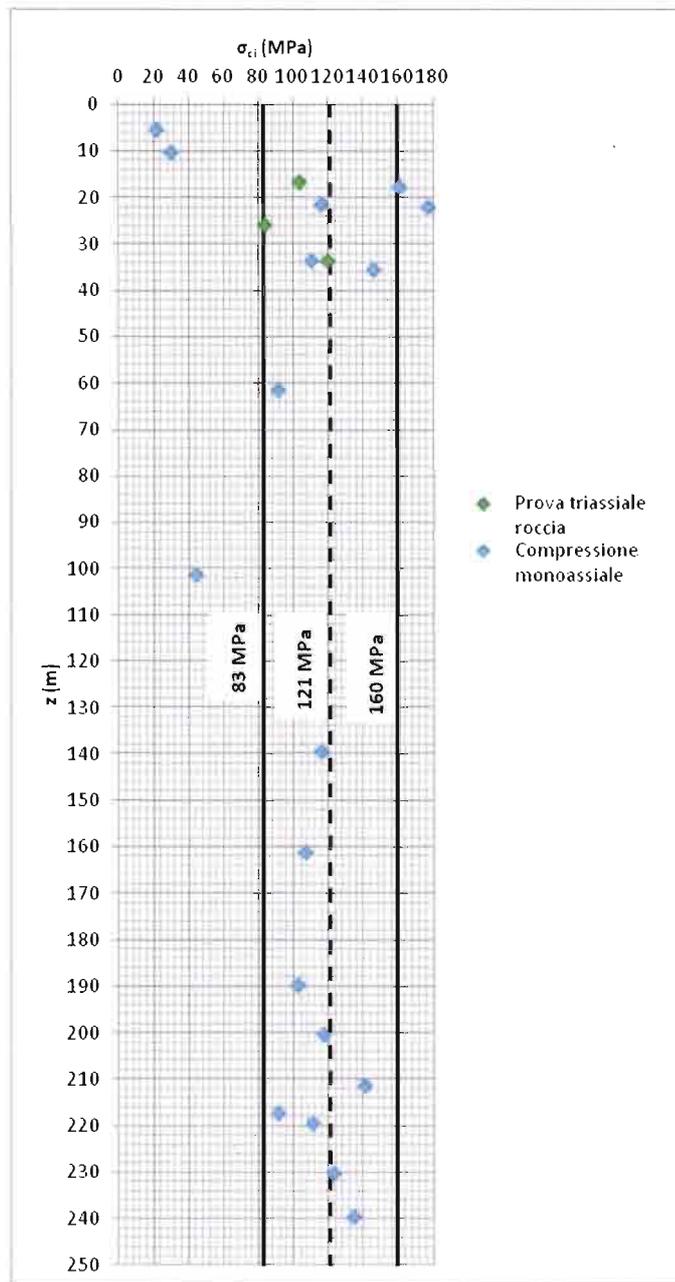
Sono stati analizzati i risultati provenienti dalle prove di laboratorio di compressione monoassiale e prove triassiali, che hanno consentito di definire le principali caratteristiche meccaniche della matrice: la resistenza a compressione σ_{ci} e il modulo elastico E_i .

Granito di Bressanone – (γ_{bi})

Dai risultati delle prove di laboratorio, si osservano valori di resistenza a compressione della roccia intatta σ_{ci} compresi tra 21 MPa e 177 MPa. Osservando la popolazione dei dati disponibili, si nota che i valori di $\sigma_{ci} < 83MPa$ e di $\sigma_{ci} > 160MPa$, si presentano con frequenza alquanto ridotta, quindi risulta adeguato considerare rappresentativo il seguente intervallo

$$83MPa \leq \sigma_{ci} \leq 160MPa$$

con valore medio pari a $\sigma_{ci} \cong 120MPa$.



L'interpretazione delle prove di compressione monoassiale e delle prove triassiali ha consentito di determinare le caratteristiche di deformabilità dei provini e quindi i valori del modulo di Young della roccia intatta E_i .

Essendo il granito caratterizzato da un comportamento tensio-deformativo di tipo elastico e fragile, i valori del modulo di Young sono stati definiti considerando la retta tangente alla curva sforzi-deformazioni in corrispondenza del livello di tensione pari alla metà del carico di rottura ($E_i = E_{t50\%}$).



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	83 di 154

I valori di E_i minimi, pari a circa 7 e 13 GPa, risultano relativi a una porzione di granito superficiale ($z \leq 10m$) caratterizzata da valori di σ_{ci} molto bassi e quindi rappresentativi della porzione alterata della matrice rocciosa. In generale quindi per il modulo elastico della roccia intatta si individuano valori compresi tra

$$35 \text{ GPa} \leq E_i \leq 58 \text{ GPa}$$

dove $E_i=35$ GPa è il valore minimo ottenuto dalle prove triassiali e $E_i=58$ GPa è il valore massimo ottenuto dalle prove di compressione monoassiale.

Anche in considerazione del numero di prove a disposizione, è stato adottato il valore minimo $E_i = 35 \text{ GPa}$

Filladi quarzifere dell'Unità di Bressanone - (BSS)

Dai risultati delle prove di laboratorio, si osservano valori di resistenza a compressione della roccia intatta σ_{ci} variabili in un ampio intervallo, compreso tra 2÷175 MPa. E' stato, pertanto, effettuato uno studio mirato a individuare le cause di tale variabilità.

Si è analizzata la distribuzione dei valori di σ_{ci} in funzione della giacitura della scistosità, per verificare l'eventuale dipendenza dei risultati delle prove dalla direzione di applicazione del carico. La giacitura della scistosità è espressa in termini di inclinazione rispetto all'orizzontale, come indicato nella descrizione dei campioni soggetti a prove di compressione monoassiale e triassiale.

La scistosità nei campioni sottoposti a prova è caratterizzata da:

- una inclinazione rispetto all'orizzontale di $60^\circ \div 80^\circ$, in circa la metà dei campioni, per i quali la σ_{ci} varia nell'intervallo 7.5÷75 MPa;
- una inclinazione rispetto all'orizzontale di $30^\circ \div 60^\circ$, in circa $\frac{1}{4}$ dei campioni, con la σ_{ci} valutata variabile tra 2.5÷175 MPa;
- orientazione variabile, in alcuni casi caotica o con elementi brecciati, in circa $\frac{1}{4}$ dei campioni, per i quali la σ_{ci} varia nell'intervallo 2÷120 MPa.

Nei grafici sono indicati in giallo i valori delle resistenze a compressione monoassiale σ_{ci} ottenute da campioni prelevati da carote di sondaggi effettuati in zone tettonizzate

Pertanto, non appare possibile giustificare la variazione dei valori di resistenza a compressione monoassiale in funzione della direzione di applicazione del carico rispetto alla scistosità.

I risultati delle prove sono stati quindi analizzati distinguendo i campioni prelevati da sondaggi ricadenti nella tratta della galleria Gardena in cui si rinvenivano livelli ricchi di grafite (sondaggi S12 e S13), i campioni prelevati in zone caratterizzate da elevata fratturazione, in prossimità di faglie e discontinuità a livello di ammasso (sondaggi S4, S7 e C4), e, infine, i campioni prelevati in zone in cui la fillade si presenta compatta e poco fratturata (sondaggi S8 e C10).

Dai risultati delle prove di laboratorio, non sono stati considerati per la definizione delle caratteristiche di resistenza della matrice rocciosa, quei valori di resistenza a compressione della roccia intatta (indicati nelle tabelle in giallo) che poco rappresentano la zona oggetto di studio.

Si osserva che:

- per la fillade compatta (di seguito indicata con il solo termine fillade), si ha $10 \leq \sigma_{ci} \leq 143MPa$.
 Si escludono le $\sigma_{ci} \leq 10MPa$ ottenute da campioni litoidi superficiali di natura conglomeratica o prelevati a elevate profondità ma caratterizzate da struttura clasticirca

S8

Campione	Scistosità (°)	Profondità (m)		Prova triassiale su roccia							Prova comp. Monoas. σ_c (MPa)
		da	a	Provino 1		Provino 2		Provino 3		σ_{ci} (MPa)	
				σ_1 (MPa)	σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)	σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)	σ_3 (MPa)		
1	80	22	22.4	-	-	-	-	-	-	-	9.33
3	Caotica	71.6	72	-	-	-	-	-	-	-	3.22
6	60-70	122.3	123	-	-	-	-	-	-	-	93.3
7b	70	161	161.5	-	-	-	-	-	-	-	46.25
9	60-70	184.3	184.8	-	-	-	-	-	-	-	126.99
12	80	205	205.7	90.32	2	138.08	5	133.29	8	83.6	135.8
13	80	211	211.5	88.06	2	85.75	5	132.36	8	52.33	78.01
14	60-70	215.6	216	-	-	-	-	-	-	-	99.33
15	70	219	219.4	-	-	-	-	-	-	-	110.39
18	70	226.15	226.6	86.53	2	120.43	5	135.55	8	66.2	-
19	Compatta	228.35	228.8	-	-	-	-	-	-	-	120.09
21	Caotica	232	232.9	112.81	2	121.09	5	121.65	8	111.06	10.02
22	70-80	236.3	236.7	-	-	-	-	-	-	-	129.78
23	Media	243	243.9	-	-	-	-	-	-	-	143.37

C10

Campione	Scistosità (°)	Profondità (m)		Prova triassiale su roccia							Prova comp. Monoas. σ_c (MPa)
		da	a	Provino 1		Provino 2		Provino 3		σ_{ci} (MPa)	
				σ_1 (MPa)	σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)	σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)	σ_3 (MPa)		
CD7	40-50	56.3	57	-	-	-	-	-	-	-	48.66
CD10	40-50	71	71.8	-	-	-	-	-	-	-	7.55

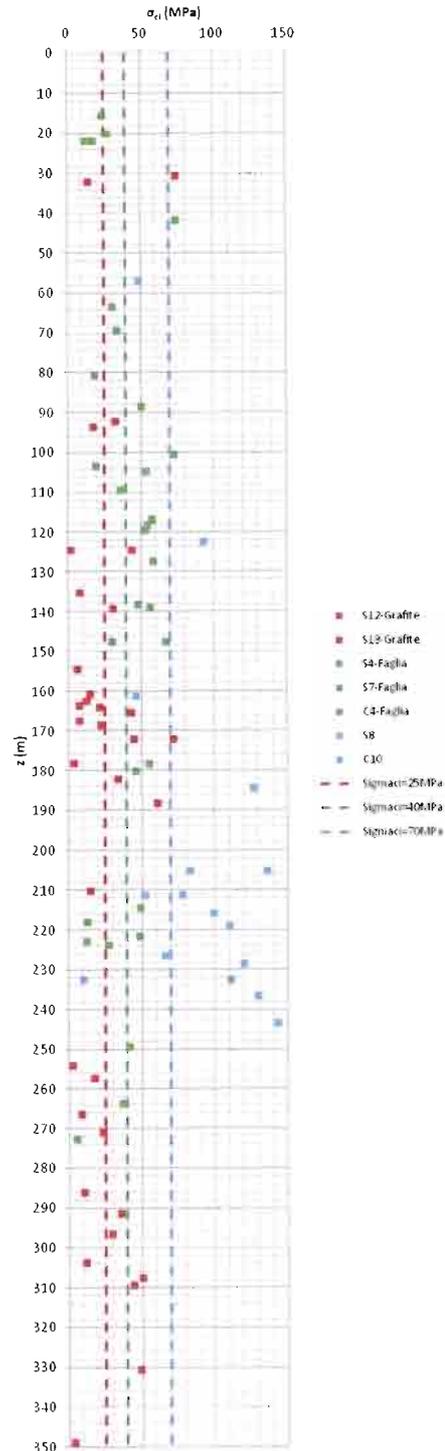
- per la fillade in zone di faglia, si ha $5.6 \leq \sigma_{ci} \leq 74MPa$
- si escludono le $\sigma_{ci} \geq 90MPa$ ottenute da campioni a struttura uniforme.

S13

Campione	Scistosità (°)	Profondità (m)		Prova triassiale su roccia								Prova comp. Monoas. σ_c (MPa)
		da	a	Provino 1		Provino 2		Provino 3		Provino 4		
				σ_1 (MPa)	σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)	σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)	σ_3 (MPa)	σ_1 (MPa)		
2	60-70	32	32.4	-	-	-	-	-	-	-	-	14.05
7	70-80	93.3	93.95	-	-	-	-	-	-	-	-	17.03
8	Caotica	114.3	114.9	19.93	2	13.19	5	41.39	8	-	-	-
10	60-70	135.3	135.55	-	-	-	-	-	-	-	-	8.02
13	60	162.3	162.7	-	-	-	-	-	-	-	-	12.12
14	60-70	167.3	167.65	-	-	-	-	-	-	-	-	7.6
19	60	210	210.4	-	-	-	-	-	-	-	-	14.87
21	60	215	215.3	39.97	2	246.33	5	73.31	8	139.29	-	-
24	60	254	254.5	-	-	-	-	-	-	-	-	2.49
25	60	257.2	257.5	14.48	2	-	-	-	-	-	-	17
27	60-70	266.1	266.65	-	-	12.75	5	87.99	8	-	-	8.38
28	70-80	270.8	271	-	-	-	-	-	-	-	-	23.53
29	70-80	286	286.25	-	-	-	-	-	-	-	-	10.59
31	Caotica	291.35	291.6	-	-	-	-	-	-	-	-	35.59
34	Caotica	296.55	296.75	-	-	-	-	-	-	-	-	29.62
37	40-50	303.6	303.82	-	-	-	-	-	-	-	-	11.41
39	70-80	307.5	307.77	55.31	2	-	-	-	-	-	-	50.53
40	60	309.15	309.5	-	-	97.51	5	97.99	8	44.02	-	-
46	Brecciata	330.3	331	153.68	2	212.73	5	207.06	8	93.41	-	48.81
50	Caotica	348.65	349	-	-	-	-	-	-	-	-	3.96

Per ciascun gruppo di campioni è stato individuato un valore caratteristico di resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta σ_{ci} , determinato come media dei valori di resistenza ottenuti dai diversi campioni, la cui distribuzione con la profondità è indicata nel seguente diagramma. In particolare:

- per la fillade compatta, si ottiene un valore di $\sigma_{cimedia} \cong 70MPa$;
- per la fillade in zone di faglia, si ottiene un valore di $\sigma_{cimedia} \cong 40MPa$;
- per la fillade con livelli di grafite, si ottiene un valore di $\sigma_{cimedia} \cong 25MP$.



Anche per la fillade, come per il granito, l'interpretazione delle prove di compressione monoassiale e delle prove triassiali ha consentito di determinare le caratteristiche di deformabilità dei provini e quindi i valori del modulo di Young della roccia intatta E_i .

Essendo la fillade una roccia con scistosità anche marcata e quindi caratterizzata da un comportamento tensio-deformativo di tipo duttile, i valori del modulo di Young sono stati definiti considerando la retta secante la curva sforzi-deformazioni tra l'origine e un livello di tensione pari alla metà del carico di rottura ($E_i = E_{s50\%}$). Di seguito sono riportati in funzione della profondità i valori del modulo distinti in base alle prove di laboratorio (uniassiale o triassiale) In giallo sono indicati i valori dei moduli elastici E_i ottenuti da campioni prelevati da carote di sondaggi effettuati in zone tettonizzate.

Avendo a disposizione molte prove, è stato possibile descrivere la variazione del modulo elastico della roccia intatta E_i con la profondità (z). Tale relazione appare soddisfacente solo fino a profondità di 250 m. In particolare:

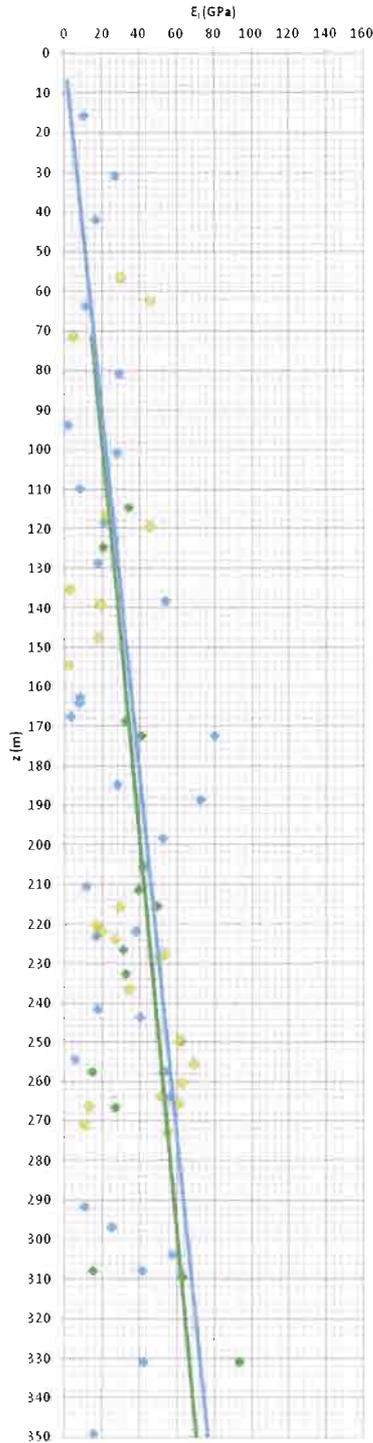
- dalle prove di compressione triassiale, si ottiene $E_{i\text{medio}} = 40GPa$ e un andamento con la profondità espresso dalla seguente equazione: $E_i = \frac{1}{4.97} \cdot z = 0.201 \cdot z$;
- dalle prove di compressione monoassiale, si ottiene $E_{i\text{medio}} = 30GPa$ e un andamento con la profondità espresso dalla seguente equazione: $E_i = \frac{1}{4.57} \cdot z = 0.219 \cdot z$.

Le leggi lineari che governano l'andamento con la profondità del modulo elastico della roccia intatta, ricavate rispettivamente dai valori ottenuti dalle prove di compressione triassiale e monoassiale, sono simili, quindi è stata determinata una sola retta di tendenza che rappresentale prove di laboratorio nella loro totalità

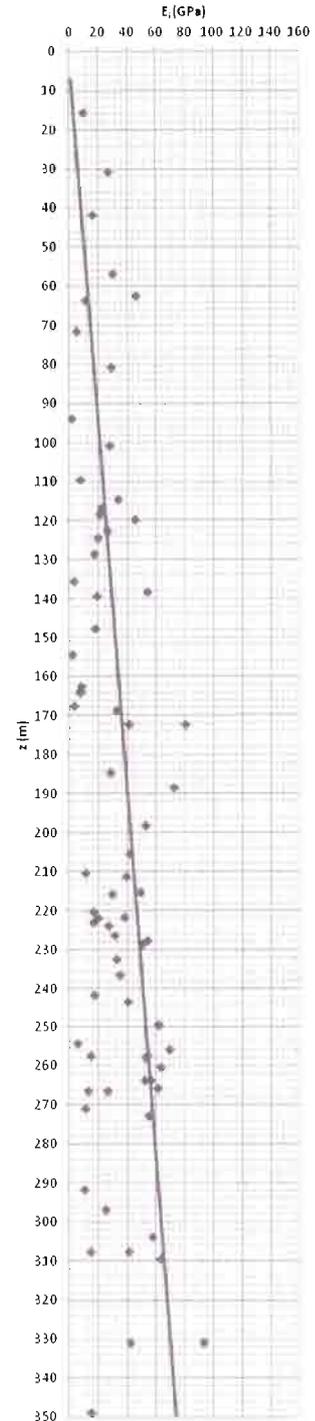
$$E_i = \frac{1}{4.71} \cdot z = 0.21 \cdot z.$$

Tale legge è stata utilizzata per la determinazione dei moduli elastici E_i al variare con la profondità necessari per la successiva caratterizzazione dell'ammasso roccioso, fino alla profondità di $z=250$ m, Per profondità $z \geq 250m$, il modulo elastico della roccia intatta è stato assunto pari a

$$E_i(z = 250m) = \frac{1}{4.71} \cdot z = 0.21 \cdot z = 0.21 \cdot 250 \approx 50GPa$$



◆ Prova triassiale roccia
● Compressione monoassiale

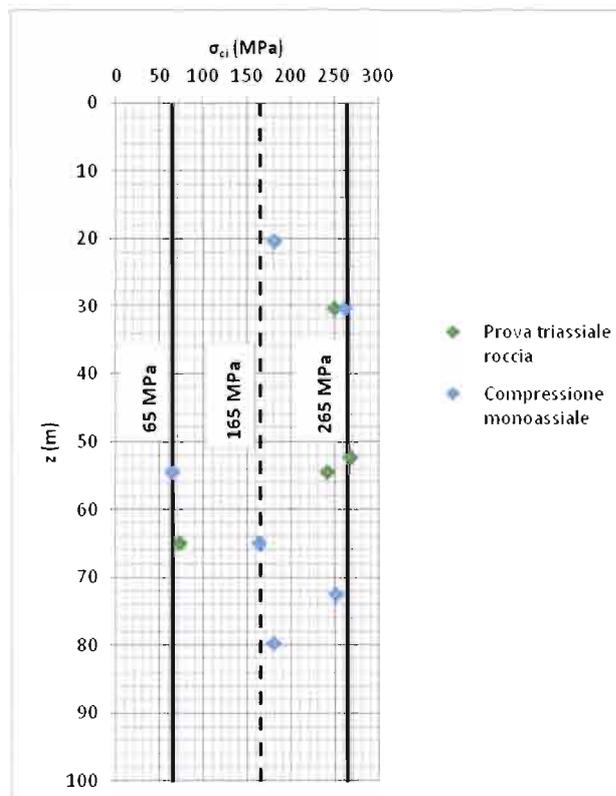


Dioriti quarzifere di Bressanone - (δ)

Per le dioriti si hanno a disposizione un numero di prove di laboratorio ridotto. Dai risultati delle prove di compressione monoassiale e triassiale, si ricavano valori di resistenza a compressione della roccia intatta σ_{ci} , compresi tra

$$65MPa \leq \sigma_{ci} \leq 265MPa$$

con valore medio pari a $\sigma_{ci} \cong 165MPa$.



Le dioriti sono caratterizzate da comportamento fragile e quindi per la determinazione del modulo di Young della matrice rocciosa E_i si è considerata la retta tangente alla curva sforzi-deformazioni derivante dalle prove di compressione monoassiale in corrispondenza del livello di tensione pari alla metà del carico di rottura ($E_i = E_{t50\%}$).

I valori di E_i assumono, al variare della profondità investigata, valori compresi tra

$$40 GPa \leq E_i \leq 70 GPa$$

Avendo a disposizione una popolazione di dati alquanto ridotta, per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso è stato adottato il valore minimo $E_i = 40 GPa$.

In sintesi, attraverso l'interpretazione delle prove di laboratorio di compressione monoassiale e triassiale, è stato possibile caratterizzare la matrice litoide di principali ammassi che interessano le opere in sotterraneo della tratta, attraverso la definizione della resistenza a compressione monoassiale σ_{ci} e del modulo elastico E_i . Di seguito è riportata una tabella riassuntiva di tali parametri caratteristici.



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	93 di 154

Matrice rocciosa	σ_{ci} (MPa)	E_i (GPa)
Granito	120	35
Fillade con livelli di grafite	25	$E_i = 0.21 \cdot z$ per $z \leq 250m$ $E_i = 50 GPa$ per $z > 250m$
Fillade in zona di faglia	40	
Fillade	70	
Diorite	165	40

Classificazione dell'ammasso roccioso

Gli ammassi rocciosi attraversati dalle gallerie del Lotto 1 sono stati classificati tramite l'indice RMR Rock Mass Rating -Bieniawski, 1989) e l'indice GSI (Geological Strength Index).

L'indice RMR si ottiene valutando una serie di parametri (indici parziali), ad ognuno dei quali è attribuito un valore numerico:

- Resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta: R1;
- Indice RQD (Rock Quality Designation): R2;
- Spaziatura dei giunti: R3;
- Condizioni dei giunti (alterazione delle pareti, scabrezza, persistenza, apertura, materiale di riempimento): R4;
- Condizioni idrauliche: R5;

La somma dei valori dei primi cinque indici parziali fornisce l'indice di qualità dell'ammasso: :

$$RMR_{(base)} = R1+R2+R3+R4+R5.$$

L'indice BMR tiene invece conto dei primi quattro parametri (R1-R2-R3-R4) e pone l'indice parziale R5 pari a 15 (condizioni di roccia asciutta).

I valori dei parametri classificativi R2, R3, R4, R5 sono stati ricavati da rilievi geostrukturali di superficie (sono state eseguite 39 stazioni di misura). La resistenza a compressione della roccia intatta (R1) è stata valutata da prove di laboratorio. Per la metodologia dei rilievi di superficie e l'ubicazione delle stazioni, si rimanda ai documenti di UO Geologia (Rif. [2]).

A partire dall'indice BMR è stato inoltre determinato l'indice GSI (Geological Strength Index, Hoek, 1994; Hoek, Kaiser e Bawden, 1995): $GSI = BMR - 5$

L'elaborazione statistica dei dati acquisiti ha permesso di classificare dal punto di vista geomeccanico le porzioni rocciose oggetto dei rilievi secondo i criteri di Bieniawski (1989), attraverso la stima del coefficiente RMR, e secondo il parametro GSI dedotto dal valore di RMR (Hoek, 1995). Per una descrizione sintetica e tabellare di tale elaborazione si rimanda all'elaborato di progetto "Relazione geologica-idrogeologica", (Rif. [2]).

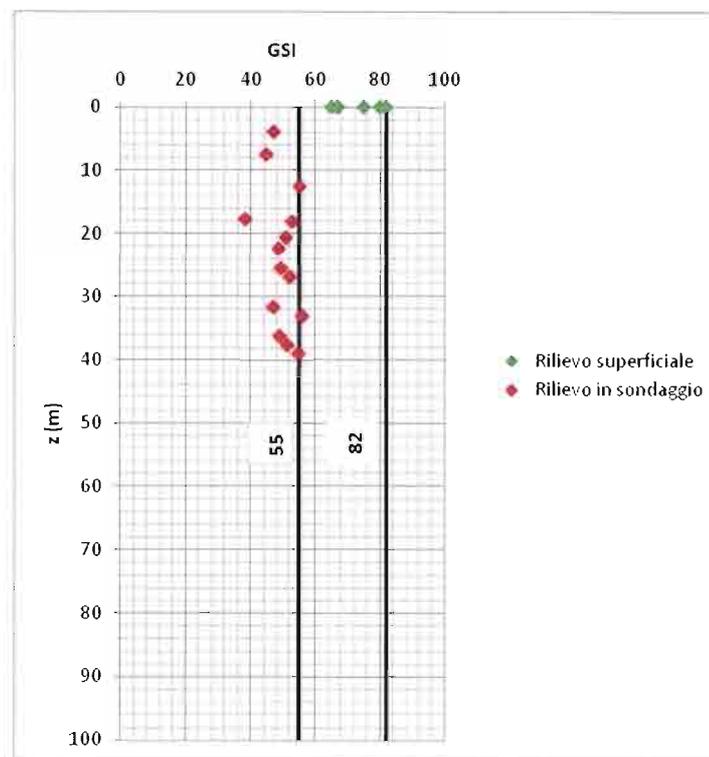
Inoltre, vista l'esiguità dei dati derivanti dai rilievi superficiali, sono state considerate anche osservazioni e misure eseguite sulle carote estratte nel corso delle perforazioni di sondaggio.

La valutazione delle caratteristiche meccaniche degli ammassi rocciosi è stata effettuata considerando l'indice GSI, derivante sia dai rilievi di campagna, sia dai dati geostrutturali ricavati dai sondaggi.

Granito di Bressanone – (γ bi)

Per il Granito di Bressanone

- dai rilievi superficiali, si ottiene $67 \leq GSI \leq 82$;
- dai rilievi in sondaggio, si ottiene $38 \leq GSI \leq 55$.



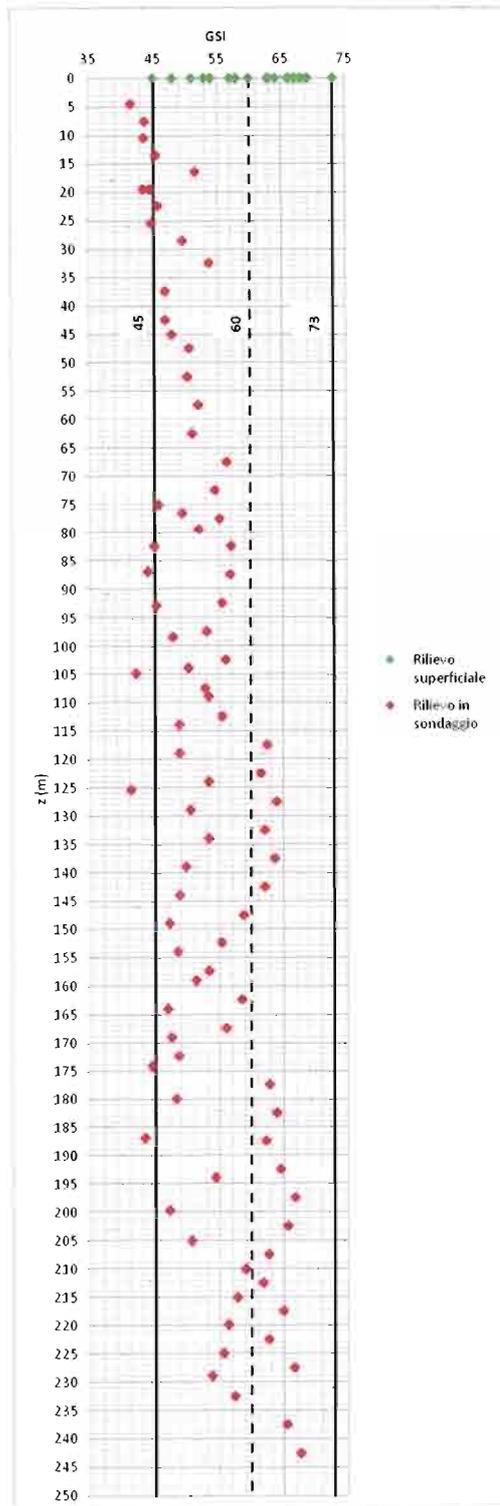
Considerando che il GSI, determinato attraverso i rilievi su carote, è affetto da incertezze e da indeterminazioni e quindi può risultare non rappresentativo e non affidabile per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso si è dato maggior peso al GSI determinato da rilievi di superficie, assumendo un intervallo di GSI il cui valore minimo è il massimo valore di GSI ottenuto dai rilievi di sondaggio e il valore massimo è definito dal massimo valore di GSI ottenuto dai rilievi superficiali. Quindi:

$$55 \leq GSI \leq 82$$

con valore medio pari a $GSI_{medio} \cong 65$.

Filladi quarzifere dell'Unità di Bressanone - (BSS)

Anche per la definizione del GSI delle filladi, si è fatto riferimento a dati provenienti dai rilievi superficiali e dai rilievi di sondaggio.



RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBLI	10	D07 RC	GN 00 00 001	A	96 di 154

Analizzando la distribuzione del GSI in funzione della profondità, è evidente che l'intervallo di GSI ottenuto dai rilievi di sondaggio risulta contenuto all'interno dell'intervallo di valori di GSI determinati dai rilievi superficiali, quindi per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso è stato assunto l'intervallo definito dai dati geostrutturali di superficie:

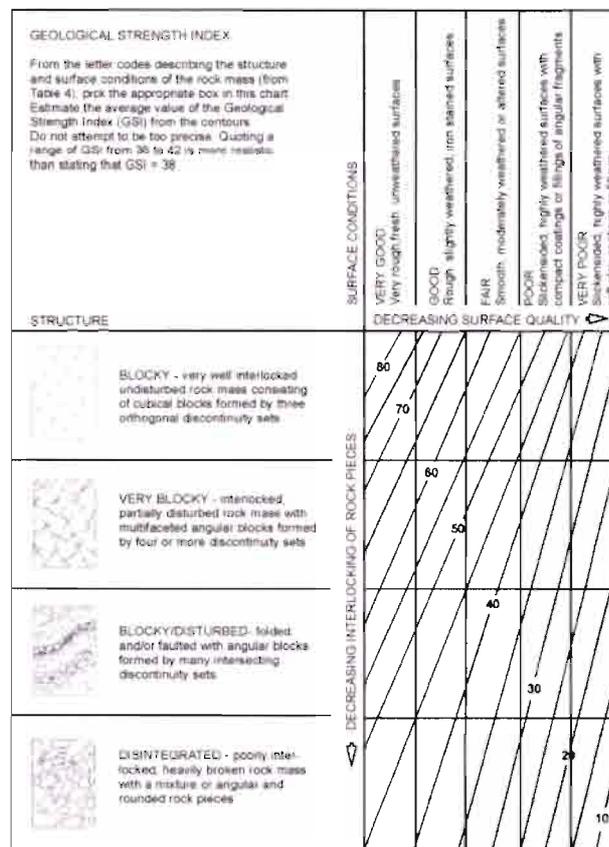
$$45 \leq GSI \leq 73$$

con valore medio pari a $GSI_{medio} \cong 60$.

Dioriti quarzifere di Bressanone - (d)

I valori di GSI ottenuti attraverso i rilievi superficiali (BR3, Br20a e BR29) sono compresi tra $73 \leq GSI \leq 77$.

Inoltre, il valore del GSI è stato determinato in maniera diretta tramite il "metodo GSI".



Dalle perforazioni di sondaggio (sondaggio C6) la roccia si presenta come fratturata, con alterazione da debole a media; il recupero percentuale medio (RQD) di carotaggio è dell'ordine del 70% a cui corrisponde, secondo la classificazione di Deere (1963), una qualità dell'ammasso mediocre.

Quindi, è stato definito il seguente intervallo:

$$55 \leq GSI \leq 77$$

con valore medio pari a $GSI_{medio} \cong 65$.



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBLI	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	97 di 154

Le zone di faglia

Le informazioni attuali non consentono di caratterizzare propriamente dal punto di vista meccanico le zone di faglia. Per tali zone si sono pertanto assunti i valori minimi di GSI, anche integrando le informazioni con dati di letteratura (ad esempio, la letteratura suggerisce per le filladi in zone di faglia, caratterizzate da coperture di 650m, c' compreso tra $0.8 \div 1$ MPa, φ' tra $25 \div 26^\circ$ e E_{rm} tra $1 \div 2$ GPa).

In particolare per le zone tettonizzate nelle Filladi quarzifere, in alcuni casi anche caratterizzate da frequenti livelli di grafite (cfr. sondaggio S13), considerando una struttura dell'ammasso da disintegrata (ammasso molto fratturato con debole interconnessione fra i blocchi, frammenti di roccia angolari e arrotondati) a laminata/fagliata (ammasso non suddiviso in blocchi, piani di scistosità a fitta spaziatura, piani di taglio/faglie), si è assunto un valore dell'indice GSI compreso tra $20 \div 30$.

Per le zone tettonizzate nei Graniti e nelle Dioriti si è assunto il valore minimo del GSI determinato come descritto nel paragrafo precedente.

Quindi per le zone di faglia, si considerano i seguenti valori di GSI:

Ammasso roccioso	GSI
Granito in faglia	55
Fillade con grafite/faglia	$20 \div 30$
Diorite in faglia	55

Caratterizzazione dell'ammasso roccioso

Le caratteristiche di resistenza degli ammassi rocciosi sono state definite con riferimento al criterio di Hoek & Brown (2006).

In questo modello, la curva intrinseca che fornisce le condizioni di rottura dell'ammasso è data dall'espressione:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_c \left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_c} + s \right)^a$$

in cui σ'_1 e σ'_3 rappresentano le tensioni principali efficaci (rispettivamente maggiore e minore) in condizioni di rottura, σ_{ci} rappresenta la resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta, m_b , s ed a sono parametri che dipendono dall'indice GSI e dal fattore di disturbo D (il cui valore, variabile tra 0 e 1, dipende dal problema geotecnico in esame).

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right) \quad s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right) \quad a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right)$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA					
	RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBLI	LOTTO 10	CODIFICA D07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 98 di 154

Di seguito, si riportano i valori dei parametri e indici che hanno consentito la definizione del criterio di rottura di Hoek & Brown per gli ammassi rocciosi che interessano le opere in sotterraneo del Lotto 1:

Ammasso roccioso	γ' (kN/m ³)	mi	D	z (m)	σ_{ci} (MPa)	E_i (GPa)	GSI
Granito in zona di faglia	26	32 ± 3	0	-	120	35	55
Granito	26	32 ± 3	0	20 ÷ 50	120	35	55
				>50	120	35	65
Fillade con livelli di grafite	27	7 ± 3	0	-	25	$E_i = 0.21 \cdot z$ per $z \leq 250m$ $E_i = 50 GPa$ per $z > 250m$	20 ± 30
Fillade in zona di faglia					40		
Fillade	27	7 ± 3	0	20 ÷ 50	40	$E_i = 0.21 \cdot z$	45
				50 < z < 250	70		60
				> 250	70		50	60
Diorite in zona di faglia	27	32 ± 3	0	-	120	40	55
Diorite	27	25 ± 5	0	20 ÷ 50	165	40	55
				>50	165	40	65

La resistenza al taglio è stata inoltre espressa con il criterio di resistenza di Mohr-Coulomb, interpolando con una retta la curva intrinseca di Hoek-Brown, ridefinita nel piano tensione tangenziale (τ) - tensione normale (σ_n). La linearizzazione del criterio per la valutazione di c' e φ' è stata effettuata in funzione dello stato tensionale, calcolato in base ai valori di copertura riscontrati lungo il tracciato.

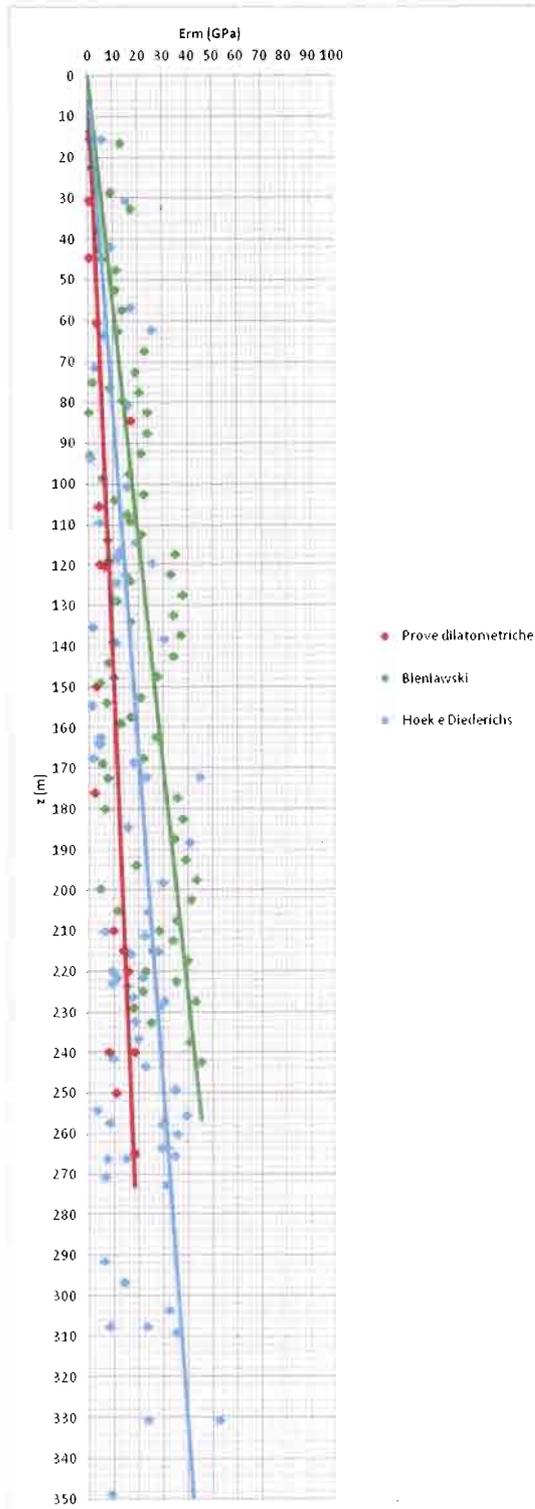
In questo modo sono stati definiti per ciascun litotipo i parametri coesione c' e angolo di attrito φ' (tali valori sono riportati nei profili geotecnici delle gallerie del Lotto 1 (Rif. [37])).

I moduli elastici dell'ammasso roccioso sono stati valutati:

- da prove dilatometriche;
- dalla formulazione di Bieniawski: $E_{rm}(GPa) = 2 \cdot RMR_b - 100$;
- dalla formulazione di Hoek e Diederichs (2006): $E_{rm}(GPa) = E_i \cdot \left(0.02 + \frac{1 - \frac{D}{2}}{1 + e^{\frac{60 + 15 \cdot D - GSI}{11}}} \right)$;

A titolo d'esempio sono riportati nel grafico seguente i risultati ottenuti per le Filladi quarzifere: si osserva che l'andamento con la profondità del modulo E_{rm} ottenuto con la formulazione di Hoek e Diederichs definisce un valore medio degli andamenti ottenuti dalle prove in sito (prove dilatometriche) e dalla formulazione di Bieniawski. Pertanto si è assunta la correlazione di Hoek e Diederichs per la caratterizzazione della deformabilità dell'ammasso roccioso.

I risultati delle indagini geotecniche, in situ e di laboratorio, hanno permesso di definire il modello geotecnico rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni e delle rocce interessati dalle opere in sotterraneo lungo il suo tracciato. I modelli geotecnici sono rappresentati negli elaborati dei profili geotecnici di ogni singola galleria, a cui si rimanda (Rif. [37]).





**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	100 di 154

11 FASE DI DIAGNOSI: ANALISI DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO ALLO SCAVO

Nella fase di diagnosi, sulla base del modello geotecnico scaturito dagli studi e dalle indagini effettuati nella fase conoscitiva, si procede alla previsione della risposta tensio-deformativa dell'ammasso allo scavo, in assenza di interventi di stabilizzazione. La valutazione della risposta deformativa dell'ammasso allo scavo è condotta con riferimento alle tre categorie di comportamento fondamentali individuate nel metodo ADECO-RS, di seguito brevemente richiamate, sulla base delle quali il tracciato sotterraneo è suddiviso in tratte a comportamento deformativo omogeneo.

I risultati dell'analisi del comportamento deformativo consentono di individuare gli interventi di precontenimento e/o di contenimento più idonei a garantire condizioni di stabilità della galleria in fase di scavo e a lungo termine.

11.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO

Secondo l'approccio ADECO-RS la previsione dell'evoluzione dello stato tensionale a seguito dell'apertura di una galleria è possibile attraverso l'analisi dei fenomeni deformativi, che forniscono indicazioni sul comportamento della cavità nei riguardi della stabilità a breve e a lungo termine. Dati sperimentali e analisi teoriche hanno dimostrato che il comportamento della cavità è significativamente condizionato, oltre che dalle caratteristiche geometriche della galleria stessa e dai carichi litostatici, anche dalle caratteristiche di resistenza e di rigidezza del nucleo d'avanzamento, inteso come il volume di terreno a monte del fronte di scavo. Se il nucleo non è costituito da materiale sufficientemente rigido e resistente da mantenere in campo elastico il proprio comportamento tensio-deformativo, si sviluppano fenomeni deformativi e plasticizzazioni rilevanti in avanzamento, a cui consegue l'evoluzione verso condizioni di instabilità del fronte e del cavo. Se, invece, il comportamento del nucleo d'avanzamento si mantiene in campo elastico, il nucleo stesso svolge un'azione di precontenimento del cavo, che si mantiene a sua volta in condizioni elastiche, conservando le caratteristiche di massima resistenza del materiale attraversato e quindi configurazioni di stabilità.

Sulla base di tali considerazioni, il comportamento del nucleo-fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente ricondotto alle seguenti tre categorie:

Categoria A: nucleo-fronte stabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità non supera le caratteristiche di resistenza dell'ammasso; in tal caso le deformazioni sono prevalentemente elastiche, di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente con la distanza dal fronte. Il fronte di scavo e il cavo stabile sono stabili e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di stabilizzazione, se non localizzati e in misura ridotta. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria B: nucleo-fronte stabile a breve termine

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui lo stato tensionale nel terreno al fronte e al contorno della cavità, a seguito delle operazioni di scavo, raggiunge la resistenza dell'ammasso. I fenomeni deformativi tensioni sono di tipo elasto-plastico, di maggiore entità rispetto al caso precedente. Nell'ammasso può prodursi una eventuale riduzione delle caratteristiche di resistenza con decadimento verso i parametri residui. La risposta tensio-deformativa può essere opportunamente controllata con adeguati interventi di preconsolidamento del fronte e/o di consolidamento al contorno del cavo. In tal modo si fornisce l'opportuno contenimento all'ammasso perché mantenga un comportamento stabile. Nel caso non si prevedano interventi, lo stato tensio-deformativo può evolvere verso situazioni di instabilità del cavo in fase di realizzazione. Il rivestimento definitivo costituisce il margine di sicurezza per la stabilità a lungo termine.

Categoria C: nucleo-fronte instabile

Tale categoria corrisponde alla condizione in cui, superata la resistenza del terreno, i fenomeni deformativi evolvono molto rapidamente in campo plastico, producendo la progressiva instabilità del fronte di scavo e un incremento dell'estensione della zona dell'ammasso decompressa ed plasticizzata al contorno della cavità, con rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale. L'espansione della fascia di materiale decompresso al



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	101 di 154

contorno del cavo deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo, mediante interventi di preconsolidamento in avanzamento, che consentono di creare artificialmente l'effetto arco per far evolvere la risposta tensio-deformativa verso configurazioni di stabilità.

11.2 DETERMINAZIONE DELLE CLASSI DI COMPORTAMENTO

11.2.1 Analisi del comportamento allo scavo con il metodo delle linee caratteristiche

Per la determinazione delle categorie di comportamento è stato utilizzato principalmente il metodo delle linee caratteristiche. Tale metodo consente l'analisi 3D semplificata dello scavo di gallerie in relazione alle proprietà meccaniche dell'ammasso attraversato, alle caratteristiche geometriche dell'opera, agli interventi previsti di precontenimento e contenimento, e all'installazione dei rivestimenti provvisori e definitivi. Nella fase di diagnosi, essendo lo scopo delle analisi la valutazione del comportamento deformativo dell'ammasso in assenza di interventi di stabilizzazione, l'analisi consiste nella valutazione della sola curva caratteristica del fronte (e del cavo) senza considerare l'interazione con i sostegni. Le analisi sono state svolte col codice di calcolo GV4 (versione 4H, 2003). Per l'ammasso si è utilizzato un modello costitutivo elasto-plastico, con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb.

Sono state analizzate numerose sezioni di calcolo, per ciascun tipo d'ammasso e per diverse condizioni di copertura per tutte le gallerie in progetto.

Di seguito sono riportati i risultati delle analisi maggiormente significative, e quindi ottenute da sezioni in cui le gallerie sono caratterizzate da minima e massima copertura, sia nel caso in cui l'ammasso attraversato si presenti in buone condizioni geotecniche e geostrutturali, sia nel caso in cui si abbia una zona di faglia.

Nelle analisi sono stati utilizzati i parametri geotecnici di resistenza e deformabilità espressi con il criterio di rottura di Mohr-Coulomb, derivanti dalla linearizzazione del criterio di Hoek-Brown per la cui definizione sono stati adottati i seguenti parametri e indici:

Ammasso roccioso	γ' (kN/m ³)	mi	D	z (m)	σ_{ci} (MPa)	E_i (GPa)	GSI
Granito	26	32 ± 3	0	30	120	35	65
Granito	26	32 ± 3	0	760	120	35	65
Granito - faglia	26	32 ± 3	0	30	120	35	55
Granito - faglia	26	32 ± 3	0	520	120	35	55
Fillade	27	7 ± 3	0	30	70	6	60
Fillade	27	7 ± 3	0	780	70	50	60
Fillade - faglia	27	7 ± 3	0	30	40	6	30
Fillade - faglia	27	7 ± 3	0	570	40	50	30
Diorite - faglia	27	25 ± 5	0	30	165	40	55
Diorite - faglia	27	25 ± 5	0	70	165	40	55

I risultati delle analisi sono stati esaminati valutando i seguenti aspetti:

- 1) confronto tra la resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso (σ_c) e la pressione critica al fronte (p_c), che individua il passaggio dal comportamento elastico a quello plastico;
- 2) sviluppo dei fenomeni deformativi e di plasticizzazione al contorno del fronte (e del cavo).

Tali valutazioni quantitative, unitamente a considerazioni in merito all'affidabilità e rappresentatività dei dati di ingresso, alle condizioni idrauliche al contorno, e alle variabilità attese lungo il tracciato, hanno condotto alla definizione della categoria di comportamento.

Sono di seguito riportati i dati di ingresso e i risultati delle analisi.

Sez di calcolo	Unità	H [m]	H _{asse} [m]	σ_0 [MPa]	p_{w0} [MPa]	p_{wR} [MPa]	R_w [m]	γ [kN/m ³]	c'_{kp} [MPa]	φ'_{kp} [°]	E_k [MPa]
1	Granito	30	35.4	0.92	0	0	-	26	1.4	70	22110
2	Granito	760	765.4	19.90	0	0	-	26	4.9	54	22110
3	Granito - faglia	30	35.4	0.92	0	0	-	26	0.84	69	14300
4	Granito - faglia	520	525.4	13.66	0	0	-	26	2.54	41	14300
5	Fillade	30	35.4	0.96	0	0	-	27	1.13	55	3120
6	Fillade	780	785.4	21.21	0	0	-	27	2.7	35	26000
7	Fillade - faglia	30	35.4	0.96	0	0	-	27	0.17	46	500
8	Fillade - faglia	570	575.4	15.54	0	0	-	27	0.95	25	4070
9	Diorite -faglia	30	35.4	0.96	0	0	-	27	0.32	53	2390
10	Diorite -faglia	70	75.4	2.04	0	0	-	27	0.45	48	2390

H = copertura rispetto alla calotta della galleria

H_{asse} = copertura rispetto al piano dei centri della galleria

σ_0 = tensione totale iniziale al livello del cavo

p_{w0} = pressione interstiziale al livello del cavo in condizioni indisturbate

p_{wR} = pressione interstiziale sul profilo di scavo

R_w = raggio di influenza idraulica oltre il quale si ristabilisce p_{w0}

g = peso dell'unità di volume dell'ammasso

c'_{kp} = valore caratteristico della coesione efficace di picco dell'ammasso

φ'_{kp} = valore caratteristico dell'angolo di attrito di picco dell'ammasso

E_k = valore caratteristico del modulo elastico dell'ammasso

Tutte le analisi sono svolte con riferimento allo scavo di una galleria di raggio equivalente pari a 5.4 m

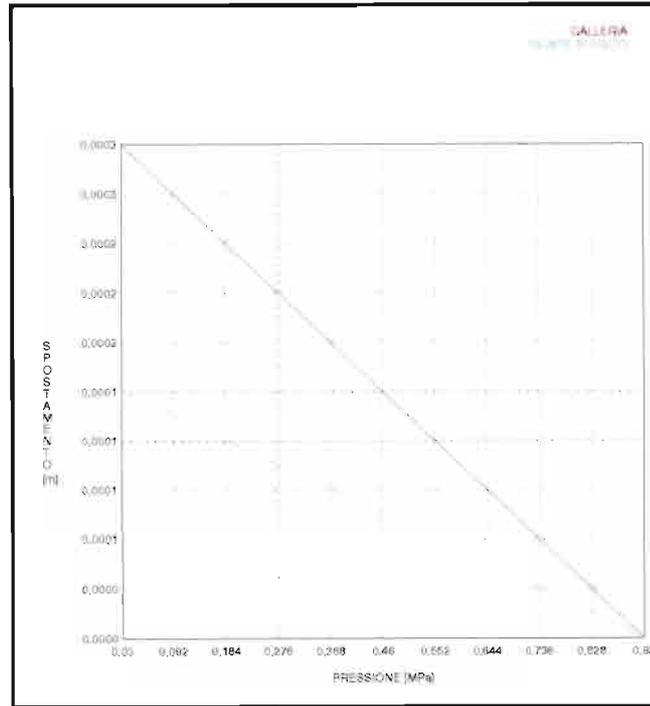


Grafico 1 – Sezione di calcolo 1 - Formazione Granito di Bressanone – Copertura minima 30 m

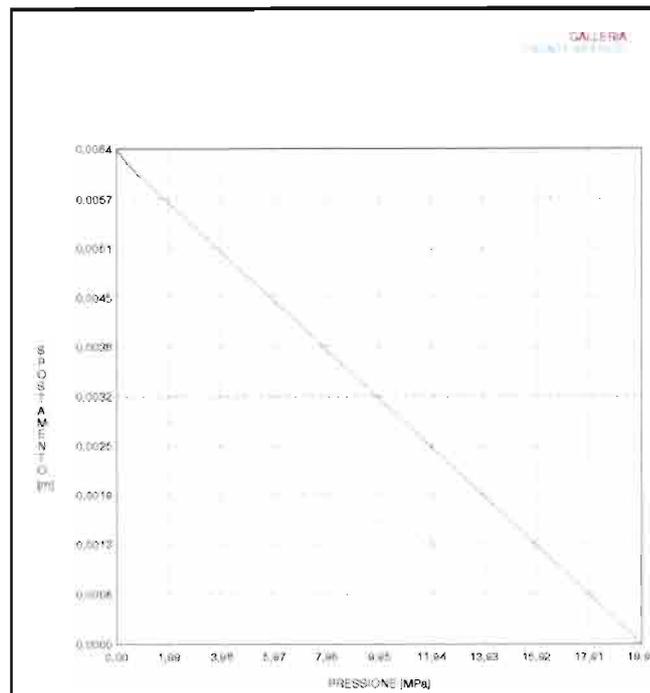


Grafico 2 – Sezione di calcolo 2 - Formazione Granito di Bressanone – Copertura massima 760 m

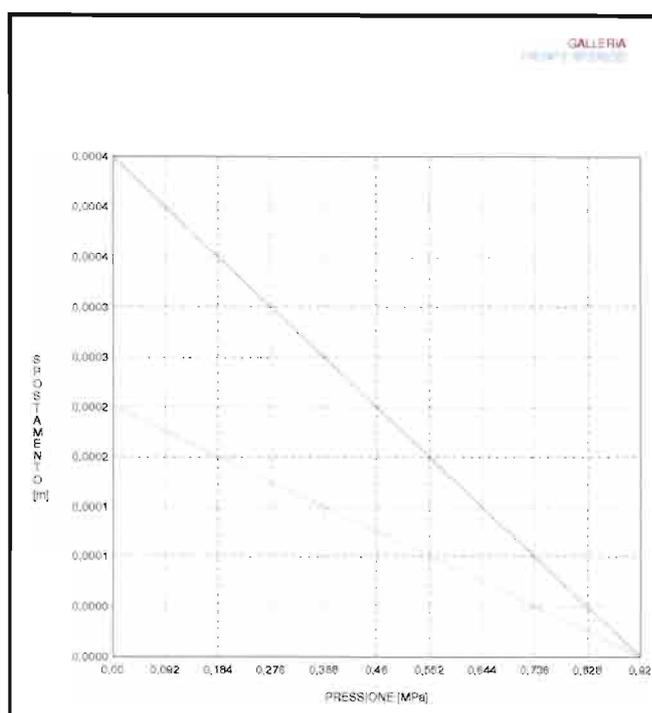


Grafico 3 – Sezione di calcolo 3 - Formazione Granito di Bressanone – Zona di faglia - Copertura minima 30 m

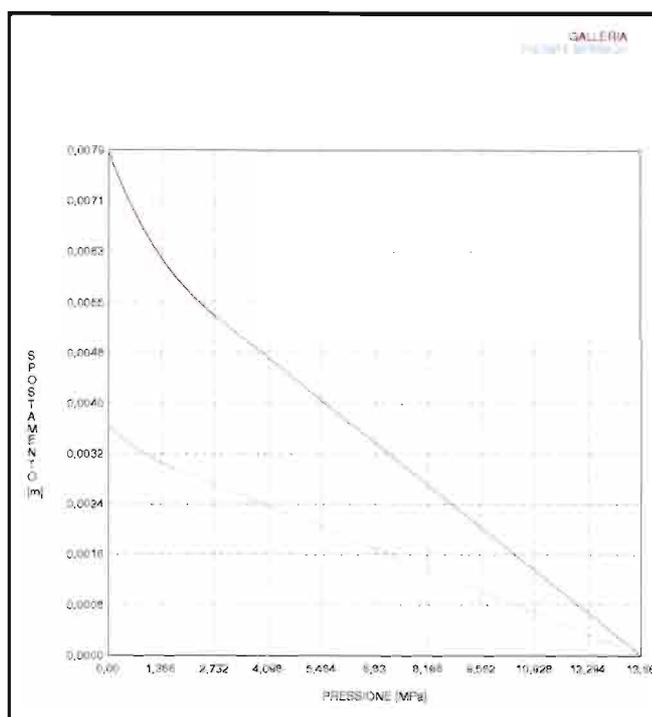


Grafico 4 – Sezione di calcolo 4 - Formazione Granito di Bressanone – Zona di faglia - Copertura massima 520 m

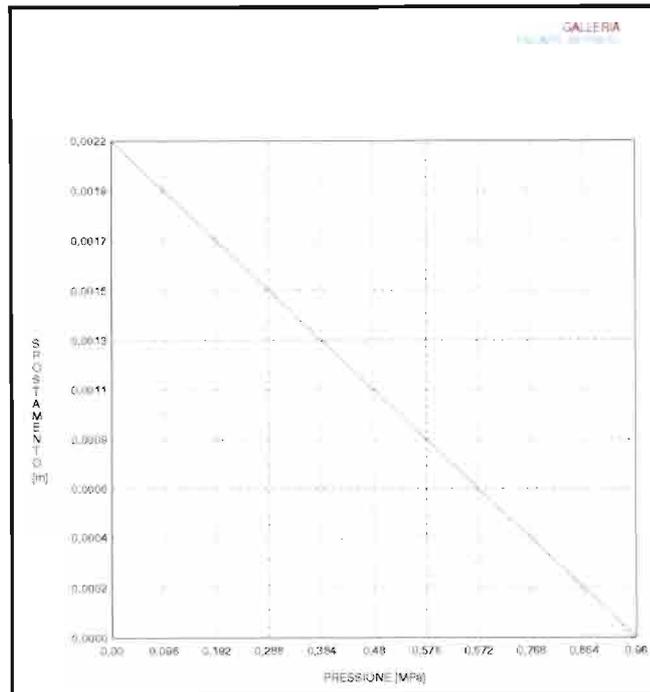


Grafico 5 – Sezione di calcolo 5 - Formazione Fillade di Bressanone – Copertura minima 30 m

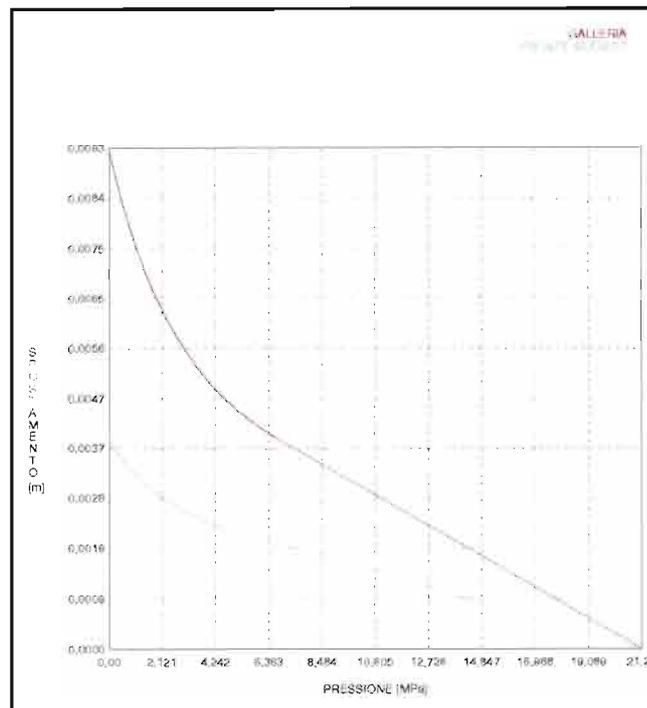


Grafico 6 – Sezione di calcolo 6 - Formazione Fillade di Bressanone – Copertura massima 780 m

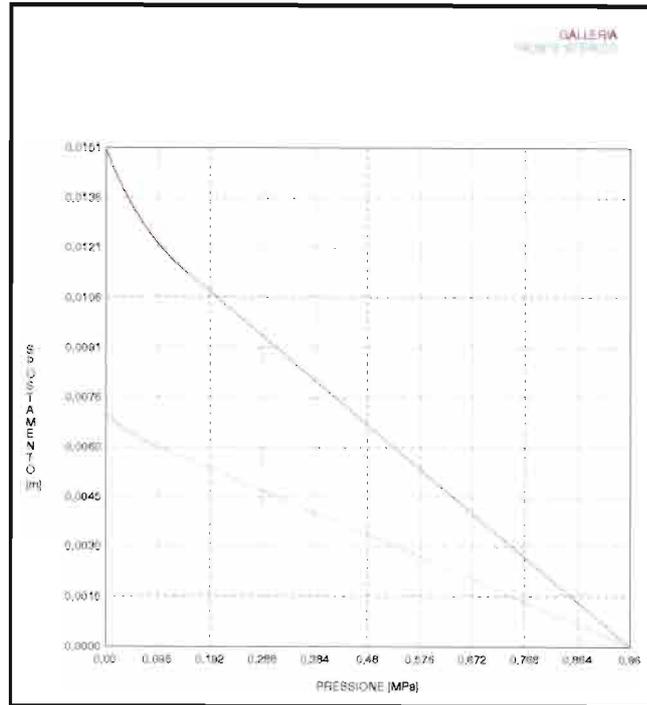


Grafico 7 – Sezione di calcolo 7 - Formazione Fillade di Bressanone – Zona di faglia - Copertura minima 30 m

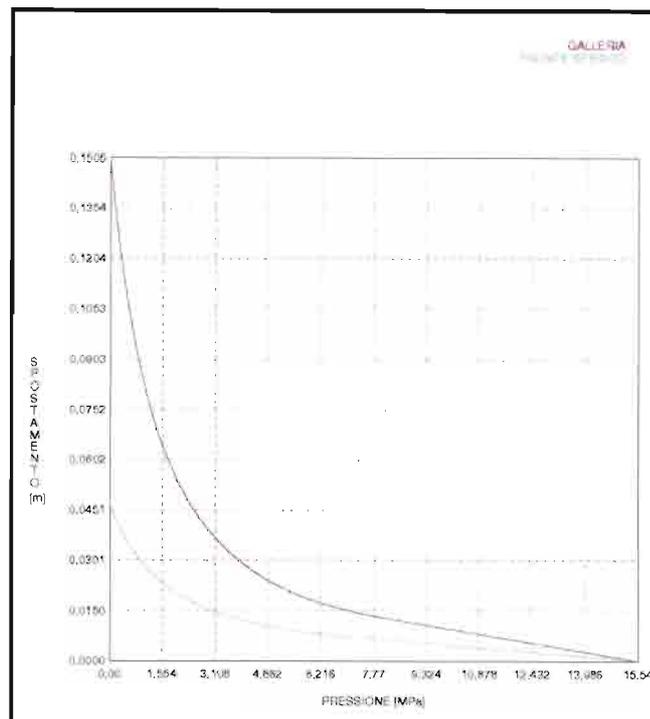


Grafico 8 – Sezione di calcolo 8 - Formazione Fillade di Bressanone – Zona di faglia - Copertura massima 570 m

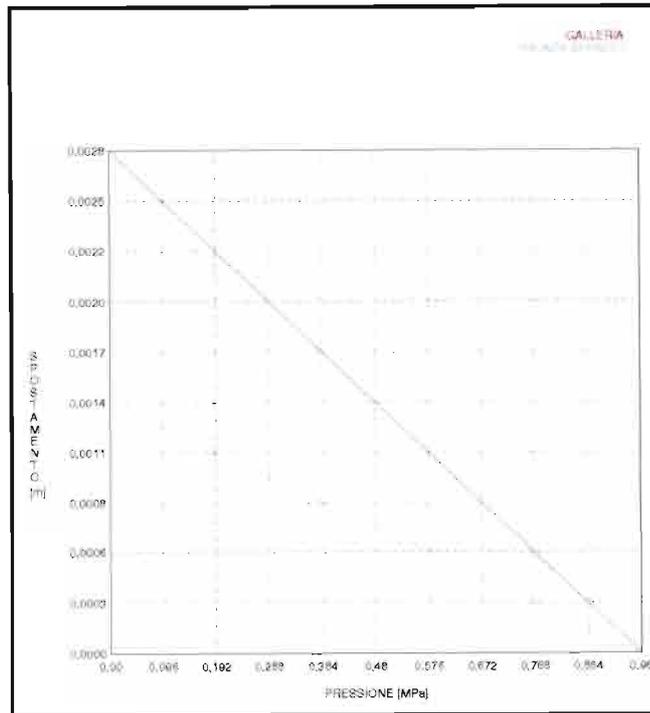


Grafico 9 – Sezione di calcolo 9 - Formazione Diorite di Bressanone – Zona di faglia - Copertura minima 30 m

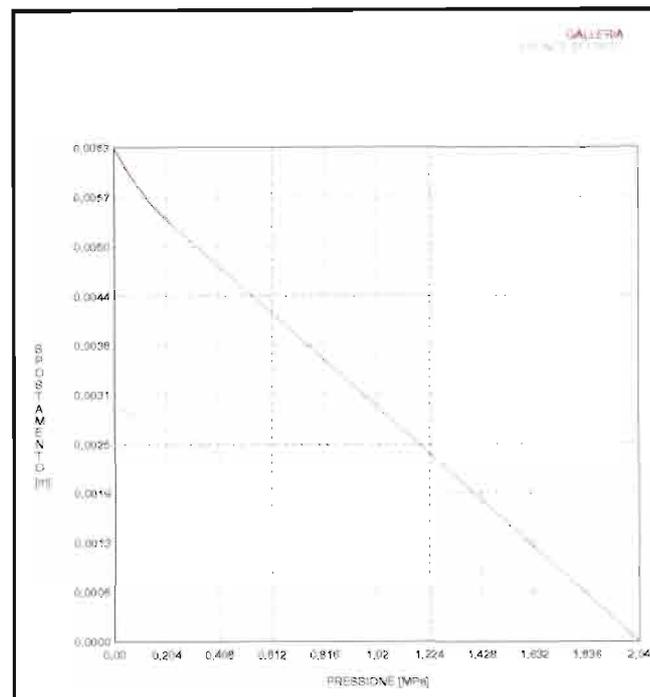


Grafico 10 – Sezione di calcolo 10 - Formazione Diorite di Bressanone – Zona di faglia - Copertura massima 70 m

Nella seguente tabella sono sintetizzati i risultati delle analisi di cui sopra.

Sezione di analisi	Unità	σ_c [MPa]	p_c [MPa]	σ_c / p_c [-]	u_F [m]	u_F / R_{eq} [%]	R_{PF} [m]	R_{PF} / R_{eq} [-]	u_∞ [m]	R_P [m]	Categoria
1	Granito	15.88	<<	>>	0.00015	0.0027	5.4	1.00	0.000291	5.4	A
2	Granito	30.16	<<	>>	0.00316	0.0585	5.4	1.00	0.006359	5.56	A
3	Granito - faglia	9.06	<<	>>	0.00023	0.0042	5.4	1.00	0.000452	5.4	A/B
4	Granito - faglia	11.15	1.76	6.34	0.00362	0.0671	5.75	1.06	0.007927	6.45	B/A
5	Fillade	7.17	<<	>>	0.00108	0.0200	5.4	1.00	0.002152	5.4	A
6	Fillade	10.37	5.12	2.03	0.00388	0.0718	6.33	1.17	0.009316	7.92	A/B
7	Fillade - faglia	0.84	0.09	9.42	0.00707	0.1310	5.64	1.04	0.015102	6.15	B/A
8	Fillade - faglia	2.98	6.86	0.43	0.04720	0.8741	9	1.67	0.150451	16.32	C/B
9	Diorite -faglia	1.91	<<	>>	0.00141	0.0261	5.4	1.00	0.002809	5.41	A/B
10	Diorite -faglia	2.34	0.10	24.09	0.00303	0.0561	5.5	1.02	0.006283	5.84	A/B

$s_c = (2c \cos \varphi) / (1 - \sin \varphi)$ = resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso (parametri di picco)
 $p_c = (3\sigma_o - 2\sigma_c) / (1 + 2K_p)$ = pressione critica al fronte (con K_p coefficiente di spinta passiva)
 u_F = convergenza al fronte (soluzione cavità sferica)
 R_{PF} = raggio plastico al fronte
 u_∞ = convergenza finale del cavo
 R_P = raggio plastico finale al contorno del cavo
 R_{eq} = raggio di scavo equivalente della galleria

11.2.2 Analisi del rischio di "squeezing"

Il termine *squeezing* identifica grandi deformazioni che si sviluppano nel tempo attorno al cavo per il raggiungimento della soglia di creep dell'ammasso. Entità e velocità delle deformazioni sono funzione delle caratteristiche geotecniche dell'ammasso, dello stato tensionale, delle caratteristiche strutturali (scistosità, piani di stratificazione), delle condizioni idrauliche.

In questa fase della progettazione, il potenziale rischio di fenomeni di *squeezing* è stato analizzato facendo ricorso a metodi semi-empirici di comprovata validità (Jethwa et al., 1984; Hoek e Marinos, 2000), che forniscono indicatori di occorrenza del fenomeno e una stima delle deformazioni attese.

Il metodo di Jethwa et al. (1984) si basa sul confronto tra la resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso e lo stato tensionale originario.

$$N_c = \frac{\sigma_{cm}}{p_0} = \frac{\sigma_{cm}}{\gamma H}$$

dove:

σ_{cm} = resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso roccioso

p_0 = tensione litostatica

γ = peso dell'unità di volume dell'ammasso roccioso
 H = profondità della galleria
 e fornisce la seguente classificazione:

$\frac{\sigma_{cm}}{p_0}$	comportamento
< 0,4	Highly squeezing
0,4 – 0,8	Moderately squeezing
0,8-2	Mildly squeezing
>2	Non squeezing

L'approccio di Hoek e Marinos (2000) si basa sulla relazione tra il rapporto $\frac{\sigma_{cm}}{p_0}$ e la deformazione del cavo ε_t

$$\varepsilon_t (\%) = 0,15 \left(1 - \frac{p_i}{p_0}\right) \cdot \frac{\sigma_{cm}}{p_0} - \left(\frac{3 \cdot \frac{p_i}{p_0} + 1}{3,8 \cdot \frac{p_i}{p_0} + 0,54}\right)$$

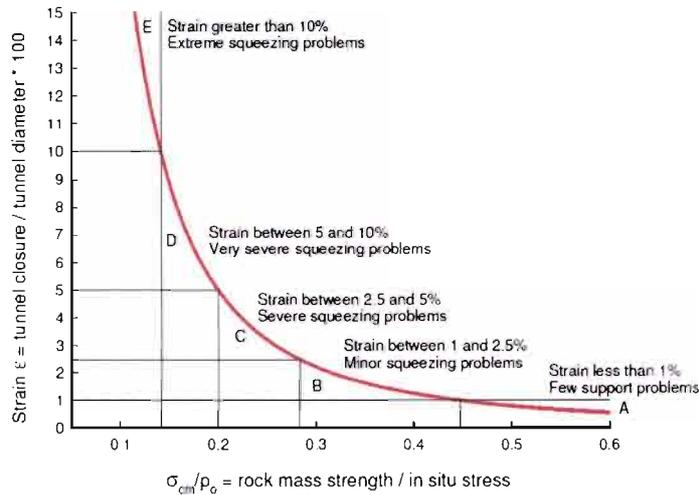
dove:

σ_{cm} = resistenza a compressione uniassiale dell'ammasso roccioso
 p_0 = tensione litostatica
 p_i = pressione esercitata da un supporto interno

La resistenza a compressione dell'ammasso roccioso è definita in funzione dell'indice GSI e dei parametri σ_{ci} e m_i della roccia intatta:

$$\sigma_{cm} = (0,0034 m_i^{0,8}) \sigma_{ci} \{1,029 + 0,025 e^{(-0,1 m_i)}\}^{GSI}$$

Sulla base di numerosi casi reali, la correlazione tra la deformazione ε_t e il rapporto $\frac{\sigma_{cm}}{p_0}$ è associata a classi di comportamento e alla seguente classificazione in termini di *squeezing*



ϵ_t (%)	Livello di squeezing
< 1	Few support problem
1 – 2,5	Minor squeezing
2,5 - 5	Severe squeezing
5-10	Very severe squeezing
>10	Extreme squeezing

In genere il metodo di Jethwa fornisce risultati più conservativi.

Nel caso delle gallerie naturali del Lotto 1 sono stati utilizzati entrambi i metodi allo scopo di identificare la possibilità di *squeezing* nell'attraversamento della formazione delle Filladi di Bressanone: le analisi sono state condotte per diverse classi di coperture (da 50 a 800 m) e per diversi valori dell'indice GSI e dei parametri di resistenza, rappresentativi delle diverse condizioni geotecniche che possono presentarsi nello scavo delle gallerie (Fillade compatta o poco fratturata, Fillade tettonizzata (zone di faglia), Fillade con livelli di grafite). Sono di seguito illustrati i risultati delle analisi:

Fillade compatta o poco fratturata

Copertura (m)	γ (kN/m ³)	ρ_o (MPa)	m_i	σ_c (MPa)	GSI	σ_{cm} (MPa)	Jethwa et al. (1984)		Hoek e Marinos (2000)		
							Nc	Comportamento	p_i (MPa)	ϵ_t (%)	Comportamento
50	27	1.35	7	69.17	60	12.732	9.43	Non squeezing	0	0.00	Few support problems
100	27	2.7	7	69.17	60	12.732	4.72	Non squeezing	0	0.01	Few support problems
150	27	4.05	7	69.17	60	12.732	3.14	Non squeezing	0	0.02	Few support problems
200	27	5.4	7	69.17	60	12.732	2.36	Non squeezing	0	0.03	Few support problems
250	27	6.75	7	69.17	60	12.732	1.89	Mildly squeezing	0	0.05	Few support problems
300	27	8.1	7	69.17	60	12.732	1.57	Mildly squeezing	0	0.06	Few support problems
350	27	9.45	7	69.17	60	12.732	1.35	Mildly squeezing	0	0.09	Few support problems
400	27	10.8	7	69.17	60	12.732	1.18	Mildly squeezing	0	0.11	Few support problems
450	27	12.15	7	69.17	60	12.732	1.05	Mildly squeezing	0	0.14	Few support problems
500	27	13.5	7	69.17	60	12.732	0.94	Mildly squeezing	0	0.17	Few support problems
550	27	14.85	7	69.17	60	12.732	0.86	Mildly squeezing	0	0.20	Few support problems
600	28	16.8	7	69.17	60	12.732	0.76	Moderately squeezing	0	0.23	Few support problems
650	29	18.85	7	69.17	60	12.732	0.68	Moderately squeezing	0	0.27	Few support problems
700	30	21	7	69.17	60	12.732	0.61	Moderately squeezing	0	0.31	Few support problems
750	31	23.25	7	69.17	60	12.732	0.55	Moderately squeezing	0	0.35	Few support problems
800	32	25.6	7	69.17	60	12.732	0.50	Moderately squeezing	0	0.40	Few support problems



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
 QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
 LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
 IN SOTTERRANEO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 IBL1 10 D07 RG GN 00 00 001 A 111 di 154

Fillade tettonizzata (zona di faglia)

Copertura (m)	γ (kN/m ³)	p_0 (MPa)	m_i	σ_c (MPa)	GSI	σ_{cm} (MPa)	Jethwa et al. (1984)		Hoek e Marinos (2000)		
							Nc	Comportamento	p_j (MPa)	ϵ_t (%)	Comportamento
50	27	1.35	7	39.56	30	2.155	1.60	Highly squeezing	0	0.06	Few support problems
100	27	2.7	7	39.56	30	2.155	0.80	Moderately squeezing	0	0.23	Few support problems
150	27	4.05	7	39.56	30	2.155	0.53	Moderately squeezing	0	0.48	Few support problems
200	27	5.4	7	39.56	30	2.155	0.40	Highly squeezing	0	0.82	Few support problems
250	27	6.75	7	39.56	30	2.155	0.32	Highly squeezing	0	1.24	Minor squeezing
300	27	8.1	7	39.56	30	2.155	0.27	Highly squeezing	0	1.74	Minor squeezing
350	27	9.45	7	39.56	30	2.155	0.23	Highly squeezing	0	2.32	Minor squeezing
400	27	10.8	7	39.56	30	2.155	0.20	Highly squeezing	0	2.97	Severe squeezing
450	27	12.15	7	39.56	30	2.155	0.18	Highly squeezing	0	3.69	Severe squeezing
500	27	13.5	7	39.56	30	2.155	0.16	Highly squeezing	0	4.48	Severe squeezing
550	27	14.85	7	39.56	30	2.155	0.15	Highly squeezing	0	5.35	Very severe squeezing
600	27	16.2	7	39.56	30	2.155	0.13	Highly squeezing	0	6.28	Very severe squeezing
650	27	17.55	7	39.56	30	2.155	0.12	Highly squeezing	0	7.29	Very severe squeezing
700	27	18.9	7	39.56	30	2.155	0.11	Highly squeezing	0	8.36	Very severe squeezing
750	27	20.25	7	39.56	30	2.155	0.11	Highly squeezing	0	9.50	Very severe squeezing
800	27	21.6	7	39.56	30	2.155	0.10	Highly squeezing	0	10.71	Extreme squeezing

Nel caso di Fillade compatta o poco fratturata, caratterizzata da un indice GSI medio pari a 60, entrambi i metodi di analisi non evidenziano fenomeni potenziali di *squeezing*.

Le analisi evidenziano che esiste un potenziale di *squeezing* nelle tratte in sotterraneo che attraversano zone tettonizzate (assumendo che in tali zone le Filladi siano caratterizzate da un valore dell'indice GSI = 30): secondo la classificazione di Hoek e Marinos per coperture superiori ai 400m si possono sviluppare deformazioni superiori al 3% (*severe squeezing*), per le massime coperture del tracciato ($H > 600m$) le deformazioni del cavo superano il 5% (*very severe squeezing*); solo per una copertura di circa 800m si raggiunge la soglia del 10%, che impone soluzioni progettuali e costruttive particolari, in grado di assorbire e regimare le grandi deformazioni che si sviluppano durante e dopo lo scavo.

La classificazione di Jethwa et al., invece, indica condizioni critiche (*highly squeezing*) già per coperture superiori ai 200 m; non sono tuttavia definiti in questo approccio i livelli deformativi corrispondenti.

I metodi semi-empirici di Jethwa et al. (1984) e di Hoek e Marinos (2000) sono strettamente legati alle caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso, pertanto l'attendibilità della previsione è legata all'affidabilità della previsione delle caratteristiche dell'ammasso attraversato: ad esempio se nelle zone tettonizzate l'indice GSI è pari a 20, secondo la formulazione di Hoek e Marinos, si avrebbero deformazioni al contorno del cavo $\epsilon_t > 10\%$ a partire da coperture pari a 350m, quindi con elevate probabilità che il fenomeno di *squeezing* si manifesti nelle sue forme più accentuate.

Attraverso il sondaggio S13, realizzato a circa 33 m dall'asse della canna dispari della galleria Gardena, sono stati localizzati frequenti livelli di grafite: la roccia estratta si presenta estremamente debole, si frantuma con le mani e risulta untuosa al tatto lungo le superfici di discontinuità (Rif. [2]). Le prove di laboratorio hanno fornito i più bassi valori della resistenza a compressione uniassiale. E' probabile, quindi, che nello scavo della galleria Gardena nell'intorno del sondaggio S13 (da pk 17+700 km a pk 18+100 km), con coperture superiori a 350m, possano verificarsi fenomeni di *extreme squeezing* ($\epsilon_t > 10\%$).

11.2.3 Analisi del rischio di “spalling”

La realizzazione dello scavo di una galleria all’interno di una roccia caratterizzata da comportamento fragile, come il granito, determina una redistribuzione delle tensioni che, ad elevate profondità, possono divenire tali da oltrepassare, nell’intorno delle pareti dello scavo, il limite di resistenza dell’ammasso, producendo fenomeni di splaccaggio e di proiezione di materiale in galleria (fenomeno dello *spalling/rockburst*).

In generale, un quadro previsionale di massima sul rischio di *spalling* può essere ragionevolmente condotto con metodi empirici, considerando sia la potenzialità del fenomeno in funzione dello stato tensionale, sia la suscettibilità intrinseca dell’ammasso al fenomeno. Tenendo conto dello stato tensionale, la potenzialità del fenomeno di *spalling* può essere espressa con l’Indice di Danno:

$$D_i = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_c}$$

con σ_{\max} sollecitazione circonferenziale massima sul contorno del cavo e $\sigma_c = \sigma_{ci}$ resistenza a compressione monoassiale della matrice rocciosa. Tale indice è stato utilizzato in diverse classificazioni di potenzialità del fenomeno, come indicato nella seguente tabella.

$D_i = \sigma_{\max}/\sigma_c$		
Hoek e Brown (1980) ¹⁹	Rusnes (1974)	Grimstad e Barton (1993)
<0.25 (stabile)	<0.25 (<i>spalling</i> assente)	<0.33 (condizioni tensionali favorevoli)
0.25-0.50 (lieve <i>spalling</i>)	0.25-0.33 (lieve <i>spalling</i>)	0.33-0.50 (condizioni tensionali elevate)
0.50-0.75 (<i>spalling</i> intenso)	0.33-0.67 (moderato <i>spalling</i>)	0.50-0.67 (moderati splaccaggi dopo 1 ora)
0.75-1 (possibili <i>rockburst</i>)	>0.67 (<i>spalling</i> intenso)	0.67-1 (splaccaggi e <i>rockburst</i>)
>1 (probabili <i>rockburst</i>)		>1 (pesanti <i>rockburst</i>)

Nel caso delle gallerie naturali del Lotto 1 sono stati utilizzati tutti i metodi sopra indicati allo scopo di identificare la possibilità di *spalling* nell’attraversamento della formazione dei Graniti di Bressanone, al variare della copertura.

Copertura (m)	γ (kN/m ³)	p_0 (MPa)	m_i	σ_c (MPa)	GSI	σ_{\max} (MPa)	$\sigma_{\max}/\sigma_{ci}$	Livello di intensità di Spalling/Rockburst		
								Hoek e Brown (1980)	Rusnes (1974)	Grimstad e Barton (1993)
50	27	1.35	32	121.5	65	2.70	0.022	Stabile	Spalling assente	Condizioni tensionali favorevoli
100	27	2.7	32	121.5	65	5.40	0.044	Stabile	Spalling assente	Condizioni tensionali favorevoli
150	27	4.05	32	121.5	65	8.10	0.067	Stabile	Spalling assente	Condizioni tensionali favorevoli
200	27	5.4	32	121.5	65	10.80	0.089	Stabile	Spalling assente	Condizioni tensionali favorevoli
250	27	6.75	32	121.5	65	13.50	0.111	Stabile	Spalling assente	Condizioni tensionali favorevoli
300	27	8.1	32	121.5	65	16.20	0.133	Stabile	Spalling assente	Condizioni tensionali favorevoli
350	27	9.45	32	121.5	65	18.90	0.156	Stabile	Spalling assente	Condizioni tensionali favorevoli
400	27	10.8	32	121.5	65	21.60	0.178	Stabile	Spalling assente	Condizioni tensionali favorevoli
450	27	12.15	32	121.5	65	24.30	0.200	Stabile	Spalling assente	Condizioni tensionali favorevoli
500	27	13.5	32	121.5	65	27.00	0.222	Stabile	Spalling assente	Condizioni tensionali favorevoli
550	27	14.85	32	121.5	65	29.70	0.244	Stabile	Spalling assente	Condizioni tensionali favorevoli
600	27	16.2	32	121.5	65	32.40	0.267	Lieve Spalling	Lieve Spalling	Condizioni tensionali favorevoli
650	27	17.55	32	121.5	65	35.10	0.289	Lieve Spalling	Lieve Spalling	Condizioni tensionali favorevoli
700	27	18.9	32	121.5	65	37.80	0.311	Lieve Spalling	Lieve Spalling	Condizioni tensionali favorevoli
750	27	20.25	32	121.5	65	40.50	0.333	Lieve Spalling	Spalling assente	Condizioni tensionali elevate

Dall'analisi dei risultati si deduce che potenzialmente nell'ammasso si potrebbe verificare al più un lieve e/o moderato *spalling* in corrispondenza delle coperture massime (circa 600÷750m).

A valle di questo, è necessario valutare la reale suscettibilità intrinseca del granito al fenomeno, legata essenzialmente alle relative capacità di immagazzinamento di energia e di successivo rilascio istantaneo della stessa con meccanismo di rottura fragile. In generale tali caratteristiche sono associabili ad ammassi di buone caratteristiche geomeccaniche. Secondo Diederichs (2005), per la quantificazione della predisposizione intrinseca al fenomeno, è opportuno il riferimento alla combinazione di parametri come l'Indice di Fragilità ($IF = \sigma_c / |\sigma_t|$) oppure $IF = m_i$ (costante di Hoek-Brown) e la resistenza a compressione monoassiale della matrice rocciosa σ_c , secondo lo schema classificativo evidenziato nella seguente tabella.

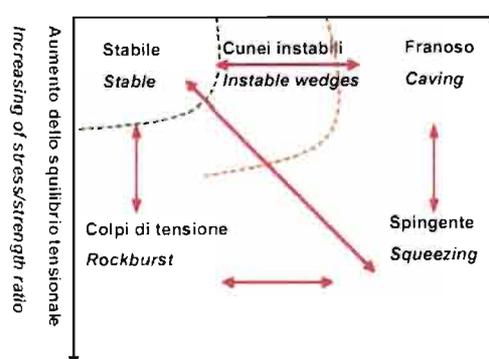
IF= $\sigma_c/|\sigma_t|$	Suscettibilità		σ_c (MPa) [se IF>8]
	← rottura fragile	rottura fragile → violenta	
<6	molto bassa		<60
6-8	bassa		60-80
8-12	media		80-120
12-18	elevata		120-180
>18	molto elevata		>180

Considerando che il valore della costante di Hoek-Brown m_i , adottato per il granito è pari a 32 (da letteratura) e quindi $IF > 8$, e considerando che i valori della resistenza a compressione monoassiale sono compresi tra 83÷160 MPa, si ricava che la suscettibilità alla rottura fragile violenta per il granito potrebbe variare tra bassa ed elevata.

Per un inquadramento del comportamento allo scavo basato anche su analisi di tipo geostrutturale, è stato valutato il valore dell'indice RMR di Bieniawski in corrispondenza del granito ed è stata determinata la classe di qualità dell'ammasso:

LITOTIPI - FORMAZIONI DI SUBSTRATO	GSI		Coperture (m)		RMR	Classe
	min	max	min	max		
Granito	55	82	20	760	74	II
Zone tettonizzate in granito	55		30	520	60	III

Peggioramento della qualità geostrutturale (RMR=I--V)
 Worsening of geostrophical quality (RMR=I--V)



	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBLI	LOTTO 10	CODIFICA D07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 114 di 154

Alla luce di tale valutazione (classe II e/o III), si evince che il rischio di potenziali fenomeni *spalling/rockburst* risulta probabile nel granito caratterizzato da classe II (ammasso buono).

Quindi, nonostante sia stato verificato attraverso le formulazioni semi-empiriche, funzioni dello stato tensionale, che nel granito si potrebbe verificare potenzialmente al più lieve e/o moderato *spalling*, attraverso analisi di tipo geostrutturale e riguardanti la suscettibilità intrinseca dell'ammasso al fenomeno, si evince che comunque il granito nelle condizioni ottimali di resistenza e strutturali potrebbe essere interessato da fenomeni di splaccaggio. Per questo nelle zone di massima copertura, sarà previsto un sistema di monitoraggio atto a controllare i microtremiti indotti dai possibili fenomeni di *rockburst/spalling*.

11.2.4 Definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo

Sulla base dei risultati delle analisi sopra descritte, il tracciato è stato suddiviso in tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo.

Galleria Scaleres

Nei Graniti di Bressanone il comportamento dell'ammasso allo scavo risulta in prevalenza stabile (A). Tale comportamento potrebbe presentarsi localmente anche nelle zone più fratturate e nell'attraversamento delle zone di faglia, dove la risposta dell'ammasso allo scavo è prevalentemente di tipo B (stabile a breve termine). Eventuali instabilità del cavo sono legate alla suscettibilità intrinseca del granito al fenomeno dello *spalling*.

Nelle Filladi di Bressanone il comportamento dell'ammasso allo scavo risulta in prevalenza stabile (A), con possibili situazioni locali in cui il fronte può presentarsi stabile a breve termine (B). Il comportamento di tipo B risulterà prevalente nelle zone di faglia, dove sono possibili situazioni locali in cui il fronte può risultare instabile: in queste tratte infatti è stato previsto come eventuale un comportamento deformativo allo scavo di categoria "C" (instabile).

Nelle Dioriti di Bressanone, che la galleria attraversa con basse coperture ($z < 70\text{m}$), il comportamento dell'ammasso allo scavo risulta in prevalenza stabile (A), con possibile comportamento stabile a breve termine (B).

Galleria Gardena

La galleria si sviluppa interamente nelle Filladi di Bressanone. Il comportamento dell'ammasso allo scavo risulta in prevalenza stabile (A), con possibili situazioni locali in cui il fronte può presentarsi stabile a breve termine (B). In corrispondenza delle zone più fratturate la risposta dell'ammasso allo scavo è di tipo B (stabile a breve termine). Nell'attraversamento di zone di faglia, sono possibili situazioni locali in cui il fronte può risultare instabile: è previsto un comportamento deformativo allo scavo di categoria "C" (instabile). Condizioni di instabilità si potrebbero avere soprattutto nelle zone in cui sono stati riscontrati livelli di grafite (da km 17+700 al pk 18+100), caratterizzate da bassi valori di σ_{ci} e con basso GSI e quindi con maggiore probabilità che si manifestino fenomeni di *squeezing*.

Interconnessioni di Fortezza

Nei Graniti di Bressanone il comportamento dell'ammasso allo scavo risulta in prevalenza stabile (A). Nelle zone più fratturate e nell'attraversamento delle zone di faglia, la risposta dell'ammasso allo scavo è prevalentemente di tipo B (stabile a breve termine). Instabilità del cavo, legati soprattutto alla suscettibilità intrinseca del granito al fenomeno dello *spalling*, potrebbero verificarsi in corrispondenza delle più alte coperture (760 m).

Nelle Filladi di Bressanone il comportamento dell'ammasso allo scavo è prevalentemente di tipo A, con possibili situazioni locali in cui il fronte può presentarsi stabile a breve termine (B). Il comportamento di tipo B risulterà prevalente nelle zone di faglia, dove è possibile che il fronte allo scavo si presenti anche in condizioni instabili (comportamento C).



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	115 di 154

Interconnessioni di Ponte Gardena

Le gallerie si sviluppano interamente nella Fillade di Bressanone. Il comportamento dell'ammasso allo scavo è stabile (A), fino al km 1+100 per l'interconnessione dispari e km 0+500 per l'interconnessione pari. Oltre tali progressive le gallerie attraversano una zona caratterizzata da un intenso grado di fatturazione, in cui il comportamento sarà prevalentemente di tipo A, ma con possibili situazioni locali in cui il fronte possa presentarsi stabile a breve termine (B). Nell'attraversamento di zone di faglia sono possibili situazioni in cui il fronte può risultare instabile: in queste tratte è stato previsto comportamento B prevalente, con probabile comportamento deformativo allo scavo di categoria "C" (instabile).

Finestra di Aica-Varna/Forch

Nei depositi alluvionali, il comportamento dell'ammasso allo scavo sarà di tipo C, mentre nelle Filladi di Bressanone risulta in prevalenza stabile (A), con possibili situazioni locali, nelle zone maggiormente fratturate e nelle zone di faglia, in cui il fronte può presentarsi stabile a breve termine (B).

Finestra di Albes

La galleria si sviluppa interamente nelle Filladi di Bressanone. Il comportamento dell'ammasso allo scavo risulta in prevalenza stabile (A), con possibile comportamento B. In corrispondenza delle zone più fratturate e nelle zone di faglia, la risposta dell'ammasso allo scavo è di tipo B (stabile a breve termine), con possibili situazioni locali in cui il fronte può risultare instabile (comportamento C).

Finestra di Chiusa

La galleria si sviluppa interamente nelle Filladi di Bressanone. Il comportamento dell'ammasso allo scavo risulta in prevalenza stabile (A), con possibile comportamento B. Nelle zone di faglia o caratterizzate dalla presenza di superfici di taglio, il comportamento dell'ammasso allo scavo è previsto prevalentemente stabile a breve termine (B), con possibile comportamento di tipo C, per eventuali fenomeni di *squeezing*.

Il riepilogo dettagliato della previsione di comportamento del fronte è riportato, per tratte omogenee, nei Profili geotecnici (Rif. [37]).

11.3 RISCHI POTENZIALI CONNESSI CON LA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE

Sulla base delle indicazioni provenienti dalla fase conoscitiva (studio geologico-idrogeologico e studio geotecnico) e dei risultati delle analisi sul comportamento tensio-deformativo dell'ammasso durante lo scavo, si sono evidenziati i potenziali rischi connessi con la realizzazione delle gallerie in scavo tradizionale e in scavo meccanizzato:

	RISCHI	CONDIZIONI GEOTECNICHE
1	Instabilità del fronte e del cavo	Probabili nell'attraversamento di: <ul style="list-style-type: none"> – zone con bassa copertura in presenza di materiali di scadenti caratteristiche meccaniche – zone tettonizzate e con superfici di taglio – zone di transizione litologica
2	Grandi deformazioni (squeezing)	Probabili nell'attraversamento di: <ul style="list-style-type: none"> – filladi tettonizzate per coperture superiori a 400 m.
3	Rotture fragili (spalling)	Possibili nell'attraversamento di: <ul style="list-style-type: none"> – graniti per superiori a 600 m.
4	Spinte dissimetriche	Probabili nell'attraversamento di zone tettonizzate con discontinuità sub-parallele all'asse della galleria.
5	Venute d'acqua	Probabili nell'attraversamento di zone tettonizzate
6	Interferenza con sorgenti/corsi d'acqua superficiali	Probabili nell'attraversamento di zone tettonizzate
7	Risentimenti sulle infrastrutture sottoattraversate	Probabili nel sottoattraversamento di: <ul style="list-style-type: none"> – autostrada A22 e linea ferroviaria del Brennero (Finestra di Aica-Varna) – autostrada A22 (interconnessioni di Ponte Gardena)

Le strategie di gestione del rischio in fase realizzativa sono descritte nel capitolo dedicato alla definizione delle soluzioni progettuali (fase di Terapia – cap.12).

12 FASE DI TERAPIA

Nella fase di terapia, sulla base delle indicazioni provenienti dalla fase conoscitiva e dall'analisi del comportamento deformativo allo scavo (fase di diagnosi), si individuano le modalità di scavo e gli interventi necessari per garantire la stabilità del cavo a breve e a lungo termine. Sono di seguito descritte le caratteristiche principali delle sezioni tipo di avanzamento e il loro campo di applicazione, con riferimento alle zone a comportamento omogeneo, individuate in fase di diagnosi.

12.1 METODOLOGIA DI SCAVO

12.1.1 Criteri di scelta del sistema di scavo

La scelta dei metodi di scavo più appropriati per la realizzazione delle gallerie naturali Scaleres e Gardena deriva in primo luogo dall'analisi del tracciato plano-altimetrico, dall'inquadramento geologico-idrogeologico, dalla previsione della risposta deformativa allo scavo (determinazione della categoria di comportamento) e dalla configurazione delle gallerie (singolo binario a doppia canna).

I principali criteri considerati sono:

- esigenza di operare nelle migliori condizioni di sicurezza, sia in fase realizzativa (per l'ambiente e per gli addetti ai lavori), sia in fase di esercizio (Rif. [3], Rif. [16], Rif. [19]);
- superamento di zone potenzialmente critiche dal punto di vista geologico ed idrogeologico (fasce tettonizzate);
- contenimento del fronte di scavo per evitare possibili instabilità del fronte medesimo legate alle condizioni geotecniche ed idrogeologiche degli ammassi attraversati;

Oltre a questi criteri ne sono stati considerati altri, in particolare quelli programmatici dovuti alla necessità di evitare eventuali sfasamenti temporali tra la realizzazione del Lotto 1 e della galleria di Base, da cui consegue la definizione di un sistema logistico ed organizzativo adeguato e l'apertura di diversi fronti di scavo.

Ne deriva un compromesso che prevede sui tracciati delle gallerie di linea e di interconnessione l'utilizzo dello scavo tradizionale per il 60% circa e dello scavo meccanizzato per il 40% circa (Fig.12.1) sebbene le caratteristiche degli ammassi rocciosi presenti lungo il tracciato consentirebbero un uso molto più esteso di sistemi meccanizzati di scavo.

Percentuale di utilizzo delle tipologie di scavo nelle gallerie di linea e di interconnessione

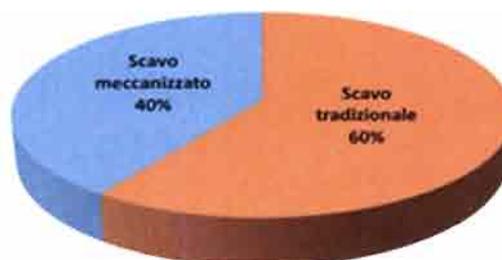


Fig. 12.1 – Tipologie di scavo utilizzate in percentuale



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBLI	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	118 di 154

Nella galleria Scaleres l'ammasso roccioso è rappresentato prevalentemente da due principali litologie, i Graniti di Bressanone nella porzione Nord della galleria e le Filladi quarzifere di Bressanone su gran parte del tracciato.

Nella galleria Gardena l'ammasso roccioso è prevalentemente costituito da una sola litologia: le Filladi quarzifere di Bressanone.

Entrambi gli ammassi rocciosi appaiono dotati generalmente di buone caratteristiche geotecniche, sebbene siano presenti zone di faglia, con distribuzione sia dispersa che concentrata in alcune tratte, che impongono l'uso di particolari accorgimenti per il superamento delle stesse con le TBM.

Per le due gallerie in esame, comprese le gallerie di interconnessione, si prevede l'applicazione di sistemi di scavo in tradizionale e meccanizzato secondo la distribuzione di seguito definita per ciascuna galleria e schematicamente rappresentato nella figura seguente.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBLI	10	D07 RC	GN 00 00 001	A	119 di 154

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

AUSBRUCHSKONZEPT CONCETTO DI SCAVO

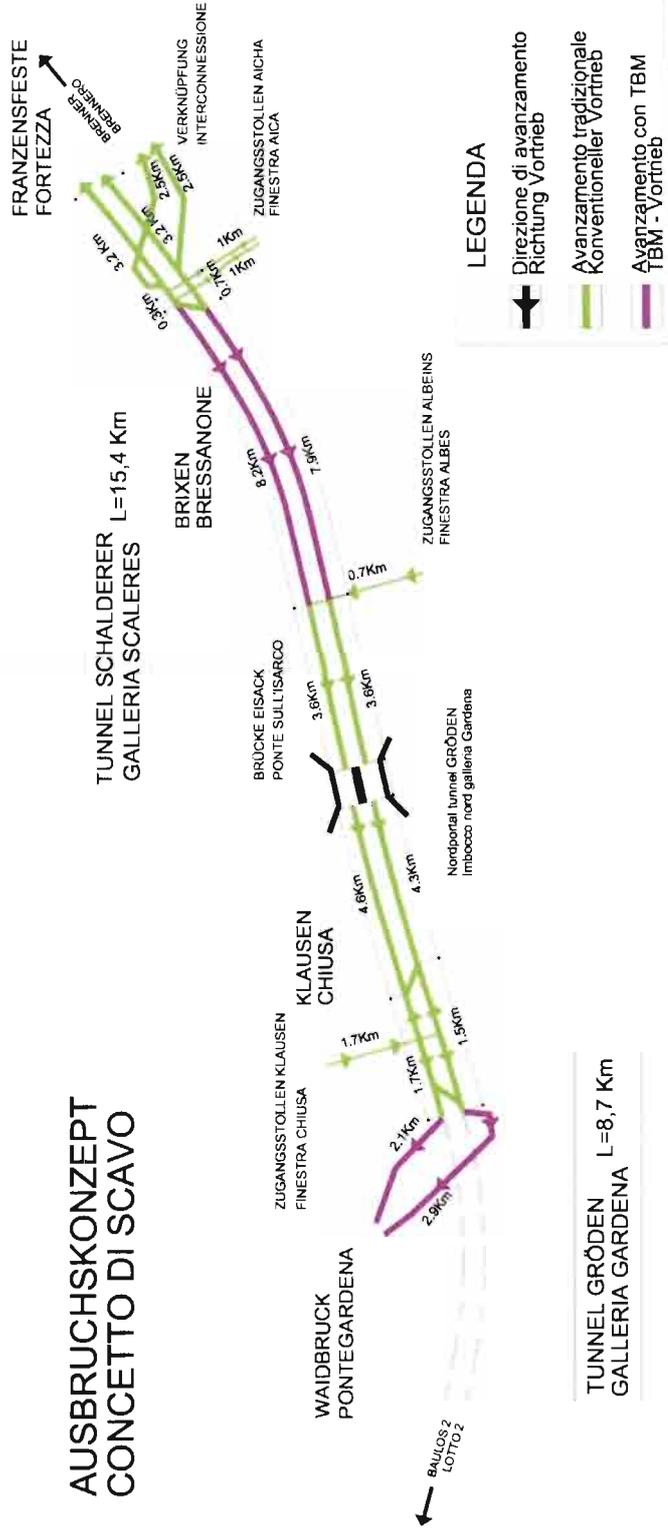


Fig. 12.2 - Sistemi di scavo



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	120 di 154

12.1.1.1 Metodi di scavo nella Galleria Scaleres

La galleria Scaleres prevede due finestre costruttive intermedie, la doppia finestra di Aica-Varna e la finestra di Albes realizzate con metodo di scavo tradizionale. Scopo di tali finestre è aumentare i fronti di scavo per contenere i tempi di costruzione del tunnel. In tal modo la galleria risulta suddivisa in tre tratte.

La prima si sviluppa tra il camerone P.C. Scaleres, incluso, sino ai portali nella zona di Fortezza, con estensione pari a 3,5 km B.P./3,7 km B.D circa. L'avanzamento è previsto in scavo tradizionale. Lo scavo dal P.C. Scaleres sino a 300 m circa oltre i cameroni di interconnessione si svolge nelle Filladi quarzifere di Bressanone, da questo punto sino ai portali Nord di Fortezza si svolge nei Graniti di Bressanone, dotati di buone caratteristiche geotecniche.

La seconda tratta si sviluppa immediatamente a valle del P.C. Scaleres sino alla finestra di Albes, per circa 8 km: l'avanzamento è previsto in scavo meccanizzato nelle Filladi quarzifere di Bressanone.

La terza tratta si sviluppa dalla finestra di Albes sino all'imbocco sud per 3,6 km circa, l'avanzamento è previsto in scavo tradizionale nelle Filladi quarzifere di Bressanone.

Nella prima tratta la presenza di cameroni di grande diametro a sezioni variabili impone l'uso dello scavo in tradizionale. Nella porzione successiva ai cameroni, sino ai portali Nord, le gallerie di linea e di interconnessione, viste le buone caratteristiche geotecniche dei graniti, potrebbero essere scavate con la TBM. La scelta di adottare invece il metodo di scavo in tradizionale deriva da esigenze programmatiche. Infatti, per come è strutturato il sistema organizzativo e logistico rappresentato dalla doppia finestra di Aica-Varna, è possibile realizzare la contemporaneità di quattro fronti di scavo in tradizionale verso nord, due per le gallerie di linea e due per le gallerie di interconnessione. Viceversa l'impiego dello scavo meccanizzato, previsto con una sola TBM per razionalità di costi, comporterebbe numerosi montaggi e smontaggi della macchina che penalizzerebbero i tempi complessivi di costruzione. E' quindi possibile affermare che dal punto di vista della tempistica appare più vantaggioso, in questa tratta, l'impiego dello scavo in tradizionale.

La seconda tratta presenta la maggiore estensione e pertanto, viste anche le caratteristiche geotecniche dell'ammasso attraversato, costituito in prevalenza da filladi quarzifere, è stato previsto l'impiego dello scavo meccanizzato, utilizzando per l'organizzazione logistica la finestra di Aica-Varna Sud.

Lo scavo potrebbe continuare con la TBM sino all'imbocco Sud, ma i tempi non sarebbero compatibili con la durata complessiva prevista per la galleria Scaleres. È stata pertanto previsto l'apertura di un fronte in scavo tradizionale verso sud a partire dall'innesto della finestra di Albes per la costruzione dell'ultima tratta di galleria, la cui realizzazione è in ombra rispetto allo scavo del resto della galleria.

12.1.1.2 Metodi di scavo nella Galleria Gardena

La galleria Gardena è stata prevista tutta in scavo tradizionale, le gallerie di interconnessione invece verranno realizzate in scavo meccanizzato al termine della costruzione della Gardena.

Nonostante le caratteristiche geotecniche degli ammassi rocciosi attraversati (costituiti prevalentemente da filladi quarzifere), si prestino ad essere scavate con TBM a piena sezione, l'impiego di questo sistema non appare vantaggioso in termini di organizzazione logistica e durata dei lavori per rispettare i tempi di costruzione previsti. Ipotizzando infatti di scavare con le TBM dall'imbocco Nord sino a Ponte Gardena, gli insufficienti spazi presenti ai portali non consentono il montaggio delle macchine, se non attraverso la realizzazione di due lunghi cameroni iniziali, e la corretta gestione dello scavo meccanizzato. Inoltre i cameroni dei P.C. di Chiusa e di interconnessione di Ponte Gardena, caratterizzati da ampie sezioni a geometria variabile, che comportano lunghe e complesse fasi realizzative, potrebbero essere realizzati solo dopo l'ultimazione delle gallerie. Tali fasi consistono nella demolizione per campioni del rivestimento della galleria, previo eventuali trattamenti di consolidamento dell'ammasso a tergo degli anelli prefabbricati, e nel successivo allargamento del cavo con posa del rivestimento secondario e definitivo.



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	121 di 154

La finestra intermedia (discenderia di Chiusa), realizzata in scavo tradizionale, è prevista per aumentare i fronti di scavo e contenere i tempi di costruzione del tunnel.

La soluzione scelta, che prevede per la galleria Gardena tre fronti di avanzamento in tradizionale, uno dall'imbocco Nord a scendere e gli altri due a partire dall'innesto della discenderia di Chiusa con le gallerie di linea (uno a salire verso Nord e l'altro a scendere verso Sud sino ai cameroni di interconnessione compresi), consente di rispettare i tempi di realizzazione previsti nel programma lavori di P.P. 2003.

Per le gallerie di interconnessione, invece, è previsto l'impiego dello scavo meccanizzato a partire dai cameroni di interconnessione. Tale scelta deriva dalla necessità di sottopassare in sicurezza l'autostrada A22 (rilevato e fondazioni del viadotto Belprato), utilizzando una TBM con fronte in pressione. La realizzazione in serie delle due gallerie con una sola macchina non comporta svantaggi in termini di durata complessiva della costruzione del sistema galleria Gardena, che rimane in ombra rispetto ai tempi di costruzione della galleria Scaleres.

	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 122 di 154

12.1.2 Metodo di scavo tradizionale

In merito alle modalità di avanzamento delle gallerie si è prevista l'adozione dello scavo a piena sezione, mediante esplosivo o martellone o escavatore o fresa puntuale, in funzione delle caratteristiche geotecniche degli ammassi attraversati e del loro comportamento allo scavo.

Nell'attraversamento di zone fratturate o di depositi incoerenti si adatteranno interventi di precontenimento del fronte e/o del contorno ed interventi di presostegno. Gli interventi al contorno assolvono la funzione di "scaricare" il nucleo di scavo, riducendo, in combinazione con gli interventi al fronte, le deformazioni di estrusione e le pre-convergenze, e quindi controllando l'estensione della zona plastica al contorno del cavo.

Gli interventi di presostegno tubi metallici in corrispondenza della calotta. In condizioni di ammasso spingente, invece, saranno adottati bulloni ad ancoraggio continuo inclinati di circa 20° rispetto all'asse longitudinale della galleria.

Gli interventi di precontenimento al fronte in ammassi fratturati ed alterati, e in presenza di comportamento spingente, sono realizzati con elementi strutturali in vetroresina a semplice cementazione. Per i terreni con maggior permeabilità e comportamento incoerente, quali depositi alluvionali e fluvio-glaciali, sono previsti trattamenti in jet-grouting, armati con elementi strutturali in VTR.

Gli interventi di precontenimento in avanzamento sono realizzati con il sistema di jettiniezione o mediante elementi in VTR, cementati o iniettati a pressione mediante valvole, con schema a quinconce tale da determinare la formazione di un arco consolidato.

Il rivestimento di prima fase è costituito da uno strato di spritz-beton e centine metalliche, talvolta anche bulloni metallici (ad ancoraggio puntuale o continuo) in funzione del grado di separazione strutturale e dei carichi previsti sui rivestimenti.

In contesti fortemente spingenti si adatteranno sovrascavi rispetto alla sagoma di scavo ordinaria, prevista di forma circolare, e un rivestimento di prima fase costituito da spritz-beton e centine scorrevoli, le quali consentiranno di controllare la deformazione al contorno del cavo

I rivestimenti definitivi sono previsti di regola in calcestruzzo non armato, ad eccezione di zone caratterizzate da rocce molto fratturate, attraversamento di faglie, spinte dissimetriche, per le quali si è prevista armatura o in arco rovescio o sia in calotta che in arco rovescio.

A tergo dei rivestimenti definitivi di calotta e di piedritto si porrà in opera l'impermeabilizzazione, costituita da uno strato di geotessuto e da una guaina in PVC. Al piede dell'impermeabilizzazione, su ciascun piedritto, si disporrà una tubo microfessurato di presidio per eventuale drenaggio delle acque presenti nell'ammasso. Nell'attraversamento di zone molto fratturate e nelle quali il regime idraulico sotterraneo potrebbe essere connesso con sorgenti o corsi d'acqua si prevedono interventi e soluzioni particolari, come descritto nel § 12.2.5, al fine di mitigare l'eventuale interferenza della galleria con le risorse idriche superficiali.

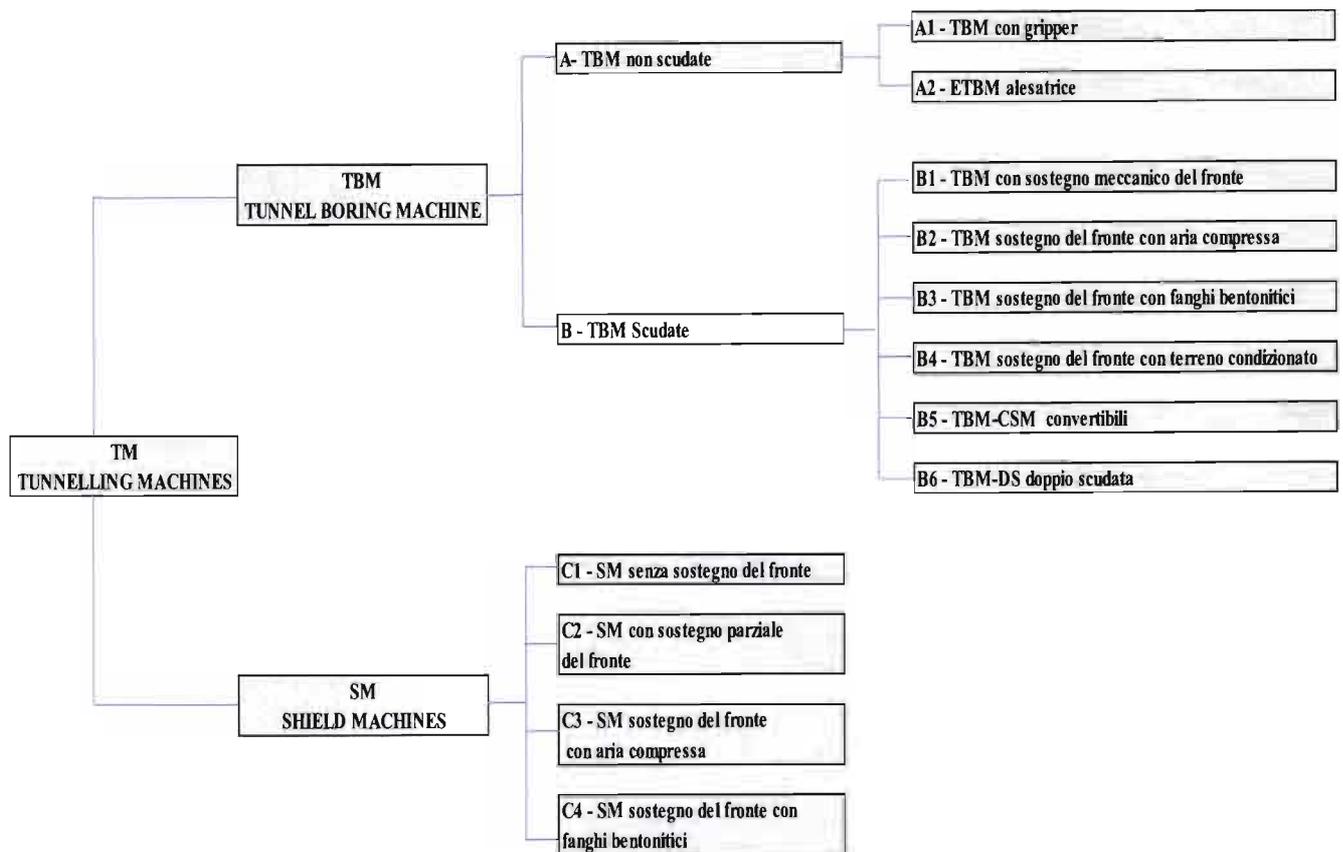
Le diverse soluzioni progettuali, in termini di tipologia, geometria ed intensità degli interventi di precontenimento e di sostegno dello scavo definiscono le "sezioni di scavo e consolidamento", descritte nel § 12.3.

12.1.3 Metodo di scavo meccanizzato delle gallerie

12.1.3.1 Principali suddivisioni delle TBM in relazione al campo di impiego previsto

Nel seguente schema si riportano, sinteticamente, le varie tipologie delle Tunnelling Machines (TM) suddivise per famiglie tipologiche in relazione al campo d'impiego previsto (condizioni geologiche e caratteristiche geotecniche-geomeccaniche, condizioni progettuali).

SCHEMA CLASSIFICATIVO TUNNELING MASCHINES



12.1.3.2 Correlazione tra TM e classi di comportamento deformativo del fronte di scavo

Per la verifica del campo di utilizzo delle TBM è stato fatto riferimento alla correlazione tra le tipologie delle “Tunnelling Machines” con le classi di comportamento deformativo del fronte di scavo secondo il metodo ADECO-RS sintetizzato nella seguente tabella.

Tipologie di TM	Categorie tipo di comportamento del fronte		
	A (stabile)	B (stabile a breve termine)	C (instabile)
A1	X		
A2	X		
B1	X	X	
B2			X
B3			X
B4			X
B5		X	X
B6	X	X	
C1	X		
C2		X	
C3			X
C4			X

Tabella 12.1 – Correlazione tra tipologie di TM e categorie tipo di comportamento del fronte

12.1.3.3 Definizione delle tipologie di TBM da impiegare

Per le tratte previste in meccanizzato sono state valutate alcune tipologie di TBM, individuando quelle ritenute più valide in base alle fasi conoscitiva e diagnosi e facendo riferimento alla tabella 12.1.

La scelta si è orientata sull'impiego di TBM monoscudate adatte per lo scavo in ammassi rocciosi, con contrasto sul rivestimento definitivo costituito da anelli in conci prefabbricati con guarnizioni perimetrali di tenuta idraulica

In linea di principio potrebbe essere utilizzata anche una macchina doppio scudata (TBM-DS, tipologia B6) che permette contemporaneamente sia la posa del rivestimento prefabbricato o di un supporto provvisorio centinato che l'avanzamento con gripper. All'occorrenza, in funzione delle caratteristiche dell'ammasso roccioso, la TBM-DS può esercitare la spinta di scavo direttamente sui rivestimenti prefabbricati posti in opera, anziché sui grippers. La TBM-DS è una soluzione senz'altro interessante che permette prestazioni maggiori in termini di produzione rispetto ad una semplice TBM monoscudata. Per esempio in corrispondenza dei cunicoli trasversali di collegamento si eviterebbe la posa dell'anello prefabbricato, qualora le caratteristiche geologiche e geotecniche lo permettessero, facilitando così lo scavo dei cunicoli stessi. Tuttavia una TBM del genere presenta una lunghezza maggiore di una semplice scudata e contrasta con le ipotesi di progetto (cfr. §. 12.2.2 - *Grandi deformazioni - Squeezing*) di limitare il più possibile la lunghezza dello scudo, di avere un'adeguata configurazione tronco-conica per ottenere un gap abbastanza ampio tra scudo e profilo di scavo per il superamento di zone geologicamente difficili (fenomeno dello squeezing).

E' stato invece escluso l'impiego di macchine aperte con contrasto tramite gripper (TBM-G, tipologia A1), potenzialmente adatte nei Graniti di Bressanone, ma ritenute meno affidabili nelle Filladi quarzifere di Bressanone che presentano parametri geomeccanici variabili e differenti risposte tensio-deformative allo scavo. Inoltre il sistema, in assenza di scudo protettivo, offre minori garanzie di sicurezza al personale addetto rispetto ad una TBM scudata. Infine, la posa del rivestimento definitivo avviene in un secondo momento, a distanza dal fronte di scavo,

comportando una complessa organizzazione logistica che potrebbe determinare incrementi di tempi e costi rispetto al sistema con TBM scudata.

Per lo scavo del tratto in meccanizzato nella galleria Scaleres sono state previste due TBM monoscudate, una per canna, invece per lo scavo delle gallerie di interconnessione di Ponte Gardena è stato previsto l'impiego di una sola TBM monoscudata. Il diametro delle tre TBM è identico, le macchine permettono l'applicazione di un rivestimento impermeabile in anelli di calcestruzzo realizzati in conci prefabbricati.

Per la galleria Scaleres viene proposto l'impiego di TBM monoscudata da roccia (tipologia B1), invece per le gallerie di interconnessione di Ponte Gardena viene proposta una TBM-EPB "Dual Mode" (tipologia B5) che permette di lavorare sia in formazioni rocciose come TBM da roccia (modalità aperta), sia in terreni instabili come EPB (Earth Pressure Balance, modalità chiusa, sostegno del fronte con terreno condizionato), munita di adeguata testa fresante per lo scavo in terreni lapidei e sciolti. La scelta di operare con una macchina "mista" deriva dalla necessità di sottopassare in sicurezza le zone interferite (rilevato dell'Autostrada A22 e fondazioni del viadotto autostradale "Belprato").

Nella TBM-EPB "Dual Mode" l'estrazione del materiale dalla camera di scavo è costituito da due sistemi che vengono attivati separatamente in funzione della modalità di avanzamento adottato. Nel funzionamento in modalità TBM da roccia l'estrazione avviene tramite un nastro trasportatore primario, nel caso invece di funzionamento in modalità EPB il nastro viene represso ed entra in funzione la coclea. Nella seguente figura sono rappresentate le due modalità di scavo appena descritte di una TBM-EPB "Dual Mode", le cui dimensioni geometriche (diametro di scavo) sono state ipotizzate per lo scavo delle gallerie di interconnessione. Nonostante il rapporto tra lunghezza dello scudo (10,50 m) e diametro di scavo sia leggermente >1 anziché ≤ 1 , si ritiene che tale requisito geometrico indicato tra quelli per il superamento di zone geotecnicamente difficili (fenomeno "squeezing") (cfr. §. 12.2.2), sia comunque soddisfatto.

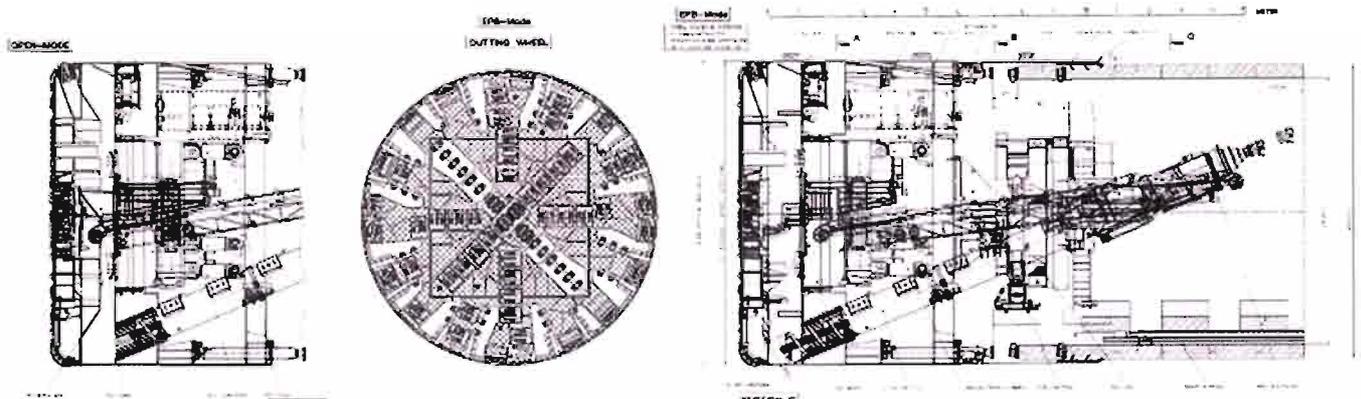


Fig. 12.3 - TBM-EPB "Dual Mode" – Testa fresante e sez. longitudinali dello scudo con le due diverse modalità di avanzamento (a sx modalità roccia, a dx modalità EPB)

Nella seguente figura è invece rappresentata una TBM monoscudata da roccia le cui dimensioni geometriche (diametro di scavo) sono state ipotizzate per la realizzazione di una porzione della galleria Scaleres. Dalla figura si deduce che il rapporto tra lunghezza dello scudo (9,50 m) e diametro di scavo soddisfa il requisito geometrico richiesto (cfr. §. 12.2.2).

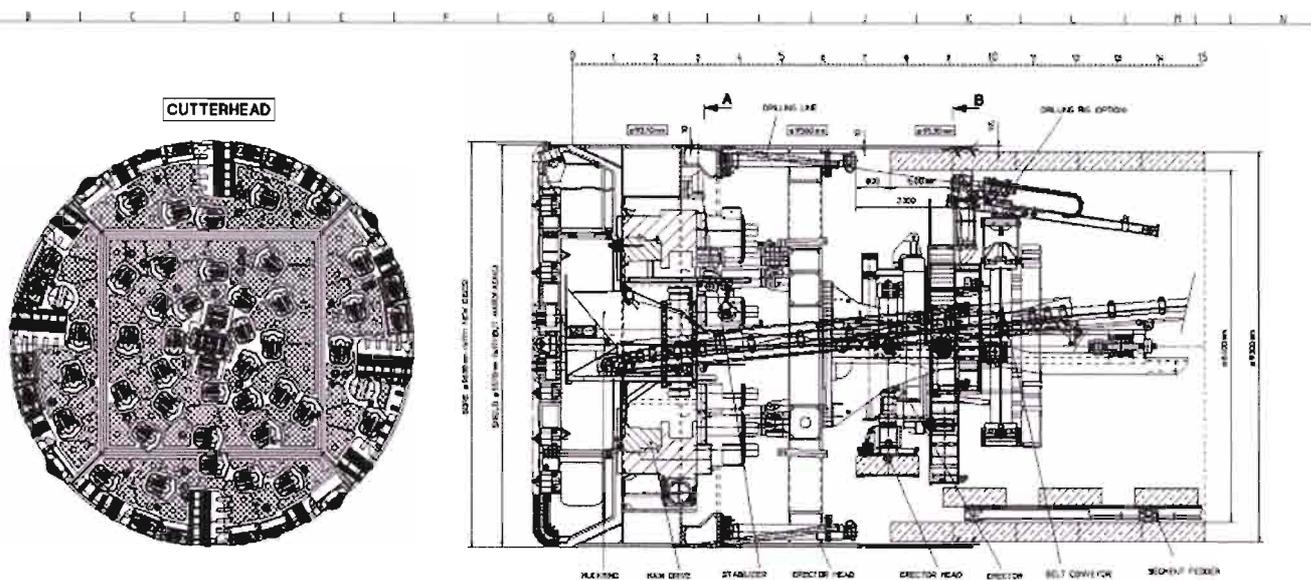


Fig. 12.4 - TBM scudata da roccia - Testa fresante e sezione longitudinale scudo

Il ciclo del lavoro di entrambe le macchine comprende:

- scavo e avanzamento per una lunghezza pari alla corsa effettiva dei martinetti di spinta; contemporaneamente si effettua il riempimento dell'intercapedine a tergo del rivestimento e l'allontanamento del materiale abbattuto;
- posa del nuovo anello di rivestimento;
- ripresa dell'avanzamento.

Le macchine in ogni caso dovranno essere attrezzate per eseguire sia eventuali fori di prospezione in avanzamento, sia per effettuare eventuali drenaggi ed iniezioni di consolidamento dei terreni, per il superamento delle fasce tettonizzate, mediante fori predisposti sia sulla testa fresante, sia sul contorno superiore del mantello.



Fig. 12.5 – Conci prefabbricati con guarnizioni in neoprene a tenuta idraulica



Fig. 12.6 – Rivestimento in conci prefabbricati

Le tipologie di macchine indicate, che allo stato delle conoscenze proprie di una progettazione definitiva sono da ritenersi valide, non sono comunque vincolanti per l'Appaltatore che dovrà attentamente valutarle nel dettaglio per definire le proprie scelte progettuali e costruttive.

La seguente figura invece rappresenta una TBM-DS (tipologia B6), le cui dimensioni geometriche (diametro di scavo) sono state ipotizzate per lo scavo delle gallerie del Lotto 1, e mostra chiaramente come la lunghezza dello scudo (circa 14 m) non soddisfi il requisito geometrico (rapporto lunghezza scudo/diametro) richiesto (cfr. §. 12.2.2).

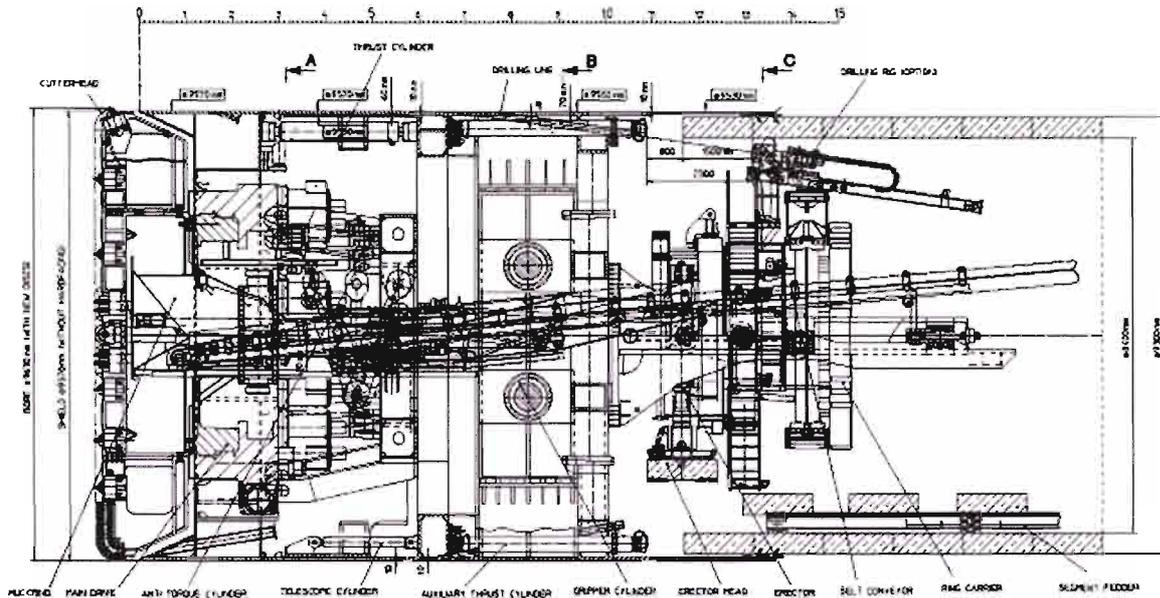


Fig.12.7 - TBM-DS (doppio scudata da roccia).

12.2 SOLUZIONI PROGETTUALI E COSTRUTTIVE PER LA GESTIONE DEL RISCHIO IN FASE DI SCAVO

Di seguito si descrivono le soluzioni progettuali e le strategie di gestione dei potenziali rischi (cfr. § 11.3) che possono presentarsi nella realizzazione delle gallerie, sia con metodo di scavo tradizionale, sia con scavo meccanizzato.

12.2.1 Instabilità del fronte e del cavo

Tale fenomeno potrebbe interessare i tratti di galleria con basse coperture, in prossimità degli imbocchi, nell'attraversamento di zone tettonizzate e di transizione litologica.

Lo scavo sotto basse coperture in materiali di scadenti caratteristiche meccaniche interessa le zone di imbocco della Finestra Aica-Varna/Forch e della Finestra Chiusa, nelle quali è previsto lo scavo con metodo tradizionale. In tali condizioni l'avanzamento avverrà con l'esecuzione di interventi di preconsolidamento al fronte e al contorno in modo da poter controllare lo sviluppo dei fenomeni deformativi connessi con lo scavo e prevenire lo sviluppo di fenomeni di collasso.

Per l'attraversamento di zone tettonizzate e intensamente fratturate, nel caso di scavo tradizionale è prevista l'adozione di avanzamenti con sfondi di lunghezza limitata, preceduti da interventi di consolidamento al fronte e/o al contorno del cavo, in relazione al grado di fratturazione dell'ammasso e all'entità dei fenomeni deformativi attesi (applicazione delle sezioni di scavo e consolidamento B1 e C2v, cfr. § 12.3). È prevista, inoltre, la messa in opera di drenaggi in avanzamento nel caso di venute d'acqua diffuse. Per le gallerie scavate con TBM dovrà essere messo a punto un sistema di previsione delle condizioni geologiche in avanzamento per anticipare la presenza di tali fasce tettonizzate, in modo da fermare la TBM ad una distanza di sicurezza adeguata e, da quella posizione procedere, se necessario, con



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	129 di 154

un sistematico drenaggio e interventi di consolidamento in avanzamento. Pertanto, in fase di avanzamento, ad una distanza di 200 m circa dalla zona di faglia attesa saranno eseguite delle prospezioni geoelettriche dalla testa dello scudo; ad una distanza di 30 m circa saranno realizzati sondaggi in avanzamento eseguiti dallo scudo. Il mantello dello scudo dovrà essere provvisto di feritoie e tubi guida per il passaggio dell'attrezzatura di perforazione o di trattamento del terreno al contorno del fronte di scavo. La TBM inoltre dovrà essere predisposta in modo da permettere l'allocatione dei macchinari atti ad eseguire i fori di indagine.

12.2.2 Grandi deformazioni (*squeezing*)

Fenomeni di *squeezing* sono probabili solo in tratte limitate del tracciato, nell'attraversamento di zone tettonizzate, quali le zone di nucleo delle faglie, sotto coperture elevate (cfr. § 11.2.2).

Per le gallerie realizzate con metodo tradizionale nel caso in cui siano previste grandi deformazioni si adotta un rivestimento di prima fase "cedevole" che consente lo sviluppo delle deformazioni in modo controllato e la riduzione del carico sui supporti (sezione di scavo e consolidamento Cd, cfr. § 12.3). L'avanzamento prevede in questo caso l'adozione di una sezione di scavo circolare, con preconsolidamento del fronte tramite elementi in vetroresina, presostegno con bulloni e rinforzo del cavo con bulloni radiali. Il rivestimento di prima fase è realizzato con spritz-beton e centine con giunti scorrevoli (TH) anche in arco rovescio; in corrispondenza delle zone di possibile scorrimento delle centine lo strato di spritz-beton è dotato di intagli che vengono chiusi una volta scontate le deformazioni attese e raggiunta la massima capacità di convergenza. Il sovrascavo garantisce il rispetto dell'area libera di progetto. Un sistema di monitoraggio realizzato con mire ottiche al contorno del cavo ed estensimetri multibase nell'ammasso consente di controllare la risposta deformativa del cavo e di monitorare lo sviluppo della convergenza attesa.

Nelle tratte di galleria realizzate con scavo meccanizzato il fenomeno di *squeezing* può comportare elevati carichi radiali dell'ammasso sullo scudo, fino ad arrivare, nei casi più gravi, all'effettivo blocco della macchina di scavo scudata con conseguente intrappolamento della stessa. Per evitare ciò, nel seguito si elencano una serie di accorgimenti tecnici che dovranno essere presi in considerazione nella scelta finale della macchina di scavo:

- utilizzare scudi metallici fortemente tronconi e caratterizzati da un rapporto fra la lunghezza dello scudo ed il diametro di scavo possibilmente non superiore ad 1;
- incrementare il diametro di scavo della macchina mediante un sovrascavo allo scopo di aumentare il "gap" radiale fra scudo metallico e profilo di scavo;
- dimensionare opportunamente il sistema di spinta ed avanzamento della macchina. Tale sistema di spinta dovrà essere dimensionato per garantire, oltre alla spinta necessaria all'avanzamento ed alla penetrazione al fronte di scavo, il superamento dell'attrito provocato dall'eventuale carico radiale dell'ammasso sullo scudo;
- prevedere la possibilità di iniettare bentonite od iniezioni poliuretatiche da appositi fori presenti entro lo scudo per ridurre l'attrito fra lo scudo e l'ammasso roccioso;
- prevedere la possibilità di eseguire consolidamenti in avanzamento dalla TBM per migliorare le caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'ammasso in scavo.

12.2.3 Rotture fragili (*spalling*)

I fenomeni di decompressione violenta (*spalling/rockburst*) lungo il tracciato del Lotto 1 hanno bassa probabilità di occorrenza, come desumibile dai metodi di previsione basati sui livelli tensionali (cfr. § 11.2.3). Tuttavia, la suscettibilità intrinseca dell'ammasso e la qualità geostrutturale dell'ammasso espressa dall'indice RMR evidenziano la potenzialità del fenomeno. Pertanto, nelle zone di massima copertura negli ammassi a comportamento fragile (Graniti di Bressanone) sarà previsto un sistema di monitoraggio atto a controllare i microtremiti indotti da tali

	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA					
	LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 130 di 154

possibili fenomeni di *rockburst/spalling*, attraverso l'impiego di trasduttori accelerometrici di tipo sismico ad elevata sensibilità. Il monitoraggio microsismico avrà le seguenti finalità:

- determinazione della posizione delle sorgenti di rocknoise;
- valutazione dei livelli di magnitudo;
- studio del meccanismo focale;
- caratterizzazione statistica degli ammassi rocciosi in funzione del numero di eventi microsismico e della loro energia;
- valutazione del rischio di rockburst.

12.2.4 Spinte dissimetriche

La formazione delle Filladi quarzifere nella porzione di tracciato compresa tra le progressive km 18+200 e km 20+000 (galleria Gardena) è interessata da un sistema di lineamenti aventi direzione parallela al tracciato. Tale situazione geostrutturale potrebbe condurre ad una condizione nella quale la risposta tensio-deformativa dell'ammasso allo scavo è fortemente dissimetrica. Tale condizione può causare difficoltà in fase di scavo e può produrre sollecitazioni impreviste sui sistemi di supporto di prima fase e sui rivestimenti definitivi.

In tale tratta, il comportamento allo scavo è monitorato con mire ottiche al contorno del cavo, estensimetri multibase nell'ammasso, e barrette estensimetriche nel rivestimento di prima fase. In funzione della risposta deformativa si prevedono interventi di precontenimento del fronte e del contorno, l'adozione di centine metalliche con profilato HEB180 e di un rivestimento definitivo armato anche in calotta (sez. C2v, cfr. § 12.3).

12.2.5 Mitigazione e controllo delle interferenze con le risorse idriche: venute d'acqua, isterilimento sorgenti e corsi d'acqua

In generale, considerate le caratteristiche litologiche e strutturali delle formazioni attraversate, l'assetto idrogeologico profondo, e le coperture delle gallerie in progetto, la probabilità che le opere in sotterraneo possano influenzare l'equilibrio idrologico sotterraneo e di superficie, producendo l'impoverimento delle risorse idriche, è significativa solo per alcune tratte del tracciato del Lotto 1, in corrispondenza di zone di faglia e di lineamenti tettonici attraverso i quali è ipotizzabile che avvenga il flusso idrico sotterraneo e che vi possa essere una comunicazione tra deflusso superficiale e profondo.

Ad ogni modo, l'eventuale impatto idrogeologico e l'eventuale rischio di impoverimento delle risorse idriche a seguito dello scavo delle opere in sotterraneo possono essere affrontati e mitigati con le seguenti soluzioni progettuali e costruttive:

- a. Nell'attraversamento di zone non fratturate o parzialmente fratturate non sono attesi particolari problemi di interferenza con il regime idraulico sotterraneo e superficiale. In tali condizioni possono infatti prevedersi deboli manifestazioni idriche (stillicidi, venute d'acqua localizzate), pertanto l'eventuale drenaggio non ha ripercussioni significative sull'equilibrio idrologico sotterraneo ed è comunque limitato alla sola fase di scavo. Per gallerie realizzate con metodo tradizionale, tutte le sezioni tipo di scavo e consolidamento prevedono l'esecuzione, a tergo del rivestimento definitivo di calotta, dell'impermeabilizzazione. Per gallerie realizzate con scavo meccanizzato, il montaggio del rivestimento in conci prefabbricati con guarnizioni di tenuta idraulica garantisce l'impermeabilità della galleria e le condizioni idrauliche ante-operam.
- b. Nell'attraversamento di zone molto fratturate (zone tettonizzate, zone di faglia, zone di deformazioni gravitative profonde) in presenza di una circolazione idrica diffusa e/o con elevati battenti idraulici, è possibile attendersi manifestazioni idrauliche più significative durante lo scavo. Per avanzamenti con metodo tradizionale e con TBM scudata aperta nel caso di venute d'acqua diffuse si prevede l'impiego di drenaggi in avanzamento al fronte e/o al contorno del cavo per l'abbattimento temporaneo e localizzato dei carichi idraulici ed il controllo degli afflussi di acqua in galleria. Se necessario, nel caso di venute d'acqua elevate, possono effettuarsi interventi sull'ammasso per

ridurre la permeabilità, consentendo l'esecuzione delle operazioni di scavo in piena sicurezza. Tutte le sezioni tipo di scavo e consolidamento prevedono l'esecuzione, a tergo del rivestimento definitivo di calotta, dell'impermeabilizzazione. Nel caso di scavo meccanizzato, il montaggio del rivestimento in conci prefabbricati con guarnizioni di tenuta idraulica, fino ad almeno 10 bar, garantisce l'impermeabilità della galleria e le condizioni idrauliche ante-operam.

- c. Nell'attraversamento di zone molto fratturate (zone di faglia) e nelle quali il regime idraulico sotterraneo potrebbe essere connesso a sorgenti o a corsi d'acqua (sorgenti e corsi d'acqua definiti a rischio, cfr. § 10.1) si procederà di regola, sia nel caso di scavo con metodo tradizionale, sia nel caso di scavo con TBM scudata, con l'esecuzione di interventi per la riduzione della permeabilità (se le condizioni geotecniche sono favorevoli si prevede l'utilizzo di resine). Nel caso di materiale cataclasato eventuali venute d'acqua con carichi idraulici elevati potrebbero produrre un afflusso incontrollato di materiale all'interno dello scavo, rappresentando un problema anche dal punto di vista della sicurezza e della stabilità dello scavo. Pertanto, in tali condizioni gli interventi, previsti pure dalla TBM, avranno anche la funzione di consolidare l'ammasso (fig. 12.8).

Gli interventi saranno preceduti da indagini in avanzamento (fig. 12.9) volte ad accertare la presenza delle zone di faglia a quota galleria (ad esempio ricorrendo ad indagini geofisiche di riflessione ad una distanza di circa 200m dalla prevista zona di faglia) e a verificare che queste siano sede di una circolazione idrica, esaminando al contempo il grado di fratturazione e la permeabilità relativa (con sondaggi a carotaggio continuo dotati di preventer). Attraverso prelievi potranno essere inoltre definite le caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua per una verifica del modello idrogeologico di previsione. Inoltre, nel caso di scavo tradizionale la realizzazione della galleria avverrà per campi di lunghezza limitata, con posa in opera immediata dell'impermeabilizzazione, eventualmente full-round, subito dopo lo scavo. Nello scavo meccanizzato l'installazione del rivestimento in conci prefabbricati a pochi metri dal fronte, con giunti a tenuta idraulica garantisce l'impermeabilità della galleria e le condizioni idrauliche ante-operam. Nei profili geotecnici di progetto (Rif. [37]) sono state evidenziate con la voce "*interferenza sorgenti/corsi d'acqua*" le probabilità di interferenza e le conseguenti azioni di mitigazione del rischio attraverso le indagini propedeutiche in avanzamento e le eventuali iniezioni per la riduzione della permeabilità.

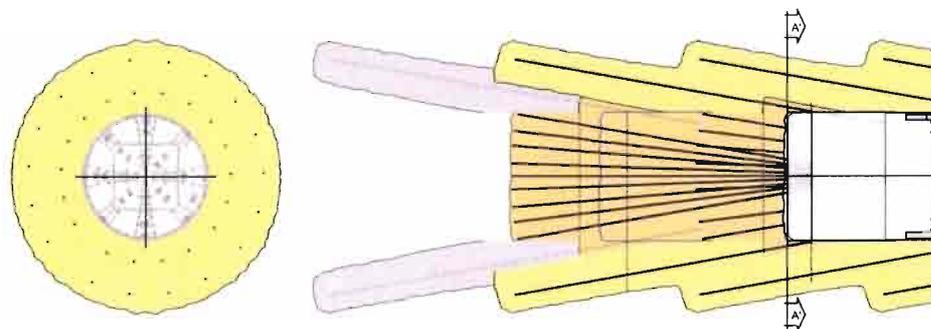


Fig. 12.8 - Sezione di consolidamento per scavo meccanizzato

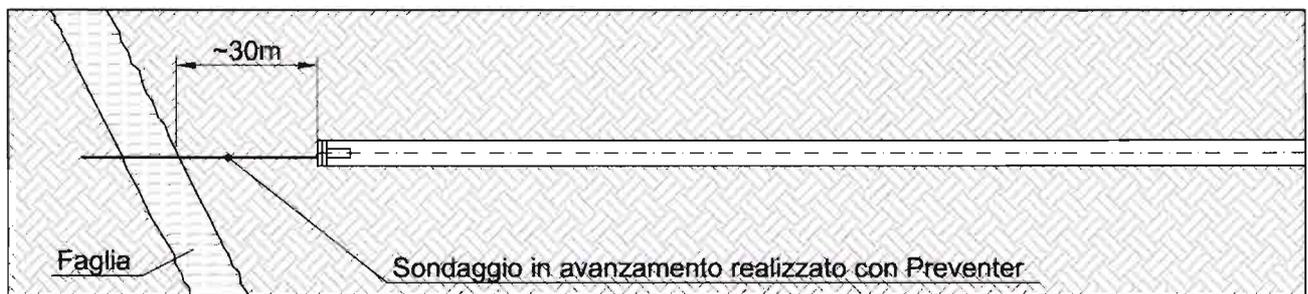
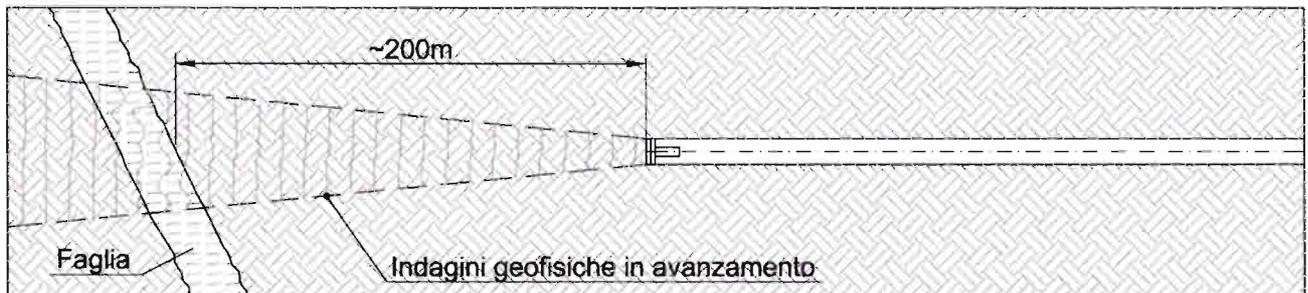


Fig. 12.9 - Indagini in avanzamento.

12.2.6 Risentimenti su infrastrutture sottoattraversate

La finestra di Aica-Varna sottoattraversa l'Autostrada A22 e la linea ferroviaria del Brennero con coperture pari a 10 e 14 m. Per il superamento in sicurezza di tali interferenze, sono previsti interventi di precontenimento del fronte e al contorno tramite colonne suborizzontali in jet-grouting, l'avanzamento con campi ridotti, il getto dell'arco rovescio a breve distanza dal fronte e la chiusura del cavo con il rivestimento definitivo. In particolare, al contorno del cavo gli ombrelli tronco-conici di colonne sub-orizzontali, parzialmente compenstrate, di terreno consolidato realizzano un effetto arco in avanzamento capace di produrre un'azione di precontenimento del nucleo-fronte.

L'Autostrada A22 è inoltre sottoattraversata in corrispondenza delle interconnessioni di Ponte Gardena. L'interferenza riguarda sia il binario pari che il binario dispari dell'interconnessione: con la nuova soluzione di tracciato sviluppata nel Progetto Definitivo (cfr. § 5.2.1), la galleria naturale del binario pari sottopassa la fondazione della pila 13 del viadotto "Belprato", mentre la galleria naturale del binario dispari sottopassa il rilevato del viadotto "Belprato". Per il superamento in sicurezza dell'infrastruttura autostradale, è stata definita una metodologia di avanzamento con scavo meccanizzato a piena sezione mediante TBM scudata e fronte in pressione per controllare gli eventuali effetti di interazione. Sono inoltre previsti interventi di consolidamento dell'ammasso roccioso tramite iniezioni realizzate da perforazioni sub-orizzontali nel caso della galleria binario pari, il trattamento di consolidamento riguarderà il volume di terreno al di sotto della fondazione della pila 13, mentre nel caso della galleria binario dispari si interverrà sul volume di una fascia di terreno compreso qualche metro sotto il piano stradale e sopra l'estradosso della galleria.



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA - PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	133 di 154

In entrambi i casi di interferenza delle opere in sotterraneo del Lotto 1 con altre infrastrutture stradali e ferroviarie, è prevista in fase realizzativa l'implementazione del piano di monitoraggio con rilievi e misure topografiche per il controllo degli spostamenti sulle strutture e sul piano campagna, con l'installazione di strumentazione geotecnica per il controllo degli spostamenti profondi (estensimetri ed inclinometri). Nel caso delle gallerie di Interconnessione di Ponte Gardena, realizzate con scavo meccanizzato, è inoltre previsto il controllo dei parametri della macchina scudata, correlati con i parametri di monitoraggio dei dati esterni.

Il sistema di monitoraggio sarà implementato con le tecniche più all'avanguardia, per l'acquisizione automatica dei dati e restituzione su piattaforma informatica tipo GIS. L'analisi dei dati di monitoraggio in maniera integrata ed in tempo reale consentirà di adeguare le attività di scavo e consolidamento alla risposta del terreno, sulla base di valori soglia dei parametri di spostamento al contorno ed in superficie, prevenendo eventuali criticità.

12.3 DEFINIZIONE E DESCRIZIONE DELLE SEZIONI DI SCAVO ED AVANZAMENTO

12.3.1 Sezione tipo di avanzamento per scavo in tradizionale: gallerie di linea e finestre

Le sezioni tipo di avanzamento per le gallerie realizzate con scavo tradizionale sono state sviluppate secondo i criteri descritti nel § 12.1.4 e si compongono degli interventi sintetizzati nella tabella 12.2.

SEZIONE TIPO	SCAVO E CONSOLIDAMENTO							RIVESTIMENTO DEFINITIVO						
	avanzamento	pieditto	campo avanz. [m]	Area di scavo calcolata [m ²]	Area di scavo arco rovescio [m ²]	drainaggi (eventuali)	presostegno al contorno	preconsolidamento del fronte	preconsolidamento al contorno	sostegno al contorno	Centine	Spritz-beton fibrorinforzato [cm]	Calotta sp. [cm] dist max fronte armatura	Arco Rov. sp. [cm] dist max fronte armatura
A0	cilindrico	dritto	-	76.83	4.1		NO	NO	NO	10+9 bulloni ad ancoraggio puntuale barra ϕ 24mm L=4.5m passo long. 2m \pm 20% passo trasv. 1.5m \pm 20%	NO	25: contorno	50 svincolata <i>non armata</i>	50 svincolata <i>non armata</i>
A1	cilindrico	dritto	-	79.18	4.9		NO	NO	NO	2 IPN 160/1.4m \pm 20%	25: contorno	60 svincolata <i>non armata</i>	60 5 ϕ <i>non armata</i>	
A2	cilindrico	curvo	-	82.25	3.2		NO	NO	15+14 bulloni ad ancoraggio continuo (o tipo Sw ellex) barra ϕ 24mm L=6m passo long. 1.2m \pm 20% passo trasv. 1m \pm 20%	2 IPN 180/1.2m \pm 20%	30: contorno	60 svincolata <i>non armata</i>	70 3 ϕ <i>non armata</i>	
B1	tronco-conico	curvo	8.5	88.98	4.0		25 tubi acciaio ϕ 127mm sp.10mm (perf. ϕ >151mm) L=12m (sovr. 3.5m) valvolati 1 viv/m p=0.4m - angolo 120°	20 \pm 20% elementi strutturali in VTR L=13.5m (sovr. 5.0m) cementati in foro con miscela cementizie	NO	NO	2 IPN 180/1m \pm 20%	30: contorno 15: fine campo 10: sul 50% degli sfondi	50/115 5 ϕ <i>non armata</i>	80 1.5 ϕ <i>58 kg/m³</i>
C1	tronco-conico	dritto	10	85.43	4.4		25 tubi acciaio ϕ 127mm sp.10mm (perf. ϕ >151mm) L=13.5m (sovr. 3.5m) valvolati 1 viv/m p=0.4m - angolo 120°	20 \pm 20% microjet ϕ 300mm armati con elementi strutturali in VTR L=17.0m (sovr. 7.0m)	53 \pm 20% colonne ϕ 600mm in jet-grouting L=14.5m (sovr. 4.5m) p=0.45m - a vuoto 1.5m 6+6 colonne al piede centina L media 10.5m L a vuoto media 1.5m	NO	2 IPN 180/1m \pm 20%	25: contorno 15: fine campo 10: sul 50% degli sfondi	55/130 3 ϕ <i>38 kg/m³</i>	90 1.0 ϕ <i>58 kg/m³</i>
C1bis	tronco-conico	dritto	6	85.43	4.4		25 tubi acciaio ϕ 127mm sp.10mm (perf. ϕ >151mm) L=9m (sovr. 3.5m) valvolati 1 viv/m p=0.4m - angolo 120°	25 \pm 20% microjet ϕ 300mm armati con elementi strutturali in VTR L=13.0m (sovr. 7.0m)	53 colonne ϕ 600mm in jet-grouting L=14.0m (sovr. 8.0m) p=0.45m - a vuoto 1.5m 6+6 colonne al piede centina L media 12m L a vuoto media 5m	NO	2 IPN 180/1m \pm 20%	25: contorno 15: fine campo 10: ogni sfondo	55/130 2 ϕ <i>58 kg/m³</i>	90 0.5 ϕ <i>60 kg/m³</i>
C2v	tronco-conico	curvo	8.5	92.56	4.0		24 tubi acciaio ϕ 127mm sp.10mm (perf. ϕ >151mm) L=12m (sovr. 3.5m) valvolati 1 viv/m p=0.45m - angolo 120°	30 \pm 20% elementi strutturali in VTR L=19m (sovr. 10.5m) cementati in foro con miscela cementizie	55 \pm 20% elementi strutturali in VTR L=19m (sovr. 10.5m) valvolati 1 viv/m	NO	2 HEB 180/1m \pm 20%	30: contorno 15: fine campo 10: sul 50% degli sfondi	55/130 3 ϕ <i>38 kg/m³</i>	90 1 ϕ <i>58 kg/m³</i>
Cd	cilindrico	circolare	6	98.52	-		24 bulloni ad ancoraggio continuo barra ϕ 24mm L=6m passo long. 1m \pm 20% passo trasv. 2m \pm 20%	40 \pm 20% elementi strutturali in VTR L=20m (sovr. 14m) cementati in foro con miscela cementizie	NO	33+33 bulloni ad ancoraggio continuo barra ϕ 24mm L=6m passo long. 1m \pm 20% passo trasv. 1m \pm 20%	TH29/1m \pm 20%	30: contorno 15: fine campo 10: ogni sfondo	80 2 ϕ <i>38 kg/m³</i>	80 5 ϕ <i>58 kg/m³</i>

Tabella 12. 2 – Sezioni di scavo e consolidamento

Gli interventi sono definiti in termini di quantità con riferimento alle sezioni di scavo delle gallerie di linea (gallerie Scaleres, Gardena e Interconnessioni Fortezza) per le sezioni A0, A1, A2, B1, C2v e Cd, mentre per le sezioni C1 e

C1bis le quantità fanno riferimento alle sezioni di scavo di finestra avente sezione di intradosso F2. A tali quantità sono associati i previsti campi di variabilità, da calibrare in fase realizzativa in funzione del comportamento deformativo riscontrato mediante il monitoraggio.

Per le sezioni di scavo e consolidamento relative alle altre sezioni di intradosso (F1, F2 e F3), le quantità di ciascun intervento sono riportate negli specifici elaborati grafici di scavo, consolidamento e carpenteria.

I criteri di applicazione delle sezioni di scavo e consolidamento sono i seguenti:

- A0, A1, A2 sono adottate in rocce con buone caratteristiche geotecniche e strutturali (ad esempio, per le filladi con $GSI_{medio}=60$), e nel caso della sezione A2 anche in corrispondenza di coperture elevate;
- B1 è applicata in rocce molto fratturate, nelle zone di faglia o tettonizzate (ad esempio, per le filladi con $30 \leq GSI \leq 45$);
- C1 e C1bis sono adottate nei depositi alluvionali e fluvio-glaciali, in particolare la C1bis in presenza di basse coperute e nel sottoattraversamento di interferenze;
- C2v è applicata in rocce molto fratturate, nelle zone di faglia o tettonizzate (ad esempio, per le filladi con $GSI = 30$), caratterizzate da materiale cataclasato o alterato, anche in corrispondenza di elevate coperture o in presenza di spinte dissimetriche;
- Cd è adottata nelle filladi in presenza di fenomeni di grandi deformazioni (*squeezing*), quindi sotto alte coperture con un ammasso caratterizzato da bassi valori di resistenza.

Nei profili geotecnici di progetto a ciascuna tratta omogenea individuata in fase di diagnosi è associata una sezione di scavo, definita come sezione prevalente. Nelle stesse tratte sono indicate anche le sezioni eventuali, legate alle variabilità e incertezze geologiche e geotecniche.

Le sezioni maggiormente previste, in funzione delle caratteristiche geotecniche e coerentemente con le considerazioni effettuate in fase di diagnosi, sono le sezioni tipo A (A0, A1 e A2), come verificabile attraverso le tabelle riepilogative di distribuzione delle sezioni riportate nei profili geotecnici e riassunto nel seguente diagramma.

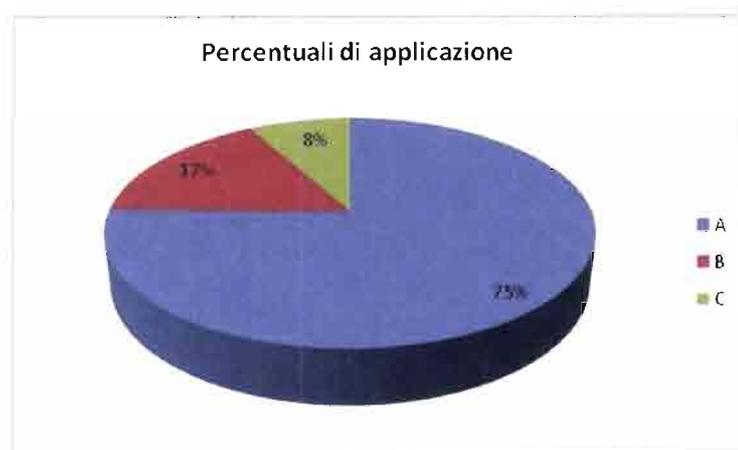


Fig. 12.10 – Percentuali di applicazione delle sezioni tipo di scavo e consolidamento

In sintesi, per le gallerie di linea e per le Interconnessioni di Fortezza (sezione di intradosso LT) sono previste le seguenti sezioni di scavo e consolidamento:

	ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA					
	RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA JBL1	LOTTO 10	CODIFICA D07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 136 di 154

	LT
A0	X
A1	X
A2	X
B1	X
C2v	X
Cd	X

Tab. 12.3 – Gallerie di linea e di interconnessione: sezioni tipo di scavo e consolidamento

Per le finestre, caratterizzate dalle seguenti sezioni di intradosso

- F1: Finestra Albes,
- F2: Finestra Aica-Varna Nord, gallerie di servizio Forch, Finestra Chiusa
- F3: Finestra Aica Varna Sud

sono previste le seguenti sezioni di scavo e consolidamento:

	F1	F2	F3
A0	X	X	X
A1	X	X	X
A2	X	X	X
B1	X	X	X
C1		X	X
C1bis		X	X
C2v	X	X	
Cd		X	

Tab. 12.4 – Finestre: sezioni tipo di scavo e consolidamento

12.3.2 Sezioni di scavo e consolidamento per i cameroni di interconnessione e di comunicazione P/D

Queste opere presentano un notevole sviluppo longitudinale, anche sino a 243 m circa, con sezioni interne policentriche molto ampie (tipo I, C e G). La sezione maggiore, progettata per eseguire il montaggio delle TBM, misura un'area di scavo di circa 500 m² circa (27 metri di larghezza alla base e 22 metri di altezza circa). Tali dimensioni, indicate da un costruttore di TBM per lavori analoghi già realizzati (Fig. 12.12), sono necessarie per l'installazione dell'attrezzatura (carri ponte) di montaggio della TBM e del back-up.

Per le sezioni più ampie si prevede la parzializzazione della sezione di scavo come schematizzato nella figura seguente. Il rivestimento di prima fase è costituito da uno strato di spritz-beton e da bulloni metallici ad ancoraggio puntuale con successiva iniezione di miscela cementizia. Tali interventi rappresentano azioni di "contenimento" del cavo.

Nella sezione G, effettuato lo scavo, la posa in opera dei rivestimenti di prima fase e di sostegno, si procederà al montaggio delle TBM e dei back-up, che verranno trasportati smontati nei loro vari elementi attraverso le finestre e i tratti di galleria in tradizionale già realizzati.

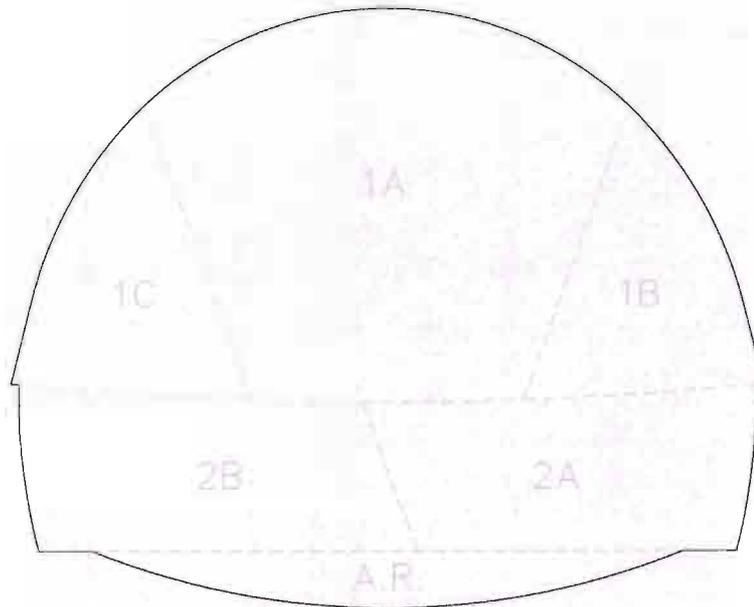


Fig. 12.11 – Schematico scavo parzializzato per le grandi sezioni



Fig. 12.12- Camerone di lancio per una TBM (galleria S.Gottardo).

Iniziato lo scavo con TBM, quando tutto il treno del back-up si sarà allontanato dai cameroni, potrà essere valutato se completare i cameroni gettando il rivestimento definitivo in arco rovescio e successivamente in calotta e piedritti, verificando la non interferenza con le attività di scavo meccanizzato, in alternativa il completamento dovrà essere effettuato ad ultimazione dello scavo con TBM delle gallerie di linea.

I cameroni per i quali il rivestimento definitivo sarà gettato a lungo termine sono:

- Camerone di comunicazione P/D - Scaleres (C0, C1, C2, C3, I1, I2, G);
- Camerone di comunicazione P/D Sud - Gardena (C0, C1, C2, C3, I1, I2, G);
- Camerone di interconnessione – Gardena (C0, C1, C2, C3).

Tra il rivestimento provvisorio (calcestruzzo proiettato) e quello definitivo (calcestruzzo vibrato entro casseri) è prevista la posa dell'impermeabilizzazione con una membrana in polietilene o in PVC, su supporto di tessuto non tessuto.

Tutte le quantità relative agli interventi sono riportate negli elaborati di scavo, consolidamento e carpenteria, mentre le percentuali di applicazione delle sezioni sono indicate nei profili geotecnici.

12.3.2.1 Sezioni di scavo e consolidamento per i cunicoli trasversali

I collegamenti trasversali potranno essere realizzati eventualmente anche durante l'esecuzione delle gallerie di linea, a distanza adeguata dal fronte per non interferire con le operazioni di avanzamento.

In funzione delle caratteristiche geotecniche degli ammassi attraversati e del loro comportamento allo scavo, sono previste le sezioni di scavo e consolidamento A, B e C, di seguito descritte:

SEZIONE TIPO	Area di scavo calotta [m ²]	Area di scavo arco rovescio [m ²]	preconsolidamenti del fronte	preconsolidamento al contorno	sostegno al contorno	Centine	Spritz-beton fibrorinforzato [cm]	Calotta sp [cm] armatura	Arco Rov. sp. [cm] armatura
A	26.85	1.4	NO	NO	9+8 bulloni ad ancoraggio continuo (o tipo Swellex) barra ϕ 24mm L=4m passo long. 1m \pm 20% passo trasv. 1m \pm 20%	HEA180/ 1m \pm 20%	25: contorno 15: fine campo 10: sul 50% degli sfondi	60 <i>non armata</i>	60 <i>non armato</i>
B	26.85	1.4	11 \pm 20% elementi strutturali in VTR L=13m (sovr. 7m) cementati in foro con miscele cementizie	NO	NO	HEA180/ 1m \pm 20%	25: contorno 15: fine campo 10: sul 50% degli sfondi	60 <i>non armata</i>	60 40 kg/m ²
C	26.85	1.4	15 \pm 20% elementi strutturali in VTR L=13m (sovr. 7m) cementati in foro con miscele cementizie	27 \pm 20% elementi strutturali in VTR L=11m (sovr. 5m) valvolati 1 vlv/m	NO	HEA180/ 1m \pm 20%	25: contorno 15: fine campo 10: sul 50% degli sfondi	60 60 kg/m ²	60 30 kg/m ²

Tab. 12.5 – Cunicoli trasversali di collegamento: sezioni tipo di scavo e consolidamento

Effettuato lo scavo con esplosivo e/o mezzi meccanici (martello demolitore, escavatore) e lo smarino, si procederà alla posa in opera degli interventi di sostegno del cavo o degli interventi di precontenimento del fronte e/o contorno. L'intervento sarà completato con la posa dell'impermeabilizzazione in PVC, su supporto di tessuto non tessuto, ed il getto del rivestimento definitivo. Nel tratto di scavo in meccanizzato le fasi realizzative dei by-pass saranno le stesse, con la differenza che, preliminarmente allo scavo, dovrà essere parzialmente demolito il rivestimento in conci posati dalla TBM. L'intervento di demolizione dei conci di rivestimento sarà preceduto da adeguati sistemi di protezione costituiti da interventi di bullonatura sui conci e/o centinature entro la galleria.

12.3.3 Sezione tipo di avanzamento per scavo meccanizzato

La sezione tipo di avanzamento in scavo meccanizzato presenta le seguenti caratteristiche:

- diametro scavo: minimo 9.60 m con possibilità di aumentare il gap tra profilo di scavo e estradosso rivestimento prefabbricato mediante l'estensione di cutters periferici "maggiorati" per superare zone geologicamente difficili.
- riempimento a tergo: spessore di 15 cm circa con miscela cementizia sotto l'arco-rovescio e ghiaietto (pea-grevel) sul resto del contorno attraverso appositi fori realizzati nei conci di rivestimento nella TBM da roccia; con miscela cementizia in tutto il vuoto anulare nello scavo con scudo TBM-EPB.
- rivestimento in anelli di conci prefabbricati in c.a.
- tipologia anello: universale o equivalente
- diametro interno anello: 8,40 m
- diametro esterno anello: 9,30 m
- spessore anello: 45 cm
- lunghezza anello: 1,5 m
- numero conci per anello: 6+1
- cls classe di resistenza: C35/45
- fibre in polipropilene: (2 kg/m³)
- Guarnizioni di tenuta idraulica: in neoprene
- Collegamenti tra i conci: bulloni e/o bi-block con barre guida.

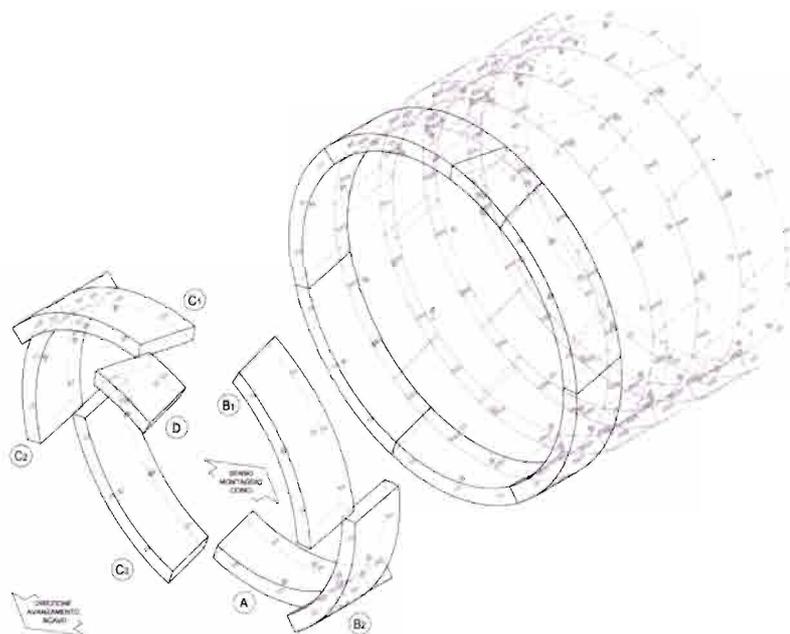


Fig. 12.13 - Rivestimento con anelli in conci prefabbricati



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	140 di 154

Le sezioni strutturali utilizzate sono analoghe ad altre per le quali è stato verificato il soddisfacimento dei requisiti di resistenza al fuoco richiesti dal Decreto Ministeriale 28/10/2005 “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie” (Rif. [16]) e dalla Specifica Tecnica di Interoperabilità STI SRT (Dicembre 2007) (Rif. [19]). Le verifiche di resistenza al fuoco, che terranno conto anche dello specifico contesto geotecnico e delle coperture, saranno sviluppate, con riferimento alle suddette norme, nelle successive fasi progettuali. In questa fase della progettazione per la riduzione del fenomeno di spalling, si prevede l'adozione di fibre in polipropilene nel calcestruzzo con frazione in quantità uguale a 2 kg/m³.



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	141 di 154

13 FASE REALIZZATIVA

Nel presente paragrafo sono sintetizzati i criteri di organizzazione degli scavi e dei trasporti nelle gallerie, le fasi costruttive e il monitoraggio per la fase realizzativa. Gli schemi proposti dipendono da scelte di carattere programmatico e tecnico, per la prima dall'esigenza di evitare sfasamenti temporali tra la realizzazione del Lotto 1 e la galleria di Base, per la seconda di rispettare le prescrizioni CIPE limitando nel contempo quanto più possibile il trasporto su gomma dei materiali scavati privilegiando sistemi di trasporto alternativi (nastri trasportatori).

13.1 CRITERI DI ORGANIZZAZIONE DEGLI SCAVI E DEI TRASPORTI E FASI REALIZZATIVE

13.1.1 Criteri di organizzazione degli scavi e dei trasporti

Per la costruzione delle gallerie Scaleres e Gardena, nell'ipotesi di realizzarle contemporaneamente, si rende necessaria la realizzazione delle finestre laterali di Aica-Varna, Albes e Chiusa.

13.1.1.1 Galleria Scaleres

In particolare nello scavo della Galleria Scaleres sono recepite le prescrizioni del CIPE (Rif. [36]) che prevedono:

- lo spostamento della finestra di Aica-Varna e del relativo cantiere nei pressi dei depositi in val Riga/ (aree Unterseeber e Forch) rispetto alla posizione prevista nel Progetto Preliminare 2003;
- di adottare, a partire dall'innesto della finestra di Aica, lo scavo tradizionale verso nord e lo scavo meccanizzato con TBM verso sud, con trasporto del materiale di risulta attraverso la suddetta finestra direttamente ai depositi permanenti individuati in val Riga.

Tale soluzione comporta la concentrazione in un grande cantiere ubicato in val Riga dell'attività connessa alla realizzazione di gran parte della galleria Scaleres, compresa tra gli imbocchi Nord e la finestra di Albes, inclusa l'interconnessione. Quasi l'80% del materiale estratto dalla Scaleres verrà trasportato attraverso la doppia finestra di Aica-Varna e le gallerie di smarino di Forch, direttamente ai siti di destinazione finale ubicati nelle immediate vicinanze (val Riga). La locale viabilità stradale in zona Unterseeber-Forch, verrà utilizzata solo inizialmente per l'alimentazione del cantiere e per il trasporto dello smarino proveniente dagli scavi della doppia finestra Aica-Varna, del P.C. Scaleres e dei cameroni di interconnessione ai siti in zona val Riga. Ultimata questa fase l'area di deposito di Forch diventerà il fulcro del sistema logistico di cantiere e di smaltimento del materiale scavato che verrà depositato sia nella stessa area che in quelle vicine.

Un secondo cantiere è previsto all'imbocco della finestra di Albes per realizzare il tratto di galleria di linea compreso dalla camera di innesto della finestra sino all'imbocco Sud. Nelle immediate vicinanze dell'imbocco della finestra di Albes esiste lo svincolo autostradale di Bressanone sud che permette l'accesso diretto da e per l'area di cantiere direttamente dall'autostrada senza usare la viabilità locale e passare per i centri abitati.

Infine, gli interventi agli imbocchi delle gallerie di linea e di interconnessione sono limitati ai soli lavori di predisposizione delle opere di imbocco e comportano modesti volumi di trasporto su gomma sino alle aree di deposito.

13.1.1.2 Galleria Gardena

Per quanto riguarda la galleria Gardena, i cantieri operativi sono stati concentrati in due ambiti, uno ai portali dell'imbocco Nord della galleria e l'altro al portale della discenderia di Chiusa. Lo scavo e il trasporto dello smarino, sia delle gallerie di linea che delle gallerie di interconnessione, è previsto pertanto attraverso questi portali. A sud sono previsti solo gli interventi di predisposizione delle opere dell'imbocco dell'interconnessione dispari oltre alla costruzione della galleria artificiale. Per l'interconnessione pari lo scavo naturale termina a contatto con la galleria artificiale, oggetto del P.D. del sub-lotto funzionale di Fortezza-Ponte Gardena, non sono pertanto previste opere di imbocco. Sono invece previsti interventi di consolidamento a salvaguardia delle opere dell'autostrada interferite. Il



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	142 di 154

trasporto di tutto il materiale estratto avverrà quindi su gomma utilizzando solo in minima parte la viabilità ordinaria e prevalentemente l'autostrada A22 dai caselli di Chiusa e di Bressanone Sud sino ai siti di destinazione finale individuati in val Riga.

13.1.2 Fasi realizzative

13.1.2.1 Galleria Scaleres e gallerie di interconnessione Fortezza Sud

Per la galleria Scaleres sono state ipotizzate le due tecniche realizzative, tradizionale e meccanizzato, applicate nei seguenti tratti:

- Scavo meccanizzato con TBM monoscudata nel tratto Sud compreso tra il PC Scaleres (escluso) sino alla zona di innesto della finestra di Albes con le gallerie di linea. Tale tratto misura una lunghezza di 8.064 m circa per il B.P. e di 7.721 m circa per il B.D.
- Scavo con sistemi tradizionali nel tratto Nord tra il PC Scaleres, incluso, e l'imbocco Nord di Fortezza. Tale tratto misura una lunghezza, compresi i cameroni di interconnessione e di comunicazione dispari/pari, di 3.574 m circa per il B.P. e di 3.922 m circa per il B.D.
- Scavo con sistemi tradizionali nel tratto più a Sud compreso tra la zona di innesto della finestra di Albes con le gallerie di linea e l'imbocco Sud in prossimità del ponte sull'Isarco. Tale tratto misura una lunghezza di 3.712m per il B.P. e di 3.678 m per il B.D.

Tale impostazione comporta la necessità di realizzare, a sud dell'innesto della finestra Aica-Varna sud con la galleria di linea, due cameroni di dimensioni idonee per consentire il montaggio e la traslazione delle TBM. Tali "caverne" in realtà fanno parte dei cameroni del posto di comunicazione P/D previsto a sud della finestra, di cui costituiscono la sezione più ampia.

Anche le gallerie di interconnessione verranno realizzate in scavo tradizionale attraverso la finestra di Aica-Varna Nord. Tali opere misurano una lunghezza rispettivamente di 2.197 m circa per il B.P. e di 2.337 m circa per il B.D.

Come anticipato lo scavo della porzione di galleria compresa tra gli imbocchi a Nord e la finestra di Albes verrà realizzato dalla doppia finestra costruttiva di Aica-Varna, che assume pertanto un'importanza fondamentale per la gestione logistica e organizzativa del cantiere. Le sezioni trasversali delle due finestre sono dimensionate per le rispettive esigenze di cantiere. Gli imbocchi sono previsti nella zona Unterseeber, ad est dell'Autostrada A22. Da questo punto è prevista la realizzazione di una doppia galleria di smarino, denominata Forch, che prosegue verso est sottopassando la S.S. 12 del Brennero fino all'area di deposito di Forch.

Le attività di cantiere all'imbocco Nord (Stazione di Fortezza), agli imbocchi delle interconnessioni e all'imbocco Sud sono ridotte al minimo (realizzazione delle sezioni di attacco, esecuzioni dei portali e dei tratti in galleria artificiale).

Il cantiere di Albes, per la realizzazione della parte rimanente della galleria sino al ponte sull'Isarco, risponde anche all'esigenza programmatica di contenere la durata di costruzione della galleria Scaleres entro i tempi previsti nel programma lavori del P.P.2003. All'imbocco della finestra di Albes è pertanto previsto un cantiere di medie dimensioni a servizio del tratto di galleria da costruire.

Si descrivono le principali fasi operative per la costruzione della galleria Scaleres sinteticamente riportate nel seguente schema:

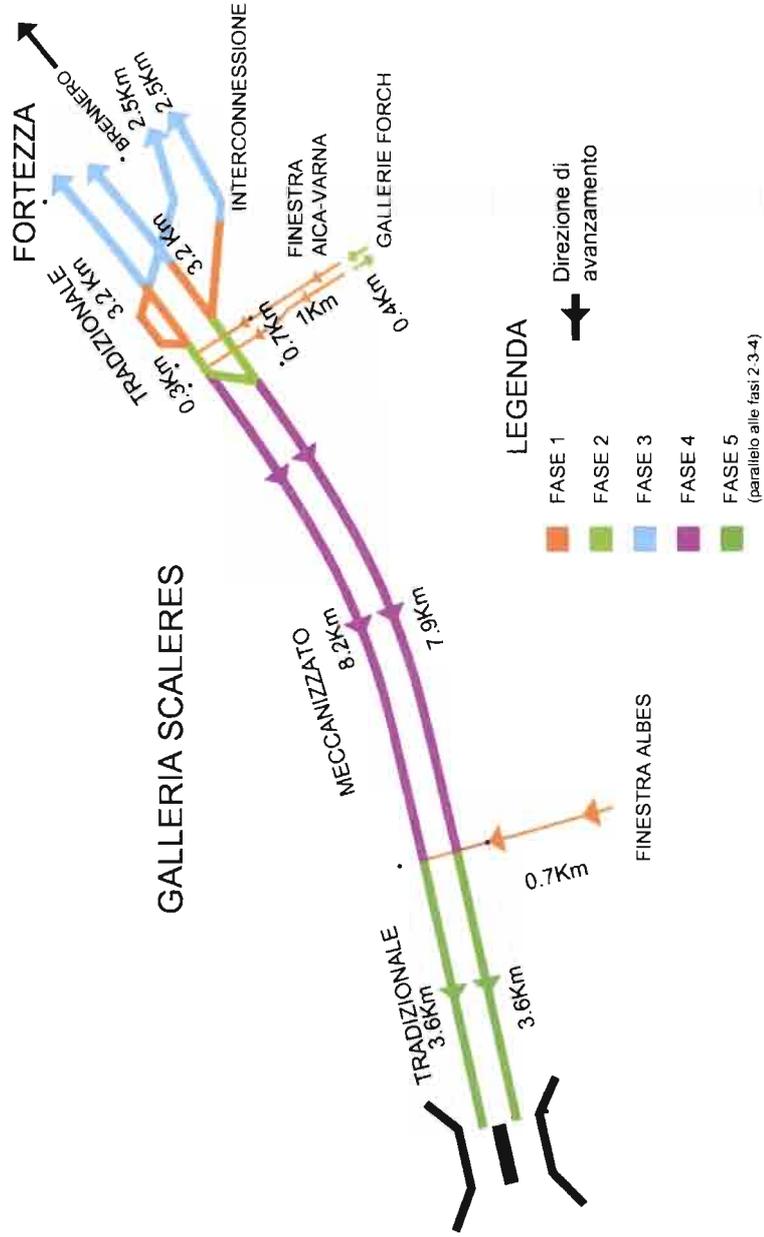


Fig. 13.1 – Galleria Scaleres – Principali fasi realizzative



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	144 di 154

- **Fase 1: realizzazione della doppia finestra di Aica-Varna e della finestra di Albes**

Partendo dalla zona di Unterseeber, la doppia finestra di Aica-Varna di circa 1 km, sottopassa con pendenza a salire prima l'autostrada e poi la linea esistente della Ferrovia del Brennero per arrivare fino alle zone di innesto con la galleria di linea. La realizzazione della doppia finestra risponde all'esigenza di separare, dal punto di vista organizzativo e logistico, le attività di scavo previste nel tratto in tradizionale e nel tratto in meccanizzato. La finestra Aica-Varna Nord è pertanto dedicata alle esigenze logistiche del tratto in scavo in tradizionale compreso tra la zona di innesto e i quattro imbocchi a Nord (gallerie di linea e di interconnessione), invece la finestra di Aica-Varna Sud è dedicata alle esigenze logistiche del tratto scavato in meccanizzato. Nelle zone di innesto la sezione trasversale viene ampliata per ragioni di logistica di cantiere (camerone di innesto).

La realizzazione delle due finestre avverrà con uno scarto temporale di 3 mesi circa tra l'una e l'altra, dando precedenza alla finestra di Aica-Varna sud.

Il sottoattraversamento dell'Autostrada A22 e della ferrovia avviene in scavo naturale secondo le modalità e le fasi riportate nei relativi allegati grafici progettuali. Data la sufficiente copertura non sono previste deviazioni o parzializzazioni provvisorie dell'arteria autostradale.

Contemporaneamente partiranno anche i lavori di costruzione della finestra di Albes, prevista in scavo tradizionale con pendenza a salire.

- **Fase 2: realizzazione del tratto compreso tra i camerone di interconnessione e il PC Scaleres e della doppia galleria di smarino Forch**

A partire dalle zone di innesto delle finestre si procederà, in entrambe le direzioni nord e sud, con il metodo tradizionale allo scavo del tratto di galleria di linea compreso tra il posto comunicazione e i due camerone di interconnessione con uno scarto temporale di qualche mese di una canna rispetto all'altra. In particolare per il tratto a Nord della finestra (camerone di interconnessione) la precedenza verrà data alla canna pari, per il PC Scaleres invece verrà data precedenza alla canna dispari poiché presenta uno sviluppo maggiore.

La doppia galleria di smarino di Forch verrà realizzata dagli imbocchi ubicati a Unterseeber. La galleria sottopassa in naturale con pendenza a scendere la S.S.12 del Brennero, per uno sviluppo di 215 m circa per la canna Nord e 246 per la canna sud, prosegue poi in galleria artificiale policentrica rispettivamente per altri 181 m circa (canna nord) e 151 m circa (canna sud). Data la sufficiente copertura di circa 33-34 m in corrispondenza della SS.12 del Brennero non sono previste deviazioni o parzializzazioni provvisorie dell'arteria stradale per eseguire lo scavo in tradizionale della galleria.

- **Fase 3: realizzazione della porzione di galleria a Nord dei camerone di interconnessione**

Ultimati gli scavi della fase 2, a Nord l'avanzamento proseguirà in scavo tradizionale per realizzare le gallerie di linea e le gallerie di interconnessione sino ai rispettivi portali naturali in zona Fortezza. I lavori di scavo di queste gallerie potranno procedere in parallelo, prevedendo comunque degli scarti temporali di qualche mese di una canna rispetto all'altra, dando la precedenza alla canna pari.

Lo smarino verrà estratto attraverso la finestra Aica-Varna Nord per mezzo di autocarri o nastri trasportatori. Le attività di scavo e stabilizzazione sono seguite dalla posa del rivestimento interno con alimentazione attraverso la finestra di Aica-Varna Nord.

I cunicoli trasversali di collegamento verranno realizzati immediatamente dopo l'ultimazione dei getti delle gallerie di linea e di interconnessione. Seguirà infine il completamento delle opere civili (marciapiedi, piano di regolamento etc.) per la tratta in oggetto.

L'alimentazione del cantiere e il trasporto dello smarino avverrà attraverso la doppia finestre di Aica-Varna e la doppia galleria di smarino Forch.



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA**

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	145 di 154

- **Fase 4: realizzazione della porzione di galleria dalla finestra di Aica-Varna sino alla finestra di Albes**

Tale fase avviene parzialmente in parallelo alle Fasi 2 e 3 e prevede il completamento del PC Scaleres (camerone B.P.), il montaggio delle due TBM scudate, con uno scarto temporale di 3 mesi circa di una TBM rispetto all'altra dando precedenza a quella del binario dispari.

I vari elementi delle TBM verranno trasportati attraverso la finestra Aica-Varna Sud sino al camerone di montaggio B.P. dove verranno assemblate. Montata prima la TBM della canna dispari lo scudo verrà traslato attraverso la galleria di comunicazione pari/dispari sino alla camera di lancio da dove inizierà lo scavo della canna dispari. A scavo iniziato si procederà al montaggio della seconda TBM scudata nel camerone di comunicazione B.P. che verrà poi traslata sino alla camera di lancio da dove inizierà lo scavo della canna pari.

Lo scavo verso sud si svolgerà in discesa sino alla zona di innesto della finestra di Albes con le gallerie di linea. Lo smarino verrà allontanato per mezzo di nastri trasportatori fissati lungo il paramento delle gallerie di linea, delle finestra Aica-Varna Sud e Forch Sud verso il portale di Forch.

Terminato lo scavo i back-up e le parti alloggiate all'interno dei due scudi verranno smontate, secondo lo schema rappresentato nella figura seguente, e portate a ritroso attraverso la galleria appena realizzata e la finestra Aica-Varna Sud. I due mantelli delle TBM verranno invece lasciati definitivamente nell'ammasso roccioso, il tratto di rivestimento finale sarà quindi eseguito in opera sfruttando gli scudi delle TBM come casseri esterni.

I cunicoli trasversali di collegamento verranno realizzati dopo l'ultimazione della canna dispari per terminare dopo il completamento della canna pari.

L'inizio dell'attività dei getti dei camerone del PC Scaleres sono previsti dopo la conclusione della realizzazione del tratto eseguito in meccanizzato.

L'attività per il completamento delle opere civili (marciapiedi, piano di regolamento etc.) per il suddetto tratto inizierà dopo lo smontaggio e l'allontanamento dalla galleria della TBM della canna pari.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	146 di 154

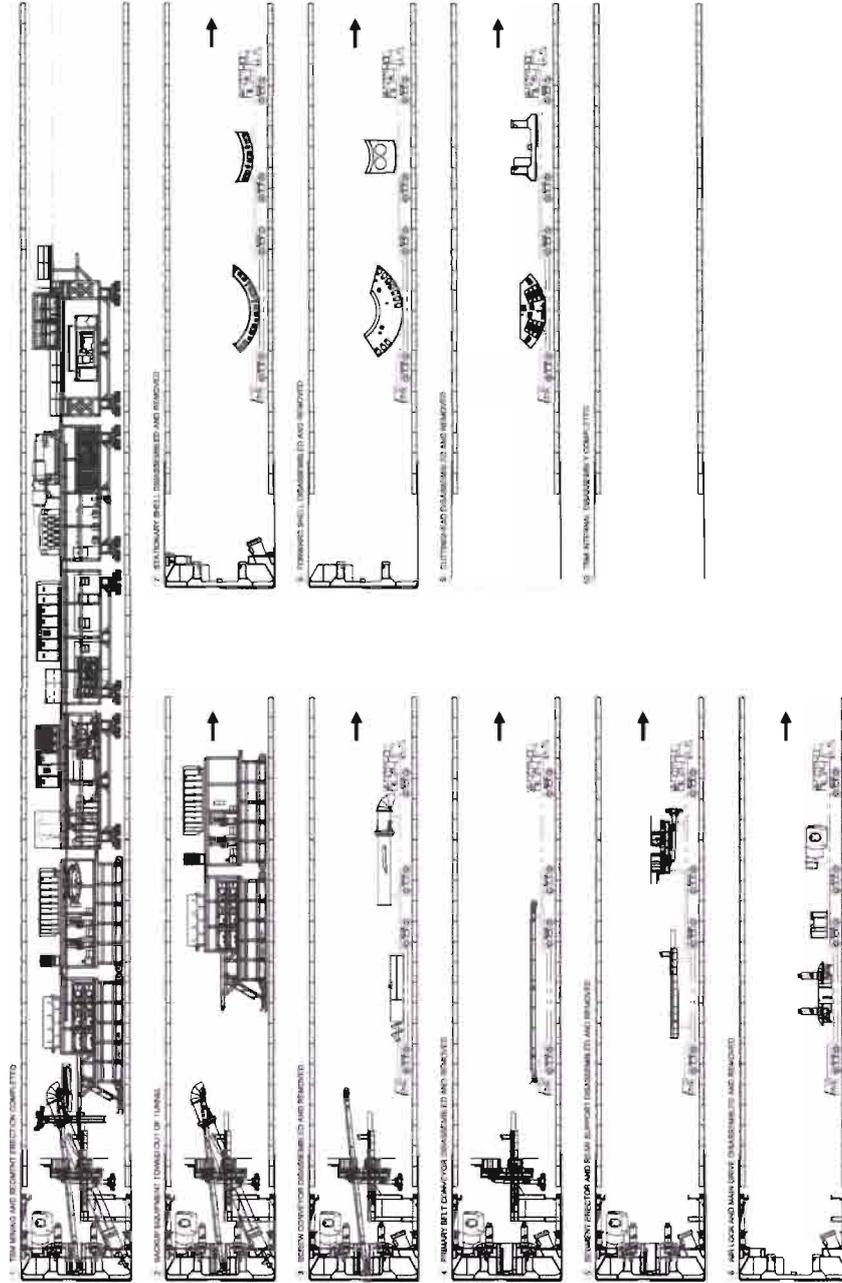


Fig. 13.2 - Fasi smontaggio e allontanamento TBM in galleria



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBLI	10	D07 RC	GN 00 00 001	A	147 di 154

- **Fase 5: realizzazione del tratto di galleria AC da Albes all'imbocco Sud**

Questa fase si svolgerà in parallelo alle fasi 2, 3 e 4. Ultimata la finestra di Albes, dalla zona di innesto gli scavi proseguiranno in discesa verso sud per realizzare le due canne di linea, con uno scarto temporale di qualche mese di una canna rispetto all'altra, dando la precedenza alla canna pari.

L'inizio dell'attività per la costruzione dei cunicoli di collegamento trasversali è prevista immediatamente dopo lo scavo delle gallerie di linea, al termine dei quali seguirà il completamento delle opere civili (marciapiedi, piano di regolamento etc.).

- **Fase 6: realizzazione dei locali tecnici interrati e getto dei rivestimenti definitivi delle finestre**

Ultimata la costruzione delle opere civili principali verranno realizzati, attraverso gli imbocchi delle finestre, i locali tecnici sotterranei e per ultimo il getto dei rivestimenti definitivi delle finestre. Contemporaneamente dagli imbocchi delle gallerie di linea può iniziare l'attività relativa all'attrezzaggio tecnico delle gallerie.

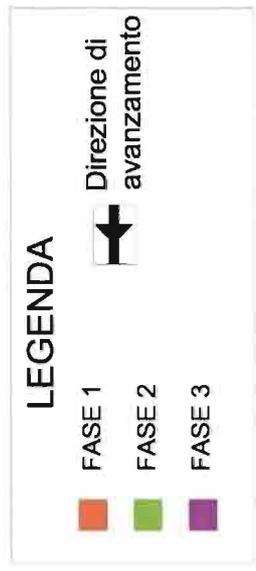
13.1.2.2 Galleria Gardena e gallerie di interconnessione di Ponte Gardena

Queste gallerie verranno realizzate in scavo tradizionale, compresi i cameroni di interconnessione e i cameroni dei due posti di comunicazione. Le attività principali sono concentrate in due cantieri, rispettivamente al portale Nord della galleria di linea e al portale della discenderia di Chiusa. A sud sono previsti solo gli interventi a salvaguardia delle opere interferite, di predisposizione delle opere di imbocco dell'interconnessione dispari e per la costruzione della relativa galleria artificiale scatolare.

Tutto il materiale scavato verrà trasportato su gomma sino ai depositi individuati in val Riga.

Si descrivono le principali fasi operative per la costruzione di tali gallerie sinteticamente riportate nel seguente schema:

	<p>ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA LOTTO I: FORTEZZA - PONTE GARDENA</p>				
	COMMESSA IBL1	LOTTO 10	CODIFICA D07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. A	FOGLIO 148 di 154



GALLERIA GARDENA

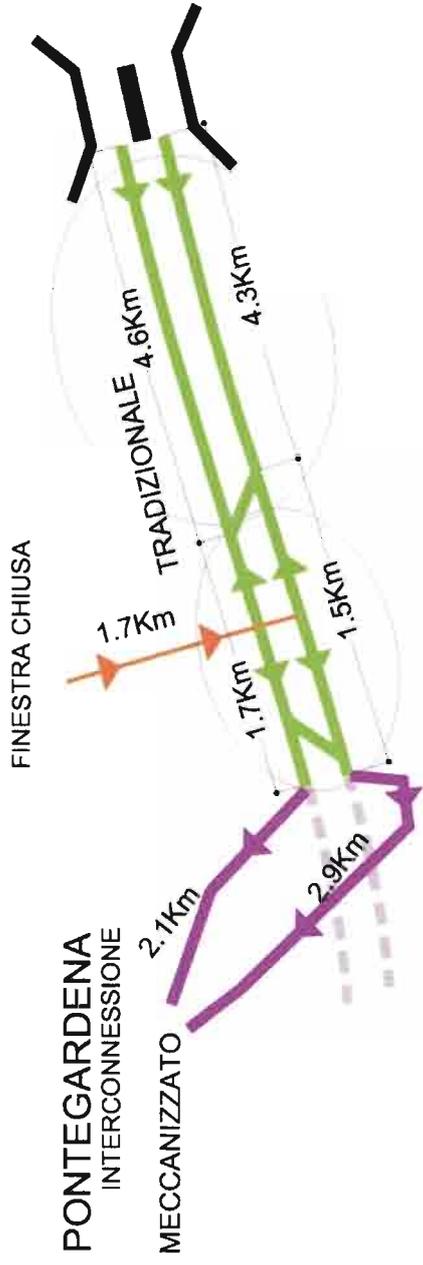


Fig. 13.3 – Galleria Gardena – Principali fasi realizzative



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	149 di 154

- **Fase 1: realizzazione delle opere di imbocco Nord e della finestra di Chiusa**

Per accedere all'imbocco Nord è prevista la realizzazione di una strada di cantiere ubicata in sx Isarco, che si collega con il casello autostradale di Bressanone Sud.

La finestra di Chiusa viene scavata in tradizionale con pendenza a scendere verso SE sino alla zona di innesto con le gallerie di linea. Nella zona di innesto la sezione trasversale viene ampliata per ragioni di logistica di cantiere (camerone di innesto).

- **Fase 2: realizzazione delle gallerie di linea e dei cameroni P.C. e di interconnessione**

Le gallerie di linea verranno realizzate dall'imbocco Nord e dalla zona di innesto della finestra in entrambe le direzioni Nord e Sud.

Dall'imbocco Nord lo scavo si svolgerà in discesa sino all'inizio dei cameroni del P.C. Chiusa Nord, per uno sviluppo di 4.595 per il B.P. e di 4.306 m per il B.D. circa. I lavori di scavo delle due canne procederanno contemporaneamente prevedendo comunque degli scarti temporali di qualche mese di una canna rispetto all'altra, dando la precedenza alla pari.

Lo smarino verrà estratto attraverso i portali per mezzo di autocarri, utilizzando prima la strada di cantiere appositamente realizzata in sx Isarco per 4 km circa e poi, dal casello di Bressanone Sud, l'autostrada per 10 km circa sino ai siti di destinazione finali individuati in zona val Riga.

Le attività di scavo e stabilizzazione sono seguite dalla posa del rivestimento interno con alimentazione attraverso i portali dell'imbocco Nord.

Dalla zona di innesto della discenderia con le gallerie di linea lo scavo si svolgerà in direzione Nord, in salita, sino ai cameroni del P.C. Chiusa Nord compresi e in direzione Sud, in discesa, sino ai cameroni di interconnessione inclusi. Sono compresi anche i cameroni del P.C. Chiusa Sud che prevedono ampie sezioni per consentire il montaggio e la traslazione della TBM scudata per lo scavo delle gallerie di interconnessione. Lo scavo delle due canne procederà in parallelo, con uno sfalsamento temporale di qualche mese di una canna rispetto all'altra, dando la precedenza alla canna pari.

Lo smarino verrà estratto attraverso la finestra per mezzo di autocarri, che dal portale proseguiranno prima sulla S.P. 242 per 2,5 km circa, poi dal casello autostradale di Chiusa su autostrada per 15 km circa sino ai depositi in val Riga.

Le attività di scavo e stabilizzazione sono seguite dalla posa del rivestimento interno con alimentazione attraverso la finestra di Chiusa e l'imbocco Nord della Gardena.

La costruzione dei cunicoli di collegamento trasversale inizierà immediatamente dopo la realizzazione del tratto di galleria scavato da Nord.

- **Fase 3: realizzazione delle gallerie di interconnessione**

Terminato lo scavo in tradizionale della galleria Gardena, compresi i cameroni di interconnessione e le camere di lancio delle TBM, si procederà al montaggio della TBM scudata e del back-up all'interno del camerone B.P. del PC Chiusa Sud. I vari elementi della TBM e del back-up verranno trasportati sino al camerone dal portale dell'imbocco Nord attraverso la galleria appena realizzata. Completato il montaggio la TBM verrà poi tralata sul binario dispari attraverso la galleria di comunicazione pari/dispari sino alla camera di lancio ubicata alla fine del camerone di interconnessione da dove inizierà lo scavo. All'uscita dell'imbocco verrà predisposta una sella in c.a. sulla quale verrà tralata e smontata la TBM. Da qui i vari elementi della TBM verranno trasportati, prima



**ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA**

LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	150 di 154

attraverso la viabilità ordinaria e la strada di cantiere, sino al portale Nord e poi attraverso la galleria già realizzata sino al camerone di montaggio B.P. del PC Chiusa Sud, dove verrà rimontata per affrontare lo scavo dell'interconnessione pari. Lo scavo terminerà a ridosso della paratia della galleria artificiale oggetto del P.D. del subplotto funzionale di Fortezza-Ponte Gardena. Una volta abbattuta la paratia la TBM traslerà all'interno della galleria artificiale dove verrà smontata.

L'inizio dell'attività per l'esecuzione dei getti dei vari cameroni coincide, per motivi di organizzazione logistica, con l'inizio dello scavo meccanizzato del binario di interconnessione pari.

Completata la galleria pari si potranno completare le attività per la costruzione dei cunicoli di collegamento ed iniziare le attività delle altre opere civili rimaste (marciapiedi, piano di regolamento etc.).

Le attività di consolidamento preventivo previste a Ponte Gardena, che scaturiscono dall'interferenza delle interconnessioni con le opere autostradali (rilevato e viadotto Belprato), precedono la realizzazione delle gallerie di interconnessione o meglio l'arrivo delle TBM nelle zone interferite. Anche la realizzazione delle opere dell'imbocco dispari dell'interconnessione dovrà essere realizzata prima dell'arrivo della TBM, la costruzione della galleria artificiale scatolare invece avverrà dopo lo smontaggio della TBM.

- **Fase 4: realizzazione dei locali tecnici interrati e getto del rivestimenti definitivo della finestra di Chiusa**

Ultimata la realizzazione delle opere principali verranno realizzati, attraverso la discenderia di Chiusa, i locali tecnici sotterranei e per ultimo il getto del rivestimento definitivo della finestra. Contemporaneamente dagli imbocchi delle gallerie di linea può iniziare l'attività relativa all'attrezzaggio tecnico delle gallerie.

13.2 STIMA DEI TEMPI DI REALIZZAZIONE DELLE OPERE CIVILI INGALLERIA

Sulla base delle fasi di realizzazione indicate e in relazione alle previsioni geologiche e geomeccaniche che caratterizzano gli ammassi interessati dagli scavi è stato redatto il cronoprogramma relativo alle gallerie del Lotto 1 comprensivo delle interconnessioni e delle finestre, che di seguito riportato. La durata complessiva dei lavori delle opere civili risulta pari a 83 mesi circa. A guadagno di tempo l'attrezzaggio della galleria può iniziare quando sono ancora in corso le attività di alcune opere civili (come p.es. il getto dei rivestimenti definitivi delle finestre) senza che ciò possa causare interferenze tra le suddette lavorazioni.

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	151 di 154

VERONA - FORTEZZA - LOTTO 1 - TRATTO FORTEZZA - PONTE GARDENA
PROGRAMMA LAVORI DELLE GALLERIE NATURALI

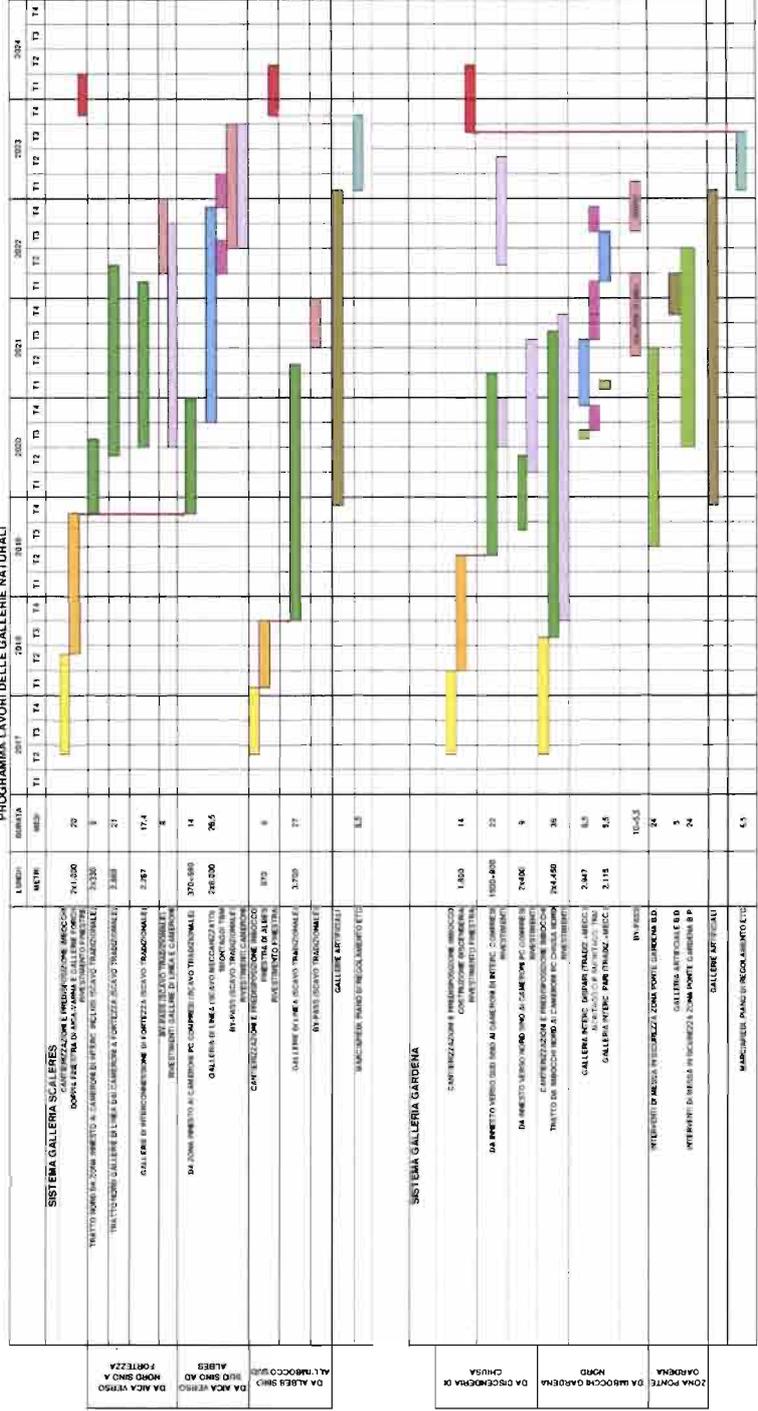


Fig.13.4 – Cronoprogramma

13.3 IL MONITORAGGIO PER LA FASE REALIZZATIVA

Durante la realizzazione delle opere in sotterraneo si dovrà porre in opera un adeguato programma di monitoraggio, volto a verificare ed ottimizzare le scelte progettuali effettuate, in termini di intensità degli interventi di consolidamento e confinamento previsti e di successione delle fasi esecutive, in particolare: cadenze di scavo e distanze di getto dal fronte dei rivestimenti definitivi in funzione dei livelli deformativi del fronte e del cavo. Questi adeguamenti progettuali fanno parte dell'approccio progettuale ADECO-RS (Rif. [26]), e più in generale del "metodo osservazionale". Il monitoraggio ha inoltre lo scopo di controllare gli eventuali effetti indotti in superficie nelle condizioni di basse coperture e, particolarmente, in presenza di interferenze.

Per le gallerie realizzate con scavo tradizionale sono previste cinque sezioni tipo di monitoraggio interno:

- sezione tipo 1: sezione per il controllo della convergenza, composta da 5 mire ottiche,
- sezione tipo 2: sezione per il controllo degli spostamenti longitudinali del fronte, composta da 1 estrusometro,
- sezione tipo 3: sezione per il controllo delle deformazioni al contorno del cavo, composta da 5 estensimetri multibase,
- sezione tipo 4: sezione di controllo del rivestimento di prima fase, composta da 5 coppie di barrette estensimetriche e 2 celle di pressione.
- sezione tipo 5: sezione di controllo del rivestimento definitivo, composta da 6 coppie di barrette estensimetriche.

Di seguito sono descritti i campi di applicazione e la frequenza di installazione delle sezioni tipo di monitoraggio:

- Sezione tipo 1: da applicarsi per tutte le sezioni di scavo e consolidamento; la frequenza di installazione è di una sezione ogni 20 m per le tratte con sezioni di scavo di tipo A; una sezione per campo per le sezioni di scavo di tipo B e di tipo C.
- Sezione tipo 2: è prevista per le sezioni di scavo di tipo C, eventuale per le sezioni di scavo di tipo B; la frequenza di installazione è di un estrusometro ($L = 30\text{m}$) ogni due campi per le sezioni tipo B1, C1 e C2v; un estrusometro ($L=30\text{m}$) ogni tre campi per le sezioni C1bis e Cd.
- Sezione tipo 3: da applicarsi per le sezioni di scavo di tipo B e C; la frequenza di installazione è una sezione ogni 500 m. Per i cameroni e le sezioni speciali, nei quali il getto del rivestimento definitivo seguirà i tempi dettati dalla logistica per il montaggio, la traslazione e il lancio della TBM, la frequenza di installazione prevista è di una sezione ogni 100 m.
- Sezione tipo 4: la frequenza di installazione è una sezione ogni 500 m. Per i cameroni e le sezioni speciali, nei quali il getto del rivestimento definitivo seguirà i tempi dettati dalla logistica per il montaggio, la traslazione e il lancio della TBM, la frequenza di installazione prevista è di una sezione ogni 50 m.
- Sezione tipo 5: la frequenza di installazione è una sezione ogni 500 m.

Le frequenze di misure previste per le diverse sezioni tipo di monitoraggio sono le seguenti:

- Sezione tipo 1: una misura ogni due giorni fino al getto del rivestimento definitivo per le sezioni di scavo di tipo A; una misura al giorno fino al getto del rivestimento definitivo per le sezioni di scavo di tipo B e C.
- Sezione tipo 2: tre misure ogni campo
- Sezione tipo 3: una misura ogni giorno fino al getto del rivestimento definitivo
- Sezione tipo 4: letture giornaliere fino al getto della calotta



ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA - VERONA
LOTTO 1: FORTEZZA – PONTE GARDENA

RELAZIONE TECNICA GENERALE DELLE OPERE
IN SOTTERRANEO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IBL1	10	D07 RG	GN 00 00 001	A	153 di 154

- Sezione tipo 5: letture giornaliere fino al getto del concio adiacente, letture mensili fino a fine lavori.

Per i cameroni e le sezioni speciali, nei quali il getto del rivestimento definitivo seguirà i tempi dettati dalla logistica per il montaggio, la traslazione e il lancio della TBM, sono da prevedersi le seguenti frequenze di installazione delle sezioni tipo di monitoraggio:

- Sezione tipo 1: una stazione ogni 20 m,
- Sezione tipo 3: una stazione ogni 100 m,
- Sezione tipo 4: una stazione ogni 50 m.

e le seguenti frequenze di misura:

- Sezione tipo 1: una lettura al giorno per un mese, una lettura ogni 15 giorni per 1 anno, una lettura al mese fino al getto del rivestimento definitivo..
- Sezione tipo 3: una lettura al giorno per un mese, una lettura ogni 15 giorni per 1 anno, una lettura al mese fino al getto del rivestimento definitivo.
- Sezione tipo 4: una lettura al giorno per un mese, una lettura ogni 15 giorni per 1 anno, una lettura al mese fino al getto del rivestimento definitivo.

Si prevede inoltre l'esecuzione di rilevi del fronte di scavo per la restituzione delle caratteristiche litologiche, stratigrafiche e strutturali dell'ammasso al fronte di scavo; sono previsti rilievi ogni 20 m per lo scavo con sezione di avanzamento di tipo A, per ogni campo di scavo per le sezioni di tipo B e C e comunque ad ogni cambio litologico.

Per le gallerie realizzate con scavo meccanizzato è prevista una sezione tipo di monitoraggio interno:

- sezione tipo 5mec: sezione di controllo del rivestimento definitivo, composta da 6 coppie di barrette estensimetriche.

Inoltre, per le tratte di scavo sotto basse coperture e in presenza di interferenze è previsto il seguente sistema di monitoraggio esterno:

- installazione di capisaldi su un allineamento longitudinale in asse alla galleria e su sezioni disposte trasversalmente (sezione tipo T) all'asse della galleria per il controllo dei cedimenti al piano campagna, mediante;
- sezioni con strumentazione geotecnica (sezione tipo G) costituite da inclinometri, estensimetri e piezometri per il controllo delle deformazioni e delle pressioni interstiziali nell'ammasso al contorno della galleria.

Le grandezze individuate come rappresentative dovranno essere rilevate e controllate con un sistema di misura che abbia un grado di precisione compatibile con i valori attesi per le grandezze sopra dette.

Gli strumenti di misura utilizzati dovranno permettere di garantire la precisione e l'affidabilità delle letture in modo da non essere influenzati in modo significativo da cambiamenti di temperatura, umidità, corrente elettrica e vibrazioni indotte. La strumentazione di monitoraggio dovrà essere installata e predisposta all'uso con sufficiente anticipo rispetto all'arrivo degli scavi e dei consolidamenti in modo da poter effettuare le necessarie misure di zero

Il sistema di monitoraggio dovrà essere predisposto in modo tale da garantire l'esame tempestivo e continuativo dei dati rilevati e la trasmissione sistematica dei dati e delle elaborazioni, avendo precedentemente definito ed assegnato le responsabilità per la lettura, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati di monitoraggio, nonché per la loro distribuzione.

14 CONCLUSIONI

La relazione ha illustrato il progetto definitivo delle gallerie naturali previste nella tratta Fortezza–Ponte Gardena compresa nella nuova linea AC Verona-Fortezza.

Dopo una descrizione del tracciato e delle principali opere, è stato presentato il quadro di riferimento geologico ed idrogeologico, che ha consentito di individuare le problematiche geologiche e geotecniche connesse alle soluzioni progettuali. La sintesi della fase conoscitiva di studio geologico e geotecnico è riportata nei “Profili Geotecnici” di progetto.

Sulla base del modello geotecnico, formulato nella fase conoscitiva, si è proceduto alla previsione della risposta tensio-deformativa dell’ammasso allo scavo (fase di diagnosi). Tale valutazione è stata condotta con riferimento alle tre categorie di comportamento fondamentali individuate nel metodo ADECO-RS (Rif. [26]).

Dall’analisi del tracciato plano-altimetrico, dall’inquadramento geologico-idrogeologico, dalla previsione della risposta deformativa allo scavo, dalla configurazione delle gallerie e dai vincoli programmatici è derivata la scelta dei metodi di scavo più appropriati per la realizzazione delle gallerie naturali e delle altre opere in sotterraneo (cameroni, cunicoli di by-pass, finestre). Per la fase realizzativa sono stati individuati gli schemi operativi di costruzione e gli eventuali rischi che possono incidere sulla realizzazione delle opere.

Lo studio condotto in questa fase di progettazione ha permesso di identificare le principali tematiche e criticità e di individuare, sulla base dei dati disponibili, le soluzioni progettuali e costruttive ritenute più idonee per la gestione dei rischi.

Infine si sono descritti brevemente gli schemi operativi di costruzione e si sono condotte valutazioni in merito ai tempi di realizzazione delle opere civili sotterranee.

