

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J34G18000150001

## U.O. GALLERIE

## PROGETTO DEFINITIVO

LINEA VERONA – BRENNERO E LINEA FORTEZZA – SAN CANDIDO  
NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO “VARIANTE VAL DI RIGA”

VARIANTE VAL DI RIGA

ELABORATI GENERALI

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

SCALA:

-

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

I B 0 H 0 0 D 0 7 R G G N 0 0 0 0 0 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione esecutiva	A. Duzi Nulli	Giugno 2020	M. Ricci	Giugno 2020	C. Mazzocchi	Giugno 2020	ITALFERR S.P.A. U.O. GALLERIE Dott. Ing. Alessandra Scioni Linea degli Ingegneri n° 15946	A. Scioni Agosto 2021
B	Aggiornamento a seguito richieste RFI	A. Duzi Nulli	Agosto 2021	M. Ricci	Agosto 2021	C. Mazzocchi	Agosto 2021		

File: IB0H00D07RGGN0000001B.docx

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO .....	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	5
4.1	DOCUMENTI REFERENZIATI .....	5
4.2	DOCUMENTI CORRELATI .....	5
4.3	DOCUMENTI SUPERATI .....	5
5	ALLEGATI .....	5
6	DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO .....	5
7	DESCRIZIONE DELL’OPERA .....	7
7.1	IL TRACCIATO E LE OPERE IN SOTTERRANEO .....	7
7.2	OPERE PER LA SICUREZZA IN GALLERIA .....	9
7.3	OPERE TECNOLOGICHE .....	9
7.4	INTERFERENZE LUNGO IL TRACCIATO .....	9
8	METODOLOGIA DI LAVORO .....	13
9	FASE CONOSCITIVA .....	13
9.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	13
9.2	INDAGINI .....	14
9.3	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA .....	14
9.4	IL REGIME IDRAULICO .....	15
10	FASE DI DIAGNOSI .....	16
10.1	CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO .....	16
10.2	DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO .....	17
10.3	DEFINIZIONE DELLE TRATTE A COMPORTAMENTO TENSIO-DEFORMATIVO OMOGENEO .....	17
11	FASE DI TERAPIA .....	18
11.1	METODOLOGIA DI SCAVO .....	18

RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IB0H	00	D 07 RG	GN 00 00 001	B	3 di 26

11.1.1	<i>Criteri di scelta del sistema di scavo</i> .....	18
11.1.2	<i>Metodo di scavo tradizionale</i> .....	18
11.2	DEFINIZIONE DELLE SEZIONI TIPO.....	19
11.2.1	<i>Sezione C1</i> .....	19
11.2.2	<i>Sezione C1bis</i> .....	20
11.2.3	<i>Sezione C1pc</i> .....	20
11.3	RISCHI POTENZIALI .....	21
12	FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO.....	23
12.1	SCAVO TRADIZIONALE.....	23
12.2	MONITORAGGIO IN CORSO D’OPERA .....	23
13	CONCLUSIONI .....	26

	LINEA VERONA – BRENNERO E LINEA FORTEZZA – SAN CANDIDO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO “VARIANTE VAL DI RIGA” <b>VARIANTE DI RIGA</b>					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IB0H	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. B

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto il progetto definitivo della variante ferroviaria, denominata “Variante di Val di Riga”, che conetterà direttamente la linea San Candido - Fortezza alla direttrice Verona - Brennero, mediante la realizzazione di una bretella che si svilupperà, in direzione Sud, fra Rio Pusteria e Bressanone.

Il nuovo tracciato ferroviario, a semplice binario, è lungo 3,8 km circa e prevede la realizzazione di una galleria naturale, denominata Galleria Olimpia, e di un viadotto ferroviario sul fiume Isarco. A integrazione della nuova linea è prevista la nuova fermata di Naz – Sciaves in corrispondenza del ricongiungimento della nuova linea con la Fortezza – San Candido, e un nuovo Posto di Movimento lungo la linea esistente Fortezza – San Candido.

## 2 SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Scopo del documento è la descrizione delle principali soluzioni tecnico-progettuali individuate per la realizzazione della galleria Olimpia. Per l’analisi degli aspetti geotecnici e strutturali si rimanda alla Relazione geotecnica e di calcolo della galleria naturale (Rif. [21]) e alla Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco (Rif. [22]).

## 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Rif. [1] Decreto Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018, “Aggiornamento delle Nuove norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Rif. [2] C.S.LL.PP., Circolare n°7 del 21/01/2019, “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM 14/01/2018”.
- Rif. [3] Decreto Ministeriale 28/10/2005. “Sicurezza nelle gallerie ferroviarie”;
- Rif. [4] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1303/2014 - relativa alla Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente “la sicurezza nelle gallerie ferroviarie” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [5] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1300/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità concernente le “persone a mobilità ridotta” nel sistema ferroviario transeuropeo convenzionale e ad alta velocità;
- Rif. [6] Regolamento del 18/11/2014 della Commissione dell’Unione Europea – 1299/2014 - relativa ad una Specifica Tecnica di Interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario transeuropeo ad alta velocità.
- Rif. [7] SIG, “Linee guida per la progettazione, l’appalto e la costruzione di opere in sotterraneo”, 1997;
- Rif. [8] ITA, “Guidelines for the design of tunnels”, 1988;
- Rif. [9] AGI, “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”, 1977.
- Rif. [10] RFI, doc RFI DTC SI SP IFS 001 D “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili” (20/12/2019);
- Rif. [11] RFI, doc RFI DTC SI MA IFS 001 D “Manuale di Progettazione delle opere civili” (20/12/2019);
- Rif. [12] ITALFERR, Specifica Tecnica PPA.0002403 “Linee guida per la progettazione geotecnica delle gallerie naturali” (Dicembre 2015).

	LINEA VERONA – BRENNERO E LINEA FORTEZZA – SAN CANDIDO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO “VARIANTE VAL DI RIGA” <b>VARIANTE DI RIGA</b>					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IB0H	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. B

## 4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 4.1 Documenti Referenziati

Come input per il presente documento sono stati utilizzati gli elaborati di progetto relativi alle precedenti fasi progettuali:

Rif. [13] RFI-STA, Progetto Preliminare (2018);

Rif. [14] Italferr, documento IB0H00D05PGMD0000001A “Piano di progettazione” datato Gennaio 2020;

Rif. [15] U.O. Geologia, Gestione Terre e Bonifiche, Elaborati Specialistici;

Rif. [16] U.O. Infrastrutture Centro, Elaborati Specialistici;

Rif. [17] U.O. Sicurezza, manutenzione e interoperabilità, Elaborati Specialistici.

### 4.2 Documenti Correlati

Rif. [18] Lunardi P. (2006). Progetto e Costruzione di Gallerie: Analisi delle deformazioni controllate nelle rocce e nei suoli - ADECO-RS – (Hoepli Ed.);

Rif. [19] Peck R.B. (1969). Deep excavations and tunnelling in soft ground. SOA Report 7<sup>th</sup> Int. Conf. SMFE Mexico City, State of the Art Volume.

### 4.3 Documenti Superati

Non sono presenti documenti superati.

## 5 ALLEGATI

Non sono presenti allegati.

## 6 DOCUMENTI PRODOTTI A SUPPORTO

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

Rif. [20] U.O. Gallerie, documento IB0H00D07SPGN0000001A Caratteristiche dei materiali - Note generali datato Giugno 2020;


Rif. [21] U.O. Gallerie, documento IB0H00D07RBGN0100001A Relazione geotecnica e di calcolo della galleria naturale datato Giugno 2020;

Rif. [22] U.O. Gallerie, documento IB1H00D07RBGA0000001A Relazione geotecnica e di calcolo delle opere di imbocco e delle tratte di galleria artificiale datato Giugno 2020;

Rif. [23] U.O. Gallerie, documento IB0H00D07F6GN0100001A Profilo geotecnico datato Giugno 2020;

Rif. [24] U.O. Gallerie, documento IB0H00D07PZGN0100001A Sistema di smaltimento delle acque in galleria datato Giugno 2020;

Rif. [25] U.O. Gallerie, documento IB0H00D07WBGN0100001A Sezioni tipo di intradosso datato Giugno 2020;

	LINEA VERONA – BRENNERO E LINEA FORTEZZA – SAN CANDIDO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO “VARIANTE VAL DI RIGA” <b>VARIANTE DI RIGA</b>					
RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IB0H	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. B	FOGLIO 6 di 26

- Rif. [26] U.O. Gallerie, documento IB0H00D07WZGN0100001A Corrimano e particolari costruttivi datato Giugno 2020;
- Rif. [27] U.O. Gallerie, documento IB0H00D07BBGA0000001A Sezione scatolare - Carpenteria datato Giugno 2020;
- Rif. [28] U.O. Gallerie, documento IB0H00D07BBGN0100001A Sezione tipo C1 - Carpenteria, scavo e consolidamenti datato Giugno 2020;
- Rif. [29] U.O. Gallerie, documento IB1H00D07BBGN0100002A Sezione tipo C1bis - Carpenteria, scavo e consolidamenti datato Giugno 2020;
- Rif. [30] U.O. Gallerie, documento IB0H00D07BBGN0100003A Sezione tipo C1pc - Carpenteria, scavo e consolidamenti datato Giugno 2020;
- Rif. [31] U.O. Gallerie, documento IB0H00D07P8GN0000001A Monitoraggio - Planimetria monitoraggio stazione totale interferenza A22 datato Giugno 2020;
- Rif. [32] U.O. Gallerie, documento IB0H00D07P8GN0000002A Monitoraggio - Planimetria monitoraggio stazione totale interferenza SS12 datato Giugno 2020;
- Rif. [33] U.O. Gallerie, documento IB0H00D07WAGA0000001A Monitoraggio - Sezioni tipologiche opere di imbocco datato Giugno 2020;
- Rif. [34] U.O. Gallerie, documento IB0H00D07WAGN0000001A Monitoraggio - Sezioni strumentate galleria naturale datato Giugno 2020;

## 7 DESCRIZIONE DELL’OPERA

### 7.1 Il tracciato e le opere in sotterraneo

La galleria Olimpia è lunga 796,4 m, dal km 0+820,0 al km 1+616,4. È costituita da tratte in naturale per complessivi 466,2 m e da tre tratti in artificiale: due sono previsti in corrispondenza degli imbocchi, di lunghezza pari a 190,0 m per l’imbocco lato Bressanone (compreso il sottoattraversamento dell’autostrada A22), e 123,4 m per l’imbocco lato Naz-Sciaves; il terzo tratto in artificiale è previsto per il sottoattraversamento della strada statale SS12, per una lunghezza di 16,9 m.

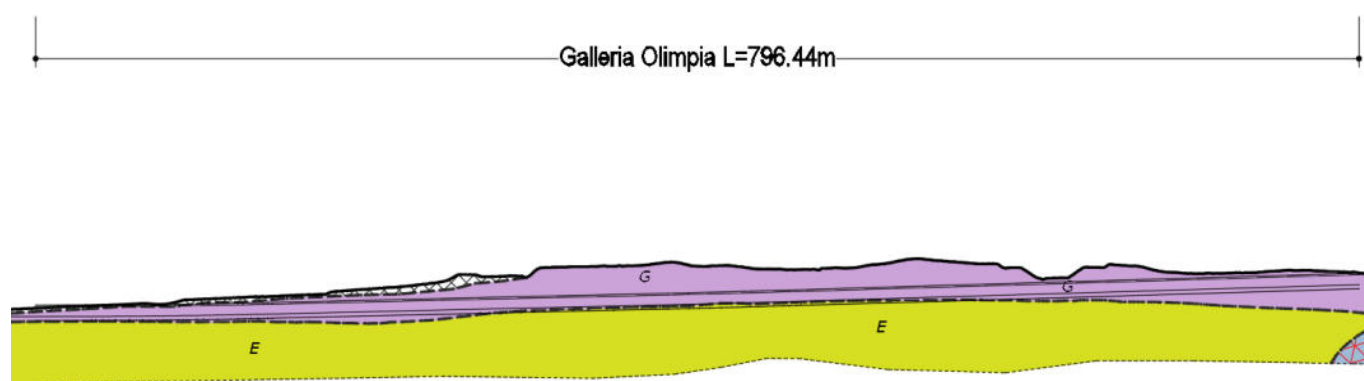


Figura 1 – Stralcio del profilo geotecnico della galleria Olimpia (Rif. [23])

In Tabella 1 sono riportate le progressive della galleria Olimpia e delle opere di imbocco.

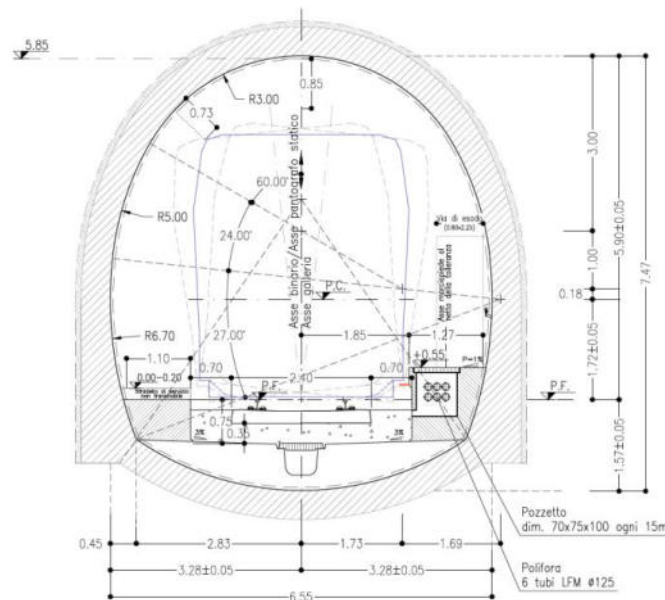
Tabella 1 – Progressive della galleria Olimpia

Opera	pk <sub>inizio</sub> [m]	pk <sub>fine</sub> [m]	L <sub>parziali</sub> [m]	L <sub>TOT</sub> [m]
Galleria artificiale scatolare Imbocco lato Bressanone e sottoattraversamento A22 (GA01)	820.0	1010.0	190.0	796.44
Galleria Naturale (GN01)	1010.0	1425.0	415.0	
Galleria artificiale scatolare Sottoattraversamento SS12 (GA02)	1425.0	1441.9	16.9	
Galleria Naturale (GN01)	1441.9	1493.1	51.2	
Galleria artificiale policentrica/scatolare Imbocco lato Naz-Sciaves (GA03)	1493.1	1616.4	123.4	

Il tracciato ferroviario in galleria è monopendente in salita in direzione Naz-Sciaves con una pendenza longitudinale massima pari a 29,51 ‰; la sopraelevazione massima in curva è pari a 78 mm e il raggio di curvatura planimetrica minimo è di 15000 m. La copertura massima è pari a 19 m.

Le sezioni di intradosso utilizzate per la galleria sono in accordo con le sezioni a singolo binario del Manuale di Progettazione RFI (Rif. [11]), idonee al transito del Gabarit GB1 (P.M.O. n°3) e velocità di progetto sino a 160 km/h. Al suo interno è previsto l'alloggiamento dell'armamento tradizionale con traverse tipo “RFI-240” poggiate su ballast ed elettrificazione a c.c. a 3 kV.

La sezione d'intradosso (Figura 2) è policentrica con un raggio di 3,00 m in chiave calotta.

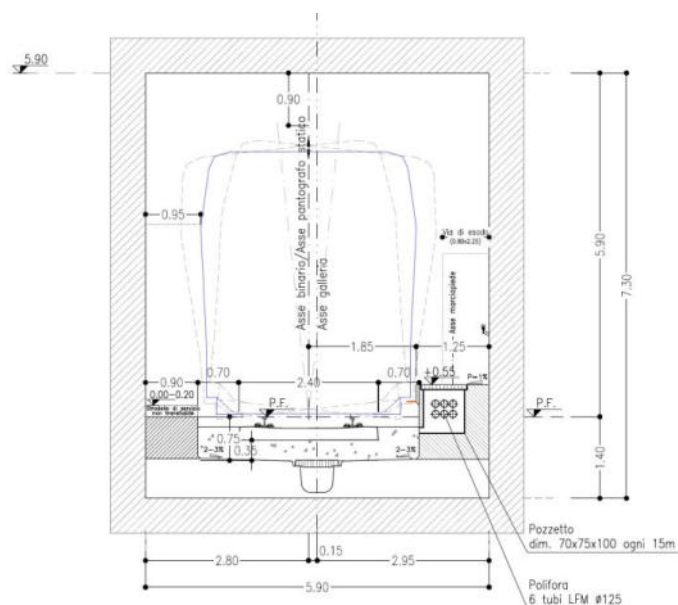


**Figura 2 - Sezione di intradosso policentrica della galleria Olimpia**

Nelle tratte di galleria artificiale scatolare la sezione di intradosso (Figura 3) ha una larghezza pari a 5,90 m e una altezza libera su piano del ferro pari a 5,90 m; è previsto un disassamento tra asse galleria e asse binario di 15 cm.

Il marciapiede di esodo, presente sul lato destro nel verso delle progressive crescenti, è a geometria variabile, secondo quanto prescritto dal Manuale di Progettazione RFI (Rif. [11]). Al variare della sopraelevazione del binario, il ciglio del marciapiede è posto ad altezza fissa, misurata perpendicolarmente al piano di rotolamento, pari a +55 cm, e a distanza dal bordo interno della più vicina rotaia, misurata parallelamente al piano di rotolamento, pari a 113 cm. La larghezza del camminamento ha larghezza sempre superiore a 120 cm, sia nelle tratte a sezione policentrica, sia in quelle a sezione scatolare, ed è corredato da un corrimano posto sul paramento interno della galleria ad una quota di circa 1 m dal piano di calpestio del marciapiede.





**Figura 3 - Sezione di intradosso scatolare della galleria Olimpia**

## 7.2 Opere per la sicurezza in galleria

In accordo a quanto previsto negli elaborati di U.O. Sicurezza, manutenzione e interoperabilità (Rif. [17]), i requisiti di sicurezza previsti per la Galleria Olimpia sono conformi alle disposizioni legislative emanate in campo europeo attraverso la Specifica Tecnica di Interoperabilità STI-SRT 2014 “Safety in Railway Tunnels” (Rif. [4]) e le indicazioni del Manuale di Progettazione RFI (Rif. [11]).

Data la lunghezza dell’opera in progetto, inferiore ai 1000 m, non sono previste uscite di emergenza.

## 7.3 Opere tecnologiche

In accordo al Manuale di Progettazione RFI (Rif. [11]), la galleria non è dotata di nicchie di ricovero personale e non sono previste nicchie tecnologiche.

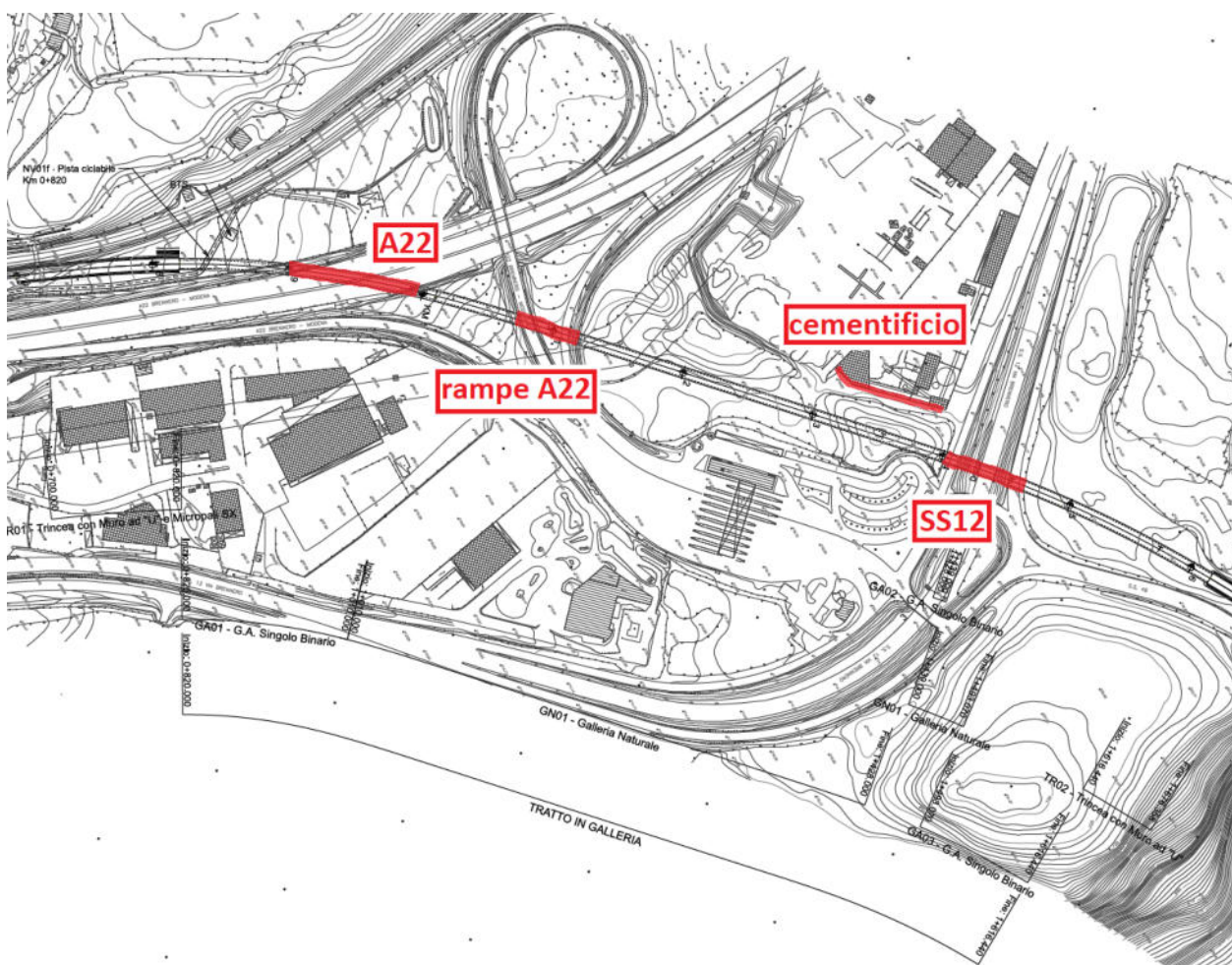
Alle pk 0+900 e 1+254, a parziale ingombro dello stradello non transitabile e senza la necessità di nicchie o allarghi della sezione di intradosso, sono previsti i dispositivi di regolazione automatica con le relative contrappesature.

## 7.4 Interferenze lungo il tracciato

Il tracciato plano-altimetrico della Galleria Olimpia comporta la risoluzione delle seguenti interferenze:

- dalla pk 0+900 alla pk 1+010 è previsto il sottoattraversamento della Autostrada del Brennero A22, con coperture variabili tra 2,8 m e 4,2 m;

- dalla pk 1+064 alla pk 1+170 è previsto il sottoattraversamento delle rampe di svincolo della A22 e di due tralicci dell’alta tensione, con coperture variabili tra 10,1 m e 15,0 m;
- dalla pk 1+330 alla pk 1+400 la galleria è in affiancamento alle fondazioni dei tiranti di un muro di sostegno multitiranto a protezione di un cementificio, con franchi laterali compresi tra 3,6 m e 8,9 m;
- dalla pk 1+400 alla pk 1+466 è previsto il sottoattraversamento della strada statale SS12 e delle relative rampe di svincolo, con coperture variabili tra 2,3 m e 9,4 m.

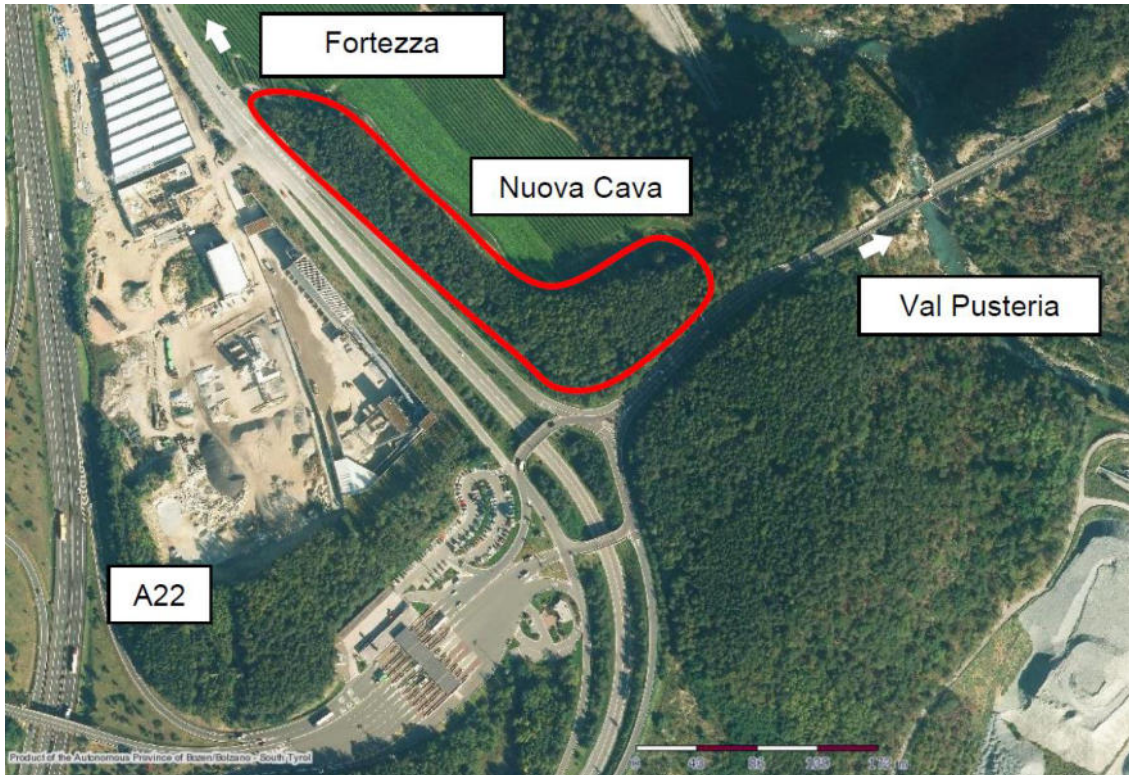


**Figura 4 - Interferenze lungo il tracciato**

Un’ulteriore interferenza si presenterà tra le pk 1+467.00 e pk 1+618.00 in relazione al progetto di una cava di nuova realizzazione avente una superficie complessiva pari a 22’900 m<sup>2</sup> e caratterizzata da un volume di scavo complessivo di 242’000 m<sup>3</sup> (Figura 5). Il presente progetto della Galleria Olimpia non risolve tale interferenza perché il progetto della cava è stato reso noto dopo il completamento del progetto della galleria.

Poiché lo scavo della cava è previsto prima della realizzazione della galleria, in sede di arricchimento del progetto per appalto, le soluzioni per l’opera in sotterraneo in questa tratta dovranno essere riviste in funzione dell’interferenza (Figura 6, Figura 7 e Figura 8).





**Figura 5 - Posizione dell'area di cava nella situazione attuale**



**Figura 6 – Interferenza cava-Galleria Olimpica 1/3**





**Figura 7 – Interferenza cava-Galleria Olimpia 2/3**



**Figura 8 – Interferenza cava-Galleria Olimpia 3/3**

	LINEA VERONA – BRENNERO E LINEA FORTEZZA – SAN CANDIDO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO “VARIANTE VAL DI RIGA” <b>VARIANTE DI RIGA</b>					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IB0H	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. B

## 8 METODOLOGIA DI LAVORO

La progettazione delle opere in sotterraneo, condotta secondo il metodo ADECO-RS (Rif. [18]), si è articolata nelle seguenti fasi:

1. fase conoscitiva: è finalizzata allo studio e all’analisi del contesto geologico e geotecnico in cui deve essere realizzata l’opera;
2. fase di diagnosi: si esegue la valutazione della risposta deformativa dell’ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione per la determinazione delle categorie di comportamento;
3. fase di terapia: sulla base dei risultati delle precedenti fasi progettuali, si individuano le modalità di scavo e gli interventi di stabilizzazione idonei (sezioni tipo) per realizzare l’opera in condizioni di sicurezza.
4. fase di verifica e messa a punto: il progetto è completato dal piano di monitoraggio da predisporre ed attuare nella fase realizzativa. Nel piano di monitoraggio sono individuati i valori delle grandezze fisiche a cui riferirsi in corso d’opera per controllare la risposta deformativa dell’ammasso al procedere dello scavo, verificare la rispondenza con le previsioni progettuali e mettere a punto le soluzioni progettuali nell’ambito delle variabilità previste.

## 9 FASE CONOSCITIVA

Nella fase conoscitiva si acquisiscono gli elementi necessari alla caratterizzazione e modellazione geologica del sito e alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo interessato dall’opera in sotterraneo. Nel seguito si riporta un breve inquadramento geologico e la sintesi della caratterizzazione e modellazione geotecnica.

### 9.1 Inquadramento geologico

L’area di studio si colloca nel territorio della Provincia Autonoma di Bolzano, a nord di Bressanone. Il tracciato di progetto impegna settori di territorio posti a quote comprese tra circa 680 m.s.l.m. nella porzione iniziale, a nord dell’abitato di Varna, e 760 m.s.l.m. circa nel tratto conclusivo, all’altezza dell’abitato di Sciaves.

Morfologicamente l’area di studio si caratterizza per la presenza di ampi settori subpianeggianti riconducibili a terrazzi di origine glaciale. Le blande pendenze dei terrazzi sono interrotte dalle incisioni del Fiume Isarco e del Fiume Rienza, che in alcune zone arrivano ad intaccare il substrato roccioso, generando delle forre ad elevata acclività. Il Fiume Isarco rappresenta il principale corso d’acqua dell’area in studio.

Lo scavo della galleria Olimpia, sita nella zona orientale del tracciato in destra idraulica del Fiume Isarco, interessa l’unità del till tardoglaciale (G) e marginalmente l’unità dei depositi deltizi (E). La prima è costituita da blocchi, molti dei quali di natura granitica, in matrice sabbiosa; la seconda è una potente successione di depositi deltizi in cui sono state distinte tre litofacies: Ef, Eb, Et, costituite da ghiaie sabbiose, localmente cementate e sovraconsolidate e sabbie addensate con lenti ghiaiose.

	LINEA VERONA – BRENNERO E LINEA FORTEZZA – SAN CANDIDO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO “VARIANTE VAL DI RIGA” <b>VARIANTE DI RIGA</b>					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IB0H	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. B

## 9.2 Indagini

Nel corso dell’iter progettuale sino ad oggi espletato, nell’area in esame si sono succedute numerose campagne di indagini geognostiche:

- Campagne di indagini A22 - Autostrada del Brennero 1992, 2008 e 2016;
- Campagne di indagini ITALFERR 2012-13 / 2017-18 e RFI 2006 (Progetto dell’accesso sud alla Galleria di Base del Brennero e Progetto Preliminare e Definitivo Quadruplicamento della Linea Fortezza- Verona, Lotto 1 Fortezza - Ponte Gardena);
- Campagna di indagini RFI-STA 2017 (Progetto preliminare Variante Val di Riga);
- Campagne di indagini ITALFERR 2019 (Progetto Definitivo Variante Val di Riga).

Complessivamente sono state analizzate le seguenti indagini:

- n. 12 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 3 non attrezzati, 5 strumentati con piezometro e 4 attrezzati per sismica in foro;
- n. 4 stendimenti sismici a rifrazione;
- n. 2 tomografie elettriche;
- n. 3 prove MASW.

Metodi e risultati delle campagne di indagini sono esposti in dettaglio nell’elaborato di progetto “Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica” (Rif. [15]).

## 9.3 Caratterizzazione e modellazione geotecnica

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 interessati dall’opera in sotterraneo lungo il suo tracciato. Il modello geotecnico è rappresentato nel profilo geotecnico della galleria (Rif. [23]); per la caratterizzazione geotecnica di dettaglio si faccia riferimento alla relazione geotecnica e di calcolo della galleria naturale (Rif. [21]).

La galleria Olimpia e i relativi imbocchi interessano l’unità G che è in appoggio sull’unità E. Le due litofacies dei depositi deltizi presenti nella zona di interesse, più precisamente Ef (foreset) e Et (topset), sono assimilabili dal punto di vista geotecnico e quindi vengono trattate come un’unica unità geotecnica.

Il limite tra l’unità geotecnica G e la sottostante unità geotecnica E è stato ricostruito al di sotto del piano ferro per l’intero sviluppo dell’opera. Nella parte centrale, però, il contatto stratigrafico è più superficiale, quindi è possibile che i depositi deltizi vengano coinvolti negli scavi a quota arco rovescio.

L’unità geotecnica G è costituita da ghiaia, ciottoli e blocchi, molti dei quali granitici, immersi in una matrice sabbiosa. Il deposito è poco addensato. È visibile in affioramento nell’area del casello di Bressanone.





**Figura 9 - Affioramento dell'unità G (Rif. [15])**

Come si evince dalle colonne stratigrafiche a disposizione (Rif. [15]), all'interno dell'unità geotecnica G sono presenti ciottoli di varie dimensioni ( $\varnothing_{max}$  pari a 15 cm), ma non si può escludere la presenza di blocchi di dimensioni maggiori a quota cavo della galleria. Lungo verticale di sondaggio R4alt, tra 12,2 m e 16,6 m di profondità dal piano campagna, sono stati rinvenuti blocchi di dimensioni fino a  $\varnothing_{max} > 40$  cm.

L'unità geotecnica E è costituita da sabbie e ghiaie addensate, localmente cementate. Nell'area di interesse il materiale si presenta a profondità maggiori dei 10 m.



**Figura 10 - Affioramenti dell'unità E (Rif. [15])**

#### 9.4 Il regime idraulico

Per acquisire informazioni sulla presenza e profondità della falda in ambito tracciato, i sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nell'ambito delle varie campagne di indagine sono stati strumentati con piezometri. Questi ultimi, in corrispondenza della Galleria Olimpia, risultano asciutti. La falda può pertanto considerarsi assente per l'intero sviluppo dell'opera.

	LINEA VERONA – BRENNERO E LINEA FORTEZZA – SAN CANDIDO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO “VARIANTE VAL DI RIGA” <b>VARIANTE DI RIGA</b>					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IB0H	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. B

## 10 FASE DI DIAGNOSI

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 (Rif. [18]), di seguito brevemente richiamate, sulla base delle quali il tracciato sotterraneo è suddiviso in tratte a comportamento deformativo omogeneo.

### 10.1 Classi di comportamento del fronte di scavo

Secondo l’approccio ADECO-RS (Rif. [18]) 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 rigidità 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 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 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.



	LINEA VERONA – BRENNERO E LINEA FORTEZZA – SAN CANDIDO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO “VARIANTE VAL DI RIGA” <b>VARIANTE DI RIGA</b>					
RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IB0H	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. B	FOGLIO 17 di 26

### 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 e plasticizzata al contorno della cavità, con rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale. L'espansione della fascia di materiale decompresso al 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.

### **10.2 Determinazione delle categorie di comportamento**

Per la determinazione delle categorie di comportamento sono stati utilizzati i metodi di analisi della stabilità del fronte all'equilibrio limite.

### **10.3 Definizione delle tratte a comportamento tensio-deformativo omogeneo**

Sulla base dei risultati delle analisi, esaminati in modo critico tenendo conto dell'affidabilità dei dati di ingresso in termini di parametri dei terreni (rigidezza e resistenza), delle condizioni idrauliche al contorno, di eventuali variabilità attese lungo il tracciato della galleria e di possibili conseguenze per comportamenti imprevisi, si definisce una categoria di comportamento instabile, quindi di tipo C, per l'intero sviluppo della galleria Olimpia.

Le previsioni di comportamento lungo il tracciato della galleria sono illustrate in forma sintetica nel profilo geotecnico della galleria (Rif. [23]).

## 11 FASE DI TERAPIA

Nel presente capitolo sono definiti gli interventi necessari per garantire la stabilità del cavo a breve e a lungo termine, in accordo con le indicazioni provenienti dalla fase conoscitiva e dall'analisi del comportamento deformativo allo scavo (fase di diagnosi). Sono, quindi, descritte le caratteristiche principali delle sezioni tipo di avanzamento, il loro campo di applicazione e la successione delle fasi esecutive; i dettagli delle sezioni di scavo e consolidamento sono illustrati nei pertinenti elaborati progettuali.

### 11.1 Metodologia di scavo

#### 11.1.1 Criteri di scelta del sistema di scavo

Dall'analisi del tracciato plano-altimetrico e del contesto geologico-idrogeologico e geotecnico attraversato e soprattutto in considerazione della ridotta lunghezza della galleria in progetto, è stato scelto il metodo di scavo tradizionale a piena sezione.

Per le tratte di sottoattraversamento dell'autostrada A22 e della statale SS12, in considerazione degli esigui ricoprimenti rispetto ai piani viari e a garanzia della sicurezza dell'esercizio stradale durante tutte le fasi realizzative, è stata scelta di intervenire dall'alto con metodo top-down, realizzando gallerie artificiali. Per ulteriori dettagli rispetto alle soluzioni progettuali definite per la risoluzione di queste interferenze si rimanda alla Relazione geotecnica e di calcolo della galleria naturale (Rif. [21]).

#### 11.1.2 Metodo di scavo tradizionale

Per le tratte di galleria naturale con avanzamento in tradizionale, in funzione delle caratteristiche geotecniche delle formazioni attraversate e del loro comportamento allo scavo, sono previste 3 diverse sezioni tipo, intese come complesso inscindibile di modalità operative, fasi di lavoro, interventi di stabilizzazione e relative tecnologie esecutive, denominate C1, C1bis e C1pc.

Per ciascuna sezione tipo sono previsti opportuni interventi di precontenimento al fronte ed al contorno, l'installazione a ridosso del fronte di scavo di un rivestimento provvisorio costituito da spritz-beton fibrorinforzato e centine metalliche ed infine il getto dei rivestimenti definitivi di arco rovescio e calotta.

Per le sezioni C1 e C1bis gli interventi di precontenimento sono costituiti da colonne Ø600 di jet grouting al contorno e microjet Ø300 armati con elementi strutturali in VTR al fronte, da realizzare in orizzontale dal fronte di scavo della galleria, per ciascun campo di avanzamento. Sono previsti anche interventi di pre-sostegno al contorno in calotta mediante infilaggi metallici.

La sezione C1bis prevede un campo di avanzamento ridotto, pari a 6 m, e questo consente di garantire la doppia sovrapposizione dei consolidamenti sia al fronte sia al contorno, oltre che il rispetto di limiti più stringenti per la distanza massima dal fronte dei getti di rivestimento definitivo. La sezione C1bis è prevista, infatti, come sezione prevalente nelle tratte di galleria naturale caratterizzate dalla presenza di interferenze a piano campagna, rispetto alle quali è importante avere le massime garanzie di contenimento degli effetti deformativi al contorno e in superficie, come ad esempio in corrispondenza delle rampe di svincolo della A22 e della SS12.

 <b>ITAFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA VERONA – BRENNERO E LINEA FORTEZZA – SAN CANDIDO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO “VARIANTE VAL DI RIGA” <b>VARIANTE DI RIGA</b>					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IB0H	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. B

La sezione C1, che con un campo di avanzamento da 10 m, garantisce una sovrapposizione semplice dei consolidamenti al fronte e al contorno, è prevista come sezione eventuale nelle tratte in cui è prevalente la sezione C1bis, con riferimento quindi a scenari di comportamento più favorevoli o anche di solo avvicinamento all’interferenza in superficie, in cui il presidio degli aspetti deformativi al contorno e a piano campagna è comunque garantito.

Per la sezione C1pc gli interventi di pre-consolidamento al contorno e al fronte sono previsti realizzati da piano campagna, in anticipo rispetto alle operazioni di scavo, a guadagno della velocità di avanzamento dello scavo della galleria, che può procedere senza soluzione di continuità. La sezione C1pc è prevista in tutte le tratte in cui non sono presenti vincoli per la cantierizzazione di superficie; è la sezione tipo maggiormente applicata per la realizzazione delle tratte in naturale della galleria.

Tutte le sezioni tipo prevedono l’installazione eventuale di drenaggi in avanzamento (2+2) e l’impermeabilizzazione a tergo dei rivestimenti definitivi di calotta con tubi di drenaggio microfessurati di raccolta ai piedi dell’impermeabilizzazione.

Nei paragrafi a seguire si riporta una sintetica descrizione delle sezioni tipo definite, che trovano completa rappresentazione negli elaborati grafici di progetto. Per la distribuzione delle tratte di applicazione delle diverse sezioni tipo si rimanda invece al profilo geotecnico della galleria (Rif. [23]).

## 11.2 Definizione delle sezioni tipo

### 11.2.1 Sezione C1

La C1 è una sezione tronco-conica che prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno. E’ prevista applicata in tratte con comportamento del nucleo-fronte instabile (categoria C). Per i criteri di applicazione si rimanda al precedente paragrafo §11.1.2.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C1, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 15 microtrattamenti in jet-grouting Ø300 armati con elementi strutturali in VTR, L=16,0 m (sovrapposizione minima 6,0 m) ±20%;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 51 colonne in jet-grouting Ø600, L=16,0 m (sovrapposizione minima 6,0 m) ±20% e ulteriori 5+5 colonne al piede centina;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 10,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,25 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1,0 m ± 20%;
- arco rovescio (spessore 0,90 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1,5 diametri;
- calotta (spessore variabile da 0,50 m a 1,30 m) in calcestruzzo armato gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

	LINEA VERONA – BRENNERO E LINEA FORTEZZA – SAN CANDIDO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO "VARIANTE VAL DI RIGA" <b>VARIANTE DI RIGA</b>					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IB0H	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. B

### 11.2.2 Sezione C1bis

La C1bis è una sezione tronco-conica che prevede interventi di precontenimento del fronte e del contorno. E' prevista applicata in tratte con comportamento del nucleo-fronte instabile (categoria C). Per i criteri di applicazione si rimanda al precedente paragrafo §11.1.2.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C1bis, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- precontenimento del fronte realizzato mediante 15 microtrattamenti in jet-grouting Ø300 armati con elementi strutturali in VTR, L=18,0 m (sovrapposizione minima 12,0 m) ±20%;
- precontenimento al contorno realizzato mediante 51 colonne in jet-grouting Ø600, L=12,0 m (sovrapposizione minima 6,0 m) ±20% e ulteriori 5+5 colonne al piede centina;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m secondo campi di avanzamento tronco-conici di lunghezza pari a 6,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,25 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1,0 m ± 20%;
- arco rovescio (spessore 0,90 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1 diametro;
- calotta (spessore variabile da 0,50 m a 1,30 m) in calcestruzzo armato gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

### 11.2.3 Sezione C1pc

La C1pc è una sezione cilindrica che prevede la realizzazione degli interventi di precontenimento del fronte e del contorno da piano campagna, in anticipo rispetto agli scavi. È prevista applicata in tratte con comportamento del nucleo-fronte instabile (categoria C). Per i criteri di applicazione si rimanda al precedente paragrafo 11.1.2.

Sono di seguito elencati i principali elementi caratterizzanti la sezione C1pc, ordinati secondo le fasi esecutive previste:

- Esecuzione del consolidamento da piano campagna mediante colonne di jet-grouting Ø1200 passo 1 m disposte a quinconce, la lunghezza media del tratto consolidato è compresa tra 7.4÷11.6 m, la lunghezza media della perforazione a vuoto è pari a 12.6 m;
- scavo a piena sezione per singoli sfondi di 1,0 m;
- rivestimento provvisorio (ad ogni sfondo) composto da 0,25 m di spritz-beton fibrorinforzato e doppie centine IPN180 con passo 1,0 m ± 20%;
- arco rovescio (spessore 0,90 m) e murette in calcestruzzo armato gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 1,5 diametri;
- calotta (spessore 0,90 m) in calcestruzzo armato gettata ad una distanza massima dal fronte pari a 3 diametri.

	LINEA VERONA – BRENNERO E LINEA FORTEZZA – SAN CANDIDO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO "VARIANTE VAL DI RIGA" <b>VARIANTE DI RIGA</b>					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IB0H	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. B

### 11.3 Rischi potenziali

Sono di seguito descritte le principali criticità, legate al contesto geologico, idrogeologico, geotecnico e ambientale, che potrebbero avere ripercussioni sulla fase realizzativa della galleria, e le conseguenti azioni di mitigazione previste in progetto.

La mappatura dei diversi rischi individuati nella fase conoscitiva e la relativa gestione definita nella fase di terapia, è illustrata in forma sintetica nell'elaborato di profilo geotecnico della galleria (Rif. [23]).

#### *Presenza di blocchi*

La galleria attraversa l'unità del till tardoglaciale (G), caratterizzata dalla presenza randomica di blocchi prevalentemente di natura granitica anche di notevoli dimensioni. Granulometricamente è un deposito ben trattabile con la tecnologia del jet-grouting, ma la presenza di tali blocchi, potrebbe inficiare la continuità dei trattamenti.

In particolare, per le sezioni C1 e C1bis, in cui il consolidamento al contorno della galleria è costituito da una coronella (rispettivamente singola o doppia) di colonne jet Ø600, la presenza di un blocco in posizione sfavorevole al contorno del cavo, se non opportunamente gestita, potrebbe creare una discontinuità nell'arco di consolidamento e pregiudicare, almeno localmente, la stabilità del cavo. In aggiunta ai consolidamenti al contorno in jet-grouting, per le sezioni C1 e C1bis sono previsti anche interventi di presostegno in calotta mediante infilaggi metallici.

Per la sezione C1pc, in virtù del carattere massivo del consolidamento previsto, da realizzare secondo una griglia di colonne Ø1200 tra loro compenstrate sia in direzione trasversale che longitudinale all'asse della galleria è più facile che il blocco possa essere inglobato all'interno dello spessore di terreno trattato.

In ogni caso, in relazione al carattere eterogeneo della formazione attraversata e con riferimento sia al jet-grouting in avanzamento previsto per le sezioni C1 e C1bis, sia a quello da piano campagna previsto per la sezione C1pc, l'Appaltatore dovrà eseguire preliminarmente degli opportuni campi prova finalizzati alla definizione di dettaglio delle tecnologie realizzative e dei parametri operativi da utilizzare per garantire la conformità dei consolidamenti ai requisiti geometrici e prestazionali di progetto.

Risolta la fase dei consolidamenti, nella successiva fase di scavo il rischio di blocchi non comporta particolari criticità in relazione alla flessibilità del sistema di avanzamento che può essere rapidamente adattato alle puntuali variazioni delle condizioni del fronte.

#### *Presenza di gas*

Secondo il modello geologico di progetto, il rischio di intercettare gas naturali durante la realizzazione delle opere in sotterraneo può essere escluso.

#### *Venute d'acqua in galleria*

Il potenziale rischio di venute d'acqua in galleria in fase di scavo dipende dalla conducibilità idraulica dei materiali attraversati e dal regime idraulico sotterraneo. Per l'intero sviluppo della galleria, essendo l'opera sopra falda, tale rischio è stato valutato basso, in relazione alla elevata permeabilità delle formazioni attraversate, e ai ridotti spessori di ricoprimento, con riferimento a possibili infiltrazioni superficiali o eventi meteorici intensi.

	LINEA VERONA – BRENNERO E LINEA FORTEZZA – SAN CANDIDO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO “VARIANTE VAL DI RIGA” <b>VARIANTE DI RIGA</b>					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IB0H	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. B

In relazione a tale rischio, per consentire l'avanzamento in sicurezza e minimizzare l'impatto sulle condizioni idrauliche sotterranee e superficiali, tutte le sezioni tipo di scavo e consolidamento prevedono l'esecuzione (eventuale) di drenaggi al fronte e l'impermeabilizzazione a tergo del rivestimento definitivo di calotta.

### ***Instabilità del fronte***

Potenziali rischi di instabilità del fronte e del cavo possono interessare la galleria per il suo intero sviluppo ed in particolare nelle tratte a più modesta copertura.

In relazione a tale rischio tutte le sezioni tipo di scavo e consolidamento prevedono che l'avanzamento avvenga con l'esecuzione di interventi di preconsolidamento al fronte e al contorno, in avanzamento o da piano campagna, in grado di controllare lo sviluppo dei fenomeni deformativi indotti dallo scavo e prevenire lo sviluppo di eventuali meccanismi di collasso.

### ***Fenomeni di subsidenza/Interferenza con opere preesistenti***

Nel paragrafo 7.4 sono state evidenziate le interferenze da risolvere per la realizzazione della galleria Olimpia, che, come detto, è caratterizzata da basse coperture lungo tutto il suo sviluppo. I rischi legati a fenomeni di subsidenza indotti dalle operazioni di scavo possono considerarsi più elevati in corrispondenza delle interferenze, ma comunque presenti per tutto il tracciato dell'opera.

Per i sottoattraversamenti dell'autostrada A22 e della strada statale SS12 (cfr. §11.1.1), in considerazione degli esigui ricoprimenti rispetto ai piani viari e a garanzia della sicurezza dell'esercizio stradale durante tutte le fasi realizzative, è stata scelta la soluzione della galleria artificiale scatolare con metodo top-down.

Per le altre interferenze da sottopassare in galleria naturale con ricoprimenti maggiori è stata privilegiata, invece, l'adozione della sezione tipo C1bis (§11.1.2), che prevede un campo di avanzamento ridotto, pari a 6 m, con doppia sovrapposizione dei consolidamenti sia al fronte sia al contorno, oltre che limiti più stringenti per la distanza massima dal fronte dei getti di rivestimento definitivo. Questo consente di avere le massime garanzie di contenimento degli effetti deformativi al contorno e in superficie.

Anche le sezioni tipo C1 e C1pc prevedono opportuni interventi di consolidamento al fronte e al contorno, e garantiscono il corretto presidio degli effetti indotti al contorno ed in superficie sull'intero sviluppo dell'opera.

In ogni caso, nella fase realizzativa sarà posto in opera un adeguato programma di monitoraggio, volto a verificare la validità delle previsioni progettuali attraverso un confronto in corso d'opera tra le stesse previsioni e il comportamento del terreno al contorno e le prestazioni delle opere in progetto; in particolare, per le zone di intervento caratterizzate dalle interferenze con l'autostrada A22 e la statale SS12, è previsto il monitoraggio degli spostamenti e dei cedimenti dei piani stradali e del terreno al contorno, mediante installazione di stazioni totali automatiche ad alta frequenza di acquisizione, con trasmissione dei dati a distanza (cfr §12).

	LINEA VERONA – BRENNERO E LINEA FORTEZZA – SAN CANDIDO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO “VARIANTE VAL DI RIGA” <b>VARIANTE DI RIGA</b>					
	RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IB0H	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. B

## 12 FASE DI VERIFICA E MESSA A PUNTO DEL PROGETTO

### 12.1 Scavo tradizionale

Sono di seguito illustrati i criteri che dovranno essere adottati in corso d’opera per l’applicazione delle sezioni tipo e la gestione delle variabilità, nell’ambito delle previsioni del progetto, che sono sintetizzate nei valori attesi delle grandezze caratteristiche. Per i valori attesi dei fenomeni deformativi al fronte, al cavo e al piano campagna, si rimanda alla Relazione geotecnica e di calcolo della galleria naturale (Rif. [21]).

In corso d’opera, i rilievi del fronte e i dati di monitoraggio della risposta deformativa del fronte e del cavo, correlati alle fasi di avanzamento, sono confrontati con le previsioni progettuali (i valori attesi) per consentire la verifica e la messa a punto del progetto con i criteri di seguito descritti:

1. Le condizioni geologiche e geotecniche rilevabili al fronte corrispondono con lo scenario prevalente previsto in progetto e la risposta deformativa rientra nel campo dei valori attesi: la previsione progettuale è confermata, si procede con la sezione tipo prevalente prevista per la tratta.
2. La risposta deformativa non rientra nel campo di accettabilità dei valori soglia, rispetto ai valori attesi, definito in progetto: la sezione tipo prevalente prevista per la tratta è ottimizzata secondo le definite variabilità, che consistono in: aumento/diminuzione ( $\pm 20\%$ ) degli interventi di preconsolidamento, diminuzione/aumento dell’interasse delle centine ( $\pm 20\%$  del passo medio), diminuzione/aumento delle distanze del rivestimento definitivo dal fronte di scavo.
3. Le condizioni geologiche e geotecniche osservate sono differenti da quelle ipotizzate come scenario prevalente e la risposta deformativa non rientra nel campo di accettabilità definito in progetto: si passa ad una diversa sezione tipo, tra quelle definite in progetto come “sezioni eventuali” per quella tratta.

### 12.2 Monitoraggio in corso d’opera

Nella fase realizzativa dovrà essere posto in opera un adeguato programma di monitoraggio, volto a verificare la validità delle previsioni progettuali attraverso un confronto in corso d’opera tra le stesse previsioni e il comportamento del terreno al contorno e le prestazioni delle opere in progetto.

Con riferimento alla realizzazione degli imbocchi, e alle tratte di galleria artificiale scatolare, in sintesi il programma di monitoraggio dovrà prevedere:

- il monitoraggio degli spostamenti delle paratie mediante mire ottiche disposte sulla superficie delle paratie e sui cordoli di testa;
- il monitoraggio degli spostamenti orizzontali delle paratie mediante inclinometri installati all’interno dei pali delle paratie;
- il monitoraggio delle sollecitazioni indotte sui tiranti e sui puntoni mediante celle di carico;
- il monitoraggio degli spostamenti in corrispondenza della testa dei tiranti dotati di celle di carico mediante mire ottiche;

- il controllo dei cedimenti al piano campagna a tergo delle paratie mediante installazione di capisaldi su sezioni di livellazione topografica;
- il monitoraggio degli spostamenti verticali assoluti e relativi a tergo delle paratie mediante assestimetri;
- il monitoraggio piezometrico per il controllo/verifica di eventuali livelli idrici per infiltrazione e della quota di falda a tergo delle paratie;
- il monitoraggio inclinometrico per la misura degli spostamenti orizzontali a tergo delle paratie;
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento definitivo delle gallerie artificiali scatolari mediante barrette estensimetriche.

Con riferimento alle tratte di galleria realizzate con metodo di scavo tradizionale il programma di monitoraggio dovrà prevedere:

- il rilievo analitico e speditivo del fronte di scavo;
- il controllo della convergenza del cavo, mediante installazione di stazioni di convergenza con mire ottiche;
- il controllo dell’estrusione del fronte, mediante installazione di estrusometri in avanzamento, dove previsto;
- il controllo delle deformazioni al contorno del cavo attraverso gli estensimetri multibase;
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento di prima fase mediante celle di carico, celle di pressione e *strain-gauges*;
- il monitoraggio dello stato tensionale nel rivestimento definitivo mediante barrette estensimetriche;
- il controllo dei cedimenti al piano campagna mediante installazione di capisaldi su sezioni di livellazione topografica;
- il monitoraggio degli spostamenti verticali assoluti e relativi dei terreni di copertura mediante assestimetri;
- il monitoraggio piezometrico per la misura di eventuali variazioni della quota di falda;
- il monitoraggio inclinometrico per la misura degli spostamenti orizzontali.

Oltre a quanto sopra indicato, per le zone di intervento caratterizzate dalle interferenze con l’autostrada A22 e la statale SS12, saranno previsti ulteriori elementi di monitoraggio degli spostamenti e dei cedimenti dei piani stradali e del terreno al contorno, mediante installazione di stazioni totali automatiche ad alta frequenza di acquisizione, con trasmissione dei dati a distanza, per cui il sistema sarà fruibile in continuo da remoto.

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.

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, in modo da poter essere confrontati con le previsioni progettuali (i valori attesi) al fine di consentire la verifica e la messa a punto del progetto,



e la gestione delle variabilità previste. Per ulteriori dettagli riguardo le frequenze delle letture si rimanda agli elaborati specialistici allegati al progetto.

	LINEA VERONA – BRENNERO E LINEA FORTEZZA – SAN CANDIDO NUOVO COLLEGAMENTO FERROVIARIO “VARIANTE VAL DI RIGA” <b>VARIANTE DI RIGA</b>					
RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	COMMESSA IB0H	LOTTO 00	CODIFICA D 07 RG	DOCUMENTO GN 00 00 001	REV. B	FOGLIO 26 di 26

### 13 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state affrontate le problematiche progettuali connesse con la realizzazione della Galleria Olimpia del nuovo collegamento ferroviario “Variante Val di Riga”.

La progettazione delle opere in sotterraneo è stata condotta secondo il metodo ADECO-RS (Rif. [18]), articolandosi nelle seguenti fasi:

- Fase conoscitiva (cap. 9): questa fase è stata dedicata allo studio e all’analisi del contesto geologico e geotecnico di inserimento in cui sarà realizzata la galleria, considerati anche i dati relativi alle precedenti fasi progettuali, ed ha portato alla definizione del modello geotecnico di sottosuolo utilizzato per le successive fasi del progetto.
- Fase di diagnosi (cap. 10): in questa fase è stata eseguita la valutazione della risposta deformativa dell’ammasso allo scavo in assenza di interventi di stabilizzazione, per la determinazione delle categorie di comportamento; sulla base delle analisi condotte, lungo il tracciato della galleria il comportamento del fronte allo scavo risulta sia di tipo stabile o stabile a breve termine (categorie A e B) sia di tipo instabile (categoria C).
- Fase di terapia (cap. 11): si prevede di realizzare lo scavo con metodo tradizionale. Le soluzioni progettuali sono state analizzate verificandone adeguatezza ed efficacia in tutte le fasi costruttive previste ed in condizioni di esercizio.

Il progetto è completato dal piano di monitoraggio (cap. 12) da predisporre ed attuare nella fase realizzativa, nel quale sono individuati i valori delle grandezze fisiche a cui riferirsi in corso d’opera per controllare la risposta deformativa dell’ammasso e della galleria al procedere dello scavo e verificarne la rispondenza con le previsioni progettuali.