

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO  
Dott. Paolo Cucino  
15/03/2023  
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

## PROGETTO ESECUTIVO

**PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"**

RELAZIONE

08 - GALLERIE

C - GALLERIE NATURALI DI LINEA E DI INTERCONNESSIONE

Scavo tradizionale

Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO 		-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I B O U	1 B	E	Z Z	R H	G N 0 0 0 0	0 0 7	C

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	F.Amadini	10/01/2022	C. Iasiello	14/01/2022	D. Buttafoco (Dolomiti)	19/01/2022	IL PROGETTISTA P. Cucino ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO Dott. Paolo Cucino 16/03/2023 ISCRIZIONE ALBO N° 2216
B	Emissione a seguito indicazioni Committenza	F.Amadini	18/07/2022	C. Iasiello	19/07/2022	D. Buttafoco (Dolomiti)	20/07/2022	
C	Emissione a seguito indicazioni Committenza	F.Amadini	13/03/2023	C. Iasiello	14/03/2023	D. Buttafoco (Dolomiti)	15/03/2023	

File: IB0U1BEZZRHGN0000007C.docx

n. Elab.: X

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	IB0U	1BEZZ	RH	GN0000007	C	1 di 28

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. ELABORATI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>6</b>
<b>5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO .....</b>	<b>6</b>
<b>6. PREVISIONI SUL COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO .....</b>	<b>7</b>
6.1 CLASSI DI COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO.....	7
6.2 DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO .....	8
<b>7. LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO.....</b>	<b>9</b>
7.1 RILIEVI GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALI DEL FRONTE.....	12
7.2 RILIEVO DELLE FASI ESECUTIVE .....	12
7.3 RISPOSTA DEFORMATIVA DEL FRONTE SCAVO.....	12
7.4 FASI ESECUTIVE E CADENZE DI AVANZAMENTO .....	12
7.5 PROCEDURA DI APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO E RELATIVE VARIABILITÀ.....	13
7.6 DISTRIBUZIONE DELLE SEZIONI DI SCAVO .....	15
<b>8. DESCRIZIONE SEZIONI TIPO DI SCAVO E FASI COSTRUTTIVE.....</b>	<b>17</b>
8.1 SEZIONE A0.....	17
8.2 SEZIONE A1.....	17
8.3 SEZIONE B.....	18
8.4 SEZIONE C.....	18
<b>9. ANALISI DI RISCHIO SULLA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE .....</b>	<b>20</b>
9.1 DEFINIZIONE SOGLIE DI MONITORAGGIO .....	20
<b>10. SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME.....</b>	<b>22</b>
<b>11. TECNOLOGIE ALTERNATIVE E PRESCRIZIONI .....</b>	<b>23</b>
11.1 TECNOLOGIE ALTERNATIVE DI PERFORAZIONE.....	23
11.2 TECNOLOGIE ALTERNATIVE PER L'ARMATURA DELLO SPRITZ BETON .....	23
11.3 ARMATURA DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO .....	23
11.4 DISTANZE DI GETTO DEI RIVESTIMENTI DEFINITIVI .....	24
11.5 CARATTERISTICHE MINIME DI RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO.....	25

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000007	REV. C	FOGLIO. 2 di 28

11.6	TECNICHE DI CONSOLIDAMENTO DEI FRONTI DI SCAVO .....	25
11.7	SOGLIE D'ATTENZIONE E D'ALLARME .....	26
11.8	CRITICITÀ .....	26
<b>12.</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>27</b>

---

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN000007	REV. C	FOGLIO. 3 di 28

## 1. PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del progetto esecutivo del Lotto 1 del quadruplicamento della linea ferroviaria Fortezza -Verona, relativo alla tratta Fortezza-Ponte Gardena.

La finalità della presente relazione è fornire i chiarimenti atti a dimostrare la rispondenza del progetto alle finalità dell'intervento e fornire indicazioni circa l'applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità previste nelle sezioni di scavo dei by-pass (esodo e tecnologici).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000007	REV. C	FOGLIO. 4 di 28

## 2. SCOPO E CONTENUTI DEL DOCUMENTO

Lo scopo del documento è fornire un inquadramento delle opere nel contesto territoriale ed una descrizione delle stesse, i dati ed i requisiti di base nel rispetto dei quali è stata sviluppata la progettazione, le caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali prescelti, le ipotesi progettuali adottate per il suo dimensionamento e le principali caratteristiche geometriche e dimensionali. Verranno inoltre dettagliati i criteri di scelta che il progettista adotterà in corso d'opera per l'applicazione e la gestione delle sezioni tipo previste in sede di progettazione esecutiva.

La relazione è articolata nei seguenti punti principali:

- Inquadramento generale dell'opera: il lavoro comprende la localizzazione geografica dell'opera, e l'inquadramento geologico e geotecnico generale dell'area;
- Individuazione del comportamento allo scavo e criteri di calcolo: il lavoro riassume la metodologia di calcolo utilizzata e la filosofia di dimensionamento degli interventi di consolidamento e sostegno;
- Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo: verranno fornite indicazioni circa l'applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità previste, la tecnica di scavo adottata e criteri di scelta, le fasi costruttive e i criteri di calcolo;

A tal proposito, per ogni sezione tipo prevista in progetto e nei vari contesti geotecnici-geomeccanici incontrati, sono individuati nelle "Relazione di calcolo -By-pass sezioni correnti" i livelli tenso-deformativi di riferimento attesi nei vari contesti geotecnici-geomeccanici e sotto le differenti coperture.

Tali valori stimati attraverso analisi di calcolo semplificate (metodo delle Linee Caratteristiche) e modellazioni numeriche agli elementi finiti, forniscono un'indicazione dei valori deformativi più probabili per le sezioni applicate in progetto. I livelli tenso-deformativi dovranno essere comunque ritirati in corso d'opera attraverso un continuo processo di "analisi a ritroso" (back-analysis) conseguente all'elaborazione delle misure di monitoraggio.

Come schematizzato nella Figura 2-1, dal punto di vista la DL avrà cura di tenere sotto controllo i dati provenienti dal monitoraggio, in particolare verificando che gli scavi avvengano nelle condizioni ipotizzate in progetto.

Per quanto concerne gli aspetti relativi alla cantierizzazione, le analisi sulla riutilizzabilità dei materiali provenienti dagli scavi, i tempi di realizzazione delle opere, il monitoraggio geotecnico e ambientale in corso d'opera, le opere civili per la sicurezza in esercizio e i programmi di manutenzione delle opere si rimanda alle relazioni specifiche.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000007	REV. C	FOGLIO. 5 di 28

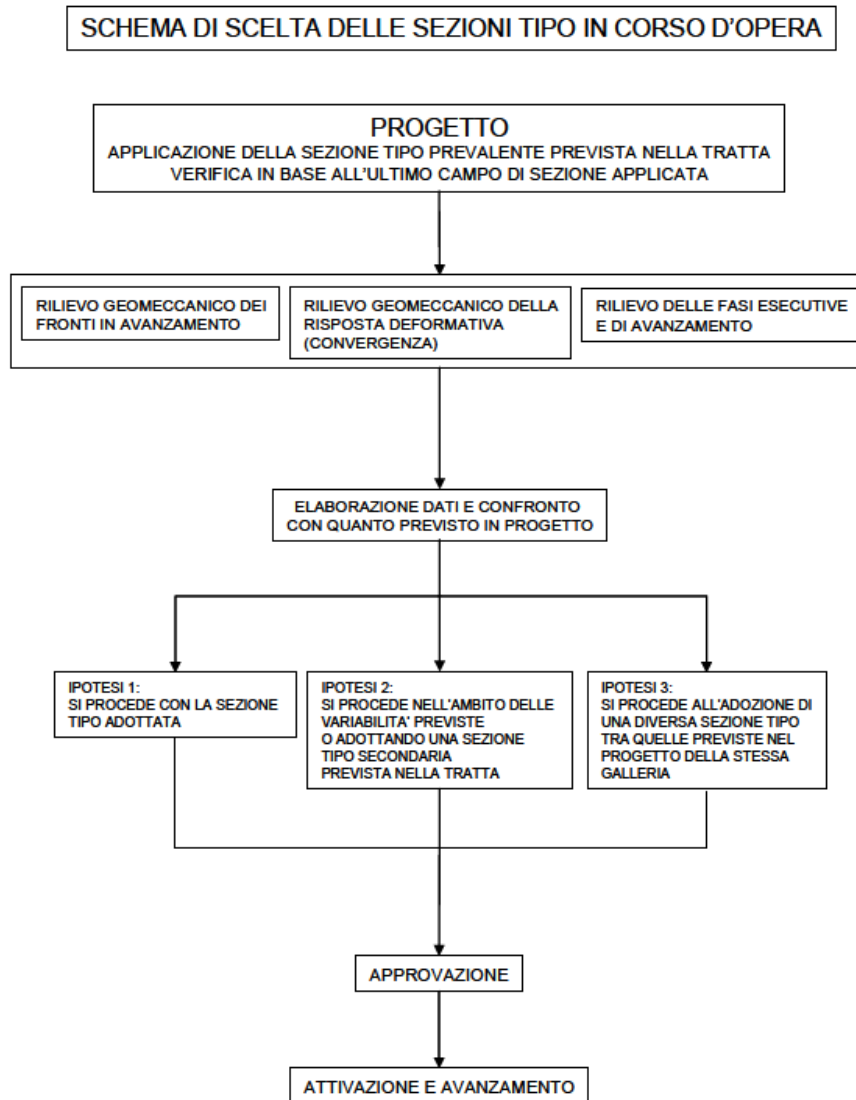


Figura 2–1: Diagramma del processo di scelta della sezione tipo in corso d'opera

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>			
<b>08 - GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000007	REV. C	FOGLIO. 6 di 28

### 3. ELABORATI DI RIFERIMENTO

Per le normative, la documentazione analizzata e quella prodotta a supporto fare riferimento al seguente elaborato:

"IBOU1BEZZCLGN0000001A - relazione di calcolo - by-pass - sezione corrente "

### 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per le caratteristiche dei materiali adottati fare riferimento al seguente elaborato:

"IBOU1BEZZCLGN0000001A - relazione di calcolo - by-pass - sezione corrente "

### 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOTECNICO

Per l' inquadramento geologico-geotecnico fare riferimento alle seguenti relazioni:

"IBOU1BEZZGEGN0000001A - Relazione geotecnica Galleria Scaleres"

"IBOU1BEZZGEGN0000002A - Relazione geotecnica Galleria Gardena e Interconnessioni"

APPALTATORE:					
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
Mandatario:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	Mandanti:				
	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL	SIST	
	M Ingegneria				
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	IB0U	1BEZZ	RH	GN000007	C
					FOGLIO.
					7 di 28

## 6. PREVISIONI SUL COMPORTAMENTO DEL FRONTE DI SCAVO

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.

### 6.1 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 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 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 tensionali 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



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	IB0U	1BEZZ	RH	GN0000007	C	8 di 28

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 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.

Per la determinazione delle categorie di comportamento è stato utilizzato principalmente il metodo delle linee caratteristiche.

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.

## **6.2 DETERMINAZIONE DELLE CATEGORIE DI COMPORTAMENTO**

Per la determinazione delle categorie di comportamento sono stati utilizzati principalmente due metodi di analisi:

- il metodo delle linee caratteristiche (per le tratte a copertura non bassa);
- metodo basato sulla resistenza del materiale nei confronti delle sollecitazioni (Broms e Bennermark);
- metodo basato sul parametro di deconfinamento critico (Panet);

APPALTATORE:			<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>			
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.		<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	
<b>08 - GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000007	REV. C	FOGLIO. 9 di 28

## 7. LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO

Come ampiamente illustrato nel Capitolo precedente, il progetto dei by-pass, è stato sviluppato attraverso:

- la caratterizzazione degli ammassi e terreni presenti lungo il tracciato, per mezzo dell'individuazione delle caratteristiche geologiche, litologiche, idrogeologiche e geotecniche-geomeccaniche (fase conoscitiva);
- la previsione di comportamento del terreno allo scavo in assenza di interventi e l'assegnazione per ciascun by-pass del comportamento geotecnico-geomeccanico omogeneo in funzione dello stato tensionale agente e delle caratteristiche geotecniche del terreno (fase di diagnosi);
- l'individuazione, per ciascun by-pass, delle sezioni tipo prevalenti ed eventualmente di altre sezioni, subordinate alle precedenti, per situazioni diverse da quelle ricorrenti lungo la tratta, ma previste in progetto quali ad esempio: zone di faglia, zone di intensa fratturazione, elevata variabilità dei parametri geotecnici, tratte a bassa copertura, morfologie particolari, condizioni idrogeologiche particolarmente critiche, possibili interferenze con le preesistenze di superficie (fase di terapia).

Le sezioni tipo prevalenti sono state verificate staticamente in varie condizioni tensionali e considerando parametri geotecnici rappresentativi all'interno del "range" di valori indicati sui profili geotecnici per il lotto in esame. Da qui si è potuto dedurre, nell'ambito delle sezioni tipo previsti, l'applicazione delle variabilità previste per la sezione tipo stessa.

Come previsto dal progetto, le gallerie sono classificate in funzione del comportamento del cavo, con riferimento anche al fronte di scavo, distinguendo tre casi (categorie di comportamento):

- caso A, galleria a fronte e cavità stabili, caratterizzata da fenomeni deformativi che evolvono in campo elastico, immediati e di entità trascurabile;
- caso B, galleria a fronte stabile a breve termine e cavità instabile, caratterizzata da fenomeni di tipo elastico presso il fronte di scavo, che evolvono in campo elasto-plastico con l'avanzamento del fronte;
- caso C, galleria a fronte e cavità instabili, caratterizzata da fenomeni deformativi di tipo plastico fino al collasso che coinvolgono anche il fronte di scavo.

Con le presenti "linee guida" s'intende creare uno strumento che definisce quali saranno i criteri che il progettista adotterà in corso d'opera per:

1. confermare la sezione tipo più adeguata, tra quelle già previste in una determinata tratta e riportate in chiaro sugli elaborati "profili geotecnici";
2. variare quegli interventi che, senza modificare strutturalmente le caratteristiche finali dell'opera, devono adeguarsi alle reali condizioni geotecniche riscontrate al fronte di avanzamento, nonché al comportamento estrusivo del fronte stesso e deformativo del cavo (questi ultimi come noto sono dipendenti sia dalla natura del terreno in termini geologici, geomeccanici ed idrogeologici, sia dagli stati tensionali preesistenti, così come da quelli conseguenti alle operazioni di scavo);

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<b>08 - GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000007	REV. C	FOGLIO. 10 di 28

- individuare una diversa sezione tipo, tra quelle previste in quella tratta o comunque previste in progetto nella stessa formazione, qualora le condizioni realmente riscontrate risultino difformi da quelle ipotizzate.

Per la gestione di tali "linee guida" sarà necessaria la conoscenza dei seguenti elementi e la messa in atto delle seguenti attività sistematiche:

- formazione geologica e coperture in esame;
- raccolta dei dati geologici, geotecnici/geomeccanici rilevabili al fronte che consentono una completa caratterizzazione del terreno in esame, evidenziandone l'intrinseca complessità, caratteristica delle formazioni. Oltre i parametri di resistenza e deformabilità tale caratterizzazione deve contenere, quindi, anche informazioni geostrutturali e di carattere qualitativo, necessarie a completarne la descrizione ai fini progettuali e di comprensione del reale comportamento del terreno allo scavo;
- raccolta dei dati riguardanti le deformazioni superficiali e profonde del fronte (estrusioni) e al contorno del cavo (convergenze) durante l'avanzamento, che consente di valutare in particolare come il terreno descritto precedentemente, sottoposto ai reali stati tensionali, si comporta all'azione combinata delle operazioni di scavo e di messa in opera degli interventi di stabilizzazione previsti dalla sezione tipo adottata;
- registrazione di tutte le reali fasi di avanzamento quali ad esempio: distanza dal fronte di messa in opera dei rivestimenti e la successione delle fasi di consolidamento etc. attraverso osservazioni dirette;
- raccolta dei dati relativi a sezioni di monitoraggio esterne (ad esempio nel sottoattraversamento di edifici).

Nelle presenti linee guida sono descritti alcuni parametri essenziali, riscontrabili al fronte, caratterizzanti i terreni per i comportamenti A,B,C.

Per ogni sezione tipo sono state definite delle soglie di "attenzione" ed "allarme" inerenti alle deformazioni del fronte e del cavo, a cui far corrispondere quantità maggiori o minori di interventi (previsti variabili) o il cambio di sezione tipo.

È evidente che tali valori di deformazioni ipotizzati non vanno intesi come l'unica informazione che possa incidere sulle scelte già adottate per una determinata tratta, in quanto le scelte progettuali sono state fatte tenendo conto di un complesso di elementi più significativi del solo parametro deformativo ed illustrati nello sviluppo di tutto il progetto; essi servono soltanto a fornire indicazioni sul campo dei valori deformativi più probabili per le sezioni già indicate in progetto.

Solo quando saranno osservate situazioni geologiche/geomeccaniche/geotecniche sensibilmente differenti da quelle ipotizzate e deformazioni al di fuori dei campi previsti o non tendenti alla stabilizzazione nel tempo o valori deformativi (entità e/o direzione) anomali, il progettista potrà adottare una sezione diversa da quella prevista, attingendo tra quelle indicate nella tratta in esame sui profili geotecnici del progetto esecutivo.

Qualora si verifichi il solo superamento della soglia di attenzione, senza il superamento della soglia di allarme, si potranno allora modificare gli interventi di precontenimento e contenimento della sezione tipo prevista in

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	IBOU	1BEZZ	RH	GN0000007	C	11 di 28

progetto, secondo quanto riportato nella "variabilità sezione tipo" tenendo peraltro conto anche di tutte le altre informazioni derivanti dallo scavo.

La variabilità è anche legata agli stati tensionali, ovvero alle coperture ed alla presenza d'acqua; la stessa sezione tipo, a coperture e/o parametri geomeccanici/geotecnici diversi, potrà avere un'intensità d'interventi di contenimento e pre-contenimento differenziati.

Si sottolinea inoltre che la variabilità risulta anche legata alle misure delle sezioni di monitoraggio esterne e potranno portare ad una modifica degli interventi di consolidamento.

Qualora il contesto riscontrato non corrisponda a nessuno di quelle ipotizzati nella tratta in esame, e di conseguenza nessuna delle sezioni previste possa essere applicata, ma tuttavia tale contesto sia analogo ad altri presenti lungo il tracciato e descritti nei profili geotecnici del progetto esecutivo, il progettista individuerà attraverso i medesimi strumenti citati precedentemente, una diversa sezione tipo tra quelle già presenti nel progetto esecutivo ed applicate in altre gallerie.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con i criteri di applicazione delle sezioni di scavo previste per i by-pass.

GSI	A0	A1	B	C
100-90				
90-80				
80-70	H>500 m			
70-60	H<500 m	H>500 m		
60-50	H<300 m	H<500 m	H>500 m	
50-40		H<300 m	H<500 m	H>500 m
40-30			H<300 m	H<500 m
30-20				H<300 m
20-10				H<150m
10-0				

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	IBOU	1BEZZ	RH	GN0000007	C	12 di 28

## 7.1 RILIEVI GEOLOGICO-GEOSTRUTTURALI DEL FRONTE

Nel corso dei lavori il terreno effettivamente attraversato sarà caratterizzato sulla base delle caratteristiche litologiche, strutturali, idrogeologiche che saranno rilevate direttamente sul fronte di scavo (rilievi geologico-geostrutturali del fronte).

I rilievi geologico-geostrutturali del fronte, si prefiggono quindi l'obiettivo di definire le caratteristiche del terreno con particolare attenzione a quei fattori e parametri sensibili nei confronti di scenari di pericolo. I rilievi saranno svolti secondo le frequenze e le modalità previste nel capitolo del monitoraggio.

## 7.2 RILIEVO DELLE FASI ESECUTIVE

Nel corso dei lavori saranno inoltre registrate le fasi esecutive e le cadenze di avanzamento. I risultati di tali rilievi hanno lo scopo di fornire gli elementi necessari per valutare l'influenza delle fasi di avanzamento sulla risposta deformativa del fronte e del cavo (ad esempio una più efficace regimentazione dei fenomeni deformativi può essere ottenuta sia rinforzando gli interventi di preconsolidamento al fronte sia avvicinando gli interventi di contenimento quali getto delle murette e dell'arco rovescio in prossimità del fronte).

## 7.3 RISPOSTA DEFORMATIVA DEL FRONTE SCAVO

La risposta deformativa del fronte e del cavo rilevabile in corso d'opera, unitamente ai rilievi anzidetti, ha lo scopo di verificare la validità delle sezioni adottate e previste in progetto in termini di:

- tipologia ed intensità degli interventi di 1<sup>a</sup> fase
- fasi esecutive e cadenze di avanzamento.

Essa dipende dalle caratteristiche geotecniche del terreno in rapporto agli stati tensionali indotti all'atto dello scavo; il progetto esecutivo fornisce indicazioni sul campo dei valori di convergenza diametrale e di estrusione attesi per ogni sezione tipo.

La frequenza con cui procedere al rilievo della risposta deformativa del fronte e del cavo durante gli avanzamenti è indicata nel progetto del monitoraggio e nei profili geotecnici.

Nel corso dei lavori il rilievo della risposta deformativa del fronte e del cavo viene condotto utilizzando delle apposite schede all'interno delle quali è possibile leggere la risposta deformativa in funzione della distanza del fronte e dei rivestimenti.

Le risultanze di questi rilievi forniscono la reale risposta deformativa del fronte e del cavo. Tale risposta consente di valutare come quei fattori difficilmente schematizzabili e prevedibili a priori, sempre presenti in natura, agiscono sul comportamento del cavo, previsto teoricamente nel progetto.

## 7.4 FASI ESECUTIVE E CADENZE DI AVANZAMENTO

Il progetto definisce per ogni sezione le fasi esecutive e le cadenze di avanzamento, fornendo in particolare le distanze massime dal fronte di avanzamento entro cui porre in opera gli interventi di contenimento di prima e seconda fase (rivestimento di 1<sup>a</sup> fase, arco rovescio e rivestimento definitivo).

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<u>Mandataria:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000007	REV. C	FOGLIO. 13 di 28

Come accennato, nel corso dei lavori il rilievo delle fasi esecutive e delle cadenze di avanzamento viene condotto secondo particolari schede riportanti ogni dettaglio esecutivo. Ciò al fine di correlare l'andamento delle deformazioni con le fasi lavorative.

Le risultanze di tali rilievi hanno lo scopo di fornire gli elementi necessari per valutare l'influenza delle fasi e delle cadenze di avanzamento sulla risposta deformativa del fronte e del cavo descritta nel paragrafo precedente (ad esempio una più efficace regimazione dei fenomeni deformativi può essere ottenuta rinforzando gli interventi di preconsolidamento al fronte o in alcuni casi avvicinando gli interventi di contenimento quali murette e arco rovescio al fronte).

## 7.5 PROCEDURA DI APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO E RELATIVE VARIABILITÀ

Il progetto, attraverso la caratterizzazione dei terreni presenti lungo il tracciato e la successiva fase di previsione di comportamento del terreno allo scavo in assenza di interventi ha definito le tratte a comportamento geomeccanico/geotecnico omogeneo, attribuendone la relativa categoria di comportamento (A,B,C).

All'interno di ciascuna tratta, in sede di progetto, sono state definite nel profilo geotecnico le sezioni tipo e le relative percentuali di applicazione, in funzione delle caratteristiche geologiche del terreno in esame e del grado di instabilità del fronte di avanzamento.

Una volta verificata la rispondenza con le ipotesi di progetto, riguardo alla situazione geologico-geotecnica e gli stati tensionali con i criteri descritti nei paragrafi precedenti, si procede alla scelta e all'applicazione della sezione tipo prevista per la tratta in esame.

Durante gli avanzamenti verranno raccolti i dati, secondo i criteri indicati nei paragrafi precedenti, riguardo alle condizioni geologiche e geomeccaniche/geotecniche al fronte di avanzamento, la risposta deformativa del fronte e del cavo, le fasi e le cadenze di avanzamento; la loro elaborazione consentirà di confrontare la situazione così riscontrata con quella di progetto e procedere di conseguenza alla gestione del progetto secondo i punti di seguito indicati.

1. Se le condizioni geologiche e geomeccaniche/geotecniche rilevabili al fronte e la risposta deformativa si mantengono all'interno dei valori previsti, si prosegue con l'applicazione della sezione in corso di esecuzione.
2. Se la risposta deformativa manifesta la tendenza a miglioramento o, viceversa al raggiungimento della soglia di attenzione del campo ipotizzato, tendenza confermata dall'evidenza dei precedenti rilievi geologici/geotecnici/geomeccanici, il progettista definirà se procedere alla modifica della distanza dal fronte entro cui eseguire il getto dell'arco rovescio, delle murette, del rivestimento definitivo e/o alla modifica dell'intensità degli interventi, nell'ambito dei range di variabilità previsti per la sezione adottata.
3. Se le condizioni geologiche e geomeccaniche/geotecniche rilevate al fronte di avanzamento manifestano un miglioramento ovvero un peggioramento rispetto al rilievo precedente (pur rimanendo nell'ambito dei parametri caratterizzanti la tratta) il progettista, valuta la possibilità di

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	COMMESSA <b>IB0U</b>	LOTTO <b>1BEZZ</b>	CODIFICA <b>RH</b>	DOCUMENTO <b>GN0000007</b>	REV. <b>C</b>	FOGLIO. <b>14 di 28</b>

procedere alla modifica dell'intensità degli interventi nell'ambito dei ranges di variabilità previsti per quella sezione e di seguito descritti, anche con modeste variazioni dei parametri deformativi.

I valori e le misure registrate in corso d'opera dovranno essere interpretati globalmente, osservando il loro andamento; eventuali oscillazioni anomale delle misure, attribuibili ad un malfunzionamento o ad un incorretto posizionamento dello strumento di misura, dovranno essere escluse.

Nell'ambito di una stessa tratta a comportamento geotecnico "omogeneo" possono essere presenti diverse sezioni tipo, oltre a quella prevalente la cui percentuale di applicazione è definita in progetto in funzione di:

- caratteristiche geologiche e geotecniche del terreno
- caratteristiche geomeccaniche/geotecniche e idrogeologiche del terreno;
- stato tensionale agente.

Quando le situazioni geologiche/geomeccaniche/geotecniche osservate risultano sensibilmente differenti da quelle ipotizzate e le deformazioni sono al di fuori dei campi previsti, si procede al passaggio ad una diversa sezione tipo, tra quelle previste in progetto per quella tratta.

Qualora la situazione riscontrata non corrisponda a nessuna di quelle ipotizzate nella tratta in esame, e di conseguenza nessuna delle sezioni tipo previste possa essere adottata, ma tuttavia tale situazione sia analoga ad altre ipotizzate lungo il tracciato, si procederà all'adozione di una diversa sezione tipo, non prevista in quella tratta, ma già prevista nello stessa WBS.

Nel passaggio da una sezione ad un'altra con differenti limitazioni esecutive si procederà con l'adeguamento, in maniera graduale, per quanto possibile, in modo da evitare la perdita della continuità operativa del cantiere. In questa ottica, nell'ambito del progetto costruttivo si adotteranno quei criteri di flessibilità esecutiva che consentano la massima velocità di avanzamento e quindi tali da ridurre al minimo lo sviluppo reologico temporale del processo di detensionamento e rilassamento del terreno al contorno e sul fronte.

Il discriminante del passaggio da una sezione alla successiva si baserà su due valori:

- a) rilievo geologico del fronte in avanzamento con stima del GSI/RMR.
- b) Valori delle convergenze al di sotto delle soglie definite nel paragrafo 10.

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
08 - GALLERIE Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000007	REV. C	FOGLIO. 15 di 28

## 7.6 DISTRIBUZIONE DELLE SEZIONI DI SCAVO

In seguito alle analisi condotte e sulla base del profilo geotecnico sono state assegnate le seguenti sezioni di scavo, che potranno subire variazioni in seguito alle reali condizioni geologiche riscontrate.

opera	ID	progressiva BD	Unità	sezione di scavo	applicazione
SCALERES	1	730.00	Graniti e granodioridi	A0	100%
	2	1100.00	Graniti e granodioridi	A0	100%
	3	1600.00	Graniti e granodioridi	A0	100%
	4	1975.00	Graniti e granodioridi	A0	100%
	5	2475.00	Graniti e granodioridi	A0	100%
	6	2975.00	Graniti e granodioridi	A0	100%
	7	3475.00	Filladi a granato	B	100%
	8	3974.00	Filladi a granato	B	100%
	9	4474.00	Filladi a granato	B	100%
	10	4974.00	Filladi a granato	B	100%
	11	5468.90	faglia 16	C	100%
	12	5961.00	Filladi a granato	A1	100%
	13	6453.00	Filladi a granato	B	100%
	BPT1	6500.00	Filladi a granato	B	100%
	14	6945.00	Filladi a granato	B	100%
	15	7444.50	Filladi a granato	B	100%
	16	7944.50	Filladi a granato	A1	100%
	17	8444.50	Filladi a granato	B	100%
	18	8944.50	Filladi a granato	A1	100%
	19	9444.50	Filladi a granato	B	100%
	BPT2	9500.00	Filladi a granato	B	100%
	20	9944.50	Filladi a granato	A1	100%
	21	10444.50	Filladi a granato	A1	100%
	22	10944.50	Filladi a granato	A1	100%
	23	11444.50	Filladi a granato	A1	100%
	24	11944.40	Filladi quarzifere	A1	100%
	25	12444.50	Filladi quarzifere	A1	100%
	26	12944.50	Filladi quarzifere	B	100%
	27	13439.93	Filladi quarzifere	A1	100%
	28	13932.07	Filladi quarzifere	A1	100%
	29	14424.18	Filladi quarzifere	A1	100%
	30	14916.31	Dioriti	A0	100%
31	15250.00	Dioriti	A0	100%	
32	15600.00	Dioriti	A0	100%	



APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandataria:	Mandanti:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	RH	GN0000007	C	16 di 28
<b>08 - GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass							

opera	ID	progressiva BD	Unità	sezione di scavo	applicazione
GARDENA	33	16513.00	Porfiroidi	A1	100%
	34	17013.00	Filladi quarzifere	A1	100%
	35	17513.00	Filladi quarzifere	A1	100%
	36	18013.00	Filladi carboniose	B	100%
	37	18513.00	Filladi carboniose	C	100%
	BPT3	18600.00	Filladi carboniose	C	100%
	38	19013.00	Filladi carboniose	A1	100%
	39	19513.00	Filladi quarzifere	A1	100%
	40	20013.00	Filladi quarzifere	A1	100%
	41	20513.00	Filladi quarzifere	A1	100%
	42	21012.80	Filladi quarzifere	A1	100%
	43	21889.69	Filladi quarzifere	A1	100%
	INT.	2	667.23	Filladi quarzifere	A1
3		1154.38	Filladi	B	100%
4		1527.60	Filladi	B	100%
5.a		1851.23	Filladi	B	100%
5.b		1851.23	Faglia 11	C	70%
6.a		2345.00	Faglia 12	C	70%
6.b		2345.00	Filladi	B	30%
7.a		2345.00	Filladi	B	100%
7.b		2829.50	Faglia 14	C	100%
7.c		2829.50	Paragneiss di Lajon	B	40%
7.d	2829.50	Paragneiss di Lajon	C	60%	

APPALTATORE:		PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	IBOU	1BEZZ	RH	GN0000007	C	17 di 28

## 8. DESCRIZIONE SEZIONI TIPO DI SCAVO E FASI COSTRUTTIVE

Vengono di seguito descritte le sezioni tipo previste per l'avanzamento degli scavi dei by-pass. Per quanto concerne la variabilità di ciascuna sezione tipo, nonché il relativo campo di applicazione, si rimanda ai paragrafi successivi.

### 8.1 SEZIONE A0

Per le tratte di applicazione si rimanda al profilo geotecnico. La sezione presenta le seguenti caratteristiche:

#### **Interventi di prima fase:**

- Scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime pari 3,00 m  $\pm$  20%;
- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di 0.15 cm di spritz – beton fibrorinforzato, n.7+8 bulloni radiali ad ancoraggio continuo, costituiti da barre  $\Phi$ 24mm (tipo Swellex Pm 16), di lunghezza pari a 3.00m, passo longitudinale pari a 1.50m e trasversale di 1.50m. È prevista una variabilità di  $\pm$ 20% riferita al passo trasversale e longitudinale dei bulloni;
- Impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, L=30m, sovrapposizione minima pari a 10.00m.

#### **Rivestimento definitivo:**

- Arco rovescio e murette in calcestruzzo non armato con spessore di 0.50m gettati ad una distanza non vincolata dal fronte;
- Calotta in calcestruzzo non armato con spessore 0.40m gettata ad una distanza non vincolata dal fronte;

### 8.2 SEZIONE A1

Per le tratte di applicazione si rimanda al profilo geotecnico. La sezione presenta le seguenti caratteristiche:

#### **Interventi di prima fase:**

- Scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime pari 2,40 m  $\pm$  20% ;
- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di 0.25 cm di spritz – beton fibrorinforzato, n.7+6 bulloni radiali ad ancoraggio puntuale, costituiti da barre  $\Phi$ 24mm (tipo Swellex Pm 16), di lunghezza pari a 4.00m, passo longitudinale pari a 1.20m e trasversale di 1.50m e centine metalli HEA160 con interasse longitudinale 1.20m. È prevista una variabilità di  $\pm$ 20% riferita al passo trasversale e longitudinale dei bulloni;
- Impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento, L=30m, sovrapposizione minima pari a 10.00m.

#### **Rivestimento definitivo:**

- Arco rovescio e murette in calcestruzzo non armato con spessore di 0.50m gettati ad una distanza non vincolata dal fronte; l'armatura è prevista per il by-pass 2 delle interconnessioni dovuto alla presenza dell'interazione con la futura galleria del lotto 2.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandataria:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	IBOU	1BEZZ	RH	GN0000007	C	18 di 28

- Calotta in calcestruzzo non armato con spessore 0.40m gettata ad una distanza non vincolata dal fronte; l'armatura è prevista per il by-pass 2 delle interconnessioni dovuto alla presenza dell'interazione con la futura galleria del lotto 2.

### 8.3 SEZIONE B

Per le tratte di applicazione si rimanda al profilo geotecnico. La sezione presenta le seguenti caratteristiche:

#### **Interventi di prima fase:**

- Precontenimento al fronte mediante n.20 autoperforanti  $\Phi 32\text{mm}$ , in foro  $\Phi 64\text{mm}$ ,  $L=9.00\text{m}$ , ogni  $6.00\text{m}$  di avanzamento (eventuale);
- Scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime pari  $1,00\text{ m} \pm 20\%$  ;
- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di  $0.25\text{ cm}$  di spritz – beton fibrorinforzato, n.7+6 bulloni in avanzamento ad ancoraggio puntuale (successivamente cementati), costituiti da barre  $\Phi 24\text{mm}$ , di lunghezza pari a  $4.50\text{m}$  aventi inclinazione variabile tra  $20$  e  $45^\circ$ , passo longitudinale pari a  $1.20\text{m}$  e trasversale di  $1.00\text{m}$  e centine metalliche HEA180 con interasse longitudinale  $1.00\text{m}$  con variabilità di  $\pm 20\%$ . È prevista una variabilità di  $\pm 20\%$  riferita al passo trasversale e longitudinale dei bulloni;
- Impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento,  $L=30\text{m}$ , sovrapposizione minima pari a  $10.00\text{m}$ .

#### **Rivestimento definitivo:**

- Arco rovescio e murette in calcestruzzo armato con spessore di  $0.50\text{m}$  gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri;
- Calotta in calcestruzzo non armato con spessore  $0.50\text{m}$  gettata ad una distanza non vincolata dal fronte;

### 8.4 SEZIONE C

Per le tratte di applicazione si rimanda al profilo geotecnico. La sezione presenta le seguenti caratteristiche:

#### **Interventi di prima fase:**

- Precontenimento al fronte mediante n.25 autoperforanti  $\Phi 51\text{mm}$ , in foro  $\Phi 110\text{mm}$ ,  $L=12.00\text{m}$ , ogni  $6.00\text{m}$  di avanzamento;
- Scavo a piena sezione per singoli sfondi di dimensioni massime pari  $1,00\text{ m} \pm 20\%$  ;
- Rivestimento di prima fase composto da uno strato di  $0.25\text{ cm}$  di spritz – beton fibrorinforzato e centine metalliche HEA180 ad interasse 1 longitudinale 1 metro con variabilità del di  $\pm 20\%$ ;
- Presostegno al contorno costituito da 17 autoperforanti  $\Phi 51\text{mm}$  in foro  $\Phi 110\text{mm}$   $L=6\text{m}$ , inclinazione  $20^\circ$  rispetto al fronte di scavo, passo long.  $2.00\text{m}$ , passo trasv.  $0.80\text{m}$  con variabilità del  $\pm 20\%$ ;
- Impermeabilizzazione costituita da tessuto non tessuto e manto in PVC;
- Eventuali 2+2 drenaggi in avanzamento,  $L=30\text{m}$ , sovrapposizione minima pari a  $10.00\text{m}$ .

#### **Rivestimento definitivo:**

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>  <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>																	
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">COMMESSA</th> <th style="text-align: left;">LOTTO</th> <th style="text-align: left;">CODIFICA</th> <th style="text-align: left;">DOCUMENTO</th> <th style="text-align: left;">REV.</th> <th style="text-align: left;">FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">IB0U</td> <td style="text-align: center;">1BEZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">GN0000007</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td style="text-align: center;">19 di 28</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.	IB0U	1BEZZ	RH	GN0000007	C	19 di 28
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.													
IB0U	1BEZZ	RH	GN0000007	C	19 di 28													
<b>08 - GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass																		

- Arco rovescio e murette in calcestruzzo armato con spessore di 0.60m50m gettati ad una distanza massima dal fronte pari a 2 diametri;
- Calotta in calcestruzzo armato con spessore 0.50m gettata ad una distanza non vincolata dal fronte;

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:					PROGETTO ESECUTIVO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	IB0U	1BEZZ	RH	GN0000007	C	20 di 28

## 9. ANALISI DI RISCHIO SULLA REALIZZAZIONE DELLE GALLERIE

Di seguito si descrivono le principali criticità, legate al contesto geologico, idrogeologico e geotecnico, che potrebbero avere ripercussioni sulla fase realizzativa delle gallerie, e si illustrano le relative possibili azioni di mitigazione o riduzione del rischio.

- Presenza di trovanti/blocchi
- Presenza gas
- Presenza di cavità carsiche, masse rocciose carsificate
- Venute d'acqua/carico idraulico elevato
- Interferenza sorgenti
- Acque aggressive
- Instabilità del fronte scavo
- Comportamento rigonfiante argilla
- Fenomeni di subsidenza/interferenza con opere preesistenti.

La mappatura dei diversi rischi individuati nella fase conoscitiva e la relativa gestione definita nella fase di terapia sono illustrate in forma sintetica negli elaborati dei profili geotecnici.

### 9.1 DEFINIZIONE SOGLIE DI MONITORAGGIO

Al fine di gestire l'avanzamento in galleria sia dal punto di vista della scelta della sezione tipo di scavo che della variabilità di interventi sono stati definiti dei livelli deformativi dedotti dall'analisi effettuate per la definizione delle sezioni tipo contenute nelle relazioni di calcolo delle gallerie.

L'interpretazione corretta del comportamento tenso-deformativo del fronte e al cavo passa quindi attraverso:

A) Determinazione dei valori di soglia: tali valori risultano essere dei valori di riferimento rispetto alle ipotesi progettuali. I valori di soglia definiti in questa sede sono suffragati dall'esito delle modellazioni numeriche e dei modelli analitici (linee caratteristiche e discretizzazione alle differenze finite) utilizzati in fase di diagnosi e terapia. I valori scelti risultano rappresentativi delle deformazioni attese in condizioni di esercizio essendo l'intervallo individuato funzione degli stati tensionali (coperture) e della variabilità della parametrizzazione geotecnica individuata.

I valori di soglia riportati nei paragrafi seguenti dovranno essere, in ogni caso, tarati sulla base dei risultati di "back analysis" da effettuare a seguito delle misure di monitoraggio, in quanto, comunque, le deformazioni registrate in galleria risentono di vari fattori che, inevitabilmente, intervengono nella pratica esecutiva, difficilmente simulabili per via puramente analitica.

B) Interpretazione dei dati di monitoraggio: la corretta interpretazione del comportamento tenso-deformativo al fronte e al contorno del cavo richiede un'analisi congiunta di tutti i dati provenienti dal monitoraggio.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	IBOU	1BEZZ	RH	GN0000007	C	21 di 28

I principali documenti di riferimento usati per la definizione dei valori di soglia sono:

- "Relazione di calcolo dei by-pass";
- "Relazione tecnica delle opere in sotterraneo"
- " Profilo Geotecnico "

I valori dei livelli deformativi servono a dare indicazioni sul campo dei valori più attesi per le sezioni applicate in progetto e andranno comunque tarati in corso d'opera attraverso un processo di "back analysis" seguente all'elaborazione delle misure di monitoraggio.

I valori dei livelli deformativi ipotizzati servono a dare indicazioni sul campo dei valori più attesi per le sezioni applicate in progetto e andranno comunque tarati in corso d'opera attraverso un processo di "back analysis" seguente all'elaborazione delle misure di monitoraggio.

I valori attesi sono da intendersi come una "soglia di attenzione". Nell'eventualità tali valori vengano superati, ma che comunque siano inferiori ai valori di soglia, si procederà al cambio di sezione e a un incremento delle misure di monitoraggio.

Il superamento del valore di soglia (da intendere come "soglia di allarme") dovrà invece comportare una ritaratura delle soluzioni progettuali individuate, come ad esempio l'adozione di una sezione tipo differente e più robusta.

I valori più sopra riportati sono da intendersi come valori totali a tempo infinito. Siccome il posizionamento delle sezioni di convergenza dovrebbe avvenire a ridosso del fronte, dai suddetti valori si dovrebbe detrarre la quota di deformazione già avvenuta a monte del fronte che nel caso specifico si può stimare in circa il 30% del totale.

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Mandataria:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
<b>08 - GALLERIE</b>		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass		IBOU	1BEZZ	RH	GN0000007	C	22 di 28

## 10. SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME

Le soglie di attenzione ed allarme dei parametri acquisiti dal monitoraggio vengono definite in relazione ai modelli di calcolo e dimensionamento delle strutture e alla risposta attesa dall'interazione terreno-struttura.

Per le misure di convergenza le soglie sono state valutate utilizzando i risultati di calcolo numerico Plaxis. Al fine di tenere conto della tempistica di installazione della strumentazione di monitoraggio rispetto all'avanzamento dello scavo, le convergenze radiali di calcolo sono state decurtate della quota parte di spostamento che avviene prima dell'installazione delle mire ottiche.

I criteri di definizione delle soglie di attenzione e allarme sono presentati di seguito:

### Convergenze radiali:

- soglia di attenzione = valore atteso: è assunto pari al 100% del valore dai calcolo numerico (depurato della convergenza persa prima dell'installazione delle mire ottiche)
- soglia di allarme = 150% del valore atteso

### Tensione nell'acciaio (monitorata per mezzo delle barrette estensimetriche):

- soglia di attenzione = valore massimo atteso, pari al 80% della tensione ideale di calcolo
- soglia di allarme = 100% del valore atteso

In merito ai valori di progetto, si riassumono nelle tabelle che seguono, per ogni galleria naturale monitorata, le sezioni tipo con i corrispondenti valori delle soglie di attenzione e allarme.

<b>Soglie di attenzione (100% dei valori attesi)</b>			
<b>Sezione Tipo</b>	<b>Estrusione (mm)</b>	<b>Convergenza radiale (mm)</b>	
		<b>Calotta</b>	<b>Piedritto</b>
A0	-	-	-
A1	5	5	5
B	15	10	10
C	30	20	20

Tabella 10-1: sezione di scavo by-pass – Soglie di attenzione

<b>Soglie di allarme (150% dei valori attesi)</b>			
<b>Sezione Tipo</b>	<b>Estrusione (mm)</b>	<b>Convergenza radiale (mm)</b>	
		<b>Calotta</b>	<b>Piedritto</b>
A0	5	5	5
A1	8	8	8
B	20	15	15
C	45	30	30

Tabella 10-2: sezione di scavo by-pass – Soglie di allarme

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	IBOU	1BEZZ	RH	GN0000007	C	23 di 28

## 11. TECNOLOGIE ALTERNATIVE E PRESCRIZIONI

### 11.1 TECNOLOGIA ALTERNATIVE DI PERFORAZIONE

In corso d'opera si potrà valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione (a secco) utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscela cementizia, acqua additivata con agente schiumogeno, ...) in funzione delle caratteristiche del terreno e previa esecuzione di adeguate prove in sito, atte a garantire:

- ai fini del consolidamento del terreno, caratteristiche funzionali e di resistenza non inferiori a quanto fornito seguendo le attuali prescrizioni;
- l'assenza di problemi connessi alla "sensibilità" dei terreni interessati dalle perforazioni;
- condizioni di inghisaggio analoghe a quelle ottenute con la perforazione a secco.

### 11.2 TECNOLOGIE ALTERNATIVE PER L'ARMATURA DELLO SPRITZ BETON

Nell'ambito delle tecnologie da applicare per la realizzazione delle gallerie naturali è previsto per l'esecuzione del prerivestimento l'impiego di calcestruzzo proiettato, armato con centine metalliche e rete oppure con centine metalliche e fibre in acciaio.

Entrambe le tecnologie della rete e del fibrorinforzato risultano perfettamente equivalenti dal punto di vista prestazionale seppure caratterizzate da parametri di qualificazione diversi e da una differente modalità di messa in opera.

Coerentemente con ciò, nelle tavole di progetto è stata volutamente lasciata la possibilità di alternativa tra le due tecniche di armatura essendo stata verificata l'equivalenza progettuale.

La scelta tra l'utilizzo di fibre o di rete elettrosaldata verrà operata in cantiere in base alle reali condizioni operative dello scavo, in funzione di quanto precedentemente detto. Qualora il terreno presenti caratteristiche geotecniche migliori di quanto preventivato sarà possibile proteggere il fronte di scavo ricorrendo all'uso di spritz-beton semplice (non armato né fibrorinforzato).

### 11.3 ARMATURA DEL RIVESTIMENTO DEFINITIVO

In corrispondenza delle criticità ad oggi riscontrate è risultato necessario l'utilizzo di rivestimenti definitivi opportunamente armati.

In corso d'opera è prevista la possibilità di utilizzare in calotta e piedritti sia armature tralicciate, sia quelle standard. Analogamente, in arco rovescio possono essere utilizzate gabbie prefabbricate o armatura tradizionale. Dette opzioni risultano valide anche per le tratte di gallerie artificiali.

Attualmente, tali armature sono state utilizzate in tutti i casi in cui, sulla base dei dati raccolti, siano risultate presenti o siano state previste le condizioni per il determinarsi di sollecitazioni flessionali elevate sui rivestimenti, ovvero:

- In presenza di elementi indicanti formazioni o loro parti con basse caratteristiche geotecniche;



APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandatario:	Mandanti:					PROGETTO ESECUTIVO
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST	M Ingegneria		
<b>08 - GALLERIE</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	IBOU	1BEZZ	RH	GN0000007	C	24 di 28

- Nel sottoattraversamento di preesistenze con basse coperture (inferiori a 25-30 m) o di altre zone con criticità singolari (in ammassi disturbati o in presenza di spinte dovute a movimenti di versante);
- Nelle zone soggette a rischio sismico (basse coperture, zone di contatto stratigrafico, zone di faglia);

Più in generale, in corso d'opera l'armatura di rivestimento definitivo sarà applicata su qualunque sezione tipo nel caso in cui, in funzione dei riscontri degli scavi e del monitoraggio, si dovessero evidenziare difformità rispetto alle ipotesi e condizioni di progetto, e quindi, onde non incorrere in una fessurazione del rivestimento definitivo, anche per tratte ad oggi non prevedibili come armate, in quanto non ricomprese con evidenza nelle situazioni di cui ai punti precedenti.

Un diverso utilizzo di armature per il rivestimento definitivo non deve dunque essere considerato come univocamente condizionato all'adozione di specifiche sezioni tipo, in quanto almeno in parte indipendente dalla tipologia e densità di consolidamenti applicati al fronte e in calotta, o dai rivestimenti di prima fase, e quindi non necessariamente legato ad una loro contestuale modifica.

Del resto, anche nel caso di tratte già previste come armate in progetto, non si può escludere che si determinino condizioni difformi da quanto oggi preventivabile, e tali da richiedere un appesantimento delle armature stesse, o anche da consentirne, viceversa, un'ottimizzazione, in funzione delle diverse condizioni di carico del rivestimento definitivo e della sua risposta strutturale nell'interazione con l'ammasso nelle diverse fasi realizzative.

In conclusione, ove si dovesse procedere con l'inserimento o l'adeguamento dell'armatura necessaria, così come nel caso si dovesse procedere ad adottare sezioni tipo differenti, che implicino una diversa distribuzione dei rivestimenti definitivi, l'applicazione di tali diverse ipotesi dovrà essere ordinata a mezzo di apposito ordine di servizio dalla Direzione Lavori, assumendo tale modifica la valenza di "variante progettuale".

#### 11.4 DISTANZE DI GETTO DEI RIVESTIMENTI DEFINITIVI

Le distanze di getto del rivestimento vengono misurate a partire dal fronte di scavo e sono relative ad arco rovescio, murette e calotta. Esse sono funzione della risposta tenso/deformativa del cavo nonché di specifiche situazioni locali riguardanti le singole gallerie.

In linea generale, il getto dell'arco rovescio e delle murette dovrà avvenire contemporaneamente solo in casi particolari, da valutarsi in corso d'opera; sempre in linea generale, si potrà effettuare un getto separato di arco rovescio e murette, avendo comunque cura di realizzare le murette il più vicino possibile al fronte di scavo, onde ottenere una più rapida stabilizzazione delle convergenze.

La distanza di getto della calotta sarà anch'essa funzione delle condizioni generali del terreno. Per terreni che si trovino in condizioni geomeccaniche/geotecniche scadenti o per situazioni che evidenzino elevati valori tenso/deformativi sarà necessario portare il getto della calotta il più possibile vicino al fronte (variabilità minima); in terreni che presentino discrete caratteristiche geotecniche o bassi valori tenso/deformativi si potrà invece utilizzare come distanza di getto la distanza massima prevista all'interno del range di variabilità di detta sezione tipo (variabilità massima); infine se il terreno si presenta in condizioni simili a quelle previste in progetto, si procederà ad utilizzare la distanza media all'interno del range di variabilità previsto.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
Mandataria:	Mandanti:	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
08 - GALLERIE	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	IBOU	1BEZZ	RH	GN0000007	C	25 di 28

Le distanze di getto sono funzione della tipologia di terreno nonché delle convergenze misurate in galleria o all'esterno, e dei valori di estrusione al fronte; in linea generale dovrà essere applicata la distanza minima qualora le deformazioni misurate risultino comprese tra la soglia di attenzione e la soglia di allarme stabilite nel presente documento, e/o nel caso in cui i parametri geomeccanici/geotecnici riscontrati in fase di esecuzione dei lavori si collochino verso l'estremo inferiore del range di variabilità del rispettivo gruppo geotecnico.

La distanza "massima" all'interno del range di variabilità potrà essere generalmente applicata qualora le convergenze misurate e le estrusioni risultino al di sotto della soglia di attenzione, e qualora i parametri geomeccanici/geotecnici si collochino verso l'estremo superiore del range di variabilità del gruppo geotecnico.

La distanza di getto dei rivestimenti definitivi rispetto al fronte dovrà comunque rispettare tendenzialmente la massima distanza prevista per la sezione tipo in esame; il progettista potrà valutare in corso d'opera la possibilità di aumentare ulteriormente le distanze massime progettuali; situazioni locali e particolari verranno valutate di volta in volta.

Per quanto concerne i valori numerici delle distanze di getto relativamente ad ogni sezione tipo si vedano i relativi paragrafi.

### 11.5 CARATTERISTICHE MINIME DI RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO

Per quanto riguarda il calcestruzzo che costituisce il riempimento dell'arco rovescio, si prevede di poter transitare sul calcestruzzo quando sia stata raggiunta una resistenza minima di 10 MPa a compressione (Rif Capitolato delle Opere Civili RFI DTC SI SP IFS 001 A), ferma restando la resistenza caratteristica richiesta da progetto.

Nel caso fosse necessario transitare prima del raggiungimento di tale resistenza, il calcestruzzo sarà opportunamente protetto da elementi ripartitori, tali da scaricare una pressione congrua per le caratteristiche di resistenza misurata a quella data di maturazione.

Per quanto riguarda il calcestruzzo di calotta, fermo restando la resistenza caratteristica richiesta da progetto, si prescrive che il disarmo del getto non avvenga prima che il calcestruzzo stesso abbia raggiunto una resistenza di almeno 10-12 MPa (Rif. Capitolato delle Opere Civili RFI DTC SI SP IFS 001 A).

### 11.6 TECNICHE DI CONSOLIDAMENTO DEI FRONTI DI SCAVO

Le geometrie di consolidamento presentate negli elaborati grafici di progetto devono intendersi come geometrie "medie"; in presenza di anomalie localizzate su parte del fronte, o per esigenze locali di messa in sicurezza, non è esclusa la possibilità di una variazione "puntuale" delle quantità o delle geometrie dei consolidamenti. Pur rimanendo invariato il numero totale degli interventi, nello specifico potranno aversi zone del fronte con differenti densità di intervento in funzione delle caratteristiche geotecniche "puntuali" di ciascuna zona; Gli interventi di consolidamento precedentemente elencati dovranno essere dimensionati in modo da "cucire" la superficie di contatto tra le diverse formazioni, ovvero si dovrà prestare particolare attenzione nella definizione degli angoli di perforazione e delle lunghezze degli elementi. Detta operazione

APPALTATORE:		<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>				
PROGETTAZIONE:		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
<u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A.	<u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
<b>08 - GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000007	REV. C	FOGLIO. 26 di 28

verrà definita nel dettaglio in corso d'opera, sulla base delle conoscenze geologiche ed idrogeologiche acquisite nel corso dello scavo, nonché in base ai rilievi dei fronti effettuati.

### 11.7 SOGLIE D'ATTENZIONE E D'ALLARME

In corso d'opera è prevista la possibilità di ritardare i valori numerici delle "soglie" di attenzione e di allarme previsti per i diversi litotipi. In questa fase le soglie risultano necessariamente derivate da parametrizzazioni geomeccaniche, schemi e modelli di calcolo basati sui dati ad oggi disponibili.

Per le motivazioni succitate i valori di soglia indicati in questa prima fase risultano indicativi e solo in fase di scavo gli stessi potranno essere ridefiniti più adeguatamente; non si esclude la possibilità di avere valori di soglia differenti tra la prima e la seconda fornice.

### 11.8 CRITICITÀ

La progettazione delle sezioni tipo è stata condotta conformemente ai dati ad oggi disponibili. Qualora dovessero verificarsi, in fase di scavo, condizioni geomeccaniche/geotecniche e/o idrogeologiche (stress tettonici, rapporto tra tensioni verticali ed orizzontali nel terreno, etc.) diverse da quanto oggi ipotizzabile in base ai dati raccolti e disponibili, sarà necessario procedere ad una rivisitazione degli interventi, in particolar modo delle caratteristiche dei rivestimenti definitivi.

Inoltre, sarebbe opportuno intensificare gli interventi di consolidamento delle sezioni tipo se dovessero manifestarsi problematiche locali durante gli scavi di avanzamento (quali splaccaggi del fronte e/o della calotta, situazioni geologiche puntuali, etc). La valutazione delle modifiche necessarie sarà compiuta dal progettista in funzione di quanto osservato e registrato nel corso degli scavi.

APPALTATORE: 	<b>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI          REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA          LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA          TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>08 - GALLERIE</b> Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo - By-pass	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RH	DOCUMENTO GN0000007	REV. C	FOGLIO. 27 di 28

## 12. CONCLUSIONI

Nella presente relazione vengono espone le linee guida e il programma di monitoraggio previsto per la realizzazione dei by-pass appartenenti al Lotto 1 nell'ambito della progettazione esecutiva della linea Fortezza-P.te Gardena.

Mediante le linee guida vengono descritti i rivestimenti provvisori definitivi, unitamente alla variabilità di applicazione del rivestimento e la distanza di applicazione del fronte, da modulare sulla base delle risultanze del monitoraggio.

Vengono inoltre fornite le soglie del monitoraggio per la valutazione delle caratteristiche delle rocce attraversate e del comportamento tensio-deformativo del cavo durante l'esecuzione della galleria.