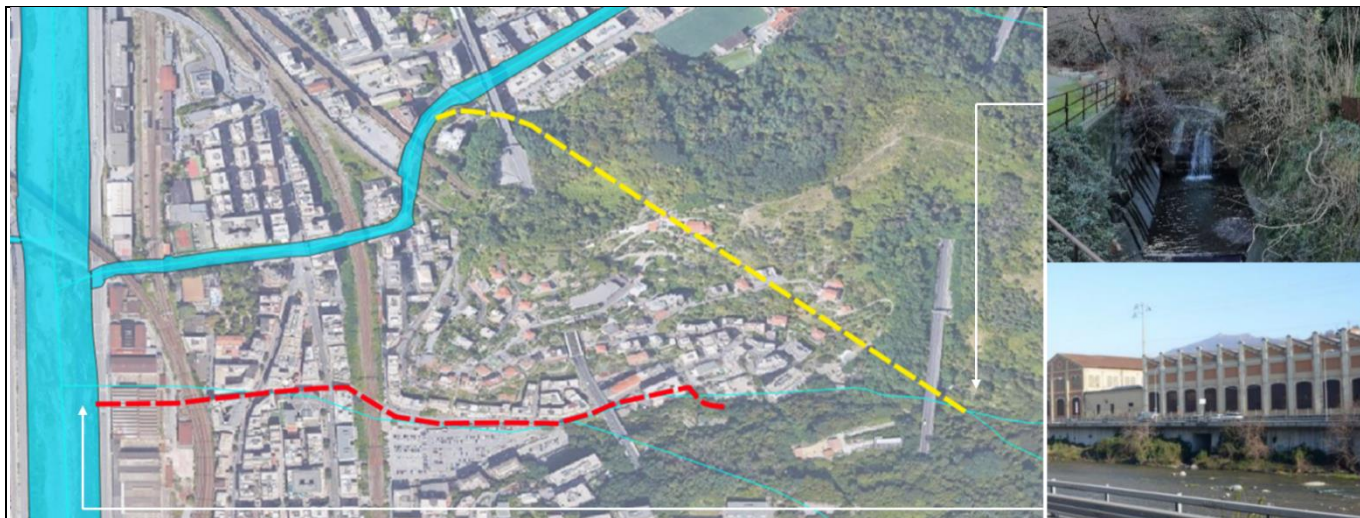





COMUNE DI GENOVA



Servizio di Progettazione di Fattibilità Tecnica ed Economica e definitiva (per appalto integrato) nonché del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione delle “Opere di adeguamento idraulico del tratto tombinato di valle del rio Maltempo, affluente del torrente Polcevera”

PROGETTO DEFINITIVO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Arch. Roberto Valcalda

PROGETTAZIONE:	MANDATARIA: 	MANDANTE: Dott.ssa Claudia Pizzinato
----------------	--	---

RESPONSABILE DELLE INTEGRAZIONI DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: Ing. Simone Venturini

**STRUTTURE
GALLERIA NATURALE E POZZI
GALLERIA NATURALE – LINEE GUIDA PER
L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO**



CODICE ESTESO ELABORATO:	SCALA:	DATA:
II151F-PD-STR-R002_0	-	10/2022
		NOME FILE:
		II151F-PD-STR-R002_0.docx

ELABORAZIONE PROGETTUALE:	REVISIONI					
	REV.	DATA	MOTIVO	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Ing. SIMONE VENTURINI Ordine degli ingegneri Della Provincia di Verona N. A2515	0	10/2022	Emissione	C.MARCHINO	C.PESCE	S.VENTURINI



INDICE

	Pag.
1. INTRODUZIONE	1
2. ELABORATI PROGETTUALI DI RIFERIMENTO	3
3. DESCRIZIONE DELLA GALLERIA	4
3.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MODALITÀ DI SOSTEGNO	4
3.1.1 Sezione tipo A0c	5
3.1.2 Sezione tipo B0c	6
3.1.3 Sezione tipo B0Vc	7
3.1.4 Sezione tipo B0d	8
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	11
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	11
4.2 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DI PROGETTO	12
5. MATERIALI	13
6. PREVISIONE DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO DEL FRONTE E DEL CAVO	14
6.1 SEZIONI DI ANALISI PER LA PREVISIONE DELLA RISPOSTA TENSO-DEFORMATIVA	14
6.2 SPOSTAMENTI ATTESI: SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME	15
6.3 VALORI ATTESI ALLE CELLE DI CARICO	18
6.4 VALORI ATTESI ALLE CELLE DI PRESSIONE	18
6.5 RISCHI CONNESSI ALLO SCAVO	18
7. CAMPI D'APPLICAZIONE E VARIABILITA' DELLE SEZIONI TIPO	20
7.1 CRITERI PER L'APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA	20
7.2 SEZIONI TIPO	21
7.3 SEZIONE TIPO A0c	22
7.3.1 Campo di applicazione	22
7.3.2 Fasi esecutive	22
7.3.3 Variabilità	22
7.4 SEZIONE TIPO B0c	22
7.4.1 Campo di applicazione	22
7.4.2 Fasi esecutive	23
7.4.3 Variabilità	23
7.5 SEZIONE TIPO B0Vc	23
7.5.1 Campo di applicazione	23
7.5.2 Fasi esecutive	23
7.5.3 Variabilità	24
7.6 SEZIONE TIPO B0d	24
7.6.1 Campo di applicazione	24
7.6.2 Fasi esecutive della sezione Intermedia	24
7.6.3 Fasi esecutive della sezione B0d finale	24
7.6.4 Variabilità	25
8. CONCLUSIONI	26



1. INTRODUZIONE

La presente relazione si riferisce alla progettazione delle opere di sistemazione idraulica e adeguamento della capacità idraulica del Rio Maltempo, affluente in sinistra idrografica del Torrente Polcevera, del quale è nota l'insufficienza della sezione a convogliare le portate aventi tempo di ritorno di 200 anni. Tale insufficienza idraulica è imputabile, fra le altre cose, all'estesa urbanizzazione che ha portato alla copertura del tratto terminale del corso d'acqua. Copertura che peraltro allo stato attuale risulta degradata, caratterizzata da dimensioni non costanti, e ristretta in più punti per l'inserimento di numerosi sottoservizi.

La soluzione proposta al fine di risolvere le criticità idrauliche esistenti prevede la realizzazione di una galleria scolmatrice che raccoglie le acque provenienti dalla parte più a monte e non antropizzata del bacino del Rio Maltempo per coltarle nel tratto terminale del Torrente Torbella, che con decorso circa parallelo rimane più a nord.

Nel dettaglio il progetto prevede, Figura 1-1:

- la realizzazione di un'opera di presa sul Rio Maltempo a monte del viadotto autostradale ①;
- un pozzo di dissipazione che collega l'opera di presa con la galleria scolmatrice ②;
- una galleria scolmatrice del diametro di circa 4 m e lunghezza circa 540 m che sottopassa lo spartiacque fra Rio Maltempo e Torrente Torbella ③, dotata di un pozzo di aerazione intermedio;
- l'opera di confluenza nel Torrente Torbella ④;
- la sistemazione idraulica del Torrente Torbella fra l'opera di confluenza e il Torrente Polcevera con il rifacimento del ponte stradale di Via Rossini ed una passerella pedonale ⑤.

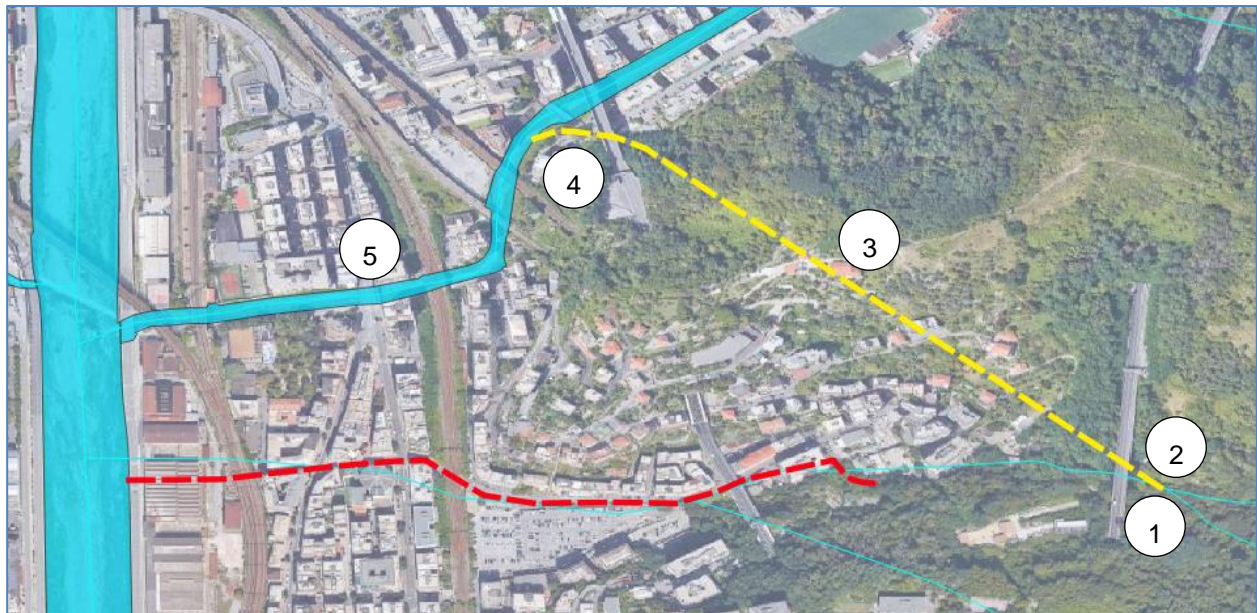


Figura 1-1: Opere principali. In rosso il tratto tombato del Rio Maltempo, in giallo la nuova galleria scolmatrice

La presente relazione riguarda nel dettaglio la galleria scolmatrice, collegata con l'opera di presa mediante un pozzo di caduta ed una camera di dissipazione. La galleria, di lunghezza 540 m, ha una pendenza inferiore al 5 per mille ed è dotata di un canale a pelo libero in corrente lenta di adeguata sezione ed altezza per consentire una manutenzione da valle, ed un aeroforo intermedio.

Dopo avere illustrato la metodologia di sviluppo della progettazione ed individuato il quadro geologico-



geomeccanico di riferimento, nella presente relazione si descriveranno in dettaglio le sezioni tipo previste, considerando per ciascuna di esse il campo di applicazione, le fasi costruttive e gli interventi da eseguire.

Verranno inoltre descritti i rilievi e i monitoraggi da effettuare in corso d'opera, che permetteranno di confrontare le effettive condizioni tenso-deformative degli ammassi intercettati con i valori attesi individuati in sede di progetto ed indicati nel presente documento, così da consentire l'eventuale adeguamento della sezione di avanzamento adottata.



2. ELABORATI PROGETTUALI DI RIFERIMENTO

I seguenti elaborati progettuali sono di riferimento per il presente documento:

- Relazione geologica
- Relazione geotecnica
- Profilo geomeccanico della galleria naturale
- Relazione di calcolo della galleria naturale



3. DESCRIZIONE DELLA GALLERIA

3.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MODALITÀ DI SOSTEGNO

La galleria di progetto, lunga circa 540 m inclusa la camera di dissipazione, è prevista interamente entro la formazione delle Argilliti di Montanesi. Si tratta di una formazione rocciosa costituita da torbiditi, argilliti emipelagiche e argilliti siltose nere, solo raramente policrome, in strati da centimetrici a pluridecimetrici poco evidenti e deformati, con subordinate intercalazioni di arenarie quarzose fini e vene di quarzo. La struttura rocciosa presenta una fissilità spinta con diffusa scistosità di tipo lastroide.

La copertura litostatica sulla galleria varia dai 5 m all'imbocco ad un massimo di circa 75 m nella seconda metà del tracciato. Ad eccezione della zona di sbocco, dove la galleria confluisce nel manufatto di raccordo, l'intero tracciato interessa la porzione più massiva della formazione rocciosa (AMT). Nel tratto iniziale lato valle la galleria potrà interessare per un breve tratto in calotta la porzione più fratturata ed alterata delle argilliti (AMTa).

Attorno a pk 150 la galleria sperimenta una locale riduzione della copertura dovuta alla presenza di un intaglio vallivo: in questa zona la copertura scende ad un valore minimo di 20 m. Il sondaggio S02 realizzato a limitata distanza dall'asse della galleria sembra escludere la possibilità che la porzione alterata (AMTa) delle Argilliti possa interessare la sezione di scavo, ciò nonostante il profilo geomeccanico della galleria segnala tale possibilità a favore di sicurezza.

Lo scavo della galleria avverrà a piena sezione. Le problematiche che si potranno verificare in fase di scavo sono correlate:

- entro la porzione fratturata delle argilliti AMT, al ridotto RQD della roccia e alla spiccata fissilità del litotipo. In relazione allo scavo, quindi, si potranno attraversare tratti di qualità rocciosa medio-bassa, nei quali non sono da escludere possibili instabilità al cavo legate al distacco di blocchi e frammenti rocciosi. Il fronte di scavo si può invece ritenere generalmente stabile;
- alla zona dell'imbocco della galleria lato valle, alla presenza della porzione superficiale più fratturata ed alterata della formazione argillitica (AMTa), che potranno comportare fenomeni di instabilità a carico del cavo;
- in corrispondenza dell'incisione valliva prossima a pk 150 m, ad un locale abbassamento della copertura rocciosa, a cui potrebbe corrispondere un locale incremento dello stato di fratturazione dell'ammasso roccioso ed al possibile abbassamento, fino al livello della calotta della galleria, del contatto AMT/AMTa. che potrebbe comportare fenomeni di instabilità a carico del cavo.

Sono presenti poi al di sopra della calotta della camera di dissipazione il pozzo di caduta e quello di ventilazione che verranno realizzati dall'alto; è importante evidenziare che, viste le ridotte coperture presenti, tutti gli scavi e le opere al di sopra della camera di dissipazione dovranno essere eseguiti solamente una volta completato lo scavo ed il rivestimento definitivo della stessa.

Il progetto degli scavi in sotterraneo prevede l'adozione di 3 sezioni tipo correnti, denominate A0c, B0c e B0Vc, a cui si aggiunge la sezione B0d, con le sue fasi intermedie, prevista per la realizzazione della



camera di dissipazione. La finalità delle diverse sezioni tipo previste in progetto è quella di controllare le problematiche precedentemente esposte, limitando le plasticizzazioni e le convergenze al cavo. Mentre nella camera di dissipazione è applicata la sola sezione tipo B0d, nella galleria scolmatrice in linea di principio le sezioni tipo B0c e B0Vc sono prevalenti e vengono impiegate per oltre l'80% del tracciato, mentre la sezione tipo A0c è prevista nel 9% dell'estensione della galleria, per le zone ove un ridotto grado di fratturazione rende possibile il sostegno del perimetro di scavo col solo spritz-beton e chiodature radiali, senza il ricorso alle centine metalliche.

Sono previste poi 2 piazzole provvisorie, di lunghezza pari a 20 m ciascuna, da realizzarsi come allargamento della sezione corrente, necessarie per agevolare e snellire la cantierizzazione dell'opera. Esse saranno poi riempite per ottenere la costanza della sezione idraulica.

3.1.1 Sezione tipo A0c

La sezione tipo A0c si applica nei tratti interessati dalla presenza della porzione meno fratturata delle Argilliti di Montanesi, tali da non richiedere l'utilizzo di interventi di preconsolidamento al fronte e al contorno, né di centinatura metallica come rivestimento di prima fase.

Il priverestimento è costituito da uno strato di 15 cm di spritz beton fibrorinforzato (5 cm prespritz + 10 cm) e da una chiodatura radiale formata da 4-5 chiodi Swellex Mn16 di lunghezza 3,50 m, posti sfalsati e spazati longitudinalmente 1,50 m. Il rivestimento definitivo, di spessore pari a 0.30m in calotta e 0.40m in arco rovescio, viene gettato in opera ad una distanza massima dal fronte non vincolata, suscettibile comunque di variazioni in corso d'opera in funzione del comportamento deformativo del cavo. Il getto della calotta, non armato, verrà eseguito con l'ausilio di lastre prefabbricate tralicciate che fungono da cassero a perdere.

La Figura 3-1 riporta la schematizzazione della sezione tipo A0c.

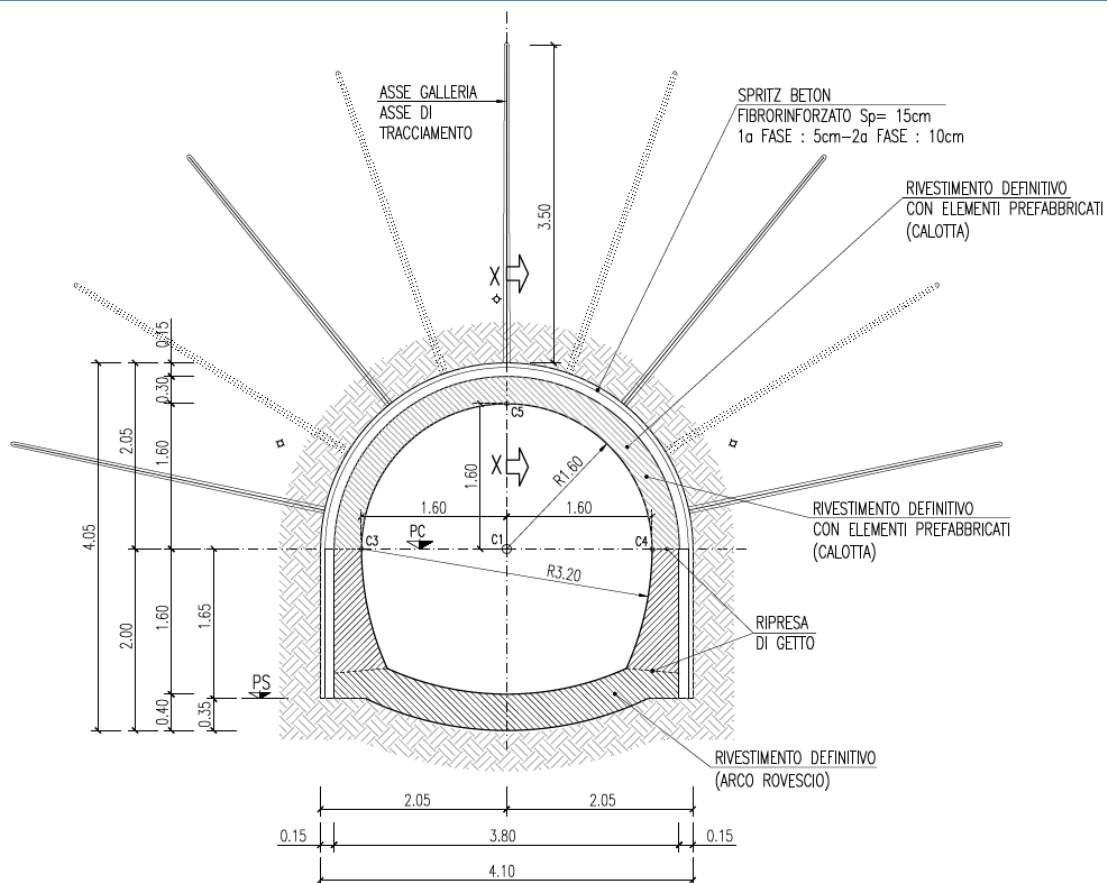


Figura 3-1 - Galleria di collegamento - Sezione tipo A0c

3.1.2 Sezione tipo B0c

La sezione tipo B0c si applica nei tratti interessati dalla presenza della porzione a media fratturazione delle Argilliti di Montanesi, tali da non richiedere l'utilizzo di interventi di preconsolidamento al fronte e al contorno.

Il priverivestimento è costituito da uno strato di 25 cm di spritz beton fibrorinforzato o armato con rete metallica (5 cm prespritz + 20 cm) e da 2 centine metalliche IPE140 con interasse 1,20-1,40 m. Il rivestimento definitivo, di spessore pari a 0,30 m in calotta e 0,40 m in arco rovescio, viene gettato in opera ad una distanza massima dal fronte non vincolata, suscettibile comunque di variazioni in corso d'opera in funzione del comportamento deformativo del cavo. Il getto della calotta, non armato, verrà eseguito con l'ausilio di lastre prefabbricate tralicciate che fungono da cassero a perdere.

La Figura 3-2 riporta la schematizzazione della sezione tipo B0c.

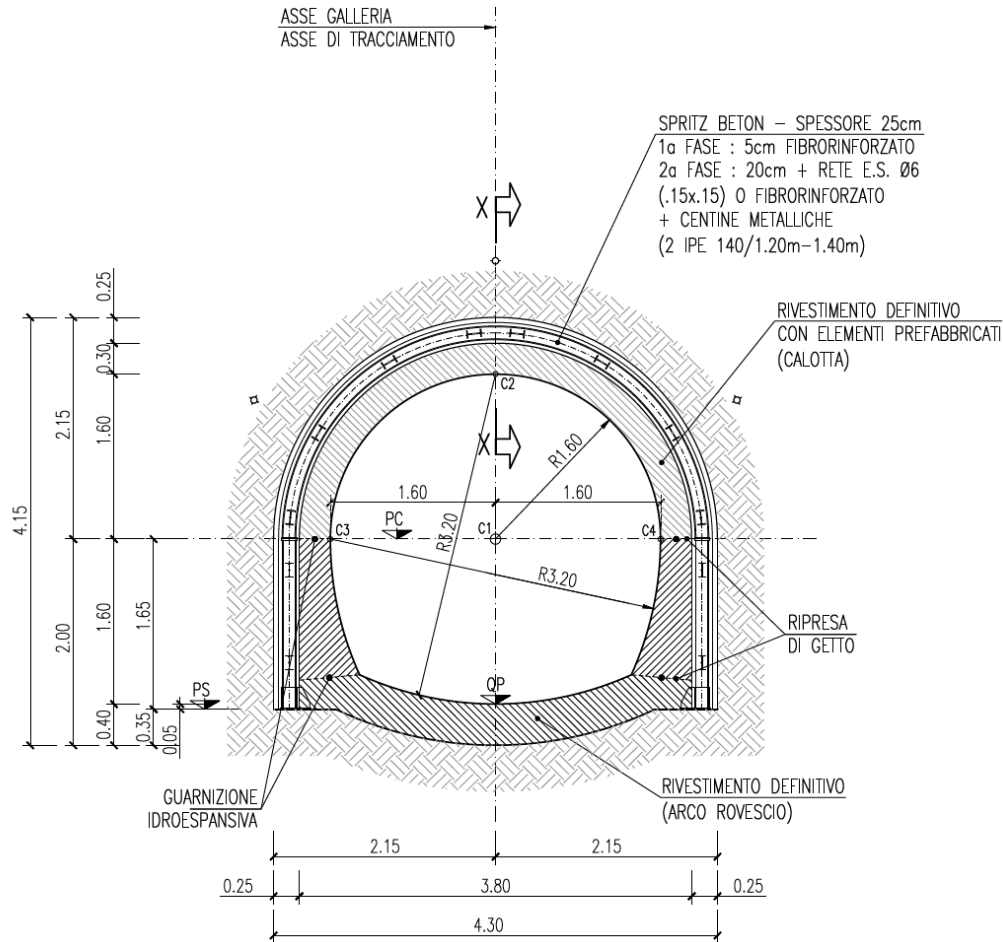


Figura 3-2 - Galleria di collegamento - Sezione tipo B0c

3.1.3 Sezione tipo B0Vc

La sezione tipo B0Vc viene adottata per una estensione pari a circa il 17% della galleria di collegamento (circa 91 m) in corrispondenza delle zone che presentano un maggior grado di fratturazione e alterazione tale da richiedere l'utilizzo di interventi di preconsolidamento al contorno. La sezione prevede infatti la stabilizzazione del cavo mediante una coronella costituita da n.16 tubi metallici di lunghezza 12 m e 3 m di sovrapposizione, valvolati con 2 vlv/m ed iniettati a pressione con miscela cementizia, disposti su un angolo di 150° al contorno di scavo.

Il prerivestimento è costituito da uno strato di 25 cm di spritz beton fibrorinforzato o armato con rete metallica (5 cm prespritz + 20 cm) e da 2 centine metalliche IPE140 con interasse 1 m. Il rivestimento definitivo, di spessore variabile tra 0,30 e 0,93 m in calotta e 0,40 m in arco rovescio, viene gettato in opera ad una distanza massima dal fronte non vincolata, suscettibile comunque di variazioni in corso d'opera in funzione del comportamento deformativo del cavo. Il getto della calotta, non armato, verrà eseguito con l'ausilio di lastre prefabbricate tralicciate che fungono da cassero a perdere.

La Figura 3-3 riporta la schematizzazione della sezione tipo B0Vc.

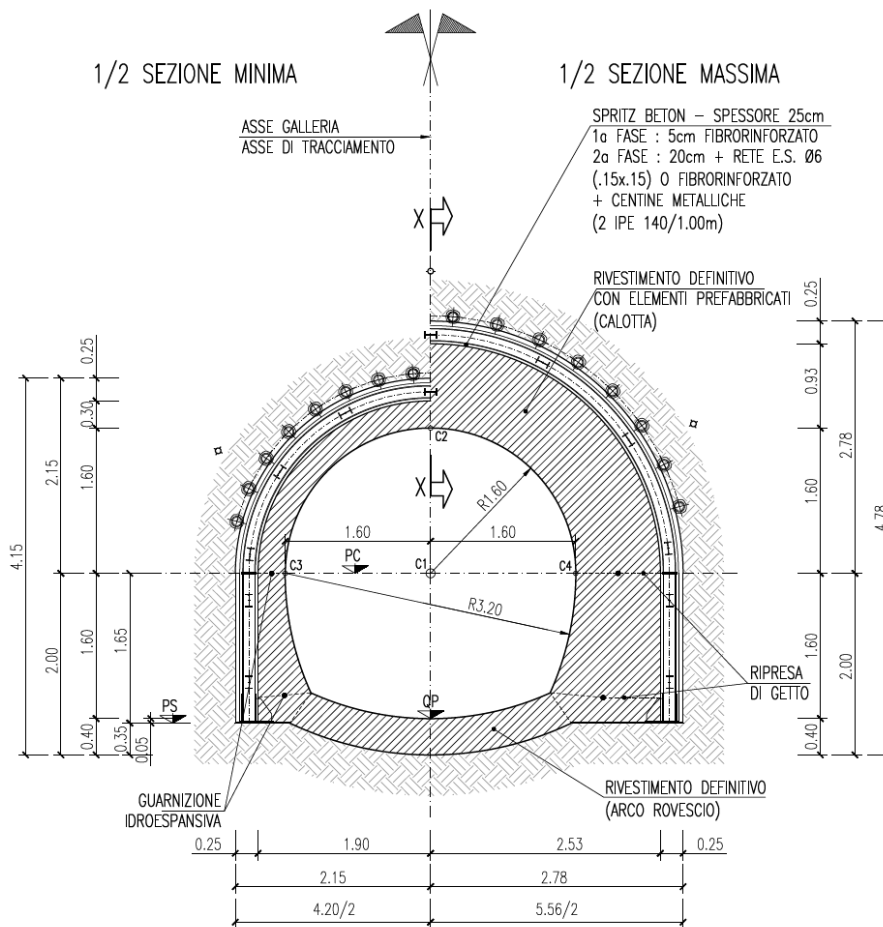


Figura 3-3 - Galleria di collegamento - Sezione tipo B0Vc

3.1.4 Sezione tipo B0d

Lo scavo della camera di dissipazione avviene per step successivi adottando diverse sezioni tipo.

Una volta raggiunta la progressiva di inizio di tale camera con la sezione corrente della galleria di collegamento, si prevede, per un tratto di lunghezza pari a 6 m, di effettuare uno svaso che consente di passare da tale sezione a quella denominata Intermedia. Lo scavo avviene a piena sezione. Il prerivestimento è costituito da uno strato di 30 cm di spritz beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldato (5 cm prespritz + 25 cm) e da 1 centina metallica HEB140 con interasse 1,0 m. Non si prevede il getto dei rivestimenti definitivi in quanto si tratta di una configurazione temporanea che andrà poi allargata.

Una volta raggiunta la geometria della sezione Intermedia, si prevede lo scavo dei restanti 10,60 m della camera di dissipazione con un prerivestimento costituito da uno strato di 25 cm di spritz beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldato (5 cm prespritz + 20 cm) e da 2 centine metalliche IPE160 con interasse 1,0 m. Anche qui, non si prevede il getto dei rivestimenti definitivi in quanto si tratta di una configurazione temporanea che andrà poi allargata.

La Figura 3-4 riporta la schematizzazione della sezione tipo Intermedia.

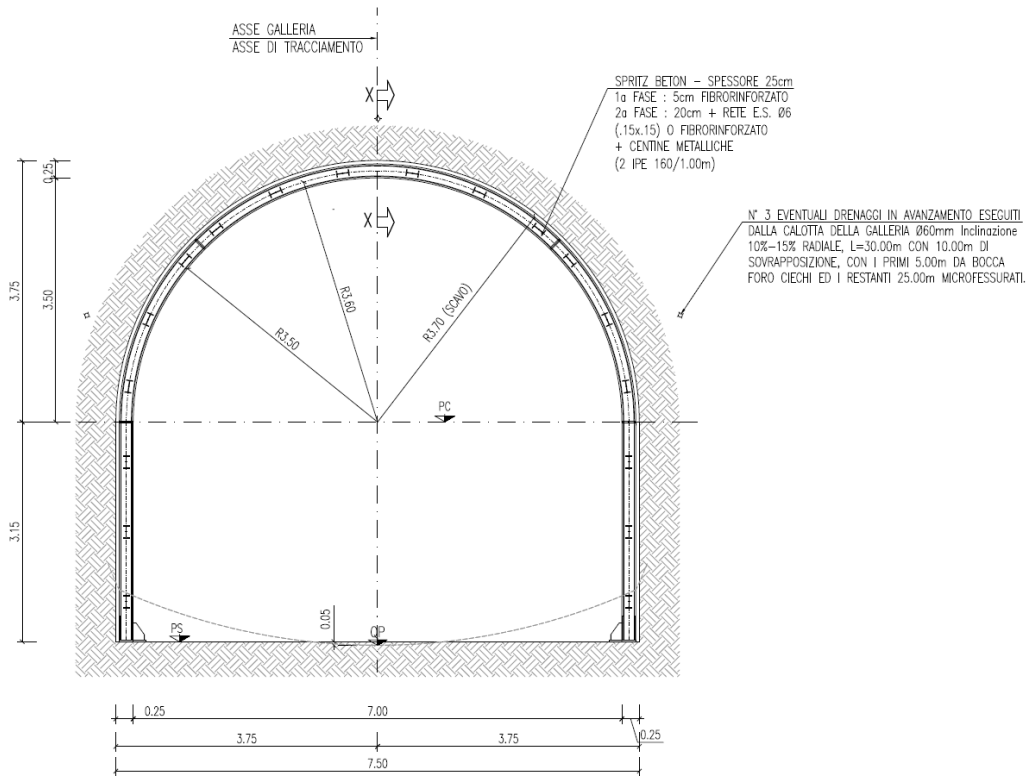


Figura 3-4 – Camera di dissipazione – Sezione tipo Intermedia

Una volta completata la sezione Intermedia si procederà a ritroso allargando la camera di dissipazione fino ad ottenere la sua geometria finale tramite la sezione tipo B0d. Prima di procedere agli allarghi, si prevede il consolidamento del contorno di scavo tramite una chiodatura radiale costituita da 6-5 chiodi Swellex Mn16 di lunghezza variabile tra 6,50 m e 10,50 m a seconda della posizione, posti sfalsati e spazati longitudinalmente 1,50 m. Il sostegno dello scavo è garantito dalla posa in opera di uno strato di 30 cm di spritz beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata (5 cm prespritz + 25 cm) e da 2 centine metalliche IPE180 con interasse 1,0 m. Il rivestimento definitivo, di spessore pari a 0.70m in calotta e 0.80m in arco rovescio, viene gettato in opera ad una distanza massima dal fronte non vincolata, suscettibile comunque di variazioni in corso d'opera in funzione del comportamento deformativo del cavo. Il getto della calotta, tutto armato, verrà eseguito con l'ausilio di lastre prefabbricate tralicciate che fungono da cassero a perdere.

La Figura 3-5 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** riporta la schematizzazione della sezione tipo B0d.

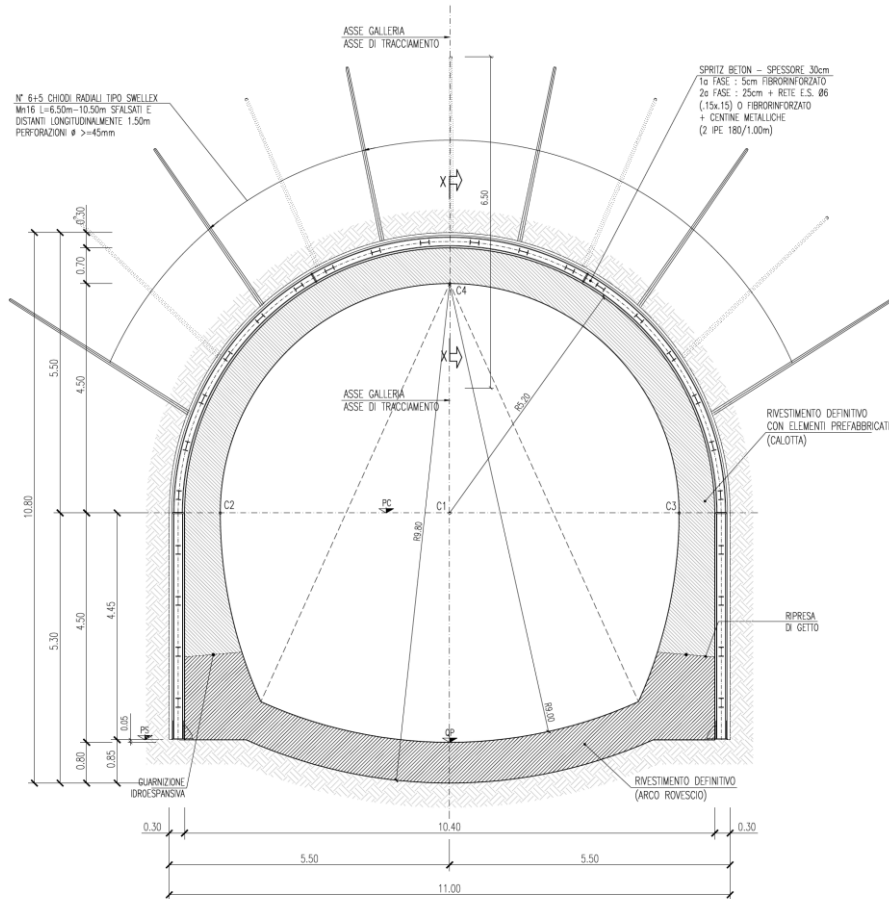


Figura 3-5 - Camera di dissipazione - Sezione tipo B0d



4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

La galleria di derivazione come risulta dalla carta geologica e dal profilo geologico si sviluppa interamente nelle argilliti di Montanesi, una formazione strutturalmente complessa caratterizzata da valori di resistenza relativamente modesti, una marcata fissilità e scagliosità, elevata variabilità laterale e verticale del grado di fratturazione, alterabile nel tempo con decadimento delle resistenze in caso di contatto prolungato con l'acqua ma anche con l'aria.

Nelle zone a maggior grado di fratturazione, così come in quelle alterate a minore copertura, l'RQD, già di per sé mai elevato e compreso fra 30-60%, decade significativamente portandosi fra zero e 20%; in tali ambiti non si può escludere la presenza di fasce, di spessore metrico, alterate e argillificate con caratteristiche e comportamento più simili ad una terra che ad una roccia.

La giacitura è immergente verso E o SE, il che considerando una direzione di scavo da valle verso monte significa a reggipoggio rispetto al versante. Tale condizione è favorevole solo all'apparenza poiché la fissilità di cui sopra, e una struttura fortemente deformata, potranno determinare nel corso dello scavo le più svariate intersezioni fra discontinuità stratigrafico-strutturali e superfici di scavo.

L'ammasso attraversato è tendenzialmente lapideo con un comportamento elastico perfettamente plastico allo scavo: raggiunta la resistenza massima, manifesta deformazioni continue senza variazione dello stato tensionale e di volume (angolo di dilatanza nullo).

Dalla cartografia geologica non risulta la presenza di faglie evidenti lungo l'opera, ma ciò è solo da attribuirsi alla particolare struttura di questa unità che ha un comportamento fragile/duttile ed è composta da accavallamenti tettonici interni non riconoscibili in campo, ma certamente presenti e testimoniati da una struttura fortemente deformata accompagnata da fasce diversamente fratturate. Durante lo scavo si ritiene quindi assai probabile l'attraversamento di zone da fratturate fino a brecciate, più frequenti probabilmente nella parte alta della formazione e quindi verso l'opera di presa avvicinandosi al limite tettonico con l'unità di Ronco. Il valore di GSI atteso è tendenzialmente basso, influenzato dalla fissilità della roccia, da una complessa storia geologica e dalle numerose discontinuità, variando fra 20 e 30 con punte minime nelle zone di alterazione per pedogenesi (bassa copertura) e di maggiore fratturazione.

Dal punto di vista idrogeologico la formazione delle argilliti di Montanesi, entro cui si sviluppa la galleria, è sostanzialmente impermeabile. Non sono censite sorgenti entro e nell'intorno dei lavori, anche se la documentazione consultata inerente lo stoccaggio incontrollato di rifiuti a valle dell'autostrada riporta la presenza di una piccola emergenza idrica che, probabilmente perché captata e allontanata nell'ambito della messa in sicurezza del sito, non è stata riscontrata in sede di sopralluogo. Durante lo scavo in sotterraneo la roccia si presenterà da asciutta a umida, ma non mancheranno tratte con condizioni di stillicidio più o meno intenso specie in corrispondenza di fasce maggiormente fratturate e/o dell'intercettazione di intercalazioni arenacee. Le quantità d'acqua drenate nel cavo non saranno tali da condizionare direttamente le operazioni di scavo, anche tenuto conto che la pendenza della galleria diretta verso valle ne favorisce lo smaltimento.



4.2 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DI PROGETTO

Nell'area interessata dalla galleria si possono distinguere le seguenti unità litotecniche:

- **RIP:** Riporti artificiali e depositi rimaneggiati (Quaternario). Composizione eterogenea, prevalentemente ghiaioso sabbiosi in matrice limoso argillosa. Possibile presenza di frammenti di laterizio.
- **CD:** Coltri eluvio-colluviali (Quaternario). Clasti eterometrici in abbondante matrice sabbioso limosa o limoso argillosa.
- **AA/AM:** Materiali alluvionali antichi, recenti e di alveo attuale (Quaternario). Depositi ghiaiosi e sabbiosi anche posti a quota più elevata rispetto agli alvei attuali o al livello del mare, talvolta terrazzati. Possibili orizzonti sabbioso limosi in profondità. Al piede del versante possono inglobare coltri colluviali e/o accumuli di antica frana.
- **AMTa:** Argilliti di Montanesi, alterate per pedogenesi e/o molto fratturate e disarticolate.
- **AMT:** Argilliti di Montanesi (Cenomaniano - Turoniano). Costituite da argilliti emipelagiche e argilliti siltose in strati da centimetrici a pluridecimetrici poco evidenti e deformati, con subordinate intercalazioni di arenarie quarzose fini e vene di quarzo. Fissilità spinta con diffusa scistosità di tipo lastroide. Valori di RQD e GSI tendenzialmente bassi. Elevata variabilità del grado di fratturazione.

La seguente tabella riassume, per le diverse tratte individuate lungo la galleria naturale, il litotipo atteso, la copertura litostatica media, la classe geomeccanica prevista ed i relativi parametri geotecnici:

Tratto (pk)		Copertura - m	GSI	m _i	σ _{ci} - MPa	Inviluppo di Hoek-Brown		Inviluppo di Mohr- Coulomb		E - MPa	ν
da	a					m _b	s	c - kPa	φ - (°)		
0	115.95	8-30	30 (25-40)	6	15	0.49	4e-4	100	38	1200	0.20
115.95	154.75	15-25	25 (20-25) *	6	15	0.41	2.4e-4	90	36	900	0.20
154.75	530.35	25-75	30 (25-40)	6	15	0.49	4e-4	180- 250	28-31	1200	0.20
530.35	538.35	8-15	22 *	5	4	0.29	1e-4	25	28	350	0.25

* possibile presenza di materiale alterato e fratturato (AMTa) nella porzione superiore del fronte



5. MATERIALI

I materiali impiegati in fase di scavo e di esercizio della galleria sono i seguenti:

SPRITZ-BETON FIBRORINFORZATO

Classe di resistenza C 25/30

ACCIAIO CENTINE

Centine S275

Piastre S275

Bulloni per piastre di unione centine ad alta resistenza classe 8.8

Catene di collegamento B450C

ACCIAIO PER INFILAGGI METALLICI

Tubi metallici S355 Ø114.30 mm, spessore 10 mm

2 vlv/m

Perforazione diametro \geq 140 mm

DRENAGGI IN AVANZAMENTO

Tubo in pvc microfessurato ad alta resistenza diametro esterno 60 mm, spessore \geq 4 mm

Rivestimento esterno del tubo con tessuto non tessuto

Perforazione diametro \geq 90 mm

CLS RIVESTIMENTO DEFINITIVO

Classe di resistenza C 32/40

Armature di acciaio in barre tipo B450C

Copriferro 5 cm



6. PREVISIONE DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO DEL FRONTE E DEL CAVO

6.1 SEZIONI DI ANALISI PER LA PREVISIONE DELLA RISPOSTA TENSO-DEFORMATIVA

La verifica della stabilità del cavo e dell'adeguatezza delle sezioni tipo associate alle diverse condizioni geomeccaniche è stata realizzata mediante analisi dettagliate, sia in fase di avanzamento che, successivamente, in presenza dei rivestimenti provvisori e definitivi, mediante l'utilizzo dei seguenti modelli matematici:

- modello ad elementi finiti bidimensionali (software Phase2D, Rocscience);
- metodo di Tamez (programma autoprodotta in ambiente Excel).

L'applicazione delle sezioni tipo di avanzamento lungo la galleria è stata fatta tenendo conto delle condizioni di copertura litostatica, caratterizzazione geotecnica e grado di fratturazione/alterazione che caratterizza le formazioni rocciose.

In linea di principio si prevede l'applicazione delle sezioni tipo B0c e B0Vc in misura prevalente per le condizioni da medie a scadenti dell'ammasso roccioso, mentre la sezione A0c più leggera trova applicazione in corrispondenza di quei tratti in cui la qualità della massa rocciosa dovesse risultare medio-buona (GSI superiore a 35). La camera di dissipazione verrà invece completamente realizzata adottando la sezione tipo B0d, che prevede fasi di allargo successive.

Sulla base della distribuzione delle sezioni tipo lungo i tratti di scavo in sotterraneo, sono state individuate 4 sezioni di analisi. Le analisi sono state realizzate associando ai terreni i parametri drenati dell'involuppo di Mohr-Coulomb all'origine per la verifica di stabilità con il metodo di Tamez, ed utilizzando invece i parametri dell'involuppo di Hoek-Brown per le analisi tenso-deformative con il metodo degli elementi finiti.

Nella tabella seguente si riporta l'elenco delle sezioni analizzate ed i relativi parametri di caratterizzazione geotecnica:

	Analisi A - galleria	Analisi B - galleria	Analisi C - galleria	Analisi D - camera di dissipazione
Formazione al fronte di scavo	AMT	AMTa - AMT	AMT	AMT
Copertura sulla calotta - m	50	20	60	10
Sezione tipo	B0c	B0Vc	A0c	B0d
$\gamma - \text{kN/m}^3$	27	25 - 27	27	27
Involuppo di Hoek-Brown				
GSI	30	22 (AMTa) - 25 (AMT)	35	30



m_i	6	5 (AMTa) - 6 (AMT)	6	6
σ_{ci} - MPa	15	4 (AMTa) - 15 (AMT)	15	15
E - MPa	1200	350 (AMTa) - 900 (AMT)	1600	1200
ν - (-)	0.20	0.25	0.20	0.20
Inviluppo di Mohr-Coulomb - Parametri alla copertura				
c_c - kPa	180	25 (AMTa) - 90 (AMT)	250	100
ϕ_c - (°)	31	25 (AMTa) - 36 (AMT)	30	38
Inviluppo di Mohr-Coulomb - Parametri all'origine				
c_o - kPa	38	0 (AMTa)	45	34
ϕ_o - (°)	45	35 (AMTa)	50	50

6.2 SPOSTAMENTI ATTESI: SOGLIE DI ATTENZIONE E DI ALLARME

Si riporta nella seguente Figura 6-1 l'evoluzione degli spostamenti attesi al contorno di scavo, nel corso del processo di detensionamento, in calotta ed al piano dei centri, derivati dalle analisi descritte in dettaglio nella Relazione di calcolo della galleria naturale. Tutti i risultati proposti fanno riferimento all'analisi 1, che prevede che l'intero detensionamento del cavo si verifichi a carico dei soli preinvestimenti.

Da queste curve di evoluzione degli spostamenti con l'avanzare del fronte, sono stati derivati i valori di spostamento di Tabella 6-1, che definiscono per ciascuna sezione di calcolo il campo dei valori attesi di spostamento radiale al contorno di scavo, ottenuti per differenza tra gli spostamenti attesi a fine detensionamento e quelli attesi nella fase in cui presumibilmente si andranno a mettere in opera le mire topografiche per dare inizio alle misure di convergenza. Laddove i valori calcolati siano risultati inferiori ai 5 mm non è stato esplicitato il valore nominale di riferimento in quanto si tratta di valori inferiori alla sensibilità strumentale.

Le analisi proposte hanno dimostrato l'adeguatezza delle sezioni tipo di avanzamento nei confronti del comportamento tenso-deformativo del cavo.

Gli spostamenti attesi sono di ordine millimetrico o plurimillimetrico per tutte le sezioni di analisi, Tabella 6-1. I valori determinati dal calcolo sono da intendersi quale indicazione qualitativa dei livelli di deformazione attesi, non potendo tenere conto di fattori difficilmente schematizzabili e modellabili numericamente, quali condizioni geomeccaniche particolari e localizzate, effettiva faticistica esecutiva e cadenze d'avanzamento. Tali valori potranno quindi essere ritirati sulla base dei risultati di "back analysis" effettuate in futuro, man mano che i dati di monitoraggio saranno resi disponibili.



Da questi valori, imponendo un incremento del 50% sulle attese, sono state derivate le “soglie di attenzione”. Nell’eventualità che tali soglie vengano superate si procederà alla modifica degli interventi previsti per la sezione tipo adottata all’interno della variabilità prevista nel seguente capitolo 7 o al cambio di sezione tipo e ad un contestuale incremento della frequenza di monitoraggio, secondo le indicazioni che verranno riportate nel seguente paragrafo 7.1.

Le misure del comportamento tenso-deformativo del fronte e del cavo permetteranno in corso d’opera il controllo dei margini di sicurezza rispetto alle situazioni ultime di stabilità, e quindi di poter eventualmente intervenire effettuando una nuova taratura del progetto. Le situazioni ultime possono essere rappresentate attraverso valori limite (o “valori di allarme”) delle misure di monitoraggio. Tali limiti sono definiti considerando un’amplificazione dei valori attesi pari al 100%, e sono riassunti nella seguente Tabella 6-2.

Il superamento del valore di allarme dovrà comportare una ritaratura delle soluzioni progettuali individuate, come ad esempio l’adozione di una sezione tipo differente e più robusta e l’avvicinamento al fronte dei getti del rivestimento definitivo.

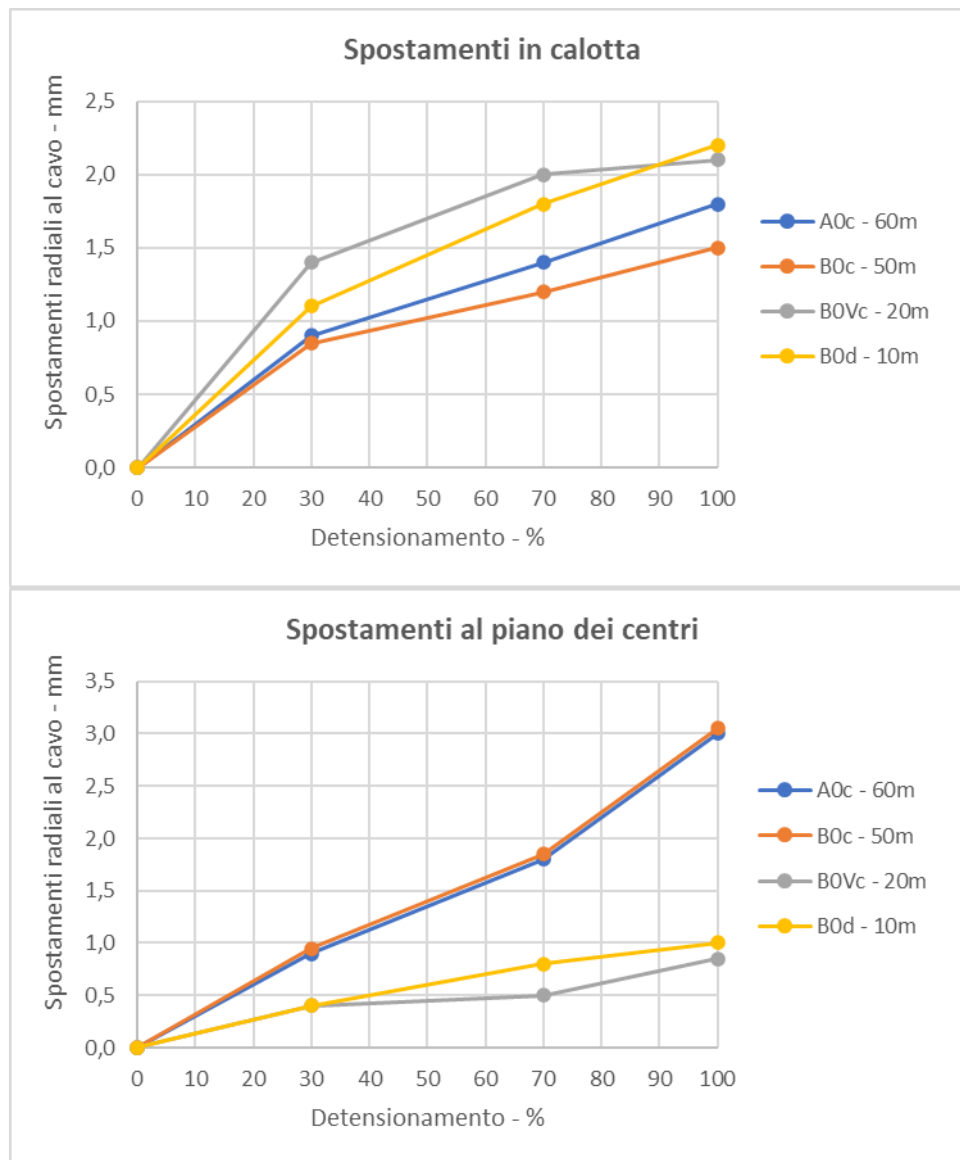


Figura 6-1 - Spostamenti radiali attesi in calotta ed al piano dei centri all’avanzare del fronte di scavo, e quindi del detensionamento, per le diverse sezioni di calcolo proposte nella Relazione di Calcolo della galleria naturale



Tabella 6-1 - Valori attesi derivati dalle analisi effettuate

VALORI ATTESI						
Sezione	Litotipo	GSI	Copertura (m)	Metodo di Tamez		Metodo degli elementi finiti
				Stabilità fronte senza interventi	Stabilità lunghezza libera senza interventi	Convergenza diametrale massima (mm)
A0c	AMT	35	60	Si	Si (*)	< 5
B0c	AMT	30	50	Si	Si (*)	< 5
B0Vc	AMT/AMTa	22/25	20	Si	Si (*)	< 5
B0d	AMT	30	10	Si	Si (*)	< 5
(*) a meno di possibili plasticizzazioni corticali al contorno						

Tabella 6-2 – Valori limite di attenzione e di allarme

VALORI DI SOGLIA					
Sezione	Litotipo	GSI	Copertura (m)	Soglie di attenzione	Soglie di allarme
				Convergenza diametrale (mm)	Convergenza diametrale (mm)
A0c	AMT	35	60	7,5	10
B0c	AMT	30	50	7,5	10
B0Vc	AMT/AMTa	22/25	20	7,5	10
B0d	AMT	30	10	7,5	10



6.3 VALORI ATTESI ALLE CELLE DI CARICO

Le celle di carico verranno posizionate sotto ciascun piede della centina in corrispondenza delle sezioni di controllo. La seguente tabella riassume i valori attesi dello sforzo normale N alla base delle centine, nelle diverse sezioni di calcolo:

Sezione di calcolo	Litotipo	GSI	Copertura (m)	N piede centine (kN)
A0c	AMT	35	60	-
B0c	AMT	30	50	750
B0Vc	AMT/AMTa	22/25	20	450
B0d	AMT	30	10	650

6.4 VALORI ATTESI ALLE CELLE DI PRESSIONE

Le celle di pressione verranno posizionate a tergo dei rivestimenti in corrispondenza delle sezioni di controllo e rimarranno attive dalla posa della centina fino al completamento del rivestimento definitivo. La seguente tabella riassume i valori attesi delle pressioni s3 agenti a tergo dei rivestimenti in corrispondenza della calotta e del piano dei centri, nelle diverse sezioni di calcolo:

Sezione di calcolo	Litotipo	GSI	Copertura (m)	Pressione - kPa	
				Calotta	Piano dei centri
A0c	AMT	35	60	900	200
B0c	AMT	30	50	900	300
B0Vc	AMT/AMTa	22/25	20	250	150
B0d	AMT	30	10	100	150

6.5 RISCHI CONNESSI ALLO SCAVO

La galleria naturale in oggetto si sviluppa all'interno di un ammasso roccioso di caratteristiche da mediocri a scadenti caratterizzato da un grado di fratturazione e deformazione generalmente significativo ed una elevata fissilità. Non si esclude inoltre la presenza di locali orizzonti a basso grado di cementazione.

La copertura litostatica varia tra 5 m agli imbocchi e 75 m nella seconda parte della galleria scolmatrice. Gli indici GSI lungo la galleria sono generalmente compresi tra 25 e 35, l'RQD nei tratti massivi non supera mai il 50%. Ciò nonostante, una media resistenza meccanica della roccia intatta pari a 15 MPa consente di limitare le plasticizzazioni e le convergenze attese al contorno di scavo.

In corrispondenza della zona di sbocco nel manufatto di raccordo e della incisione valliva attorno a pk 150m, la ridotta copertura litostatica unita alla presenza di una porzione superficiale dell'ammasso roccioso altamente fratturata ed alterata (AMTa) che potrà localmente lambire il fronte di scavo rendono possibile la necessità di adottare consolidamenti preventivi del contorno di scavo (sezione tipo B0Vc).

Dal punto di vista idrogeologico gli ammassi rocciosi oggetto di scavo presentano una permeabilità per



fratturazione e porosità generalmente media e a tratti elevata, per cui negli scavi in sottterraneo saranno da attendersi condizioni di umidità diffusa e stillicidio, sino a meno probabili venute concentrate nei tratti più fratturati.

I possibili rischi connessi con l'avanzamento sono di seguito elencati:

- Instabilità del cavo: fenomeni di instabilità del cavo della galleria dipendono sostanzialmente dalla presenza di tratte del tracciato caratterizzate da parametri geomeccanici scadenti, nelle zone a bassa copertura e in prossimità degli imbocchi dove materiali altamente fratturati ed alterati potranno localmente lambire il fronte di scavo.
- Venute d'acqua concentrate e stillicidi diffusi: per quanto riguarda l'assetto idrogeologico, si prevede la possibilità di stillicidi intensi nelle tratte più fratturate, localmente potranno manifestarsi anche venute concentrate.



7. CAMPI D'APPLICAZIONE E VARIABILITA' DELLE SEZIONI TIPO

7.1 CRITERI PER L'APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA

La previsione del comportamento deformativo del fronte e del cavo descritta nel capitolo precedente permetterà, nel corso degli avanzamenti, la verifica dell'adeguatezza della sezione tipo prevista alle reali condizioni geomeccaniche intercettate.

Per la gestione delle presenti Linee Guida è necessaria la conoscenza dei seguenti elementi e la messa in atto delle seguenti attività sistematiche:

- formazione geologica, coperture litostatiche;
- raccolta dei dati geologici e geomeccanici rilevabili al fronte che consentono una completa caratterizzazione dell'ammasso in esame;
- raccolta dei dati riguardanti le deformazioni al contorno del cavo (convergenze) durante l'avanzamento, che consente di valutare in particolare come l'ammasso 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 priverimenti, dei rivestimenti definitivi e la successione delle fasi di consolidamento.

Per ogni sezione tipo sono state definite le soglie di "attenzione" ed "allarme" inerenti alle deformazioni del cavo, a cui far corrispondere quantità maggiori o minori di interventi, nell'ambito della variabilità prevista nei seguenti capitoli, o il cambio di sezione tipo. Le deformazioni attese ed indicate nella presente relazione 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 sensibilmente differenti da quelle ipotizzate e deformazioni al di fuori dei campi previsti o non tendenti alla stabilizzazione nel tempo o valori anomali, il progettista potrà adottare una sezione diversa da quella prevista, attingendo tra quelle indicate nella tratta in esame sul profilo geomeccanico del progetto.

Durante gli avanzamenti verranno raccolti i dati riguardo alle condizioni geologiche e geomeccaniche 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 criteri seguenti.

- 1- Se le condizioni geologiche e geomeccaniche 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 al miglioramento o, viceversa al raggiungimento della soglia di attenzione del campo ipotizzato, pur non superando la soglia di allerta, tendenza confermata dall'evidenza dei precedenti rilievi geologici/geotecnici/geomeccanici, il progettista definirà le modifiche da apportare agli



interventi di precontenimento e contenimento della sezione tipo prevista in progetto, secondo quanto riportato nella variabilità delle sezioni tipo ai successivi capitoli, tenendo conto anche di tutte le altre informazioni derivanti dallo scavo.

- 3- Se le condizioni geologiche e geomeccaniche rilevate al fronte di avanzamento manifestano un ulteriore peggioramento rispetto al rilievo precedente pur rimanendo nell'ambito dei parametri caratterizzanti la tratta, il progettista valuta la possibilità di passare ad una sezione più pesante tra quelle previste nella tratta. I valori e le misure registrate in corso d'opera dovranno essere interpretate 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. Qualora il contesto riscontrato non corrisponda a nessuno di quelli 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, il progettista individuerà attraverso i medesimi strumenti citati precedentemente, una diversa sezione tipo tra quelle già presenti nel progetto ed applicate in altre tratte. Il caso in cui la situazione riscontrata sia del tutto imprevedibile e non vi siano analogie possibili lungo il tracciato esula dalle presenti linee guida; in tal caso, potranno essere applicate sezioni tipo non previste dal presente progetto, la cui tipologia dovrà essere concordata.

Il cambiamento di sezione tipo o la modifica degli interventi all'interno della variabilità prevista ai successivi capitoli dovrà considerare la tendenza di comportamento della cavità. L'analisi dovrà essere condotta per un avanzamento di 10 – 12 m per condurre a variazioni nel seguente avanzamento. L'approccio progettuale identifica questo processo come:

- primi 5 – 6 m: situazione di allerta/raccolta dati
- successivi 5 – 6 m: verifica di quanto evidenziato precedentemente, e successiva applicazione della modifica alla sezione tipo di avanzamento

Viceversa il getto del rivestimento definitivo a limitata distanza dal fronte andrà realizzato laddove l'evolversi delle deformazioni del cavo denuncino la mancata efficienza del sistema di confinamento col solo priverivestimento, ovvero laddove le misure di convergenza non mostrino la tendenza ad una stabilizzazione col procedere del fronte di scavo. Si valuterà anche la possibilità di inserire un puntone provvisorio in modo da chiudere la sezione, evitando così il getto dell'arcorovescio che rende sicuramente più difficoltosa la cantierizzazione dell'opera viste le sue ridotte dimensioni.

7.2 SEZIONI TIPO

Per ogni sezione tipo d'avanzamento vengono descritti di seguito gli interventi previsti da progetto.

La seguente tabella sintetizza per ciascuna sezione tipo il campo di applicazione prevalente, in funzione del contesto geomeccanico. Le zone di applicazione riportate sono comunque da ritenersi indicative e potranno quindi essere variate nel corso della fase di scavo, sulla base di quanto rilevato durante le lavorazioni.



Tabella 7-1 - Campi di applicazione prevalente delle sezioni tipo

Sezione tipo	Tratte di applicazione
A0c	Entro le argilliti AMT di qualità mediocre (GSI>35)
B0c	Entro le argilliti AMT di qualità medio-bassa (GSI prossimo a 30)
B0Vc	Entro le argilliti AMT di qualità scadente (GSI=25)
B0d	Per la realizzazione della camera di dissipazione

7.3 SEZIONE TIPO A0c

7.3.1 Campo di applicazione

La sezione tipo A0c si applica nei tratti interessati dalla presenza della porzione meno fratturata delle Argilliti di Montanesi, tali da non richiedere l'utilizzo di interventi di preconsolidamento al fronte e al contorno, né di centinatura metallica come rivestimento di prima fase.

7.3.2 Fasi esecutive

Le fasi realizzative sono le seguenti:

- Scavo. Scavo a piena sezione con sfondi massimi pari a 3 m.
- Prerivestimento e consolidamento contorno di scavo. È costituito da uno strato di 15 cm di spritz beton fibrorinforzato (5 cm prespritz + 10 cm) e da una chiodatura radiale formata da 4-5 chiodi Swellex Mn16 di lunghezza 3,50 m, posti sfalsati e spaziati longitudinalmente 1,50 m.
- Muretta e arco rovescio. Rappresentano la prima parte del rivestimento definitivo messa in opera e vengono gettate ad una distanza dal fronte non vincolata ma che dovrà essere regolata in funzione della risposta deformativa dell'ammasso; lo spessore dell'arco rovescio è pari a 0,40 m ed entrambe le membrature sono prive di armatura.
- Rivestimento definitivo. Viene gettato il rivestimento definitivo ad una distanza dal fronte non vincolata ma che dovrà essere regolata in funzione della risposta deformativa dell'ammasso. Ha uno spessore in calotta pari a 0,30 m. Il getto, non armato, verrà eseguito con l'ausilio di lastre prefabbricate tralicciate che fungono da cassero a perdere.

7.3.3 Variabilità

In relazione al comportamento tenso-deformativo la sezione potrà subire leggere modifiche sull'estensione dello sfondo di avanzamento, sul numero dei chiodi radiali e sulle distanze di getto del rivestimento definitivo.

7.4 SEZIONE TIPO B0c

7.4.1 Campo di applicazione



La sezione tipo B0c si applica nei tratti interessati dalla presenza della porzione a media fratturazione delle Argilliti di Montanesi, tali da non richiedere l'utilizzo di interventi di preconsolidamento al fronte e al contorno.

7.4.2 Fasi esecutive

Le fasi realizzative sono le seguenti:

- a) Scavo. Scavo a piena sezione con sfondi massimi pari a 2,80 m.
- b) Prerivestimento. È costituito da uno strato di 25 cm di spritz beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldada (5 cm prespritz + 20 cm) e da 2 centine metalliche IPE140 con interasse 1,20-1,40 m.
- c) Muretta e arco rovescio. Rappresentano la prima parte del rivestimento definitivo messa in opera e vengono gettate ad una distanza dal fronte non vincolata ma che dovrà essere regolata in funzione della risposta deformativa dell'ammasso; lo spessore dell'arco rovescio è pari a 0,40 m ed entrambe le membrature sono prive di armatura.
- d) Rivestimento definitivo. Viene gettato il rivestimento definitivo ad una distanza dal fronte non vincolata ma che dovrà essere regolata in funzione della risposta deformativa dell'ammasso. Ha uno spessore in calotta pari a 0,30 m. Il getto, non armato, verrà eseguito con l'ausilio di lastre prefabbricate tralicciate che fungono da cassero a perdere.

7.4.3 Variabilità

In relazione al comportamento tenso-deformativo la sezione potrà subire leggere modifiche sull'estensione dello sfondo di avanzamento, sull'interasse tra le centine e sulle distanze di getto del rivestimento definitivo.

7.5 SEZIONE TIPO B0Vc

7.5.1 Campo di applicazione

La sezione tipo B0Vc viene adottata per una estensione pari a circa il 17% della galleria di collegamento (circa 91 m) in corrispondenza delle zone che presentano un maggior grado di fratturazione e alterazione tale da richiedere l'utilizzo di interventi di preconsolidamento al contorno.

7.5.2 Fasi esecutive

Le fasi realizzative sono le seguenti:

- a) Preconsolidamento del contorno di scavo. Esecuzione della coronella costituita da n.16 tubi metallici di lunghezza 12 m e 3 m di sovrapposizione, valvolati con 2 vlv/m ed iniettati a pressione con miscela cementizia, disposti su un angolo di 150° al contorno di scavo.
- b) Scavo. Scavo a piena sezione con sfondi massimi pari a 1 m.
- c) Prerivestimento. È costituito da uno strato di 25 cm di spritz beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldada (5 cm prespritz + 20 cm) e da 2 centine metalliche IPE140 con interasse 1 m.
- d) Muretta e arco rovescio. Rappresentano la prima parte del rivestimento definitivo messa in opera e vengono gettate ad una distanza dal fronte non vincolata ma che dovrà essere regolata in funzione della risposta deformativa dell'ammasso; lo spessore dell'arco rovescio è pari a 0,40 m ed entrambe le membrature sono armate.



e) Rivestimento definitivo. Viene gettato il rivestimento definitivo ad una distanza dal fronte non vincolata ma che dovrà essere regolata in funzione della risposta deformativa dell'ammasso. Ha uno spessore in calotta variabile tra 0,30 e 0,93 m. Il getto, non armato, verrà eseguito con l'ausilio di lastre prefabbricate tralicciate che fungono da cassero a perdere.

7.5.3 Variabilità

In relazione al comportamento tenso-deformativo la sezione potrà subire leggere modifiche sulla lunghezza dello sfondo di avanzamento, sull'interasse delle centine, sulla lunghezza del campo e sul numero dei consolidamenti al contorno e sulle distanze di getto del rivestimento definitivo. Si potrà valutare anche l'inserimento di un puntone provvisorio per anticipare la chiusura della sezione.

7.6 SEZIONE TIPO B0d

7.6.1 Campo di applicazione

La sezione tipo B0d è prevista per la realizzazione della camera di dissipazione. Tale scavo avviene per step successivi adottando in realtà diverse sezioni tipo con allargamenti progressivi.

Una volta raggiunta la progressiva di inizio di tale camera con la sezione corrente della galleria di collegamento, si prevede, per un tratto di lunghezza pari a 6 m, di effettuare uno svaso che consente di passare da tale sezione a quella denominata Intermedia.

Una volta completata la sezione Intermedia si procederà a ritroso allargando la camera di dissipazione fino ad ottenere la sua geometria finale tramite la sezione tipo B0d.

7.6.2 Fasi esecutive della sezione Intermedia

Le fasi realizzative sono le seguenti:

- Scavo. Scavo a piena sezione con sfondi massimi pari a 1,0 m.
- Prerivestimento. È costituito da uno strato di 30 cm di spritz beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldada (5 cm prespritz + 25 cm) e da 1 centina metallica HEB140 con interasse 1,0 m.

Non si prevede il getto dei rivestimenti definitivi in quanto si tratta di una configurazione temporanea che andrà poi allargata.

Una volta raggiunta la geometria della sezione Intermedia, si prevede lo scavo dei restanti 10,60 m della camera di dissipazione con le seguenti fasi esecutive:

- Scavo. Scavo a piena sezione con sfondi massimi pari a 1,0 m.
- Prerivestimento. È costituito da uno strato di 25 cm di spritz beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldada (5 cm prespritz + 20 cm) e da 2 centine metalliche IPE160 con interasse 1,0 m.

Anche qui, non si prevede il getto dei rivestimenti definitivi in quanto si tratta di una configurazione temporanea che andrà poi allargata.

7.6.3 Fasi esecutive della sezione B0d finale

Le fasi realizzative sono le seguenti:

- Consolidamento contorno di scavo. Si prevede il consolidamento del contorno di scavo tramite una



chiodatura radiale costituita da 6-5 chiodi Swellex Mn16 di lunghezza variabile tra 6,50 m e 10,50 m a seconda della posizione, posti sfalsati e spaziati longitudinalmente 1,50 m.

b) Scavo. Scavo di allargo con sfondi massimi pari a 1,0 m.

c) Prerivestimento. È costituito da uno strato di 25 cm di spritz beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata (5 cm prespritz + 20 cm) e da 2 centine metalliche IPE160 con interasse 1,20-1,40 m.

d) Muretta e arco rovescio. Rappresentano la prima parte del rivestimento definitivo messa in opera e vengono gettate ad una distanza dal fronte non vincolata ma che dovrà essere regolata in funzione della risposta deformativa dell'ammasso; lo spessore dell'arco rovescio è pari a 0,80 m ed entrambe le membrature sono interamente armate.

e) Rivestimento definitivo. Viene gettato il rivestimento definitivo ad una distanza dal fronte non vincolata ma che dovrà essere regolata in funzione della risposta deformativa dell'ammasso. Ha uno spessore in calotta pari a 0,70 m. Il getto, tutto armato, verrà eseguito con l'ausilio di lastre prefabbricate tralicciate che fungono da cassero a perdere.

7.6.4 Variabilità

In relazione al comportamento tenso-deformativo la sezione Intermedia e/o B0d potranno subire leggere modifiche sulla lunghezza dello sfondo di avanzamento, sull'interasse delle centine, sul numero dei consolidamenti radiali e sulle distanze di getto del rivestimento definitivo.



8. CONCLUSIONI

Nella presente relazione si sono descritte le problematiche tecniche progettuali e le modalità realizzative delle sezioni tipo d'avanzamento previste per la realizzazione della galleria naturale.

La galleria presenta uno sviluppo complessivo di 538.35 m circa, di cui i primi 16.60m corrispondono alla camera di dissipazione, mentre i restanti 521.75 m rappresentano la galleria scolmatrice.

La galleria attraversa un rilievo costituito da un ammasso roccioso argillitico di qualità geomeccanica da media a scadente. La copertura litostatica varia tra un minimo di circa 5 m agli imbocchi fino ad un massimo di 75 m nel settore centrale.

Dopo un richiamo all'inquadramento geologico-geomeccanico, più approfonditamente descritto nelle apposite relazioni, il presente documento descrive il processo conoscitivo e di caratterizzazione dei materiali che ha condotto alla definizione delle scelte progettuali.

Lo scavo delle opere in sotterraneo prevede l'impiego di diverse sezioni tipo il cui scopo è quello di garantire il controllo del comportamento tenso-deformativo del cavo e la sua stabilità nel breve e lungo termine. La definizione dei campi di applicazione di ciascuna di esse è stata valutata mediante opportune analisi tenso-deformative, che hanno permesso di stimare per le diverse sezioni tipo i valori di spostamento attesi e da questi definire le soglie di allerta e di allarme, utili per la valutazione della loro applicazione in avanzamento.

Si sottolinea comunque che tali indicazioni risultano del tutto qualitative, ed andranno adattate in corso d'opera sulla base del confronto tra il comportamento deformativo del cavo, valutato attraverso le misure di convergenza e le informazioni derivanti dalle stazioni di controllo. In aggiunta, la realizzazione di rilievi geomeccanici al fronte di scavo permetterà di prevedere eventuali situazioni impreviste, e da qui definire le possibili soluzioni progettuali.

Nelle tratte in cui è prevista l'applicazione di più sezioni tipo, le percentuali di applicazione delle stesse, definite nel Profilo Geomeccanico, sono nuovamente indicative. Pertanto un eventuale scostamento dalle suddette lunghezze di applicazione in corso d'opera è del tutto normale e non costituirà quindi una modifica del progetto.