0	11/2017	PRIMA EMISSIONE	SPIGARELLI	GATTI	CASSANI
Revisione	**Data**	**Oggetto revisione**	**Redatto**	**Verificato**	**Approvato**

REGIONE LIGURIA

#ItaliaSicura Presidenza del Consiglio dei Ministri

COMUNE DI GENOVA

PIANO STRALCIO PER LE AREE METROPOLITANE E LE AREE URBANE CON ALTO LIVELLO DI POPOLAZIONE ESPOSTA AL RISCHIO DI ALLUVIONI

Presidenza del Consiglio dei Ministri

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
COMMISSARIO STRAORDINARIO
delegato per l'attuazione degli interventi inseriti nell'A.d.P. del 16.09.2010 e ss.ii.
(ex art. 10 del D.L. n. 91 del 24.06.2014)

Commissario straordinario

Dott. Giovanni TOTI

PROGETTISTI

CAPOGRUPPO MANDATARIA:

ROCKSOIL S.p.A.
CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA
nel campo della GEOINGEGNERIA

MANDANTI:

art ambiente risorse territorio

HYDRODATA INGEGNERIA DELLE RISORSE IDRICHE

Ing. Mario CANGIANO

Ing. Paolo GALLO

Ing. Francesco DE SANCTIS

Dott.ssa Francesca GIOMI

RESPONSABILE STRUTTURA COMMISSARIALE: **Ing. Luca BERRUTI**

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO: **Ing. Stefano PINASCO**

Progettista responsabile integrazioni prestazioni specialistiche e Direttore Tecnico della mandataria.
Rocksoil S.p.A.
Ing. Giovanna Cassani
Ord. Ingg. Milano N° 20997



Progettista/Progettisti responsabili elaborato
Rocksoil S.p.A.
Ing. Giovanna Cassani
Ord. Ingg. Milano N° 20997



Intervento/Opera

SECONDO LOTTO DEI LAVORI RELATIVI ALLA REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA SCOLMATRICE DEL TORRENTE BISAGNO IN COMUNE DI GENOVA

PROGETTO ESECUTIVO

N° Progr. ----

Codice elaborato: BIS2E - R - OST00 -RE06- 0

Oggetto della tavola

OPERE IN SOTTERRANEO

GENERALI

Linee Guida per l'applicazione delle sezioni tipo

Scala: -

Data: NOVEMBRE 2017

Codice FILE: BIS2E-R-OST00-RE06-0.DWG

I DISEGNI E LE INFORMAZIONI IN ESSI CONTENUTE SONO PROPRIETA' ESCLUSIVA DELLA STRUTTURA COMMISSARIALE E NON POSSONO ESSERE MODIFICATI, RIPRODOTTI, RESI PUBBLICI O UTILIZZATI PER USI DIFFERENTI DA QUELLI PER CUI SONO STATI REDATTI, SALVO AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

Sommario

1 INTRODUZIONE ... 3
2 DESCRIZIONE DELL'OPERA ... 4
2.1 Layout generale degli interventi ... 4
2.2 Finestra di servizio ed opere di imbocco ... 6
2.3 Camerone di montaggio TBM e camera di lancio ... 10
2.4 Galleria Scolmatrice – scavo in tradizionale (tratta a monte camerone) ... 12
2.5 Galleria Scolmatrice – Scavo in meccanizzato ... 14
3 FASI PROGETTUALI ... 17
3.1 Fase conoscitiva ... 17
3.2 Fase di diagnosi ... 17
3.2.1 Finestra di servizio ... 17
3.2.2 Galleria Scolmatrice – Tratta a monte ... 17
3.2.3 Galleria Scolmatrice – Corso Italia ... 18
3.2.4 Galleria Scolmatrice – Camera di lancio ... 18
3.2.5 Galleria Scolmatrice – Scavo Meccanizzato ... 18
3.3 Fase di terapia ... 18
4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO ... 20
4.1 Assetto geologico regionale ... 20
4.2 Assetto geologico locale ... 21
4.2.1 Le Argilliti di Montoggio ... 22
4.2.2 Il Flysch di Monte Antola ... 22
4.2.3 Le Argille di Ortovero ... 24
4.2.4 Depositi alluvionali ... 24
4.2.5 Coltri detritiche eluvio-colluviali ... 25
4.2.6 Depositi di spiaggia ... 25
4.2.7 Depositi antropici ... 25
4.3 Assetto geomorfologico ... 25
4.3.1 Bacino del torrente Bisagno ... 26
5 PREVISIONE DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO DEL FRONTE E DEL CAVO ... 30
6 LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO E DELLE RELATIVE VARIABILITA' ... 33
6.1 Criteri generali ... 33
6.2 Sezioni tipo – Finestra di servizio ... 34
6.2.1 Sezione tipo Ab ... 34
6.2.2 Sezione tipo Ac ... 36
6.2.3 Sezione tipo B0v ... 38
6.2.4 Sezione tipo B2v ... 40
6.2.5 Sezione tipo C2v ... 42
6.3 Sezioni tipo galleria Scolmatrice – Tratta a monte ... 44
6.3.1 Sezione tipo Ab ... 44
6.3.2 Sezione tipo Ac ... 46
6.3.3 Sezione tipo B0v ... 48
6.3.4 Sezione tipo B2v ... 50
6.3.5 Sezione tipo C1v-1 ... 52
6.3.6 Sezione tipo C1v-2 ... 54
6.3.7 Sezione tipo C1v-3 ... 56

6.3.8 Sezione tipo C1v-4 ... 58
6.3.9 Sezione tipo C1v-5 ... 60
6.3.10 Sezione tipo C2v ... 62
6.4 Sezioni tipo galleria Scolmatrice – C.so italia ... 65
6.4.1 Sezione tipo B0v ... 65
6.4.2 Sezione tipo B2v ... 68
6.4.3 Sezione tipo C2v ... 71
6.4.4 Concio di attacco ... 74
6.5 Sezioni tipo galleria Scolmatrice – Camera di lancio ... 77
6.5.1 Sezione tipo Ab ... 77
6.5.2 Sezione tipo Ac ... 79
6.5.3 Sezione tipo B0v ... 81
6.6 Sezioni tipo galleria Scolmatrice – Scavo in meccanizzato ... 83
6.6.1 Sezione tipo MAb1 ... 83
6.6.2 Sezione tipo MAb2 ... 86
6.6.3 Sezione tipo MAb3 ... 88
6.6.4 Sezione tipo MAc1 ... 90
6.6.5 Sezione tipo MAc2 ... 92
6.6.6 Sezione tipo MAc2v ... 94
6.6.7 Sezione tipo MB0 ... 96
6.6.8 Sezione tipo MC1 ... 98
6.6.9 Sezione tipo MC2 ... 100
6.6.10 Sezione tipo MC3 ... 102
7 SISTEMA DI MONITORAGGIO ... 105
7.1 Monitoraggio in galleria ... 105
7.2 Monitoraggio da piano campagna ... 105
7.3 Monitoraggio degli edifici ... 105
8 CONCLUSIONI ... 106

1 INTRODUZIONE

La presente Relazione di Linee Guida fa parte dei documenti previsti nell'ambito del Progetto Esecutivo del 2° Lotto dei lavori per la realizzazione della galleria Scolmatrice del torrente Bisagno, in comune di Genova.

L'intervento oggetto dell'affidamento di progettazione esecutiva comprende nello specifico il complesso delle opere di presa e sistemazione dell'alveo Bisagno, la galleria Scolmatrice con sviluppo complessivo di 6500 m circa da scavarsi con sistema meccanizzato e gli interventi connessi allo sbocco a mare presso la spiaggia di San Giuliano, con il completamento del manufatto di convergenza della galleria Bisagno sulla galleria Scolmatrice del torrente Fereggiano, i cui lavori sono in corso di completamento.

Nel seguito, dopo una sintetica descrizione delle caratteristiche principali dell'opera e della metodologia di sviluppo della progettazione, si riporta un inquadramento del contesto geologico, idrogeologico e geomorfologico in cui verranno realizzate le gallerie.

Successivamente verranno descritte in dettaglio le sezioni tipo previste per ciascun tratto in sotterraneo, considerando per ciascuna di esse il campo di applicazione, le fasi costruttive, gli interventi da eseguire e il campo di variabilità degli interventi. Inoltre verranno descritti i rilievi e i monitoraggi da effettuare in corso d'opera in galleria, necessari per la gestione delle variabilità previste in progetto. Tali rilievi e monitoraggi consentiranno di confrontare le caratteristiche dei contesti geomeccanici ed i valori deformativi riscontrati in fase di costruzione 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 e l'intensità degli interventi messi in opera.

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

2.1 Layout generale degli interventi

L'impianto progettuale prevede che la galleria Scolmatrice sia scavata per la maggior parte con sistema meccanizzato, impiegando una TBM da roccia di tipo aperto.

Lo stato dei luoghi (limitatezza delle aree disponibili nel contesto densamente urbanizzato), unitamente alle necessità costruttive (allineamento del tracciato) ed alle esigenze strettamente connesse alla logistica di cantiere per l'assemblaggio della fresa hanno determinato la scelta di collocare in sotterraneo gli spazi adibiti all'assemblaggio stesso. In particolare si è reso necessario prevedere un camerone di montaggio posizionato lungo il tracciato della galleria Scolmatrice la cui posizione consentisse di massimizzare il tratto di galleria sul quale avanzare appunto con lo scavo meccanizzato. Tale presupposto ha pertanto dettato l'individuazione del tracciato della Finestra di servizio tramite la quale accedere dall'area di cantiere ubicata presso l'ex- canile comunale al camerone medesimo: la scelta dell'allineamento della finestra ha assecondato altresì le ovvie esigenze legate alla limitazione dello sviluppo dello scavo in tradizionale (in ragione di una riduzione dei tempi e dei costi di realizzazione) nonché la necessità di seguire il corridoio di passaggio preferenziale individuato in corrispondenza dell'edificio scolastico di Via Terpi. La Finestra di servizio presenta pertanto uno sviluppo pari a m 368, sino all'attacco dello scavo del camerone di montaggio TBM.

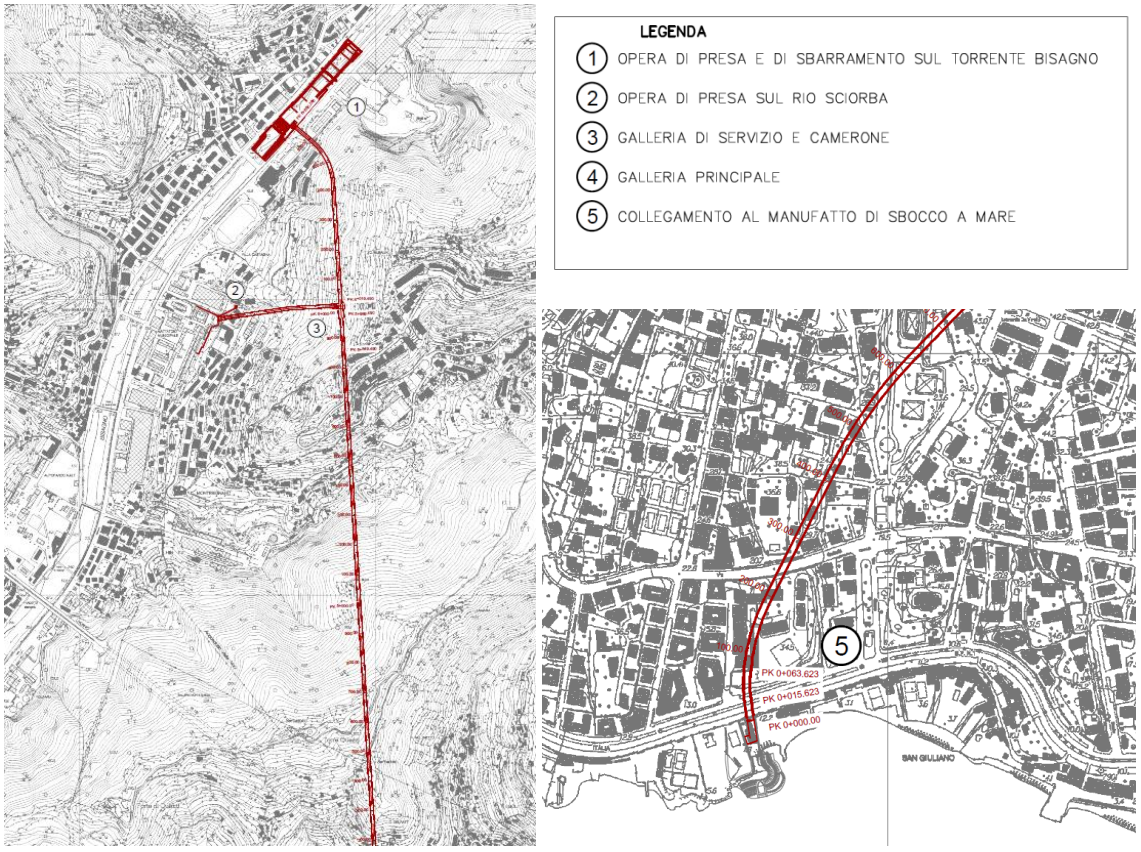


Figura 1 – Inquadramento generale dell'intervento

Le geometrie del camerone di montaggio sono state definite congruentemente con l'esigenza di disporre di idonei spazi e volumi per l'assemblaggio della fresa; è prevista in particolare l'installazione di un carroponte di ingombro trasversale prossimo ai 17.00 m ed altezza nell'ordine dei 16.00-17.00 m. Il lancio della fresa, ad assemblaggio effettuato, richiede l'apprestamento di un tratto di galleria di lunghezza sufficiente ad ospitare il corpo macchina e la serie dei carri di back-up (allestimento con sviluppo

complessivo pari a 130-140 m): è stata pertanto prevista la realizzazione con metodo tradizionale di scavo della cosiddetta camera di lancio, per una estensione di 120 m dalla parete sud del camerone di montaggio.

Dal camerone sarà avviato lo scavo del tratto di galleria Scolmatrice sino allo sbocco sul Bisagno (ovvero la cosiddetta tratta di monte), per uno sviluppo complessivo di m 650 circa. Lo scavo in roccia avverrà con metodo tradizionale e prevalente ricorso ad esplosivo, salvo l'applicazione del metodo di scavo denominato SUPERWEDGE nella tratta a più basse coperture in corrispondenza di via Merello; tale metodologia operativa, basata sul principio del cuneo spaccaroccia, è stata specificatamente sviluppata per la demolizione di roccia con minimizzazione delle problematiche connesse all'emissione di rumore, vibrazione e polveri (dinamica di abbattimento basata sull'inserimento di cunei in fori con la conseguente formazione di fratture). Il settore terminale della galleria lungo Via Merello, l'innesto di quest'ultima su Via Adamoli, compreso il sotto attraversamento della stessa Via Adamoli, sarà scavato entro i riporti antropici soprastanti la coltre detritico-alluvionale in posto: lo scavo avanzerà pertanto, mediate mezzi meccanici ordinari, ricorrendo a sezioni tipo caratterizzate da importanti interventi di consolidamento /preconsolidamento e presostegno del cavo, in considerazione del modesto ricoprimento e della presenza della viabilità di superficie. L'abbattimento dell'ultimo diaframma sulla vasca di dissipazione avverrà ad ultimazione delle lavorazioni su tutto lo sviluppo della galleria Scolmatrice fino a mare (incluso la tratta scavata con fresa), eliminando in tale maniera qualsiasi fattore di rischio indotto dalla potenziale connessione idraulica del cantiere in sotterraneo con l'alveo del Bisagno.

Lo scavo con fresa TBM si svilupperà per m 5785 dalla testata della camera di lancio per innestarsi sul breve tratto di galleria scavato con metodo tradizionale, da mare, al di sotto di C.so Italia e del Forte San Giuliano. Quest'ultimo settore si estende per m 50 ca; la scelta progettuale di intervenire con tecnica tradizionale di scavo è discesa dalla delicatezza del contesto, caratterizzato da modestissime coperture in corrispondenza dell'asse stradale di C.So Italia e del Forte San Giuliano, unitamente alla constatazione delle specifiche condizioni geomeccaniche dell'ammasso interessato dallo scavo nonché della natura dei materiali di riporto sotto il sedime di C.so Italia. Sono state infatti previste sezioni di avanzamento caratterizzate da interventi di consolidamento e preconsolidamento/presostegno al contorno ed al fronte, molto più efficacemente attuabili con metodo di scavo tradizionale piuttosto che con sistema meccanizzato.

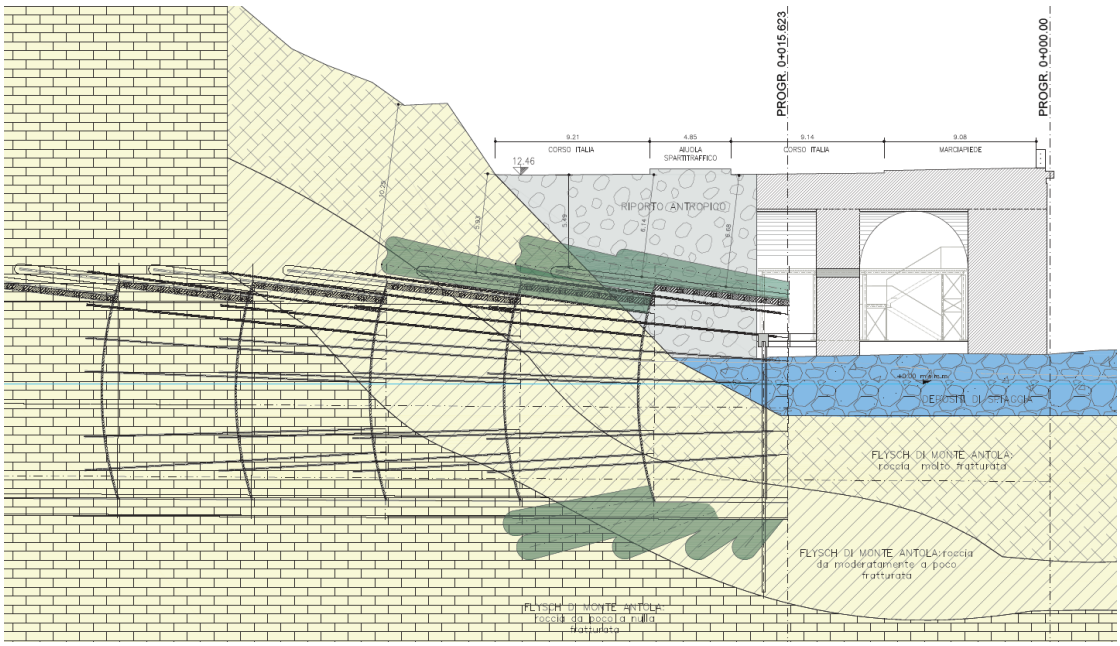


Figura 2 – Profilo longitudinale scavo in tradizionale galleria Scolmatrice – tratta a mare (sotto attraversamento C.so Italia)

2.2 Finestra di servizio ed opere di imbocco

L'imbocco della Finestra di Servizio è collocato presso l'ex area canile municipale; tale area è stata individuata dalla committenza come zona di accantieramento principale per la realizzazione di tutte le opere in sotterraneo. Allo stato attuale (ante operam) il sito presenta una morfologia parzialmente pianeggiante (settore inferiore occupato dai fabbricati dell'ex canile), con zona terrazzata superiore destinata a deposito materiali (Aster Genova); verso monte si estende la scarpata naturale parzialmente ricoperta da riporto antropico (come risultato dalle indagini geognostiche condotte in posto nell'ambito della presente fase di redazione del PE) sulla quale si impostano le opere di contenimento dei terrapieni sui quali si è sviluppata la soprastante urbanizzazione di Via Terpi (in particolare l'edificio scolastico di Via Terpi 24 e la parrocchia di San Michele Arcangelo. Vanno segnalati in questa sede gli aspetti di rischio geomorfologico riguardanti il versante di Via Terpi, come riferito dal servizio geologico del Comune e riportato nelle carte del PAI - identificata nello specifico area con franosità quiescente – classe elevata di suscettività al dissesto – Pg3a. In ragione del contesto sopra delineato, per la realizzazione del piazzale di imbocco e l'area di cantiere generale si è individuata nell'esecuzione di una paratia di pali trivellati, multi-tirantata, la soluzione progettuale in grado di offrire idonee garanzie di presidio del versante e dei fabbricati nella possibilità di massimizzare l'area da destinare agli apprestamenti di cantiere, allo stoccaggio temporaneo dello smarino ed agli impianti per il trattamento dello stesso ai fini del riutilizzo nell'ambito dell'intervento stesso (produzione inerte da calcestruzzo e materiale per ripascimento spiagge litorali di Ponente e Levante).

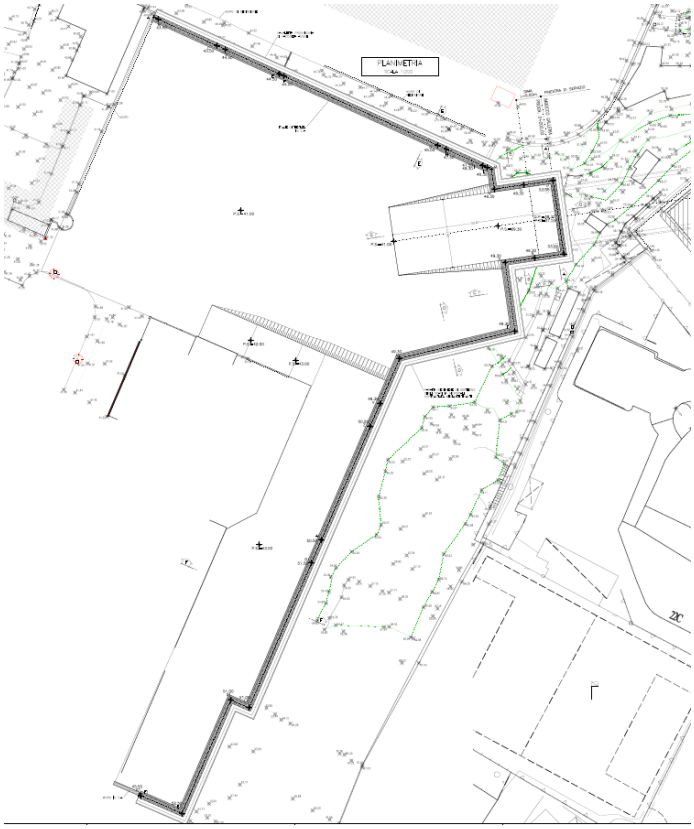


Figura 3 – Planimetria di inquadramento paratia di imbocco cantiere principale ex canile

Nella presente fase di progettazione sono state condotte indagini geognostiche, sia di tipo diretto (sondaggio a carotaggio continuo SEB1) che di tipo indiretto (coppia di stendimenti sismici a rifrazione lungo la direzione di sviluppo principale delle opere) per mezzo delle quali è stato possibile ricostruire l'assetto stratigrafico locale, accertando in particolare la profondità del tetto del substrato roccioso costituito dal Flysch del Monte Antola (in facies alterata – cappellaccio). E' emerso nello specifico un quadro particolarmente articolato con riferimento alla potenza delle coltri (sia di natura antropica che

originarie, in posto): localmente, in corrispondenza dell'opera di sostegno, si sono rilevati spessori di coltre sino a 8-9 m dal piano campagna; la restituzione tomografica delle onde elastiche di compressione e di taglio ha evidenziato altresì la modesta qualità meccanica del cappellaccio di alterazione del substrato.

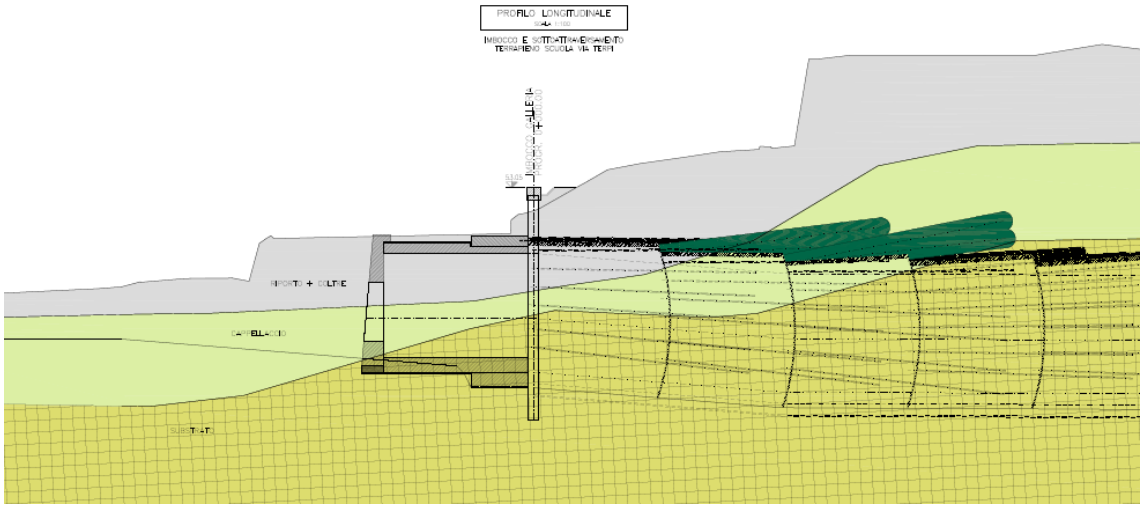


Figura 4 – Profilo longitudinale finestra di servizio – tratta di imbocco

Tali elementi geologici, congiuntamente alla delicatezza del contesto di intervento per quanto attiene al tema pre-esistenze e rischio geomorfologico, hanno determinato il ricorso a paratie di pali di medio-grande diametro in luogo di berlinesi di micropali. Sono stati previsti altresì più ordini di ritegni costituiti da tiranti a 4 trefoli da 0.6", con passo orizzontale di 3 m allo scopo di limitare fortemente il campo deformativo dell'opera sia sotto la condizione di carico statica che sismica.

La geometria dell'opera si presenta essenzialmente lineare in pianta, salvo prevedere specifica rientranza in corrispondenza dell'imbocco della finestra, necessaria al raggiungimento di un adeguato ricoprimento in calotta per l'attacco dello scavo in naturale. Le pareti dell'opera, in tale limitato settore, saranno sostenute da elementi tipo puntone (unico ordine sommitale); tale configurazione è stata dettata altresì dall'adiacenza del muraglione di sostegno a tergo degli spazi logistici di pertinenza dell'edificio delle Poste; tale manufatto rende impraticabile ogni intervento di tirantatura che possa geometricamente interferire con lo stesso, richiedendo bensì la progettazione di idonei interventi di consolidamento del terreno a tergo, operati da piano campagna (trattamenti colonnari di iniezioni con tubi a manchettes), allo scopo di incrementare le doti meccaniche del materiale imposto e ridurne l'effetto spingente sull'ala di paratia adiacente al muraglione in oggetto.

L'opera, nel suo sviluppo, interferisce con i manufatti idraulici presupposti all'intercettazione del rio che solca la scarpata a monte dell'area (immediatamente a valle del muro che sostiene il terrapieno dei locali parrocchiali) nonché con l'esistente intubamento del fosso Sciorba: in corrispondenza di tali manufatti è prevista la limitazione della lunghezza dei pali trivellati e la predisposizione di elementi strutturali di ripartizione / distribuzione delle azioni sollecitanti sui pali limitrofi aventi lunghezza integrale.

Planimetricamente la finestra di servizio presenta un tracciato sostanzialmente rettilineo, con innesto in retto sul camerone di montaggio della TBM. Da un punto di vista altimetrico, la progettazione della livelletta è stata mirata al raggiungimento quanto più rapido di idonei ricoprimenti per il sotto-attraversamento dell'edificio scolastico di Via Terpi e del relativo muraglione di sostegno del terrapieno sul quale esso si imposta. Tale edificio è stato oggetto - negli anni 2001-2002 – di un intervento di sottofondazione operato per mezzo di micropali, posti perimetralmente all'ala sud-est del fabbricato medesimo. Di tale intervento è stato possibile recuperare la documentazione progettuale: gli elementi scaturiti dall'esame della stessa hanno quindi guidato la progettazione del profilo altimetrico dell'opera nel suo primo settore, introducendo una livelletta all'8% su uno sviluppo di m 20, seguita da un tratto con

pendenza pari all'1% (per ulteriori 90 m ca), prima di raccordarsi alla livelletta unica del 3% mantenuta sino all'innesto con il camerone di montaggio TBM. Tale configurazione altimetrica della galleria di servizio sarà mantenuta per una prima fase operativa di transito dei mezzi per il trasporto dei componenti della TBM (sino al camerone di montaggio), mentre una livelletta più dolce (con primo tratto al 4%, in sostituzione della discenderia all'8% originario) sarà approntata per l'allestimento operativo del cantiere per lo scavo meccanizzato, dovendosi predisporre la sede per l'allogggiamento del doppio binario che servirà la macchina durante l'avanzamento. Tale profilo longitudinale sarà mantenuto anche nell'esercizio della finestra di servizio che, come da richiesta della committenza, fungerà contestualmente da accesso per manutenzione dell'opera idraulica e recapito alla galleria Scolmatrice delle acque derivate dal Fosso Sciorba durante gli eventi di piena.

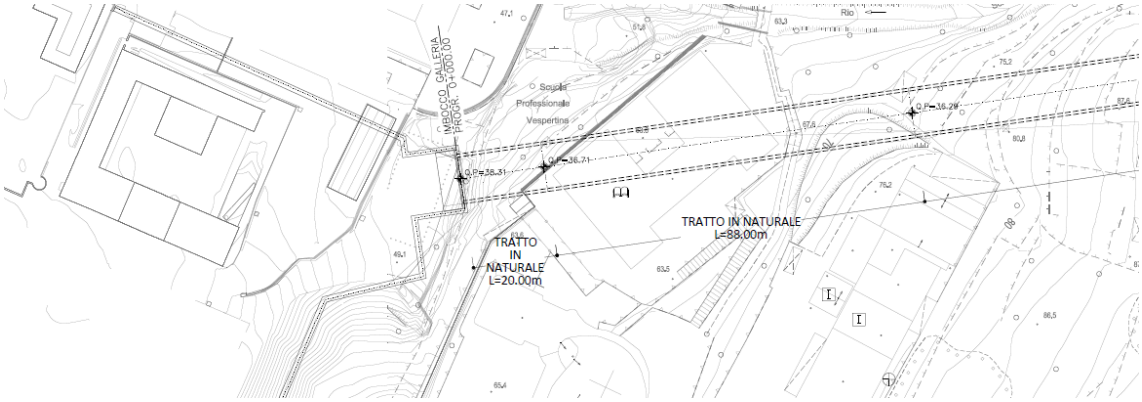


Figura 5 – Planimetria finestra di accesso

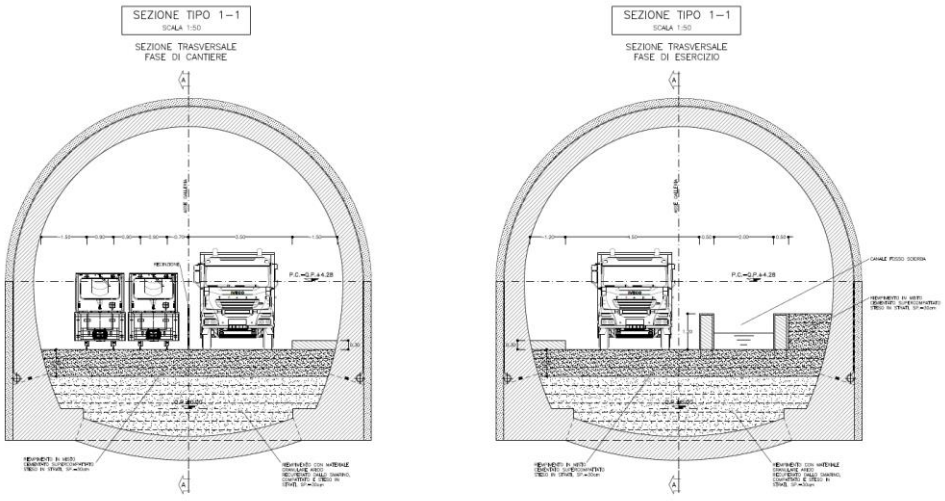


Figura 6 – Sezioni trasversali funzionali finestra di accesso – fase di cantiere

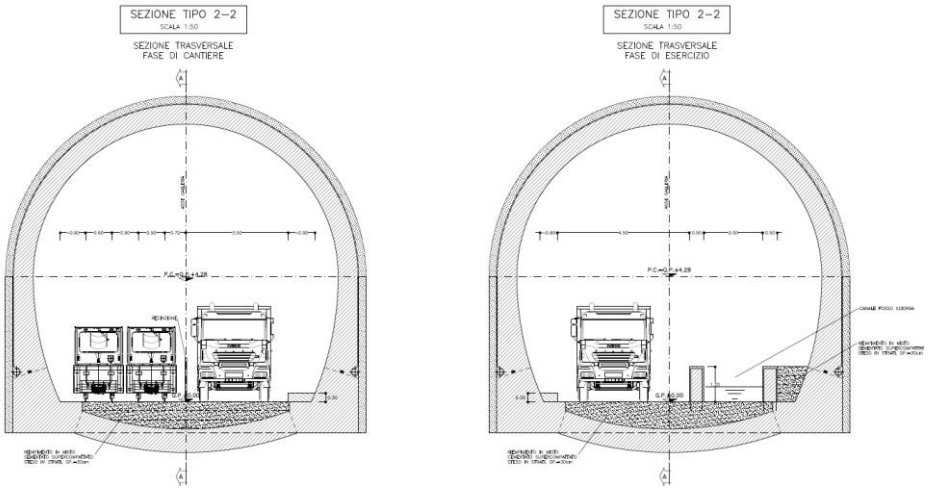


Figura 7 – Sezioni trasversali funzionali finestra di accesso – fase di esercizio

Per il completamento dell'opera è prevista la realizzazione di un tratto di galleria artificiale in prosecuzione della finestra di accesso, su uno sviluppo di m 20 ca (ad occupare la rientranza presente lungo il profilo della paratia di sostegno del versante) entro la quale sarà approntato il manufatto a pozzo per il collegamento del canale di scolmo superficiale (che staccandosi dall'incisione del Fosso Sciorba si porta sulla verticale del pozzo medesimo) ed il sottostante bacino di dissipazione dal quale prende avvio la canalizzazione di recapito delle acque verso la confluenza localizzata all'innesto della Finestra sul camerone.

L'opera di sostegno e la conformazione del nuovo piazzale ricavato a valle della medesima (su due livelli, il principale alla quota +41.00 m slm e l'appendice di Sud-est alla quota +43.50 m slm) saranno restituite con funzionalità di opere definitive al termine dei lavori, come da richiesta della committenza. Sono stati pertanto previsti - in questa sede - specifiche lavorazioni per il completamento e la finitura dei paramenti dell'opera, costituite in particolare da getti in opera per il placcaggio delle palificate tirantate, in allineamento con l'aggetto del cordolo di testa. Saranno predisposte apposite tasche per il ritesaggio eventuale delle tirantature, durante la vita utile dell'opera (assunta nello specifico pari a 100 anni, coerentemente con la natura strategica dell'intervento in oggetto).

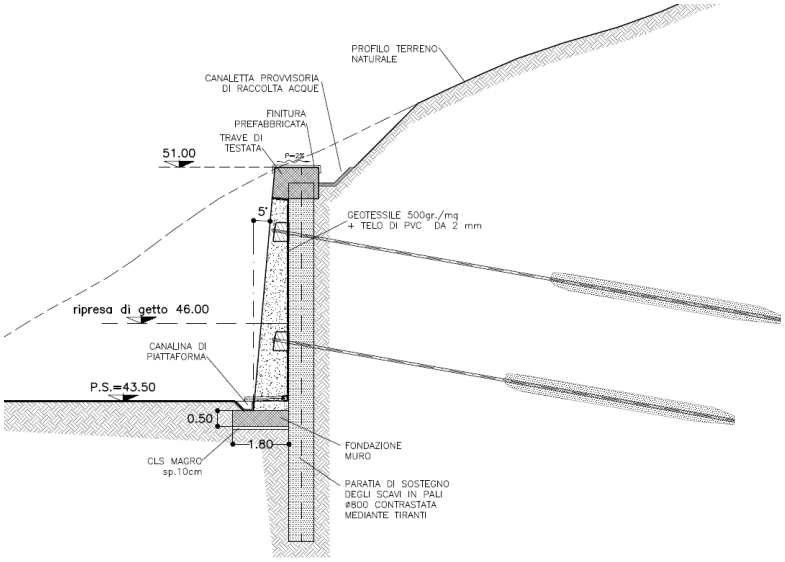


Figura 8 – Paratia di imbocco – sezione trasversale tipo sistemazione finale

Preliminarmente all'attacco dello scavo della finestra sarà portato a termine specifico intervento di consolidamento della coltre detritica (caratterizzata da composizione da granulare grossolana – più superficiale - ad argillo-sabbiosa nella parte basale sino alla profondità di ca 8-9 m da p.c.), realizzato da piano campagna sull'impronta dello scavo, ovvero nell'area compresa fra la paratia di testa e la base del muraglione di sostegno del terrapieno (laddove si estende fisicamente il concio di attacco dello scavo). Sono previste nello specifico trattamenti colonnari con iniezioni operate da tubi a manchettes, estesi sino al tetto del cappellaccio di alterazione.

Con riferimento alle attività di scavo si precisa come la realizzazione del concio di attacco richiederà l'installazione di elementi di presostegno della calotta (tubi metallici valvolati) e di consolidamento del fronte, specialmente nella porzione medio alta dello stesso interessata dalla presenza dei detriti a composizione granulometrica medio –fine. I successivi campi di scavo, estesi sino all'altezza del muraglione di sostegno del soprastante terrapieno, prevedono - ad integrazione degli interventi precedentemente descritti - la realizzazione di una doppia corona di iniezioni al contorno finalizzate al consolidamento preventivo del terreno di fondazione del muraglione. A tale proposito si segnala come nell'ambito delle attività propedeutiche alla progettazione esecutiva siano stati condotti saggi di scavo mirati a portare alla luce la zattera di fondazione dell'opera nonché alla verifica dell'eventuale presenza di pali di fondazione connessi alla medesima. Gli scavi completati hanno esposto l'intradosso della zattera, restituendo spessori strutturali del manufatto pari a ca 1.50 m. Le attività di indagine hanno previsto quindi lo scalzamento alla base della zattera, su un settore limitato (sviluppo nell'ordine del metro), spinto sino alla profondità di 1.50 m rispetto al filo di valle della zattera stessa. Il saggio realizzato come sopra descritto non ha nello specifico restituito alcuna evidenza che lasciasse presupporre la presenza di pali di fondazione.

2.3 Camerone di montaggio TBM e camera di lancio

L'opera predisposta per l'assemblaggio della fresa è stata calibrata geometricamente sulle necessità logistiche specifiche per il montaggio della macchina, ovvero sulle dimensioni del carroponte per la movimentazione dei singoli componenti. L'impianto progettuale prevede che tale funzione venga esplicata all'interno della cavità rivestita con mezzi di sostegno provvisionali (bullonatura radiale costituita da barre dywidag autoperforanti e spritz beton di spessore congruo con le dimensioni dello scavo): in tal senso si è considerato come la qualità media dell'ammasso interagente con l'opera, nonché l'assetto strutturale geomeccanico dello stesso, restituito dalla coppia di stendimenti sismici a riflessione appositamente realizzati a cavallo dell'opera, fossero compatibili con tale soluzione tecnica, anche nel prosieguo delle attività di scavo della tratta di galleria Scolmatrice verso monte (con metodo tradizionale) e verso valle (con sistema meccanizzato). Il completamento dei rivestimenti definitivi al termine delle attività di scavo della galleria Scolmatrice (cls gettato in opera su spessori strutturali commisurati alle dimensioni dell'opera) consente importanti ottimizzazioni in termini di volumi di scavo (in ragione dei ben precisi vincoli geometrici richiesti alla sagoma interna per il montaggio TBM), ovvero di tempi e costi per il completamento del camerone stesso.

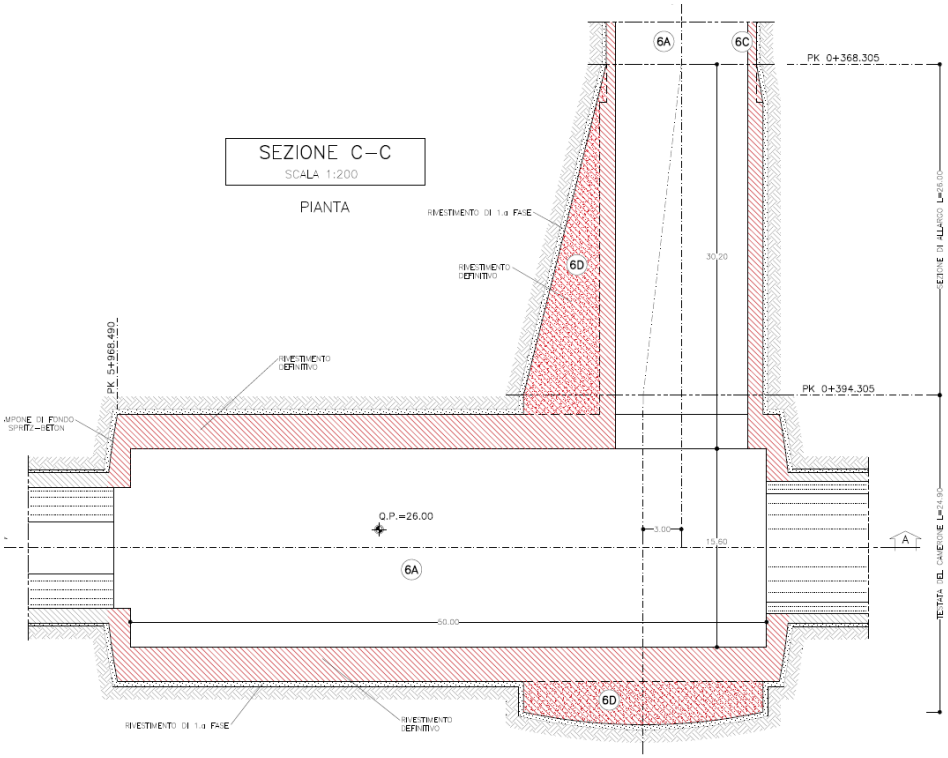


Figura 9 – Camerone di montaggio TBM – planimetria d'insieme

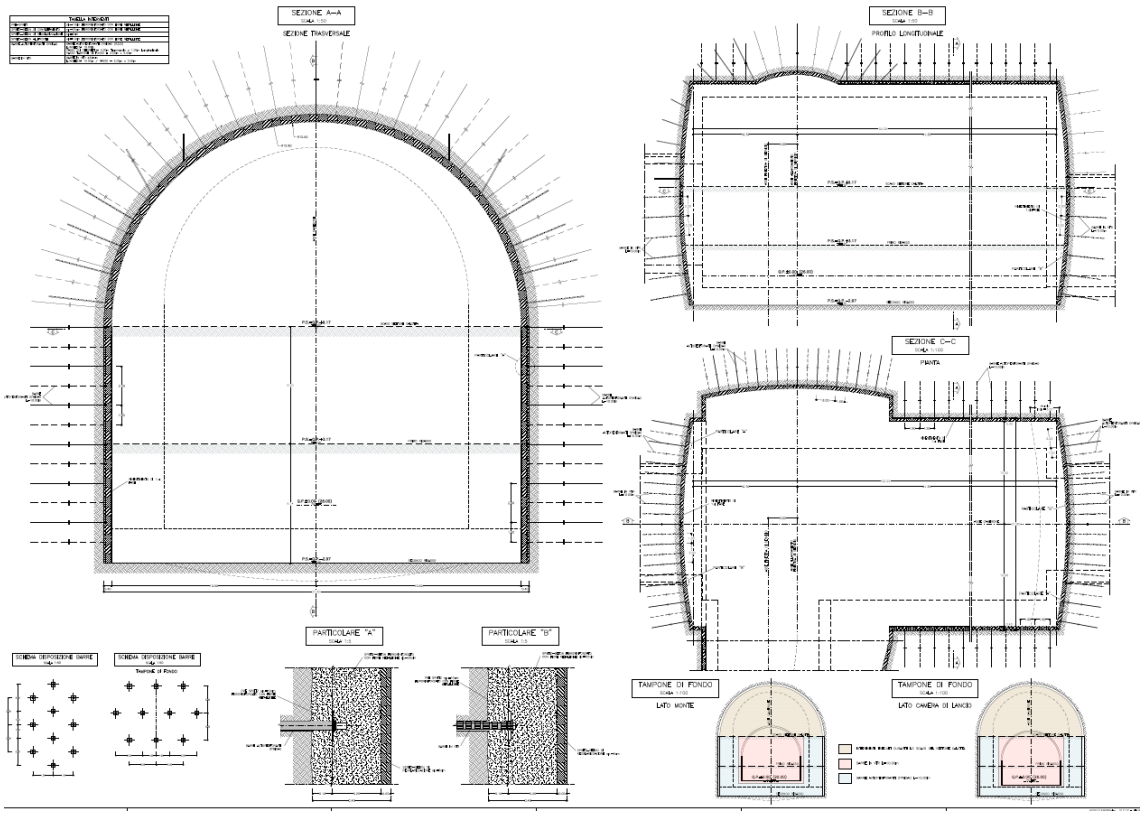


Figura 10 – Camerone di montaggio TBM – sezione tipologica interventi di sostegno provvisionale

Ad assemblaggio TBM completato, all'interno del camerone sarà allestita la centrale di betonaggio per la produzione dei calcestruzzi dei rivestimenti definitivi dell'intera galleria Scolmatrice (sia tratta di monte verso l'alveo Bisagno che la tratta di valle verso lo sbocco a mare).

La camera di lancio, necessario per l'approntamento della TBM nella sua configurazione operativa di scavo (compressiva quindi dei carri di back-up in linea), presenta uno sviluppo nell'ordine dei 120 m. Il rivestimento definitivo della stessa sarà realizzato dopo il passaggio della fresa, secondo le modalità ordinarie previste per il getto dei rivestimenti definitivi nella tratta scavata con sistema meccanizzato (si veda in seguito).

2.4 Galleria Scolmatrice – scavo in tradizionale (tratta a monte camerone)

La tratta di galleria Scolmatrice posta a monte del camerone di montaggio sarà scavata prevalentemente entro la formazione del Fliysch del Monte Antola, su una lunghezza prossima ai 650 m, ricorrendo alla sezione tipo prevalente semplicemente bullonata (sezione tipo Ab).

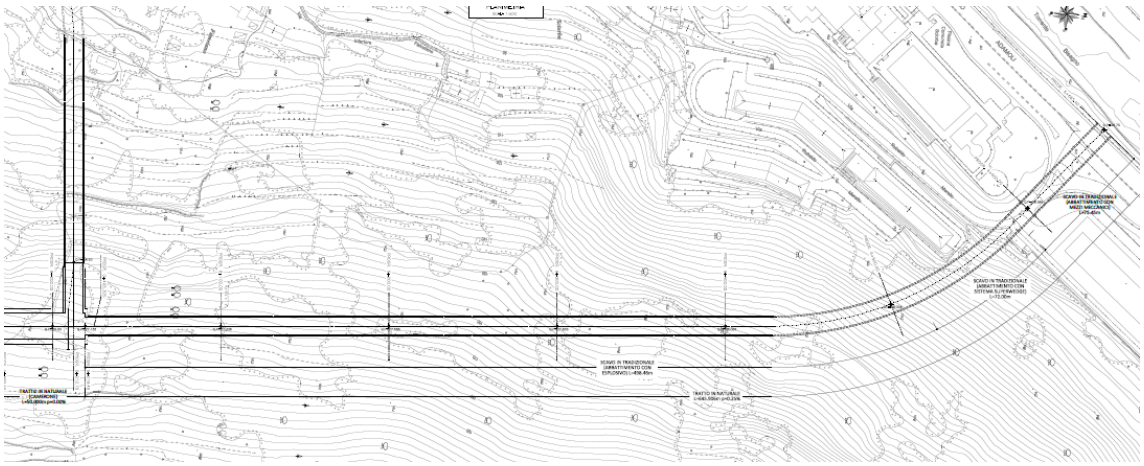


Figura 11 – Galleria Scolmatrice - tratta di monte

Lo scavo avverrà prevalentemente ricorrendo a sistema di abbattimento con esplosivo; solamente in corrispondenza del passaggio sotto gli edifici residenziali di Via Merello si adotterà la tecnica del superwedge, minimizzando in tal modo l'impatto in termini di propagazione delle onde sonore e vibrazionali verso la superfice. Di particolare delicatezza è il passaggio della gallelria al di sotto della arteria stradale di Via Adamoli. Il sotto attraversamento avviene con ricoprimenti nell'ordine dei 3-4 m, ed interesserà la successione stratigrafica che vede, superficialmente, la presenza dei riporti antropici risalenti alle pregresse fasi di urbanizzazione della sponda sinistra della valle Bisagno, quindi, con profondità crescente gli orizzonti di origine detritico alluvionale e, alle maggiori profondità (indicativamente la parte bassa del fronte e l'arco rovescio), il cappellaccio di alterazione del substrato. Lo scavo procederà pertanto applicando 5 campi caratterizzati da intensità di interventi di consolidamento / preconsolidamento del contorno del cavo e del fronte crescente, con l'aumentare della porzione di galleria interagente con i riporti antropici e le coltri. L'intervento di preconsolidamento e presostegno in avanzamento è costituito da un ombrello di jet grouting colonnare diametro 600 mm coadiuvato da infilaggi metallici valvolati. Solamente l'ultimo campo in corrispondenza delle due corsie direzione centro città prevedrà il ricorso ad iniezioni al contorno (doppia coronella) a bassa pressione tramite tubi a manchettes, stante la presenza del cunicolo impianti che corre lungo la medesima carreggiata direzione sud di via Adamoli.

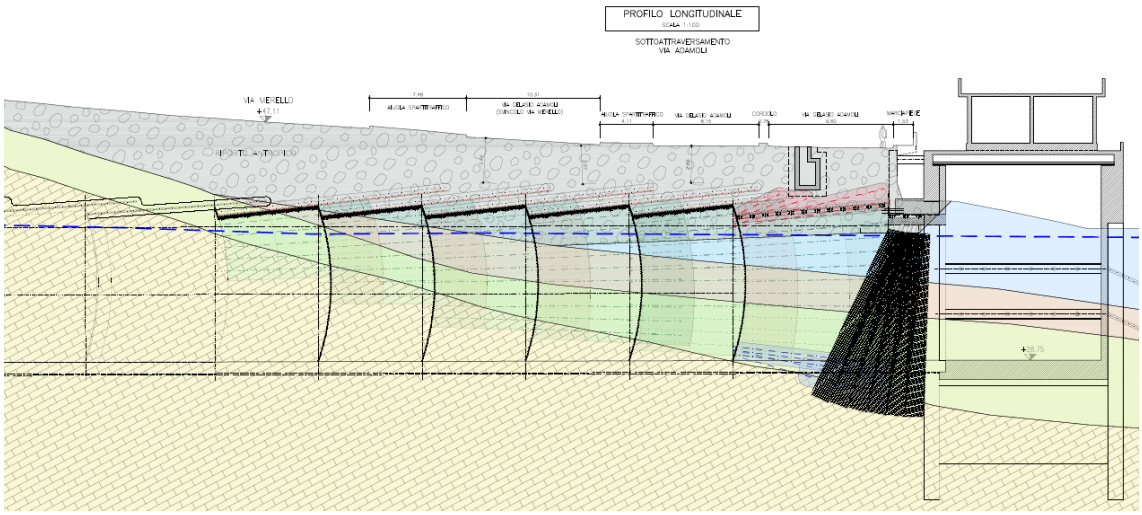


Figura 12 – Galleria Scolmatrice tratta di monte – profilo interventi di scavo e consolidamento

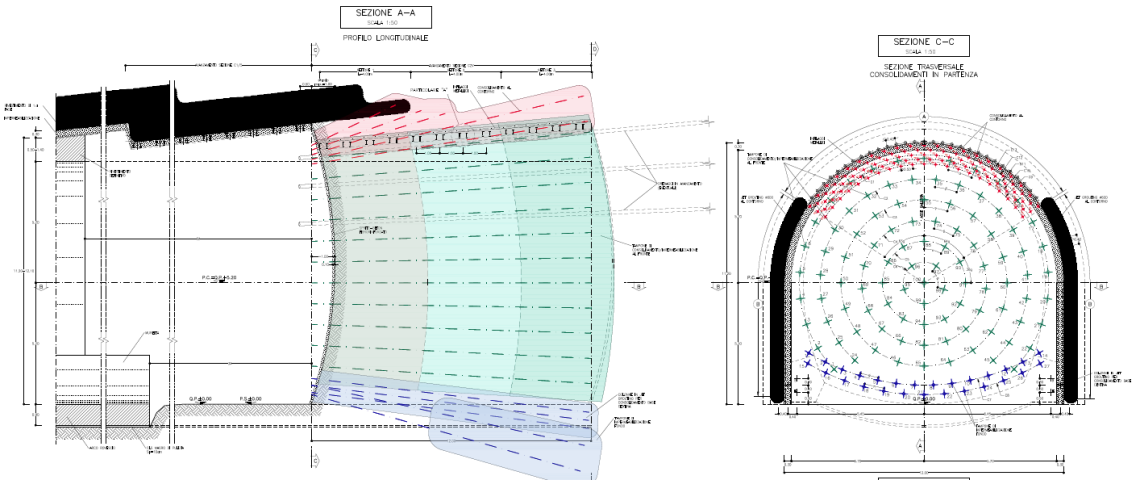


Figura 13 – Galleria Scolmatrice tratta di monte - sezione tipologica di scavo e consolidamento sotto la carreggiata stradale di Via Adamoli



Figura 14 – Galleria Scolmatrice tratta di monte - stralcio planimetria su fotopiano

L'abbattimento dell'ultimo diaframma per il completamento della tratta da camerone al Bisagno avverrà ad opera ultimata fino allo sbocco a mare e relativo cantiere TBM / opere di sbocco a mare completate, onde evitare qualsiasi tipo di rischio alluvione per il cantiere in sotterraneo. Va segnalato come lo scavo dell'ultimo diaframma interferisca con l'opera di sostegno presente lungo via Adamoli e costitutente il miro spondale. Lo scavo richiederà in particolare la demolizione della zattera di fondazione e di una porzione del paramento frontale, pertanto , preliminarmente al completamento della galleria nel suo ultimo tratto, si rende necessaria l'attuazione di un consolidamento dal piano alveo al di sotto della fondazione del muro medesimo (trattamento colonnare jet grouting) ed il trasferimento del carico dall'attuale fondazione ad un cordolo superiore innestato sul paramento da un lato e rigidamente connesso alla testata della paratia che delimita il bacino di dissipazione dall'altro. E' previsto altresì un ordine di puntoni a contrasto della testa del muro spondale.

2.5 Galleria Scolmatrice – Scavo in meccanizzato

La tratta di galleria Scolmatrice che si estende dalla camera di lancio allo sbocco a mare sarà scavata con metodo meccanizzato adottando una fresa da roccia di tipo aperto, su uno sviluppo di 5876 m. Si raggiungono coperture massime dell'ordine dei 280 m in corrispondenza del rilievo di torre Quezzi. Gran parte della tratta cittadina presenta ricoprimenti prossimi ai 30 m, fatta eccezione per gli ultimi 2000 m verso lo sbocco a mare laddove lo spessore di roccia in calotta scende su valori prossimi ai 10 m in corrispondenza del complesso di edificazioni insistenti sull'area del forte San Giuliano. E' previsto il passaggio al di sotto della linea storica RFI Genova – La Spezia, con spessore di roccia compresa fra la calotta dello scolmatore ed il basamento dei piedritti della doppia galleria attorno agli 8 m. In previsione futura si segnala il sovrappasso dello scolmatore ad opera delle gallerie ferroviarie del quadruplicamento ferroviario Genova – La Spezia (ricoprimento in roccia fra calotta scolmatore ed arco rovescio delle gallerie ferroviarie dell'ordine di 2 m); esso ricade nel conteso geologico del graben di Terralba; tale elemento progettuale richiederà la predisposizione di sezioni speciali in quanto ad armatura dei rivestimenti definitivi dell'opera oggetto della presente progettazione.

La scelta della macchina di tipo aperto è discesa dall'esame delle condizioni geomeccaniche dell'ammasso ritenute congrue con il campo di applicazione tipico di tale tipologia di macchine. In particolare la qualità dell'ammasso e le caratteristiche di fratturazione dello stesso per la maggior parte dell'estensione della tratta consentono di considerare una tipologia di intervento prevalente costituito dall'applicazione di chiodatura radiale tipo bullone superswellex e rete elettrosaldata pertanto ottimizzando l'avanzamento con tale tipologia di macchina. L'adozione di una macchina di tipo aperto da roccia, resa possibile dal presupposto geomeccanico di cui sopra, porta con se la possibilità di regolare efficacemente la gestione dello smarino ed in particolare il riutilizzo dello stesso ai fini della produzione dell'inerte per calcestruzzo (non possibile nel caso dell'utilizzo di frese ti tipo monoscudato/doppio scudato che presuppongono l'avvio della produzione dei conci con largo anticipo rispetto all'avanzamento dell'attività di scavo, impossibilitando pertanto il riutilizzo del materiale proveniente e dallo smarino). In tal senso si precisa come la litologia scavata, in particolare la facies calcarea del Flysch del monte Antola abbia caratteristiche idonee alla produzione di inerte per cls, soddisfacendo appieno il fabbisogno dello stesso. Altro elemento migliorativo caratterizzante l'impiego della fresa di tipo aperto rispetto alle frese di tipo scudato è l'eliminazione della necessità di approvvigionare il cantiere TBM con conci nonché lo stoccaggio dei medesimi nell'area del cantiere di imbocco; nel caso specifico del cantiere principale ubicato presso l'ex canile comunale si è ritenuto assai difficoltoso il poter procedere con un approvvigionamento costante dei conci che consentisse di seguire le esigenze della produzione né si sarebbe riuscito a garantire idonei spazi per lo stoccaggio del materiale.

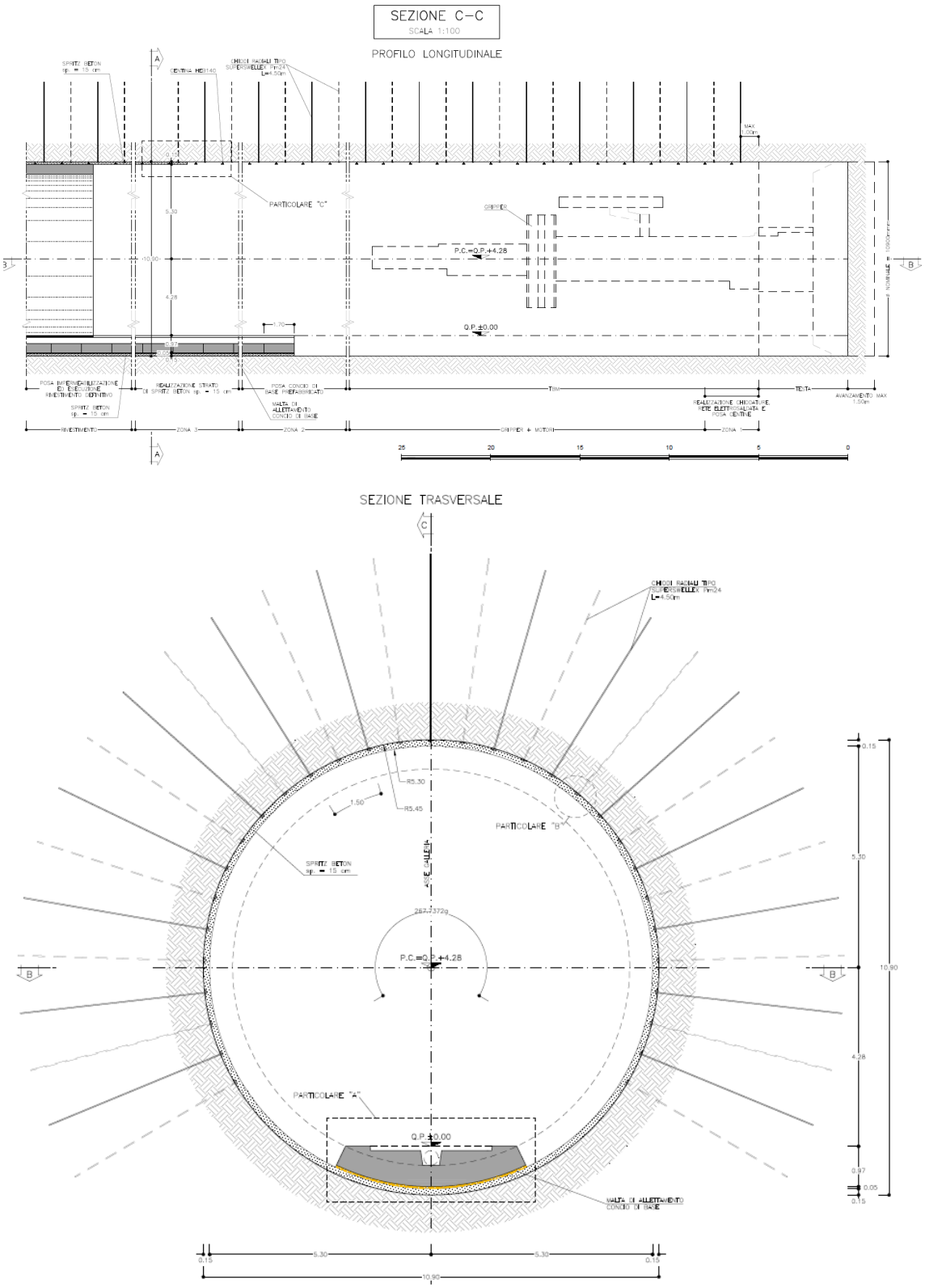


Figura 15 – Galleria Scolmatrice – tratta scavata con sistema meccanizzato – Profilo longitudinale e sezione tipo interventi di sostegno provvisionale

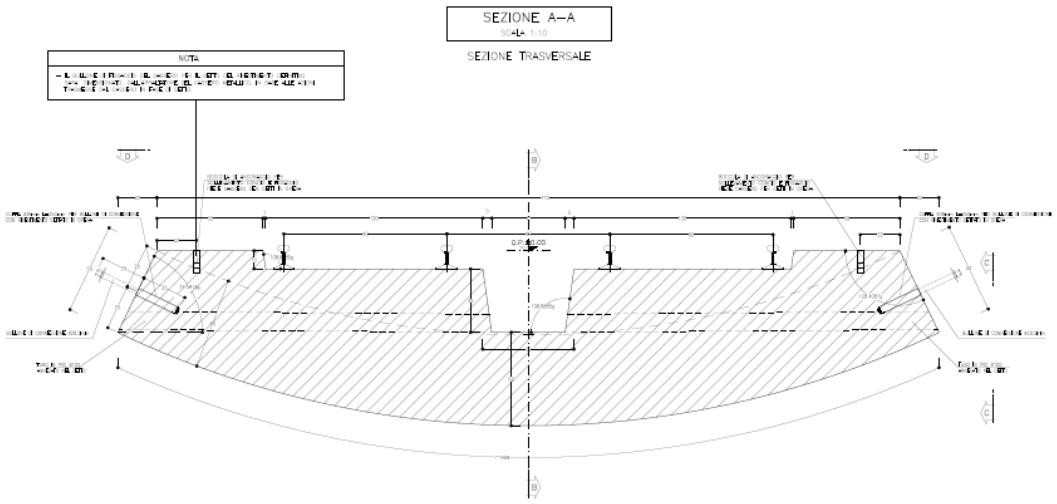


Figura 16 – Galleria Scolmatrice – tratta scavata con sistema meccanizzato – carpenteria concio di base

Lo scavo con fresa (diametro nominale della testa pari a 10700 mm) è previsto procedere con una velocità di avanzamento media attorno ai 20 m giorno. La sezione tipo principale applicata è prevista essere quella bullonata con rete elettrosaldata. Localmente, laddove il contesto geomeccanico possa determinare fenomeni di convergenza del cavo più sensibili, sarà fatto ricorso a sostegni full round per la chiusura del cavo a tergo della testa di scavo, in particolare a centine e blindaggi metallici tipo *Liner plates*. In corrispondenza della tratta da scavarsi nelle formazione delle argilliti di Montoggio e delle faglie presenti a lungo il percorso saranno applicate sezioni di scavo e consolidamento più pesanti che prevedono il ricorso ad interventi di consolidamento dell'ammasso in avanzamento rispetto alla testa di scavo. Trattasi di coronelle di iniezioni cementizie operate da tubi a manchettes, spinti per una lunghezza di 20 m dalla posizione di perforazione. Sistematicamente lo spritz beton di completamento, per tutte le sezioni tipo, sarà applicato con sistemi robotizzati alla distanza di circa 40-50 m dal fronte di scavo, successivamente all'installazione del concio di base in c.a. (lunghezza del singolo concio 1.70 m). Il concio di base presente geometria e conformazione superficiale funzionale alla installazione del doppi o binari a servizio della fresa. E' presente inoltre una canala centrale per la raccolta delle acque di infiltrazione dall'ammasso ed il collettamento delle stesse versi il fronte di avanzamento (la pendenza della galleria è infatti a scendere nella direzione di avanzamento dello scavo). Al fronte sarà presente idonea stazione di pompaggio per l'allontanamento delle acque verso il portale di imbocco, finestra di servizio.

Il rivestimento definitivo della galleria sarà gettato in opera e seguirà con velocità media stimata in di 12 m/giorno di getto la fresa ed i carri di back-up. Le operazioni di installazione del manto in PVC, dell'assemblaggio della gabbia di armatura e della casseratura saranno attuate per mezzo di uno speciale carro. Le operazioni di getto saranno servite dalla centrale di betonaggio installata all'interno del camerone; l'approvvigionamento avverrà tramite una coppia di treni composti da un numero di train mixer sufficiente alla fornitura di 190 mc di cls. Lo spessore ordinario dei rivestimenti definitivi è di 50 cm; un incremento a 55 cm è previsto in corrispondenza dei medesimi passaggi geologici entro i quali si rende necessario il ricorso a supporti temporanei full round quali centine e blindaggio metallico.

3 FASI PROGETTUALI

La sequenza delle varie fasi progettuali adottate nell'ambito della redazione del Progetto Esecutivo del 2° Lotto dei lavori per la realizzazione della galleria Scolmatrice del torrente Bisagno può essere riassunta nei seguenti punti fondamentali.

3.1 Fase conoscitiva

In base ai dati raccolti con le indagini in sito e in laboratorio, viene definito l'inquadramento geologico ed idrogeologico, la caratterizzazione geotecnica dei materiali e le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso in termini di resistenza e di deformabilità, così come indicato negli specifici documenti di progetto.

3.2 Fase di diagnosi

Per ciascuna delle principali tratte in cui è suddivisa l'opera, indicate sinteticamente di seguito, si è analizzato il comportamento dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi:

- Finestra di servizio;
- Galleria Scolmatrice – Tratta a monte;
- Galleria Scolmatrice – Corso Italia;
- Galleria Scolmatrice – Camera di lancio;
- Galleria Scolmatrice – Scavo Meccanizzato.

In particolare si è proceduto ad individuare (fissati la geometria della sezione, gli stati tensionali (coperture) e le caratteristiche geomeccaniche) le tratte a comportamento geomeccanico omogeneo lungo il tracciato. Per ogni tratta si è definita quindi la relativa categoria di comportamento (A, B o C) in assenza di interventi. I principali risultati delle analisi sono sintetizzati nei paragrafi seguenti.

3.2.1 Finestra di servizio

La Finestra di Servizio viene realizzata prevalentemente all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, in cui il comportamento dell'ammasso roccioso allo scavo risulta essere sostanzialmente di tipo "A", con fronte stabile.

In corrispondenza delle zone di faglia o in presenza di porzioni di ammasso intensamente fratturate si può riscontrare invece un contesto geomeccanico più scadente che si riflette in una condizione di fronte stabile a breve termine (tipo B).

Nel tratto iniziale, a basse coperture il fronte di scavo è interessato anche dalla presenza, soprattutto nella porzione superiore, di porzioni di ammasso facenti parte della Coltre colluviale e/o dello strato superiore più alterato del Flysh. Per questa zona si è quindi previsto un comportamento di tipo B (fronte stabile a breve termine) o anche C (fronte instabile).

3.2.2 Galleria Scolmatrice – Tratta a monte

La tratta a monte della galleria Scolmatrice viene realizzata quasi interamente all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, in cui il comportamento dell'ammasso roccioso allo scavo risulta essere sostanzialmente di tipo "A", con fronte stabile. In presenza di porzioni di ammasso intensamente fratturate, specialmente in corrispondenza delle zone con coperture inferiori, si può riscontrare invece un contesto geomeccanico più scadente che si riflette in una condizione di fronte stabile a breve termine (tipo B).

Nel tratto più prossimo allo sbocco a monte il fronte di scavo è interessato anche dalla presenza, soprattutto nella porzione superiore, di depositi alluvionali, coltre detritica e riporti antropici. Per questa zona si è quindi previsto un comportamento di tipo C (fronte instabile) o al limite B (fronte stabile a breve termine).

3.2.3 Galleria Scolmatrice – Corso Italia

Il tratto si estende per circa 50,0 m all'estremità lato mare della galleria Scolmatrice ed interessa la formazione del Flysh di Monte Antola con basse o bassissime coperture in corrispondenza dell'asse stradale di C.So Italia e del Forte San Giuliano, caratterizzate inoltre dalla presenza di materiali di riporto sotto il sedime di C.so Italia.

Il comportamento allo scavo dell'ammasso roccioso risulterà prevalentemente di tipo "B" (fronte stabile a breve termine) o al limite di tipo "C" (fronte instabile").

3.2.4 Galleria Scolmatrice – Camera di lancio

La Camera di lancia viene scavata interamente nella formazione del Flysh di Monte Antola, in condizioni di copertura elevata (indicativamente compresa tra 140,0 m e 170,0 m), per uno sviluppo complessivo di 120,0 m.

Il comportamento dell'ammasso roccioso allo scavo risulta essere sostanzialmente di tipo "A", con fronte stabile, ad eccezione di tratti locali in cui, in corrispondenza delle zone di faglia o in presenza di porzioni di ammasso intensamente fratturate, si può riscontrare invece un contesto geomeccanico più scadente, che si riflette in una condizione di fronte stabile a breve termine (tipo B).

3.2.5 Galleria Scolmatrice – Scavo Meccanizzato

Il tratto di galleria Scolmatrice scavato in meccanizzato si estende dalla camera di lancio allo sbocco a mare, per uno sviluppo complessivo di 5876 m.

Lo scavo interesserà prevalentemente la formazione del Flysh di Monte Antola, il cui comportamento allo scavo risulta essere sostanzialmente di tipo "A", con fronte stabile.

In corrispondenza delle zone di faglia o in presenza di porzioni di ammasso intensamente fratturate si può riscontrare invece un contesto geomeccanico più scadente che si riflette in una condizione di fronte stabile a breve termine (tipo B).

Le stesse condizioni (comportamento di tipo B) si riscontrano anche nei tratti di attraversamento della formazione delle Argilliti di Montoggio, caratterizzate da un intenso stato di alterazione e fratturazione dell'ammasso.

3.3 Fase di terapia

A ciascuna delle categorie di comportamento individuate (per ognuna delle tratte di galleria analizzate) si sono associati gli interventi di consolidamento, preconsolidamento e rivestimento più adatti, che definiscono la sezione tipo "media", in funzione delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso.

In corso d'opera potrà essere ulteriormente verificata l'adeguatezza di tali sezioni sulla base dei rilievi geostrutturali e del comportamento deformativo del fronte (estrusioni) e del cavo (convergenze, cedimenti), in rapporto alle lavorazioni condotte secondo le fasi e cadenze prestabilite nel progetto.

Gli elementi raccolti in fase di scavo permetteranno infatti di:

- **confermare la sezione tipo prevista** in una determinata tratta e riportata sull'elaborato "Profilo geomeccanico e progettuale di previsione" (con riferimento alla media degli interventi previsti);

- **variare gli interventi di consolidamento e preconsolidamento** che, senza modificare strutturalmente le caratteristiche finali dell'opera, devono adeguarsi alle reali condizioni geomeccaniche 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 dell'ammasso in termini geologici, geomeccanici ed idrogeologici, sia dagli stati tensionali preesistenti che da quelli conseguenti alle operazioni di scavo); i campi di variabilità sono già individuati in sede di progetto;
- **individuare una diversa sezione tipo**, tra quelle previste in progetto, qualora le condizioni realmente riscontrate risultino difformi da quelle ipotizzate per la tratta in esame.

I criteri di valutazione nell'ambito dell'applicazione delle sezioni tipo e delle loro caratteristiche di pre-rivestimento e consolidamento sono essenzialmente legati a due procedure.

La prima procedura, a carattere quantitativo si propone di valutare convergenze e cedimenti medi della cavità e, ove ritenuto necessario, le estrusioni del fronte di scavo. La seconda procedura, di tipo qualitativo e osservativo, è costituita dai rilievi del fronte e dalla continua descrizione e analisi di materiali attraversati.

Le grandezze che saranno regolate in corso d'opera, nell'ambito delle variabilità, sono principalmente:

- Lunghezza degli sfondi di avanzamento;
- Lunghezza e passo/maglia delle chiodature radiali;
- Spessore dello spritz-beton;
- Passo delle centine metalliche;
- Numero degli elementi di preconsolidamento/presostegno al fronte e al contorno e lunghezza di sovrapposizione;
- Distanza di getto dal fronte dei rivestimenti (arco rovescio e calotta).

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

4.1 Assetto geologico regionale

Nel seguito si riporta un inquadramento geologico geomorfologico generale dell'area e quindi, nel dettaglio, la situazione geologico-morfologica locale.

Il settore interessato dalle opere a progetto è interamente compreso nel Foglio 213-230 Genova della Carta Geologica d'Italia, a scala 1:50.000. Questo settore della Liguria è caratterizzato da un substrato costituito dai flysch Intrappenninici e dalla presenza, discontinua, di coperture, generalmente di ridotto spessore, rappresentate da depositi quaternari.

La storia geologica dell'area interessata dal tracciato può essere inserita nel contesto più generale della complessa storia evolutiva della Liguria. L'evento che maggiormente caratterizza il territorio in esame ha inizio con un movimento di divergenza dei blocchi cratonici di Europa ed Africa, che porta alla formazione dell'Oceano Ligure - Piemontese. Al termine della sua evoluzione, sviluppatasi nell'intero periodo Cretaceo, ha inizio l'Orogenesi Alpina durante la quale si verifica un riavvicinamento delle zolle continentali; queste collidono e si sovrappongono mentre una parte dei terreni generatisi durante la fase espansiva è subdotta.

La deposizione dell'Unità del Monte Antola (UMA), cui appartengono buona parte dei terreni rilevati nell'area in studio, avviene nel Cretaceo medio – superiore all'interno di una fossa circa subparallela al piano di subduzione ed in un bacino allungato in direzione circa E-W.

A seguire la deposizione (Fase 0, Marini 1981) inizia la prima fase di ripiegamento (fase alpina precoce) con carattere decisamente compressivo, vergenza verso S ed assi delle pieghe diretti verso E. Nel corso di questa fase vengono generati vasti piani di rottura (faglia inversa di Ellera – Magrania) ed accavallamenti di masse a diversa vergenza, le pieghe assumono scala chilometrica e l'UMA va in emersione. La fase tettonica successiva, concomitante con il parossimo principale alpino e responsabile dell'instaurarsi più ad oriente della zona a scaglie Sestri – Voltaggio, ha una direzione circa ortogonale alla prima e genera due famiglie di pieghe a scala chilometrica, accompagnate da pieghe minori cui corrispondono due sub-fasi con assi dapprima in direzione circa Est e poi Nord-Est. Ad esse è associata una scistosità di frattura molto evidente in particolare nelle argilliti, dove il clivaggio è la superficie più evidente in affioramento rispetto alla stratificazione.

Le linee di cerniera e le superfici assiali dei due sistemi di strutture sono, generalmente, perpendicolari tra loro, tranne che nelle zone dove la seconda fase riorienta gli elementi strutturali della prima fase. Uno schema tridimensionale dell'interferenza geometrica tra le due deformazioni plicative principali è rappresentato in Figura 17.

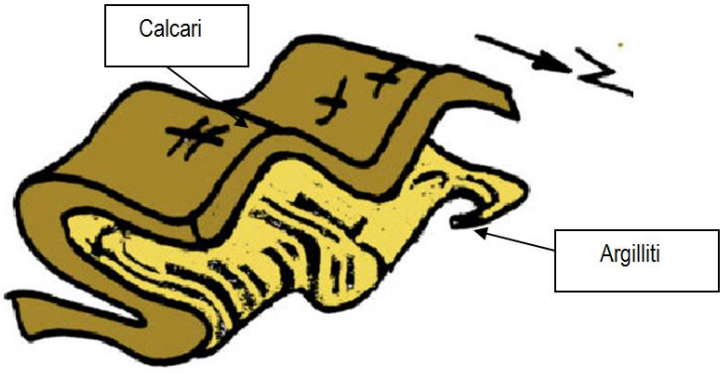


Figura 17 – Schema tridimensionale dell'interferenza geometrica tra le due deformazioni plicative principali

Dall'analisi delle stereo proiezioni polari delle famiglie di discontinuità si osserva che, spesso, le giaciture dei due sistemi principali di fratture sono disperse in relazione alla sovraimposizione della Fase 2 sulla fase 1.

Le fasi plicative hanno comunque dato una risposta deformativa diversa in relazione ai materiali coinvolti; infatti gli orizzonti a comportamento duttile generano pieghe a diverso raggio mentre negli orizzonti rigidi possono crearsi diffuse fratturazioni secondo piani ortogonali alla stratificazione.

L'unità viene successivamente interessata da ulteriori fasi deformative in ambiente duttile e fragile. I piani di discontinuità sono in un primo momento paralleli alla costa (E-W) e successivamente normali alla stessa, contribuendo in tal modo ad impostare le direttrici dei principali corsi d'acqua.

La fase tettonica più recente ha generato due sistemi di faglie con direzione circa Est – Ovest che hanno interessato l'UMA lungo una striscia che corre tra la zona della Stazione di Porta Principe, a ponente, e il quartiere di Sturla a levante. Gli eventi dislocativi hanno abbassato una zolla del massiccio calcareo (struttura a graben). Nella fossa creatasi, delimitata da faglie e fianchi gradonati, si è inserito il mare che ne ha determinato il riempimento con sedimenti principalmente fini (argillo – limosi, Argille di Ortovero) in ragione della profondità di deposizione. Ai margini della fossa talvolta si riscontrano rifluimenti di natura argillosa che si sovrimpongono, generalmente per spessori modesti, al basamento calcareo.

Alla base della fossa si rileva la presenza di depositi grossolani che costituiscono il prodotto del progressivo disfacimento delle falesie calcaree che delimitavano la fossa stessa prima dell'inizio del colmamento. Ai margini della depressione si sono originate, nel corso dello "strappo" che ha portato all'approfondimento della fossa, fasce di cataclisiti e contesti dove la roccia ha subito processi di alterazione anche in profondità.

Nel quadro generale l'Appennino Settentrionale si colloca al raccordo con la catena alpina ed è tradizionalmente delimitato a NW dalla linea Sestri – Voltaggio e a Sud dalla linea Ancona – Anzio (Corsi, 2003). Le Unità che lo costituiscono sono riconducibili a quattro domini paleogeografici ben distinti: quello Ligure (oceanico e transizionale), Subligure, Toscano e Umbro – Marchigiano. Il dominio Ligure è suddivisibile in due sottodomini: Ligure Interno e Ligure Esterno.

4.2 Assetto geologico locale

L'area interessata dal tracciato dello scolmatore del Torrente Bisagno include la porzione inferiore e mediana della Val Bisagno, che scorre con direzione circa N-S, e parte dei bacini dei Rii Fereggiano, Rovare e Noce. Dal punto di vista geolitologico questo settore è caratterizzato dalla presenza delle tre seguenti Formazioni, distinte in ordine cronologico dalla più antica alla più recente:

- Argilliti di Montoggio – (Cenomaniano - Turoniano)
- Flysch di Monte Antola (Campaniano superiore, Maastrichtiano – Paleocene basale)
- Argille di Ortovero (Pliocene inferiore)

Le prime due Formazioni concorrono a formare l'Unità Tettonica di Monte Antola (UMA), che compete ad un'area di bacino di fondo oceanico sviluppatasi a partire dal Giurassico superiore fra i margini paleoeuropeo e adriatico, non interessata dal metamorfismo di alta pressione e colmata rapidamente nel corso delle fasi orogeniche iniziali dell'edificio strutturale nordappenninico.

L'UMA rappresenta una delle falde di impilamento tettonico a margine della linea Sestri-Voltaggio. Poggia tettonicamente sull'Unità del Flysch di Busalla e la base del sovrascorrimento è rappresentata dalle Argilliti di Montoggio che avrebbero funzionato da livello di scollamento e lubrificante tettonico.

Da segnalare la presenza, nella zona dell'ospedale di S. Martino, della formazione delle Argille di Ortovero, un deposito che rappresenta il colmamento di un basso strutturale (graben) del fondale marino pliocenico.

Nell'ambito dell'anfiteatro genovese il flysch di Monte Antola rappresenta la litologia arealmente predominante che determina la morfologia dei versanti. Le argilliti basali affiorano lungo i fianchi della media Val Bisagno, dove risultano più diffuse in sponda destra rispetto alla sinistra, mentre sono praticamente assenti nell'area cittadina se si eccettua una ristretta zona in Albaro. Le argille plioceniche, infine, sono presenti con buona continuità in una larga fascia che attraversa la città in direzione ponente – levante.

Nel seguito si descrivono in dettaglio i depositi presenti lungo lo sviluppo delle opere, dal più antico al più recente ivi inclusi i termini di copertura.

4.2.1 Le Argilliti di Montoggio

Le Argilliti di Montoggio sono argilliti manganesifere varicolori prevalentemente grigio scuro-nerastro, talvolta verde pallido o rosso-vinaccia, ad accentuata scistosità con sporadiche intercalazioni arenacee di spessore decimetrico. Sono depositi di ambiente emipelagico; poste alla base del Flysch di Monte Antola morfologicamente sono facilmente distinguibili per la brusca rottura di pendio che determinano. La struttura nel complesso si presenta fortemente scagliettata per effetto in special modo dell'intensa milonitizzazione alla quale il materiale è stato sottoposto; tali argilliti rappresentano infatti una superficie di scorrimento preferenziale per le principali dislocazioni tettoniche.

Il limite inferiore della formazione è rappresentato dal Flysch di Ronco e la natura del contatto, stratigrafico o tettonico, è ancora controversa. Lo spessore della formazione è normalmente modesto; nella zona di Montoggio è indicato in bibliografia, normalmente, nell'ordine di una trentina di metri. Valori localmente riscontrati e nell'ordine di 70 – 80 m sono imputabili a sovrapposizione tettonica.

Il grado di alterazione delle argilliti è sempre elevato; risultano fortemente aggredibili dagli agenti esogeni e, pertanto, scarsamente rappresentate in affioramento ammantate da una estesa copertura detritica. L'alterazione, causa l'elevato stato di fratturazione, può spingersi anche in profondità per effetto del regime di circolazione delle acque.

4.2.2 Il Flysch di Monte Antola

Il Flysch di M.te Antola, a Fucoidi ed Helmintoidi appartiene, nell'ambito del Dominio Piemontese Ligure, alle Liguridi Interne. E' costituito da una sequenza monotona di strati torbiditici accumulati in facies probabilmente distale lungo superfici di fondale inclinate ed instabili. La sequenza litologica tipo è costituita da alternanze eteropiche di calcari arenacei fini, calcari marnosi, marne calcaree, livelli di argilliti emipelagiche talora scistose e, più raramente, strati a base arenacea (Figura 7.2).

Lo spessore del Flysch di Monte Antola non dovrebbe superare, nel genovese, lo spessore di 200 m; nell'ambito della sua intera area di affioramento, fra il bordo padano dell'Appennino settentrionale ed il Mar Ligure, si ritiene che la sua potenza, causa accavallamenti tettonici, possa superare i 2000 m.

L'ordine di grandezza delle differenti litofacies in ambito cittadino vede una netta prevalenza della componente calcarea, calcareo marnosa o marnoso calcarea (70-80)%, limitati calcari arenacei (15%) ed argilliti complessivamente inferiori al 5% (Limoncelli e Marini, 1969 – Marini, 1981 e 2003).

I livelli calcarei e calcareo-marnosi si presentano in strati e banchi aventi spessori da sub-metrici a plurimetrici (spessore medio 1,0-1,50 m), generalmente compatti, da poco a mediamente fratturati esternamente alle zone di maggior disturbo tettonico. Gli interstrati argillitici hanno spessore decimetrico ed un elevato grado di alterazione. Lo spessore del Flysch non è conosciuto con precisione; causa accavallamenti tettonici si stima possa essere dell'ordine di 2.000 m o superiore. Stratigraficamente sia a

grande che a piccola scala si hanno frequenti ed improvvise variazioni giaciturali per effetto sia di complessi fenomeni sinsedimentari (slumping) sia per le diverse deformazioni plicative subite dall'ammasso in fasi diverse.

E' stato accertato che il Flysch dell'Antola non è interessato da processi metamorfici oltre il campo della diagenesi.

La transizione alle sottostanti Argilliti di Montoggio è graduale e rappresentato da pochi metri di fitte intercalazioni di straterelli marnoso calcarei, argillitici ed arenacei.

Il Flysch di Monte Antola evidenzia una certa eterogeneità imputabile alla presenza di diverse litologie con comportamento ora rigido (calcari arenacei fini), ora mediamente rigido (calcari marnosi) ora duttile (marne ed argilliti), sia da una spiccata variabilità dello stato fessurativo della roccia.

Il grado di alterazione del materiale in banco dipende essenzialmente dalle condizioni di esposizione, dalla circolazione di acque di falda e dalla natura della facies interessate. Le bancate francamente calcaree sono, in genere, poco alterate già a livello di affioramento. Non è inconsueto riscontrare a modeste profondità livelli calcarei con roccia essenzialmente sana, anche se fratturata, avente resistenza medio – elevata.

Differenti sono le caratteristiche medie dei livelli marnosi ed argillitici. I primi se superficiali o soggetti a circolazione di acqua di falda sono, in genere, molto alterati, suddivisi in scaglie oppure ad aspetto terroso e plastico pur con consistenza medio-alta. Se l'alterazione non ha ancora prodotto il disfacimento totale si può avere uno stato di conservazione intermedio con roccia tenera o debole.

Situazione analoga si riscontra nei livelli argillitici, quasi sempre scistosi, le cui caratteristiche di resistenza decadono rapidamente al crescere del grado di alterazione che può interessare livelli anche relativamente profondi (fino a molte decine di metri).

Le intercalazioni marnose e argillose alterate costituiscono, in caso di giacitura sfavorevole, i piani di debolezza preferenziali lungo i quali possono instaurarsi fenomeni di instabilità. Tale contesto, unitamente ad un certo grado di frammentazione della massa rocciosa imputabile a motivi tettonici, giustifica la presenza di accumuli di frana, localmente anche importanti e generalmente di antica data (paleofrane).

Il Flysch di Monte Antola, rappresentato da calcari non puri, sulla base degli elementi bibliografici acquisiti integrati dalle diverse evidenze in sito, non risulta soggetto a fenomeni carsici di rilievo. Alcuni autori addirittura dubitano che per l'Antola si possa parlare di vero e proprio carsismo il quale, comunque, assume un carattere blando e poco pervasivo. I dati disponibili, in particolare, sembrano escludere la presenza di una circolazione idrica a grande scala di tipo carsico.



Figura 18 – Sondaggio SEB2 – Area Sciorba – Opere di monte

4.2.3 *Le Argille di Ortovero*

Le Argille di Ortovero sono depositi marini costituiti prevalentemente da marne e marne argillose, di colore grigio o grigio azzurro quando non alterate, fortemente sovraconsolidate e molto consistenti o dure. Più raramente si registra la presenza di strati sottili di sabbie a grado di cementazione variabile. Alla base della Formazione sono presenti livelli ghiaiosi e conglomeratici. Le argille di Ortovero affiorano in lembi isolati lungo la costa ligure tra Albenga e il levante genovese, dove occupano una fascia, di larghezza variabile (massimo circa 1 km), disposta grosso modo est – ovest tra il centro città e Sturla.

Difficilmente riscontrabili in affioramento in quanto confinate in aree densamente urbanizzate, le argille hanno colmato una fossa tettonica neogenica per spessori molto variabili; si va dagli oltre 200 m riscontrati nel centro di Genova (Piazza Corvetto – Acquasola) a spessori di alcune decine di metri (o pochi metri) all'estremità della depressione.

4.2.4 *Depositi alluvionali*

I depositi alluvionali più significativi sono circoscritti al tratto mediano e terminale dell'asta del T. Bisagno, per una lunghezza di circa 10 km, larghezza compresa tra circa 200 m e 1.000 m e spessori compresi tra 10 e 50 m. In seno al materasso alluvionale, poggiante normalmente sui calcari dell'Antola, è possibile distinguere due settori differenti. Il primo, più esteso (circa 8 km) e settentrionale, è costituito da ghiaie, ghiaie limose e ghiaie sabbiose che raggiungono spessori massimi di 25-30 m; il secondo e terminale tratto, più prossimo alla foce e dove vengono raggiunti i massimi spessori, presenta all'interno delle ghiaie uno strato pressoché continuo di limi ed argille con spessori compresi tra 4 e 15 m.

4.2.5 *Coltri detritiche eluvio-colluviali*

Le coltri detritiche sono diffuse, in plaghe più o meno estese e distribuite "a macchia di leopardo", su tutto il territorio dell'anfiteatro genovese dove ricoprono il substrato calcareo marnoso. Nella maggior parte dei casi lo spessore delle coltri è limitato a pochi metri (1-5 m), più raramente si evince la presenza di coltri di spessore superiore a 5 m fino a 10-15 m. La natura delle coltri è essenzialmente eterogenea e ad ampio spettro granulometrico; esse sono infatti tipicamente costituite da un'abbondante scheletro grossolano di clasti calcarei immersi in una matrice fine dove prevale ora la frazione sabbiosa, ora quella limo-argillosa. I maggiori accumuli sono in genere associati alla presenza di corpi di paleofrana.

4.2.6 *Depositi di spiaggia*

I depositi di spiaggia bordano, localmente, il margine costiero per spessori di pochi metri. Sono in genere costituti da depositi ciottolosi se non oggetto di ripascimenti sabbiosi artificiali.

4.2.7 *Depositi antropici*

Depositi antropici di estensione limitata, costituiti da materiali sciolti ed eterogenei in origine e composizione, con morfologia spianata, sono presenti in particolare nell'area urbanizzata in relazione ad interventi di edilizia o industriale. Nelle aree indagate sono rappresentati da ghiaie argillose con sabbie, o ghiaie sabbiose con argilla, ed includono frammenti calcarei eterometrici a spigoli vivi, chiodi metallici, ferri di armatura, elementi in muratura e pezzi di calcestruzzo.

4.3 Assetto geomorfologico

Di seguito si riporta una sintesi dell'assetto geomorfologico a livello regionale e, successivamente, a livello di bacino del Torrente Bisagno.

A grande scala il territorio genovese può essere descritto come una regione di colline e media montagna con limitate piane alluvionali normalmente poste lungo i principali corsi d'acqua. Elemento oro-idrografico essenziale è la presenza dello spartiacque Tirreno-Adriatico che decorre con andamento irregolare da SSW a NNE a breve distanza dalla costa. Le quote massime, disposte parallelamente alla costa stessa, non sempre coincidono con lo spartiacque. I due versanti del displuvio risultano fortemente asimmetrici: quello tirrenico è ripido con pendenza media anche superiore al 20%, quello padano degrada dolcemente verso la pianura con pendenze medie inferiori al 5%.

I corsi d'acqua del versante tirrenico scendono, di norma, ortogonalmente rispetto alla costa, mentre sul versante padano solo localmente si ha un'orientazione preferenziale con direzione SSE-NNW. I corsi d'acqua del versante tirrenico risultano molto più attivi rispetto a quelli padani ed hanno arretrato, per erosione regressiva, le loro testate spostando i relativi spartiacque verso nord e catturando in tal modo parte dei bacini settentrionali. Questo è avvenuto con maggiore frequenza in aree ove prevalgono, in affioramento, terreni maggiormente erodibili in corrispondenza dei quali gli spartiacque descrivono archi con concavità rivolta a sud. Contrariamente al settore padano i bacini del versante tirrenico hanno dimensioni modeste con valli spesso profondamente incise delimitate da versanti ripidi; la curva di fondo degli alvei ha pendenza elevata nei tratti montani (superiore al 15%) con salti ed anche rapide. I corsi d'acqua secondari sono spesso paralleli alla direzione degli strati e confluiscono nel corso principale ad angolo retto.

In un contesto generale che manifesta un'orografia dai tratti marcatamente giovanili, con pendenze medio elevate o elevate in relazione ai litotipi affioranti, numerose sono le frane antiche (paleofrane) o recenti, quiescenti o attive, cartografate.

Un cenno meritano anche i fenomeni di erosione accelerata che, in presenza di precipitazioni eccezionali e di un assorbimento d'acqua non sempre elevato in ragione dell'acclività dei versanti, interessano alcuni settori del versante ligure. Versanti ripidi e rocce molto fratturate, o alternate a materiali degradabili,

permettono che un intenso ruscellamento asporti, nelle parti più elevate dei bacini, la coltre superficiale con evidente danno per la stabilità dei pendii. Dove l'acqua scorre incanalata l'erosione spesso opera lungo gli argini scalzandoli e provocando dissesti a catena.

Frequenti sono in Liguria i casi di torrenti, in particolare il Leiro, il Polcevera ed il Bisagno che, improvvisamente ingrossati dalle precipitazioni e carichi di materiale asportato a monte, hanno eroso argini, sfondato ponti ed invaso gli abitati a valle. Tale contesto risulta aggravato dal marcato grado di antropizzazione che, localmente, ha sottratto ampie superfici all'infiltrazione sotterranea, ha tombato i corsi d'acqua ed ha portato ad un deciso sviluppo dei siti edificati all'interno delle naturali fasce di espansione delle piene fluviali.

Nell'area dell'Appennino ligure un netto contrasto morfologico contraddistingue le masse prevalentemente argillose (Argille a Palombini, Formazioni di Mignanego, Montanesi, Ronco e Montoggio) dai sovrastanti Calcari di Antola, spesso in scarpata al contatto.

L'irregolarità dei caratteri fisiografici ora descritti deriva principalmente dalla complessità dell'assetto strutturale della regione, dalla varietà delle litologie e dalla successione degli eventi tettonici ed orogenici.

Gli aspetti morfologici del territorio sono generalmente in accordo con le condizioni climatiche attuali anche se, localmente, sono evidenti relitti di condizioni climatiche molto diverse (paleosuoli).

A livello generale la costa si presenta normalmente alta; modesti promontori rocciosi si protendono a mare alternandosi ad insenature falcate ed orlate da strette spiagge e pianure litorali per lo più a ciottoli o con sabbie grossolane. Numerose sono le testimonianze, a diverse altezze, di antiche linee di riva e spianate di abrasione marina; particolarmente note sono quelle di Coronata e Nervi.

4.3.1 Bacino del torrente Bisagno

Il bacino idrografico del torrente Bisagno ha dimensioni medio piccole (93 km2) ed è delimitato a nord dallo spartiacque Bisagno-Scrivia, ad ovest dallo spartiacque Bisagno-Polcevera, ad est dallo spartiacque Bisagno-Lavagna, ed infine a sud dallo spartiacque Bisagno-Sturla-Nervi-Poggio-Sori. La maggior parte dell'area d'interesse progettuale è compresa nel settore orientale del bacino del Bisagno; solo il tratto terminale della galleria, fra il Forte di San Martino ed il mare, ricade esternamente a tale bacino. L'asta principale del corso d'acqua, lunga 25 Km, ha un andamento irregolare con brusche variazioni di direzione; è infatti disposta circa parallela alla costa nella parte superiore del bacino (NNE-SSW) e perpendicolare alla stessa (N-S) nella parte inferiore. Numerosi sono i salti di fondo che testimoniano variazioni del livello basale nonché fenomeni di cattura a carico di alcuni tributari. I diversi affluenti si immettono in alveo normalmente ad angolo retto.

L'assetto oroidrografico del bacino è fortemente condizionato da fattori geodinamici endogeni, la cui influenza appare evidente soprattutto in relazione ad una serie di indicatori geomorfologici che testimoniano la rilevante correlazione fra attività tettonica quaternaria ed evoluzione morfologica del bacino stesso. La presenza di superfici fossili, terrazzi morfologici, movimenti di massa e meandri testimonia come l'assetto attuale sia stato raggiunto attraverso fasi successive di erosione rapida avvenute in epoche relativamente recenti.

La diffusa presenza di materiali lapidei determina normalmente pendenze elevate; la pendenza media dei versanti è infatti del 31% con frequenti tratte anche superiori al 50%.

Nell'ambito dell'intero bacino il tessuto urbano occupa una superficie importante e valutata nell'ordine dell'11%.

Il Torrente Bisagno nel suo insieme disegna una valle con profilo ristretto ed incassato entro fianchi vallivi ove spesso affiora il substrato roccioso; tali fianchi risultano frequentemente asimmetrici causa una diversa giacitura degli strati. In tale contesto la piana alluvionale del corso d'acqua è di larghezza

modesta, anche se tende ad allargarsi da monte verso valle; in molte tratte però la sua naturale larghezza è stata ridotta per interventi antropici che hanno portato all'edificazione di strade e fabbricati in aree un tempo di naturale espansione fluviale, aggravando in tal modo gli effetti delle periodiche alluvioni.

Caratteristica è la dimensione e la forma della fascia di transizione fra pianura e versante. Molto spesso in Liguria questa fascia è ampia e articolata a testimonianza di attività detritico colluviali di versante, mentre nel caso in studio l'attacco è spesso netto.

Altra caratteristica riguarda il rapporto planoaltimetrico fra alveo attuale e superficie della piana alluvionale. Si nota una generale uniformità sia del dislivello medio fra quota della piana e quota del greto, sia della morfologia della piana. Su quest'ultimo aspetto certamente è dominante l'azione dell'uomo il quale, sin da tempi remoti, ha rimodellato il terreno attenuando dislivelli, colmando tracce di vecchi alvei, spianando gibbosità ed accumuli sedimentari.

Il Torrente Bisagno scorre a cielo aperto per buona parte del suo percorso anche se, nella parte di attraversamento della città di Genova, la sua attuale configurazione geometrica, per effetto di importanti interventi antropici, risulta molto lontana da quella naturale. A partire dalla stazione di Brignole sino alla foce il corso d'acqua è tombato.

Le verifiche idrauliche allegate al Piano di Bacino individuano nel tratto terminale coperto, ed in quello scoperto sino alla confluenza con il Fereggiano, le principali criticità idrauliche. Il settore maggiormente critico è quello terminale, causa la grave insufficienza del tratto canalizzato la cui limitata officiosità comporta pericolosi fenomeni di rigurgito a monte amplificati dalla presenza dei manufatti interferenti con l'alveo. Emerge nel complesso una elevata suscettibilità al rischio di inondazione che comunque, come meglio illustrato in seguito, non interessa in alcun modo le aree di stretto interesse progettuale.

Nella parte montana del bacino lungo l'alveo del Torrente Bisagno affiora direttamente il substrato roccioso; procedendo verso valle questo si approfondisce e l'incisione viene colmata da una coltre alluvionale costituita da ghiaie e sabbie con anche limo ed argilla. L'estensione del materasso alluvionale copre una lunghezza di circa 10 Km ed una larghezza compresa fra 200 e 1.000 m; gli spessori sono molto variabili ed aumentano progressivamente verso la foce; nell'area in studio si va dai circa 20 m in corrispondenza dell'opera di presa ad oltre 40 m all'altezza di Piazza Giusti.

All'interno della coltre alluvionale è contenuta una importante falda idrica ampiamente utilizzata a scopo idropotabile ed industriale. L'alimentazione dell'acquifero è dovuta essenzialmente agli apporti diretti del Bisagno che pertanto ha caratteristiche "disperdenti"; da segnalare anche, seppur di incerta quantificazione, l'esistenza di un'alimentazione dovuta alle acque circolanti nell'ammasso roccioso calcareo fratturato.

La falda risulta libera lungo buona parte del percorso anche se, verso mare, la presenza di alcune intercalazioni argillose origina una seconda e più profonda falda in pressione. In corrispondenza della foce il saliente roccioso che costituisce il proseguimento sepolto della collina di Carignano, in corrispondenza di via Cecchi, confina la falda e protegge dall'intrusione del cuneo salino.

Localmente la presenza del fiume è segnalata, a quote maggiori rispetto a quella attuale, dalla presenza di superfici spianate di roccia prive però di depositi alluvionali.

Dal punto di vista litologico l'elemento predominante è dato dalla presenza di depositi calcareo marnosi riferibili al Flysch di Monte Antola; in subordine sono presenti, fra Molassana e Struppa, depositi riferibili alle Argilliti di Montoggio. La presenza dei calcari determina una buona energia di rilievo e un grado di acclività medio – elevato. Le principali variazioni di pendenza sono riconducibili ora a variazioni nell'assetto giaciturale degli strati (condizioni di reggipoggio determinano pendenze maggiori rispetto a quelle a franapoggio), ora ai cambi di litologia; caratteristico è proprio il "salto di pendenza" dei versanti nel punto di passaggio fra calcari ed argilliti.

Dall'esame della carta geologica è evidente come la predominanza di un tipo litologico, seppur diversificato al suo interno, contribuisca a determinare caratteri morfologici sostanzialmente omogenei. La presenza di una marcata tettonica, sia fragile - duttile che duttile, caratterizza morfologicamente l'area. Il secondo aspetto, quello fragile, ha comunque la maggiore influenza sul quadro geomorfologico generale. Infatti l'allineamento dei corsi d'acqua si dimostra coerente con le principali lineazioni tettoniche che rappresentano zone di debolezza lungo le quali le acque hanno potuto incidere il proprio corso. Nei calcari il reticolo idrografico è disposto secondo lineazioni strutturali e corre fra fianchi incassati e stretti; in presenza di materiali argillosi il reticolo si è sviluppato, in assenza di vie preferenziali, a raggiera, secondo le linee di massima pendenza.

Lungo i versanti sono cartografate diverse frane e nel solo bacino del Bisagno ne sono censite ben 300. Alcune di queste rappresentano gli accumuli di antichi dissesti (paleofrane) imputabili a periodi climatici molto diversi da quelli attuali, ad eventi neotettonici o ad una ripetuta attività sismica; sono generalmente stabilizzate anche se non mancano casi di locali e/o superficiali riattivazioni. Sono comunque cartografate numerose frane quiescenti e più raramente alcune frane attive.

In presenza di coltri a prevalente composizione coesiva sono rilevabili dissesti superficiali con dinamica di tipo soliflusso; si tratta in genere di movimenti lenti che interessano la coltre detritica pluvio – colluviale, antichi accumuli di frana o la porzione corticale delle Argilliti di Montoggio maggiormente alterate e poggianti su materiali litoidi. È importante osservare come in genere i diversi dissesti siano connessi alla combinazione di più meccanismi di movimento avvenuti, simultaneamente o in tempi successivi, nell'ambito del medesimo versante.

Nella parte medio - alta del bacino sono noti fenomeni di Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (D.G.P.V.), che rappresentano la risposta più evidente dell'evoluzione dei pendii rispetto ai processi di abbassamento rapido per erosione del fondovalle. Essi sono concentrati, generalmente, in zone caratterizzate da litologie a prevalente comportamento diversificato (es.: fragile per calcari sovrapposti a litologie con associato un comportamento duttile quali le argilliti). Tali fenomeni sono osservabili lungo la sponda sinistra del torrente Bisagno (monte Rosato, monte Trincea, monte Lungo, monte Masapello).

In un contesto che vede la prevalenza di materiali lapidei stratificati le cause generali predisponenti alla franosità sono rappresentate dalle giaciture degli strati a franapoggio inclinati meno o come il versante. Ad aggravare la situazione possono concorrere sistemi fessurativi continui ed invasivi che, unitamente alla presenza di interstrati argillitici e/o argillosi, isolano intere masse rocciose che divengono pertanto libere di scivolare lungo piani inclinati. Le frane così generate possono essere classificate come frane di scivolamento lungo una superficie planare preesistente. Le eccezionali precipitazioni, o anche il solo effetto antropico, possono essere fra le principali cause determinanti delle frane.

Fra le frane per cause antropiche si vuole ricordare quella avvenuta a Genova in corrispondenza della Collina degli Angeli il 12 marzo 1968, dove circa 12.000 m^3 di roccia investirono un edificio di 7 piani causando la morte di 19 persone. La massa rocciosa era rappresentata dai calcari marnosi dell'Antola con interstrati argillosi, disposta a franapoggio con pendenza simile al versante, disturbata da precedenti lavori di cava.

Sempre nell'Antola possono aversi anche frane per ribaltamento o crollo in presenza di strati a franapoggio e/o versanti particolarmente ripidi.

Come conseguenza dei fenomeni descritti si osservano, lungo le fasce basali dei versanti, coltri detritiche terroso - lapidee con spessori di norma contenuti nei 3 m; il fenomeno interessa particolarmente la valle del Rio Fereggiano e quella del Rio Rovare.

La giovane età del paesaggio è tradita nel suo complesso, oltre che dai fenomeni franosi, anche da fenomeni di erosione regressiva particolarmente evidenti lungo le valli secondarie. Il profilo longitudinale dei torrenti in questo territorio non sembra aver raggiunto l'equilibrio e mostra un trend evolutivo che si

manifesta anche attraverso un'intensa erosione al piede che può essere concausa di fenomeni d'instabilità. E' evidente, anche nei rii minori, un copioso alluvionamento con presenza di ghiaie ciottoli e blocchi di grandi dimensioni imputabile alla grande varietà di detriti di cui sono serbatoio le numerose frane o paleofrane.

Come conseguenza di tutto ciò durante le piene possono registrarsi eccezionali apporti di materiale con conseguente innalzamento dell'alveo; successivamente quando il regime viene normalizzato avviene una ripresa dell'erosione ed i corsi d'acqua reincidono le proprie alluvioni.

5 PREVISIONE DEL COMPORTAMENTO DEFORMATIVO DEL FRONTE E DEL CAVO

Come detto in precedenza, il contesto geologico-geomeccanico ed il riscontro del comportamento deformativo del fronte e del cavo permetteranno l'applicazione puntuale delle Linee Guida nel corso degli avanzamenti.

Per ognuna delle sezioni tipo proposte si sono definiti dei valori di deformazione attesi, con riferimento alla convergenza diametrale del cavo, ai cedimenti e all'estrusione del fronte. Tali valori sono stati determinati facendo riferimento sia ai risultati delle analisi numeriche condotte che all'esperienza acquisita nel corso di scavi in contesti similari (bisogna infatti tener presente che in fase di calcolo non vengono considerati elementi non riproducibili nei modelli numerici, quali anisotropie nel comportamento deformativo del cavo, condizioni geomeccaniche particolari e localizzate, ecc.).

Sezione Tipo	Geologia	Convergenza diametrale attesa	Cedimento verticale atteso	Estrusione cumulata attesa
Ab	Flysh di Monte Antola massivo e/o stratificato con grado di fratturazione basso.	1,0÷2,0 cm	1,0÷2,0 cm	-
Ac	Flysh di Monte Antola stratificato con grado di fratturazione medio.	1,5÷3,0 cm	1,5÷3,0 cm	-
B0v	Flysh di Monte Antola in corrispondenza di zone di faglia, con intensa fratturazione e zone di Imbocco.	3,0÷6,0 cm	2,0÷4,0 cm	≤ 2,0 cm
B2v	Flysh di Monte Antola in corrispondenza di zone di faglia.	4,0÷8,0 cm	3,0÷6,0 cm	≤ 4,0 cm
C2v	Zone di Imbocco, in presenza di coltre eluvio-colluviale e/o strati di alterazione del Flysh di Monte Antola.	2,0÷4,0 cm	1,0÷3,0 cm	≤ 3,0 cm

Tabella 1 – Previsione del comportamento deformativo – Finestra di servizio

Sezione Tipo	Geologia	Convergenza diametrale attesa	Cedimento verticale atteso	Estrusione cumulata attesa
Ab	Flysh di Monte Antola massivo e/o stratificato con grado di fratturazione basso.	1,0÷2,0 cm	1,0÷2,0 cm	-
Ac	Flysh di Monte Antola stratificato con grado di fratturazione medio.	1,5÷3,0 cm	1,5÷3,0 cm	-
B0v	Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e zone alterate (basse coperture).	3,0÷6,0 cm	2,0÷4,0 cm	≤ 2,0 cm
B2v	Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e zone alterate (basse coperture), con porzioni di fronte interessate da coltre/deposito alluvionale	4,0÷8,0 cm	3,0÷6,0 cm	≤ 4,0 cm
C1v-1	Zone di Imbocco (sotto-attraversamento via Adamoli), in presenza di coltre eluvio-colluviale, depositi alluvionale e/o riporti antropici.	2,0÷5,0 cm	1,0÷3,0 cm	≤ 2,0 cm
C1v-2	Zone di Imbocco (sotto-attraversamento via Adamoli), in presenza di coltre eluvio-colluviale, depositi alluvionale e/o riporti antropici.	2,0÷5,0 cm	1,0÷3,0 cm	≤ 2,0 cm

Sezione Tipo	Geologia	Convergenza diametrale attesa	Cedimento verticale atteso	Estrusione cumulata attesa
C1v-3	Zone di Imbocco (sotto-attraversamento via Adamoli), in presenza di coltre eluvio-colluviale, depositi alluvionale e/o riporti antropici.	2,0÷5,0 cm	1,0÷3,0 cm	≤ 2,0 cm
C1v-4	Zone di Imbocco (sotto-attraversamento via Adamoli), in presenza di coltre eluvio-colluviale, depositi alluvionale e/o riporti antropici.	2,0÷5,0 cm	1,0÷3,0 cm	≤ 2,0 cm
C1v-5	Zone di Imbocco (sotto-attraversamento via Adamoli), in presenza di coltre eluvio-colluviale, depositi alluvionale e/o riporti antropici.	2,0÷5,0 cm	1,0÷3,0 cm	≤ 2,0 cm
C2v	Zone di Imbocco (sotto-attraversamento via Adamoli), in presenza di coltre eluvio-colluviale, depositi alluvionale e/o riporti antropici.	2,0÷5,0 cm	1,0÷3,0 cm	≤ 2,0 cm

Tabella 2 – Previsione del comportamento deformativo – Galleria Scolmatrice – Tratta a monte

Sezione Tipo	Geologia	Convergenza diametrale attesa	Cedimento verticale atteso	Estrusione cumulata attesa
B0v	Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e alterazione (basse coperture).	1,0÷3,0 cm	1,0÷2,0 cm	≤ 2,0 cm
B2v	Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e alterazione (basse coperture), con porzioni di fronte eventualmente interessate dalla presenza di materiali di riporto	1,0÷3,0 cm	1,0÷2,0 cm	≤ 2,0 cm
C2v	Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e alterazione (basse coperture), con porzioni di fronte interessate dalla presenza di materiali di riporto (sotto-attraversamento C.so Italia).	2,0÷4,0 cm	1,0÷2,0 cm	≤ 2,0 cm
Concio attacco	Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e alterazione (basse coperture), con porzioni di fronte interessate dalla presenza di materiali di riporto (sotto-attraversamento C.so Italia).	2,0÷4,0 cm	1,0÷2,0 cm	≤ 2,0 cm

Tabella 3 – Previsione del comportamento deformativo – Galleria Scolmatrice – C.so Italia

Sezione Tipo	Geologia	Convergenza diametrale attesa	Cedimento verticale atteso	Estrusione cumulata attesa
Ab	Flysh di Monte Antola massivo e/o stratificato con grado di fratturazione basso.	1,0÷2,0 cm	1,0÷2,0 cm	-
Ac	Flysh di Monte Antola stratificato con grado di fratturazione medio.	1,5÷3,0 cm	1,5÷3,0 cm	-
B0v	Flysh di Monte Antola in corrispondenza di zone di faglia e/o zone con intensa fratturazione.	4,0÷8,0 cm	4,0÷8,0 cm	≤ 3,0 cm

Tabella 4 – Previsione del comportamento deformativo – Galleria Scolmatrice – Camera di lancio

Sezione Tipo	Geologia	Convergenza diametrale attesa	Cedimento verticale atteso	Estrusione cumulata attesa
MAb1	Flysh di Monte Antola massivo e/o stratificato con grado di fratturazione molto basso.	1,0÷2,0 cm	1,0÷2,0 cm	-
MAb2	Flysh di Monte Antola massivo e/o stratificato con grado di fratturazione basso.	1,0÷2,0 cm	1,0÷2,0 cm	-
MAb3	Flysh di Monte Antola massivo e/o stratificato con grado di fratturazione basso.	1,0÷2,0 cm	1,0÷2,0 cm	-
MAc1	Flysh di Monte Antola stratificato con grado di fratturazione e alterazione medio.	1,5÷3,0 cm	1,5÷3,0 cm	-
MAc2	Flysh di Monte Antola stratificato con grado di fratturazione e alterazione medio o elevato.	1,5÷3,0 cm	1,5÷3,0 cm	-
MAc2v	Flysh di Monte Antola stratificato con grado di fratturazione e alterazione elevato (basse coperture) e/o zone di faglia (damage zone).	2,0÷4,0 cm	2,0÷4,0 cm	≤ 2,0 cm
MB0	Flysh di Monte Antola stratificato con grado di fratturazione e alterazione medio (in contesto di alta copertura, H>150m) o elevato (H<150 m). Zone di faglia in contesti di bassa copertura (Damage zone). Argilliti di Montoggio con grado di fratturazione e alterazione medio.	2,0÷4,0 cm	2,0÷4,0 cm	≤ 2,0 cm
MC1	Flysh di Monte Antola in zone di faglia a basse coperture (core zone) e medio/alta copertura (damage zone). Argilliti di Montoggio con grado di fratturazione e alterazione elevato o zone di faglia (damage zone).	3,0÷6,0 cm	3,0÷6,0 cm	≤ 3,0 cm
MC2	Flysh di Monte Antola in zone di faglia a media copertura (core zone, H<150m) e alta copertura (damage zone, H>150m). Argilliti di Montoggio con grado di fratturazione e alterazione elevato o zone di faglia (damage zone).	4,0÷8,0 cm	4,0÷8,0 cm	≤ 3,0 cm
MC3	Flysh di Monte Antola in zone di faglia a alta copertura (core zone, H>150m). Argilliti di Montoggio in zone di faglia (core zone).	6,0÷10,0 cm	6,0÷10,0 cm	≤ 5,0 cm

Tabella 5 – Previsione del comportamento deformativo – Galleria Scolmatrice – Scavo in meccanizzato

I valori indicati costituiscono i range di riferimento per la regolazione in corso d'opera degli interventi, come in dettaglio descritto nel capitolo successivo.

6 LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO E DELLE RELATIVE VARIABILITA'

6.1 Criteri generali

La previsione del comportamento deformativo del fronte e del cavo descritta nel capitolo precedente permetterà, nel corso degli avanzamenti, l'applicazione delle linee guida con riferimento a 5 casi:

- se i valori di estrusione e di convergenza misurati risultano coerenti con quanto previsto si procede con la sezione tipo prevista, con riferimento alla situazione media degli interventi previsti;
- se i valori di estrusione e di convergenza risultano minori di quelli attesi si procede nell'ambito delle variabilità previste per la sezione stessa (portandosi verso il minimo degli interventi previsti) sino a raggiungere i valori di riferimento;
- se i valori di estrusione e di convergenza risultano maggiori di quelli attesi si procede nell'ambito delle variabilità previste per la sezione stessa (portandosi verso il massimo degli interventi previsti) nell'intento di riportarsi ai valori di riferimento;
- se l'alleggerimento o l'appesantimento degli interventi non risulta sufficiente a normalizzare la situazione delle convergenze e delle estrusioni si procede all'applicazione di una sezione diversa, tra quelle già previste nel Progetto Esecutivo.
- se i successivi cambiamenti di sezione giungono ai limiti superiori previsti sarà necessaria una nuova valutazione delle condizioni geomeccaniche e di avanzamento.

In particolare, l'analisi dei dati geomeccanici risulta fondamentale per le sezioni interessanti ammassi rocciosi, dove le chiodature al contorno, la distanza tra centina e centina, l'impiego dei tubi al contorno molto dipendono dall'assetto geostrutturale dell'ammasso. L'analisi del comportamento deformativo appare invece fondamentale per la gestione degli avanzamenti nelle formazioni dove più importanti sono gli interventi di confinamento del fronte di scavo mediante tubi in vetroresina (numero e lunghezza di sovrapposizione).

Il cambiamento di sezione tipo o la variazione, per una medesima sezione tipo, degli interventi di consolidamento e confinamento, dovrà considerare la tendenza di comportamento della cavità. L'analisi dovrà essere condotta per due campi di avanzamento (8-10 m per campo) per condurre a variazioni nel terzo campo. L'approccio progettuale identifica questo processo come:

- campo 1: situazione di allerta/raccolta dati
- campo 2: verifica di quanto evidenziato nel campo 1
- campo 3: situazione di intervento.

La convergenza all'interno della cavità sarà valutata come media di cinque misurazioni. Tali misurazioni si riferiscono a cinque corde che collegano cinque punti situati in prossimità dell'asse equatoriale della sezione di scavo, in prossimità delle reni e in chiave di calotta. Questa scelta si basa su esperienze effettuate in contesti analoghi e nell'intento di rendere il più coerenti possibili i risultati ottenuti con i metodi di calcolo utilizzati e quelli ottenuti dalle misurazioni. Sugli stessi punti verranno effettuate anche le misure del cedimento verticale.

6.2 Sezioni tipo – Finestra di servizio

6.2.1 Sezione tipo Ab

6.2.1.1 Campo di applicazione

La sezione tipo Ab è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, per le situazioni geologiche e geomeccaniche più favorevoli.

In particolare verrà applicata laddove l'ammasso presenta le seguenti caratteristiche principali:

- assetto geostrutturale massivo e/o stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione bassa, fratture e/o giunti di strato persistenti, da chiusi a moderatamente aperti; struttura dell'ammasso complessivamente favorevole (reggipoggio) o neutra;
- assenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un modesto confinamento del cavo mediante la posa in opera di una bullonatura radiale sistematica e di uno strato di spritz-beton. In particolare il numero e la posizione della bullonatura potrà essere adeguata in corso d'opera in funzione dell'assetto geostrutturale, al fine di migliorarne l'efficacia.

6.2.1.2 Fasi Esecutive

Successivamente alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) si provvederà all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante esplosivo, con sfondi di profondità massima pari a 3,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=10,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm. Ad una distanza di 1,0 m dal fronte verrà quindi eseguita la perforazione e posa in opera dell'intervento di bullonatura al contorno, costituito da 12/13 barre ø24 ad aderenza migliorata, di lunghezza L≥4,50 m, disposti a maglia 1,50 x 1,50 m.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=10,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 20,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza dal fronte regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo (eventualmente sarà possibile realizzare prima le murette e successivamente l'arco rovescio). Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta. Anche il getto della calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo.

6.2.1.3 Interventi previsti

La sezione tipo Ab è costituita dai seguenti interventi:

- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni 3 sfondi (eventuali in presenza d'acqua);
- 12/13 bulloni radiali ø24 ad aderenza migliorata in acciaio B450 C, di lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,50 m (trasv.) x 1,50 m (long.);
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 20,0 cm (10,0 cm + 10,0 cm);

- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 3,0 m);
- Murette e arco rovescio in CLS di spessore 0,80 m, gettato ad una distanza dal fronte variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo;
- Rrivestimento definitivo in CLS di spessore 0,70 m, gettato ad una distanza dal fronte variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.2.1.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	3,50 m	2,50 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	15,0 cm (5,0 cm + 10,0 cm)	20,0 cm (10,0 cm + 10,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	5,0 cm	10,0 cm
Intervento di bullonatura radiale	10/11 bulloni radiali ø24, lunghezza L≥4,00 m, maglia 1,75 m x 1,75 m	15/16 bulloni radiali ø24, lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,25 m x 1,25 m

Tabella 6 – Finestra di servizio - Sezione tipo Ab - Variabilità

6.2.2 Sezione tipo Ac

6.2.2.1 Campo di applicazione

La sezione tipo Ac è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, per le situazioni geologiche e geomeccaniche abbastanza favorevoli.

In particolare verrà applicata laddove l'ammasso presenta le seguenti caratteristiche principali:

- assetto geostrutturale stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione medio, fratture e/o giunti di strato persistenti, da chiusi a moderatamente aperti; struttura dell'ammasso complessivamente favorevole (reggipoggio) o neutra;
- assenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un confinamento del cavo mediante la posa in opera di centine metalliche e di uno strato di spritz-beton.

6.2.2.2 Fasi Esecutive

Successivamente alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) si provvederà all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante esplosivo, con sfondi di profondità massima pari a 2,40 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=10,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm. Ad una distanza di 0,6 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 1 HEA 160 disposte a passo 1,20 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=15,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 25,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza dal fronte regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo (eventualmente sarà possibile realizzare prima le murette e successivamente l'arco rovescio). Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta. Anche il getto della calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo.

6.2.2.3 Interventi previsti

La sezione tipo Ac è costituita dai seguenti interventi:

- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni 4 sfondi (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 1 HEA 160, passo 1,20 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 25,0 cm (10,0 cm + 15,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 2,4 m);

- Murette e arco rovescio in CLS di spessore 0,80 m, gettato ad una distanza dal fronte variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo;
- Rivestimento definitivo in CLS di spessore 0,70 m, gettato ad una distanza dal fronte variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.2.2.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	2,80 m	2,00 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	20,0 cm (5,0 cm + 15,0 cm)	25,0 cm (10,0 cm + 15,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	5,0 cm	10,0 cm
Centine metalliche	1 HEA 160, passo 1,40 m	1 HEA 160, passo 1,00 m

Tabella 7 – Finestra di servizio - Sezione tipo Ac - Variabilità

6.2.3 Sezione tipo B0v

6.2.3.1 Campo di applicazione

La sezione tipo B0v è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola in corrispondenza delle zone di faglia e/o con intensa fratturazione e alterazione, laddove il grado di separazione strutturale dell'ammasso evidenzi la necessità di prevedere interventi di presostegno in calotta, al fine di mantenere il profilo di scavo. Sarà inoltre applicata nei tratti di transizione con le zone alterate e decompresse prossime alla zona di imbocco.

In particolare verrà applicata laddove l'ammasso presenta le seguenti caratteristiche principali:

- assetto geostrutturale stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione elevato con volumi unitari di ordine decimetrico, fratture persistenti con giunti moderatamente aperti; struttura dell'ammasso anche sfavorevole (franappoggio);
- presenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo B "a fronte stabile a breve termine", con fenomeni deformativi in campo elasto – plastico. I fenomeni deformativi al fronte sono legati al distacco di porzioni lapidee e rilasci o sgrottamenti al contorno dovuti all'elevato grado di separazione strutturale dell'ammasso; i valori di convergenza saranno apprezzabili. Gli interventi sono mirati al controllo del profilo di scavo in fase di avanzamento mediante tubi metallici; il confinamento del cavo avverrà mediante la tempestiva posa in opera di centine metalliche inglobate in uno strato di spritz-beton.

6.2.3.2 Fasi Esecutive

Verrà eseguito un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 36 tubi metallici Ø 114/10mm, attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 14,0 m e con sovrapposizione pari a 4,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 10,0 m. Successivamente si provvederà alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=10,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 180 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=20,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 30,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza massima di 3,0 Ø dal fronte. Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta ad una distanzamassima dal fronte di 6,0 Ø.

6.2.3.3 Interventi previsti

La sezione tipo B0v è costituita dai seguenti interventi:

- Presostegno al contorno con n°36 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=14,0 m sovrapposizione 4,0 m;

- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 2 IPN 180, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 30,0 cm (10,0 cm + 20,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio in C.A. di spessore 0,90 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 3,0 Ø;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,60÷1,30 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 6,0 Ø;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.2.3.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,20 m	0,80 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	25,0 cm (5,0 cm + 20,0 cm)	30,0 cm (10,0 cm + 20,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	5,0 cm	10,0 cm
Centine metalliche	2 IPN 180, passo 1,20 m	2 IPN 180, passo 0,80 m
Presostegno al contorno	30 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 4,0 m;	46 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 6,0 m;
Distanza murette e arco rovescio dal fronte	Non definita	≤ 2,0 Ø
Distanza rivestimento definitivo dal fronte	Non definita	≤ 5,0 Ø

Tabella 8 – Finestra di servizio - Sezione tipo B0v - Variabilità

6.2.4 Sezione tipo B2v

6.2.4.1 Campo di applicazione

La sezione tipo B2v è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola in corrispondenza delle zone di faglia e/o con intensa fratturazione e alterazione, laddove, rispetto alla sezione B0v descritta in precedenza, si rilevi anche la necessità di esercitare un'azione di preconsolidamento del fronte.

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo B "a fronte stabile a breve termine", con fenomeni deformativi in campo elasto – plastico. Sono necessari interventi sistematici di confinamento del fronte di scavo, mediante elementi strutturali in VTR, interventi di pre-sostegno in calotta, oltre al confinamento del cavo, operato mediante centine metalliche inglobate in uno strato di spritz-beton ed il getto ravvicinato dell'arco rovescio.

6.2.4.2 Fasi Esecutive

Verrà eseguito un intervento di consolidamento al fronte mediante la posa in opera di 40 tubi in VTR Ø 60/40 mm cementati di lunghezza pari a 18,0 m e con sovrapposizione pari a 8,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 10,0 m.

Successivamente si provvederà alla realizzazione di un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 36 tubi metallici Ø 114/10mm , attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 14,0 m e con sovrapposizione pari a 4,0 m. Si provvederà quindi alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=10,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 180 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=20,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 30,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza massima di 3,0 Ø dal fronte. Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta ad una distanzamassima dal fronte di 6,0 Ø.

6.2.4.3 Interventi previsti

La sezione tipo B2v è costituita dai seguenti interventi:

- Preconsolidamento al fronte con n°40 tubi in VTR Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm cementati, L=18,0 m sovrapposizione 8,0 m;
- Presostegno al contorno con n°36 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=14,0 m sovrapposizione 4,0 m;
- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);

- Centine metalliche 2 IPN 180, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 30,0 cm (10,0 cm + 20,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio in C.A. di spessore 0,90 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 3,0 Ø;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,60÷1,30 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 6,0 Ø;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.2.4.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,20 m	0,80 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	25,0 cm (5,0 cm + 20,0 cm)	30,0 cm (10,0 cm + 20,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	10,0 cm	10,0 cm
Centine metalliche	2 IPN 180, passo 1,20 m	2 IPN 180, passo 0,80 m
Presostegno al contorno	30 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 4,0 m;	46 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 6,0 m;
Preconsolidamento al fronte	30 VTR Ø60/40, L=18,0 m, sovrap. 6,0 m;	50 VTR Ø60/40, L=18,0 m, sovrap. 10,0 m;
Distanza murette e arco rovescio dal fronte	Non definita	≤ 2,0 Ø
Distanza rivestimento definitivo dal fronte	Non definita	≤ 4,0 Ø

Tabella 9 – Finestra di servizio - Sezione tipo B2v - Variabilità

6.2.5 Sezione tipo C2v

6.2.5.1 Campo di applicazione

La sezione tipo C2v è prevista per gli scavi nella tratta iniziale della galleria Finestra di servizio, in cui sono presenti importanti spessori di coltre eluvio-colluviale e/o strati di alterazione del Flysh di Monte Antola, che interessano una porzione significativa del fronte di scavo, soprattutto nella zona di calotta.

Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo C "a fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo plastico; ne deriva la necessità di impiegare interventi sistematici di consolidamento al contorno del cavo al fine di determinare artificialmente l' "effetto arco" a seguito dell'apertura dello scavo nonché importanti azioni di pre-confinamento del fronte di scavo finalizzati a contenere i fenomeni deformativi del nucleo in profondità.

6.2.5.2 Fasi Esecutive

Si prevede, in prima fase, l'esecuzione di un tampone di impermeabilizzazione al contorno, da realizzarsi mediante 53 tubi in PVC Ø 60/40 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati di lunghezza L=18,0 m, posti in opera con sovrapposizione pari a 8,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 10,0 m.

Verrà quindi eseguito un intervento di consolidamento al fronte mediante la posa in opera di 64 tubi in VTR Ø 60/40 mm cementati di lunghezza pari a 18,0 m e con sovrapposizione pari a 8,0 m e successivamente un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 36 tubi metallici Ø 114/10mm , attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 14,0 m e con sovrapposizione pari a 4,0 m.

Si provvederà poi alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=5,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 220 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=25,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 30,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza massima di 3,0 Ø dal fronte. Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta ad una distanzamassima dal fronte di 6,0 Ø.

6.2.5.3 Interventi previsti

La sezione tipo C2v è costituita dai seguenti interventi:

- Tampone di impermeabilizzazione al contorno con n°53 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati, L=18,0 m sovrapposizione 8,0 m;
- Preconsolidamento al fronte con n°64 tubi in VTR Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm cementati, L=18,0 m sovrapposizione 8,0 m;

- Presostegno al contorno con n°36 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=14,0 m sovrapposizione 4,0 m;
- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 2 IPN 220, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 30,0 cm (5,0 cm + 25,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio in C.A. di spessore 0,90 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 3,0 Ø;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,60÷1,30 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 6,0 Ø;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.2.5.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,00 m	0,80 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	30,0 cm (5,0 cm + 25,0 cm)	30,0 cm (5,0 cm + 25,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	10,0 cm	10,0 cm
Centine metalliche	2 IPN 220, passo 1,00 m	2 IPN 220, passo 0,80 m
Presostegno al contorno	30 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 4,0 m;	46 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 6,0 m;
Preconsolidamento al fronte	50 VTR Ø60/40, L=18,0 m, sovrap. 6,0 m;	80 VTR Ø60/40, L=18,0 m, sovrap. 10,0 m;
Tampone di impermeabilizzazione al contorno	40 tubi in PVC Ø60/40, L=18,0 m, sovrap. 8,0 m	65 tubi in PVC Ø60/40, L=18,0 m, sovrap. 10,0 m
Distanza murette e arco rovescio dal fronte	≤ 3,0 Ø	≤ 1,0 Ø
Distanza rivestimento definitivo dal fronte	≤ 6,0 Ø	≤ 3,0 Ø

Tabella 10 – Finestra di servizio - Sezione tipo C2v - Variabilità

6.3 Sezioni tipo galleria Scolmatrice – Tratta a monte

6.3.1 Sezione tipo Ab

6.3.1.1 Campo di applicazione

La sezione tipo Ab è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, per le situazioni geologiche e geomeccaniche più favorevoli.

In particolare verrà applicata laddove l'ammasso presenta le seguenti caratteristiche principali:

- assetto geostrutturale massivo e/o stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione bassa, fratture e/o giunti di strato persistenti, da chiusi a moderatamente aperti; struttura dell'ammasso complessivamente favorevole (reggipoggio) o neutra;
- assenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un modesto confinamento del cavo mediante la posa in opera di una bullonatura radiale sistematica e di uno strato di spritz-beton. In particolare il numero e la posizione della bullonatura potrà essere adeguata in corso d'opera in funzione dell'assetto geostrutturale, al fine di migliorarne l'efficacia.

6.3.1.2 Fasi Esecutive

Successivamente alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) si provvederà all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante esplosivo, con sfondi di profondità massima pari a 3,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=10,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm. Ad una distanza di 1,0 m dal fronte verrà quindi eseguita la perforazione e posa in opera dell'intervento di bullonatura al contorno, costituito da 12/13 barre ø24 ad aderenza migliorata, di lunghezza L≥4,50 m, disposti a maglia 1,50 x 1,50 m.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=10,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 20,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza dal fronte regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo (eventualmente sarà possibile realizzare prima le murette e successivamente l'arco rovescio). Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta. Anche il getto della calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo.

6.3.1.3 Interventi previsti

La sezione tipo Ab è costituita dai seguenti interventi:

- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni 3 sfondi (eventuali in presenza d'acqua);
- 12/13 bulloni radiali ø24 ad aderenza migliorata in acciaio B450 C, di lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,50 m (trasv.) x 1,50 m (long.);
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 20,0 cm (10,0 cm + 10,0 cm);

- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 3,0 m);
- Murette e arco rovescio in CLS di spessore 0,80 m, gettato ad una distanza dal fronte variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo;
- Rrivestimento definitivo in CLS di spessore 0,70 m, gettato ad una distanza dal fronte variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.3.1.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	3,50 m	2,50 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	15,0 cm (5,0 cm + 10,0 cm)	20,0 cm (10,0 cm + 10,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	5,0 cm	10,0 cm
Intervento di bullonatura radiale	10/11 bulloni radiali ø24, lunghezza L≥4,00 m, maglia 1,75 m x 1,75 m	15/16 bulloni radiali ø24, lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,25 m x 1,25 m

Tabella 11 – Galleria Scolmatrice – Tratta a monte - Sezione tipo Ab - Variabilità

6.3.2 Sezione tipo Ac

6.3.2.1 Campo di applicazione

La sezione tipo Ac è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, per le situazioni geologiche e geomeccaniche abbastanza favorevoli.

In particolare verrà applicata laddove l'ammasso presenta le seguenti caratteristiche principali:

- assetto geostrutturale stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione medio, fratture e/o giunti di strato persistenti, da chiusi a moderatamente aperti; struttura dell'ammasso complessivamente favorevole (reggipoggio) o neutra;
- assenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un confinamento del cavo mediante la posa in opera di centine metalliche e di uno strato di spritz-beton.

6.3.2.2 Fasi Esecutive

Successivamente alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) si provvederà all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante esplosivo, con sfondi di profondità massima pari a 2,40 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=10,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm. Ad una distanza di 0,6 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 1 HEA 160 disposte a passo 1,20 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=15,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 25,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza dal fronte regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo (eventualmente sarà possibile realizzare prima le murette e successivamente l'arco rovescio). Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta. Anche il getto della calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo.

6.3.2.3 Interventi previsti

La sezione tipo Ac è costituita dai seguenti interventi:

- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni 4 sfondi (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 1 HEA 160, passo 1,20 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 25,0 cm (10,0 cm + 15,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 2,4 m);

- Murette e arco rovescio in CLS di spessore 0,80 m, gettato ad una distanza dal fronte variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo;
- Rrivestimento definitivo in CLS di spessore 0,70 m, gettato ad una distanza dal fronte variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.3.2.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	2,80 m	2,00 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	20,0 cm (5,0 cm + 15,0 cm)	25,0 cm (10,0 cm + 15,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	5,0 cm	10,0 cm
Centine metalliche	1 HEA 160, passo 1,40 m	1 HEA 160, passo 1,00 m

Tabella 12 – Galleria Scolmatrice – Tratta a monte - Sezione tipo Ac - Variabilità

6.3.3 Sezione tipo B0v

6.3.3.1 Campo di applicazione

La sezione tipo B0v è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola in corrispondenza di zone con intensa fratturazione e alterazione (in particolare nelle tratte più prossime allo sbocco della galleria a monte) laddove il grado di separazione strutturale dell'ammasso evidenzi la necessità di prevedere interventi di presostegno in calotta, al fine di mantenere il profilo di scavo.

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo B "a fronte stabile a breve termine", con fenomeni deformativi in campo elasto – plastico. I fenomeni deformativi al fronte sono legati al distacco di porzioni lapidee e rilasci o sgrottamenti al contorno dovuti all'elevato grado di separazione strutturale dell'ammasso; i valori di convergenza saranno apprezzabili. Gli interventi sono mirati al controllo del profilo di scavo in fase di avanzamento mediante tubi metallici; il confinamento del cavo avverrà mediante la tempestiva posa in opera di centine metalliche inglobate in uno strato di spritz-beton.

6.3.3.2 Fasi Esecutive

Verrà eseguito un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 36 tubi metallici Ø 114/10mm, attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 14,0 m e con sovrapposizione pari a 4,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 10,0 m. Successivamente si provvederà alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=10,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 180 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=20,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 30,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza massima di 3,0 Ø dal fronte. Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta ad una distanzamassima dal fronte di 6,0 Ø.

6.3.3.3 Interventi previsti

La sezione tipo B0v è costituita dai seguenti interventi:

- Presostegno al contorno con n°36 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=14,0 m sovrapposizione 4,0 m;
- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 2 IPN 180, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 30,0 cm (10,0 cm + 20,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;

- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio in C.A. di spessore 0,90 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 3,0 Ø;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,60÷1,30 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 6,0 Ø;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.3.3.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,20 m	0,80 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	25,0 cm (5,0 cm + 20,0 cm)	30,0 cm (10,0 cm + 20,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	5,0 cm	10,0 cm
Centine metalliche	2 IPN 180, passo 1,20 m	2 IPN 180, passo 0,80 m
Presostegno al contorno	30 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 4,0 m;	46 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 6,0 m;
Distanza murette e arco rovescio dal fronte	Non definita	≤ 2,0 Ø
Distanza rivestimento definitivo dal fronte	Non definita	≤ 5,0 Ø

Tabella 13 – Galleria Scolmatrice – Tratta a monte - Sezione tipo B0v - Variabilità

6.3.4 Sezione tipo B2v

6.3.4.1 Campo di applicazione

La sezione tipo B2v si prevede venga realizzata per un singolo campo (10,0 m) nella tratta di approccio al sotto-attraversamento di via Adamoli, in cui l'ammasso roccioso può essere ricondotto alla formazione del Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e alterazione e probabile presenza di coltre e/o deposito alluvionale.

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo B/C "a fronte stabile a breve termine" o "fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo elasto – plastico. Sono necessari interventi sistematici di confinamento del fronte di scavo, mediante elementi strutturali in VTR, interventi di pre-sostegno in calotta, oltre al confinamento del cavo, operato mediante centine metalliche inglobate in uno strato di spritz-beton ed il getto ravvicinato dell'arco rovescio.

6.3.4.2 Fasi Esecutive

Verrà eseguito un intervento di consolidamento al fronte mediante la posa in opera di 40 tubi in VTR Ø 60/40 mm cementati di lunghezza pari a 18,0 m e con sovrapposizione pari a 8,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 10,0 m.

Successivamente si provvederà alla realizzazione di un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 36 tubi metallici Ø 114/10mm , attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 14,0 m e con sovrapposizione pari a 4,0 m. Si provvederà quindi alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=10,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 180 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=20,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 30,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza massima di 3,0 Ø dal fronte. Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta ad una distanzamassima dal fronte di 6,0 Ø.

6.3.4.3 Interventi previsti

La sezione tipo B2v è costituita dai seguenti interventi:

- Preconsolidamento al fronte con n°40 tubi in VTR Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm cementati, L=18,0 m sovrapposizione 8,0 m;
- Presostegno al contorno con n°36 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=14,0 m sovrapposizione 4,0 m;
- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);

- Centine metalliche 2 IPN 180, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 30,0 cm (10,0 cm + 20,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio in C.A. di spessore 0,90 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 3,0 Ø;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,60÷1,30 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 6,0 Ø;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.3.4.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,00 m	1,00 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	25,0 cm (5,0 cm + 20,0 cm)	30,0 cm (10,0 cm + 20,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	10,0 cm	10,0 cm
Centine metalliche	2 IPN 180, passo 1,00 m	2 IPN 180, passo 1,00 m
Presostegno al contorno	30 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 4,0 m;	46 tubi metallici Ø114/10 L=16,0 m, sovrap. 6,0 m;
Preconsolidamento al fronte	30 VTR Ø60/40, L=18,0 m, sovrap. 8,0 m;	50 VTR Ø60/40, L=18,0 m, sovrap. 8,0 m;
Distanza murette e arco rovescio dal fronte	Non definita	≤ 2,0 Ø
Distanza rivestimento definitivo dal fronte	Non definita	≤ 4,0 Ø

Tabella 14 – Galleria Scolmatrice – Tratta a monte - Sezione tipo B2v - Variabilità

6.3.5 Sezione tipo C1v-1

6.3.5.1 Campo di applicazione

La sezione tipo C1v-1 si prevede venga realizzata per un singolo campo (8,0 m) nella tratta di sotto-attraversamento di via Adamoli, in cui l'ammasso roccioso può essere ricondotto alla formazione del Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e alterazione, con presenza di coltre eluvio-colluviale, depositi alluvionale e/o riporti antropici.

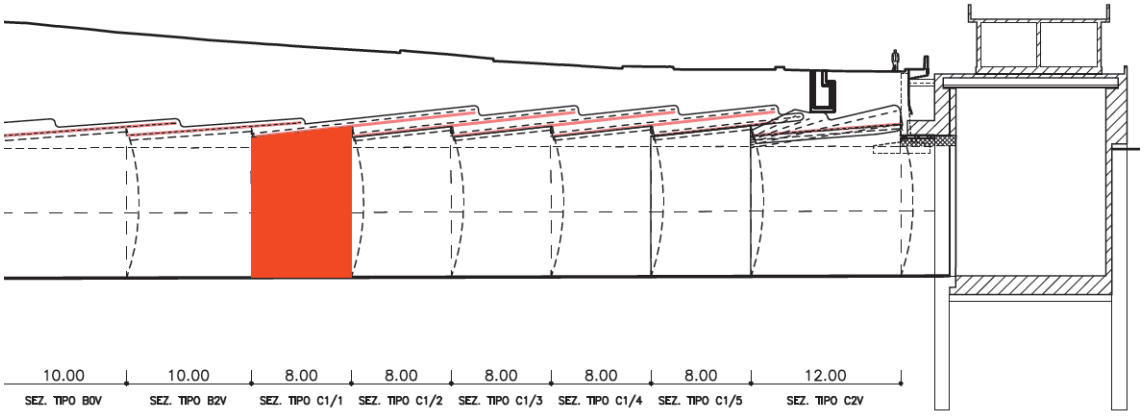


Figura 19 – Galleria Scolmatrice – tratta di monte – Campo di applicazione sezione tipo C1v-1

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo C "a fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo plastico; ne deriva la necessità di impiegare interventi sistematici di consolidamento al contorno del cavo al fine di determinare artificialmente l' "effetto arco" a seguito dell'apertura dello scavo nonché importanti azioni di pre-confinamento del fronte di scavo finalizzati a contenere i fenomeni deformativi del nucleo in profondità.

6.3.5.2 Fasi Esecutive

Si prevede, in prima fase, l'esecuzione di un intervento di consolidamento al contorno mediante realizzazione di 32 colonne in jet-grouting Ø600 mm, di lunghezza L=18,0 m, posti in opera con sovrapposizione pari a 10,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 8,0 m.

Si provvederà quindi alla realizzazione di un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 31 tubi metallici Ø 114/7mm , attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 18,0 m (sovrapposizione 10,0 m) e all'esecuzione di un tampone di impermeabilizzazione al fronte, da realizzarsi mediante 39 tubi in PVC Ø 60/40 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati di lunghezza L=12,0 m, posti in opera con sovrapposizione pari a 4,0 m.

Si provvederà poi alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=5,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 200 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=20,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 25,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza massima di 3,0 Ø dal fronte. Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta ad una distanza massima dal fronte di 6,0 Ø.

6.3.5.3 Interventi previsti

La sezione tipo C1v-1 è costituita dai seguenti interventi:

- Preconsolidamento al contorno con n°32 colonne in jet-grouting Ø600,0 mm, L=18,0 m sovrapposizione 10,0 m;
- Tampone di impermeabilizzazione al fronte con n°39 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati, L=12,0 m sovrapposizione 4,0 m;
- Presostegno al contorno con n°31 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=7,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=18,0 m sovrapposizione 10,0 m;
- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 2 IPN 200, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 25,0 cm (5,0 cm + 20,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio in C.A. di spessore 0,90 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 3,0 Ø;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,50÷1,40 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 6,0 Ø;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.3.5.4 Variabilità

Dal momento che la sezione è stata specificatamente definita per il contesto di scavo in oggetto e verrà applicata per un solo campo di avanzamento, di lunghezza pari a 8,0 m, non si prevede una variabilità degli interventi secondo la logica di applicazione delle Linee Guida descritta in precedenza (cfr. par. 6.1).

Numero e posizione degli interventi potranno in ogni caso essere modificati in corso d'opera in funzione dell'effettiva posizione del contatto del Flysh con il materiale più alterato (coltre, deposito alluvionale, riporto antropico) riscontrata in situ nel corso delle lavorazioni di scavo.

6.3.6 Sezione tipo C1v-2

6.3.6.1 Campo di applicazione

La sezione tipo C1v-2 si prevede venga realizzata per un singolo campo (8,0 m) nella tratta di sotto-attraversamento di via Adamoli, in cui l'ammasso roccioso può essere ricondotto alla formazione del Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e alterazione, con presenza di coltre eluvio-colluviale, depositi alluvionale e/o riporti antropici.

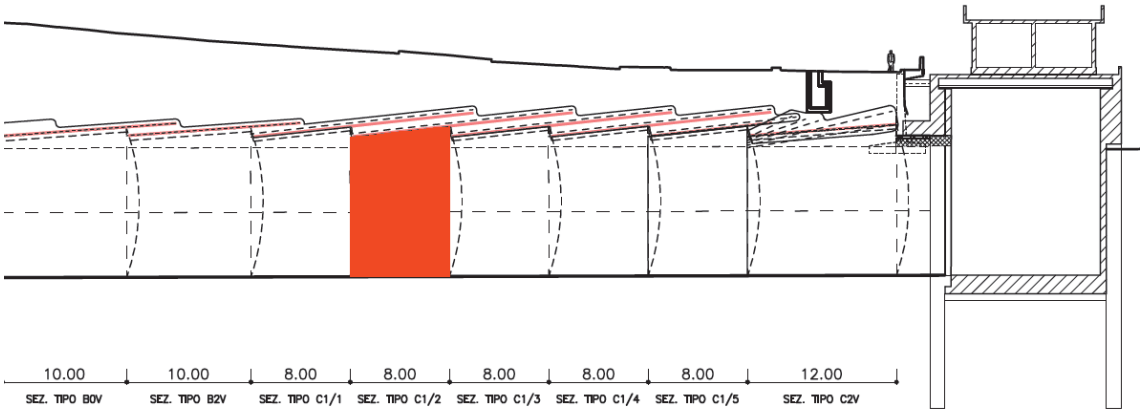


Figura 20 – Galleria Scolmatrice – tratta di monte – Campo di applicazione sezione tipo C1v-2

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo C "a fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo plastico; ne deriva la necessità di impiegare interventi sistematici di consolidamento al contorno del cavo al fine di determinare artificialmente l' "effetto arco" a seguito dell'apertura dello scavo nonché importanti azioni di pre-confinamento del fronte di scavo finalizzati a contenere i fenomeni deformativi del nucleo in profondità.

6.3.6.2 Fasi Esecutive

Si prevede, in prima fase, l'esecuzione di un intervento di consolidamento al contorno mediante realizzazione di 44 colonne in jet-grouting Ø600 mm, di lunghezza L=18,0 m, posti in opera con sovrapposizione pari a 10,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 8,0 m.

Si provvederà quindi alla realizzazione di un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 33 tubi metallici Ø 114/7mm , attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 18,0 m (sovrapposizione 10,0 m) e all'esecuzione di un tampone di impermeabilizzazione al fronte, da realizzarsi mediante 62 tubi in PVC Ø 60/40 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati di lunghezza L=12,0 m, posti in opera con sovrapposizione pari a 4,0 m.

Si provvederà poi alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=5,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 200 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=20,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 25,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza massima di 3,0 Ø dal fronte. Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta ad una distanza massima dal fronte di 6,0 Ø.

6.3.6.3 Interventi previsti

La sezione tipo C1v-2 è costituita dai seguenti interventi:

- Preconsolidamento al contorno con n°44 colonne in jet-grouting Ø600,0 mm, L=18,0 m sovrapposizione 10,0 m;
- Tampone di impermeabilizzazione al fronte con n°62 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati, L=12,0 m sovrapposizione 4,0 m;
- Presostegno al contorno con n°33 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=7,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=18,0 m sovrapposizione 10,0 m;
- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 2 IPN 200, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 25,0 cm (5,0 cm + 20,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio in C.A. di spessore 0,90 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 3,0 Ø;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,50÷1,35 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 6,0 Ø;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.3.6.4 Variabilità

Dal momento che la sezione è stata specificatamente definita per il contesto di scavo in oggetto e verrà applicata per un solo campo di avanzamento, di lunghezza pari a 8,0 m, non si prevede una variabilità degli interventi secondo la logica di applicazione delle Linee Guida descritta in precedenza (cfr. par. 6.1).

Numero e posizione degli interventi potranno in ogni caso essere modificati in corso d'opera in funzione dell'effettiva posizione del contatto del Flysh con il materiale più alterato (coltre, deposito alluvionale, riporto antropico) riscontrata in situ nel corso delle lavorazioni di scavo.

6.3.7 Sezione tipo C1v-3

6.3.7.1 Campo di applicazione

La sezione tipo C1v-3 si prevede venga realizzata per un singolo campo (8,0 m) nella tratta di sotto-attraversamento di via Adamoli, in cui l'ammasso roccioso può essere ricondotto alla formazione del Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e alterazione, con presenza di coltre eluvio-colluviale, depositi alluvionale e/o riporti antropici.

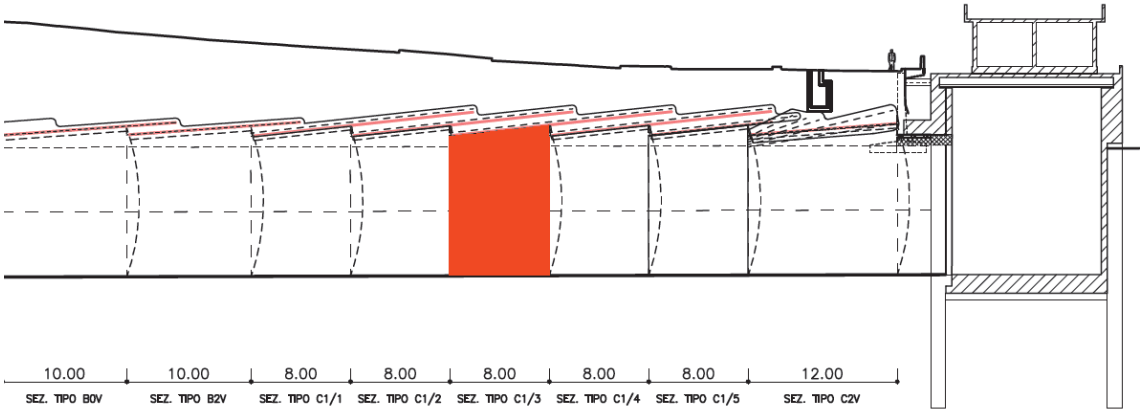


Figura 21 – Galleria Scolmatrice – tratta di monte – Campo di applicazione sezione tipo C1v-3

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo C "a fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo plastico; ne deriva la necessità di impiegare interventi sistematici di consolidamento al contorno del cavo al fine di determinare artificialmente l' "effetto arco" a seguito dell'apertura dello scavo nonché importanti azioni di pre-confinamento del fronte di scavo finalizzati a contenere i fenomeni deformativi del nucleo in profondità.

6.3.7.2 Fasi Esecutive

Si prevede, in prima fase, l'esecuzione di un intervento di consolidamento al contorno mediante realizzazione di 54 colonne in jet-grouting Ø600 mm, di lunghezza L=18,0 m, posti in opera con sovrapposizione pari a 10,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 8,0 m.

Si provvederà quindi alla realizzazione di un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 33 tubi metallici Ø 114/7mm , attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 18,0 m (sovrapposizione 10,0 m) e all'esecuzione di un tampone di impermeabilizzazione al fronte, da realizzarsi mediante 82 tubi in PVC Ø 60/40 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati di lunghezza L=12,0 m, posti in opera con sovrapposizione pari a 4,0 m.

Si provvederà poi alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=5,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 200 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=20,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 25,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza massima di 3,0 Ø dal fronte. Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta ad una distanza massima dal fronte di 6,0 Ø.

6.3.7.3 Interventi previsti

La sezione tipo C1v-3 è costituita dai seguenti interventi:

- Preconsolidamento al contorno con n°54 colonne in jet-grouting Ø600,0 mm, L=18,0 m sovrapposizione 10,0 m;
- Tampone di impermeabilizzazione al fronte con n°82 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati, L=12,0 m sovrapposizione 4,0 m;
- Presostegno al contorno con n°33 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=7,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=18,0 m sovrapposizione 10,0 m;
- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 2 IPN 200, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 25,0 cm (5,0 cm + 20,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio in C.A. di spessore 0,90 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 3,0 Ø;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,50÷1,35 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 6,0 Ø;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.3.7.4 Variabilità

Dal momento che la sezione è stata specificatamente definita per il contesto di scavo in oggetto e verrà applicata per un solo campo di avanzamento, di lunghezza pari a 8,0 m, non si prevede una variabilità degli interventi secondo la logica di applicazione delle Linee Guida descritta in precedenza (cfr. par. 6.1).

Numero e posizione degli interventi potranno in ogni caso essere modificati in corso d'opera in funzione dell'effettiva posizione del contatto del Flysh con il materiale più alterato (coltre, deposito alluvionale, riporto antropico) riscontrata in situ nel corso delle lavorazioni di scavo.

6.3.8 Sezione tipo C1v-4

6.3.8.1 Campo di applicazione

La sezione tipo C1v-4 si prevede venga realizzata per un singolo campo (8,0 m) nella tratta di sotto-attraversamento di via Adamoli, in cui l'ammasso roccioso può essere ricondotto alla formazione del Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e alterazione, con presenza di coltre eluvio-colluviale, depositi alluvionale e/o riporti antropici.

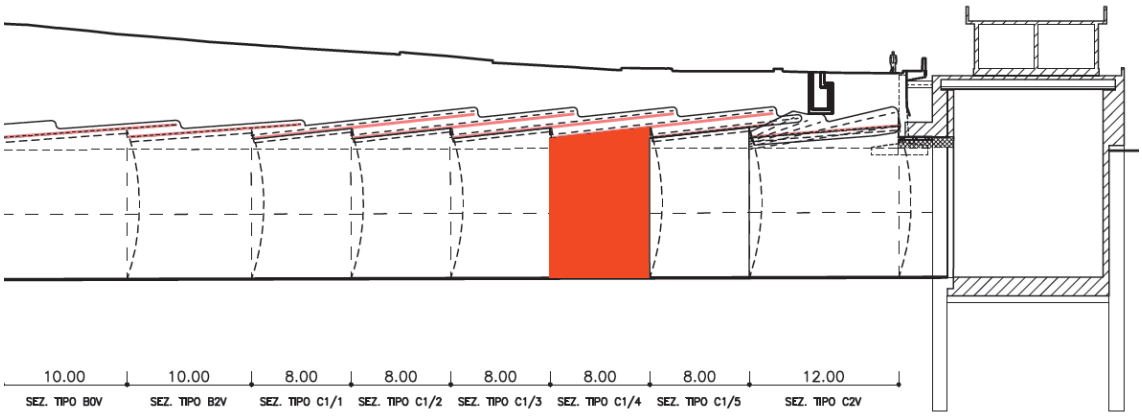


Figura 22 – Galleria Scolmatrice – tratta di monte – Campo di applicazione sezione tipo C1v-4

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo C "a fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo plastico; ne deriva la necessità di impiegare interventi sistematici di consolidamento al contorno del cavo al fine di determinare artificialmente l' "effetto arco" a seguito dell'apertura dello scavo nonché importanti azioni di pre-confinamento del fronte di scavo finalizzati a contenere i fenomeni deformativi del nucleo in profondità.

6.3.8.2 Fasi Esecutive

Si prevede, in prima fase, l'esecuzione di un intervento di consolidamento al contorno mediante realizzazione di 60 colonne in jet-grouting Ø600 mm, di lunghezza L=18,0 m, posti in opera con sovrapposizione pari a 10,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 8,0 m.

Si provvederà quindi alla realizzazione di un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 33 tubi metallici Ø 114/7mm , attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 18,0 m (sovrapposizione 10,0 m) e all'esecuzione di un tampone di impermeabilizzazione al fronte, da realizzarsi mediante 91 tubi in PVC Ø 60/40 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati di lunghezza L=12,0 m, posti in opera con sovrapposizione pari a 4,0 m.

Si provvederà poi alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=5,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 200 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=20,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 25,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza massima di 3,0 Ø dal fronte. Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta ad una distanza massima dal fronte di 6,0 Ø.

6.3.8.3 Interventi previsti

La sezione tipo C1v-4 è costituita dai seguenti interventi:

- Preconsolidamento al contorno con n°60 colonne in jet-grouting Ø600,0 mm, L=18,0 m sovrapposizione 10,0 m;
- Tampone di impermeabilizzazione al fronte con n°91 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati, L=12,0 m sovrapposizione 4,0 m;
- Presostegno al contorno con n°33 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=7,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=18,0 m sovrapposizione 10,0 m;
- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 2 IPN 200, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 25,0 cm (5,0 cm + 20,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio in C.A. di spessore 0,90 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 3,0 Ø;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,50÷1,35 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 6,0 Ø;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.3.8.4 Variabilità

Dal momento che la sezione è stata specificatamente definita per il contesto di scavo in oggetto e verrà applicata per un solo campo di avanzamento, di lunghezza pari a 8,0 m, non si prevede una variabilità degli interventi secondo la logica di applicazione delle Linee Guida descritta in precedenza (cfr. par. 6.1).

Numero e posizione degli interventi potranno in ogni caso essere modificati in corso d'opera in funzione dell'effettiva posizione del contatto del Flysh con il materiale più alterato (coltre, deposito alluvionale, riporto antropico) riscontrata in situ nel corso delle lavorazioni di scavo.

6.3.9 Sezione tipo C1v-5

6.3.9.1 Campo di applicazione

La sezione tipo C1v-5 si prevede venga realizzata per un singolo campo (8,0 m) nella tratta di sotto-attraversamento di via Adamoli, in cui l'ammasso roccioso può essere ricondotto alla formazione del Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e alterazione, con presenza di coltre eluvio-colluviale, depositi alluvionale e/o riporti antropici.

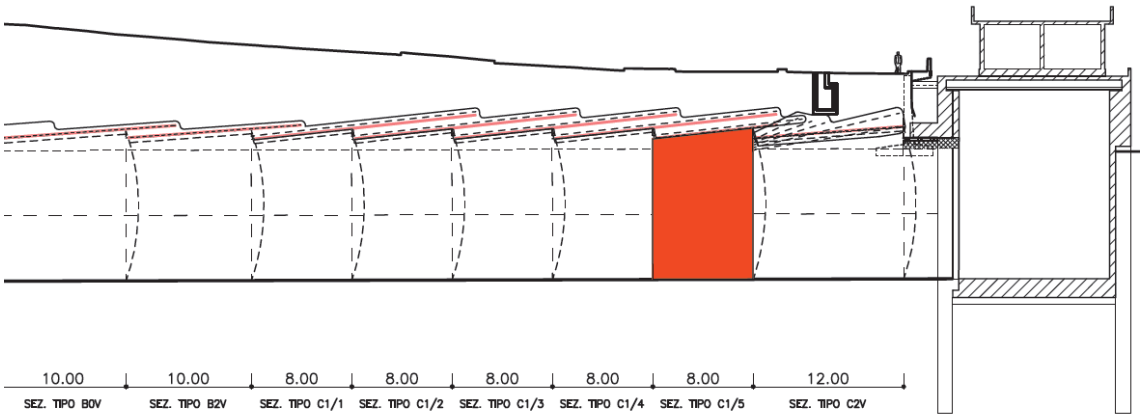


Figura 23 – Galleria Scolmatrice – tratta di monte – Campo di applicazione sezione tipo C1v-5

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo C "a fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo plastico; ne deriva la necessità di impiegare interventi sistematici di consolidamento al contorno del cavo al fine di determinare artificialmente l' "effetto arco" a seguito dell'apertura dello scavo nonché importanti azioni di pre-confinamento del fronte di scavo finalizzati a contenere i fenomeni deformativi del nucleo in profondità.

6.3.9.2 Fasi Esecutive

Si prevede, in prima fase, l'esecuzione di un intervento di consolidamento al contorno mediante realizzazione di 68 colonne in jet-grouting Ø600 mm, di lunghezza L=18,0 m, posti in opera con sovrapposizione pari a 10,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 8,0 m.

Si provvederà quindi alla realizzazione di un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 33 tubi metallici Ø 114/7mm , attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 18,0 m (sovrapposizione 10,0 m) e all'esecuzione di un tampone di impermeabilizzazione al fronte, da realizzarsi mediante 100 tubi in PVC Ø 60/40 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati di lunghezza L=12,0 m, posti in opera con sovrapposizione pari a 4,0 m.

Si provvederà poi alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=5,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 200 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=20,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 25,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza massima di 3,0 Ø dal fronte. Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta ad una distanza massima dal fronte di 6,0 Ø.

6.3.9.3 Interventi previsti

La sezione tipo C1v-5 è costituita dai seguenti interventi:

- Preconsolidamento al contorno con n°68 colonne in jet-grouting Ø600,0 mm, L=18,0 m sovrapposizione 10,0 m;
- Tampone di impermeabilizzazione al fronte con n°100 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati, L=12,0 m sovrapposizione 4,0 m;
- Presostegno al contorno con n°33 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=7,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=18,0 m sovrapposizione 10,0 m;
- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 2 IPN 200, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 25,0 cm (5,0 cm + 20,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio in C.A. di spessore 0,90 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 3,0 Ø;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,50÷1,35 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 6,0 Ø;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.3.9.4 Variabilità

Dal momento che la sezione è stata specificatamente definita per il contesto di scavo in oggetto e verrà applicata per un solo campo di avanzamento, di lunghezza pari a 8,0 m, non si prevede una variabilità degli interventi secondo la logica di applicazione delle Linee Guida descritta in precedenza (cfr. par. 6.1).

Numero e posizione degli interventi potranno in ogni caso essere modificati in corso d'opera in funzione dell'effettiva posizione del contatto del Flysh con il materiale più alterato (coltre, deposito alluvionale, riporto antropico) riscontrata in situ nel corso delle lavorazioni di scavo.

6.3.10 Sezione tipo C2v

6.3.10.1 Campo di applicazione

La sezione tipo C2v si prevede venga realizzata per un singolo campo (8,0 m) nella tratta di sotto-attraversamento di via Adamoli, in cui l'ammasso roccioso può essere ricondotto alla formazione del Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e alterazione, con presenza di coltre eluvio-colluviale, depositi alluvionale e/o riporti antropici.

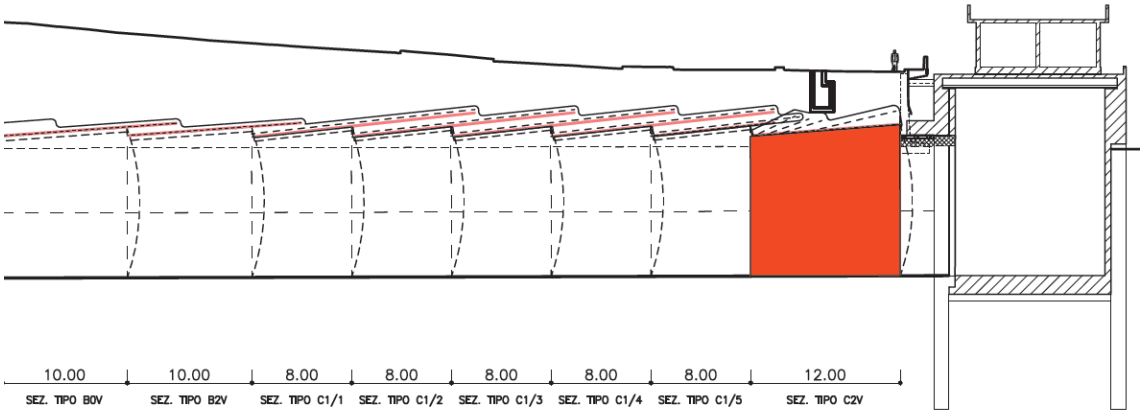


Figura 24 – Galleria Scolmatrice – tratta di monte – Campo di applicazione sezione tipo C2v

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo C "a fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo plastico; ne deriva la necessità di impiegare interventi sistematici di consolidamento al contorno del cavo al fine di determinare artificialmente l' "effetto arco" a seguito dell'apertura dello scavo nonché importanti azioni di pre-confinamento del fronte di scavo finalizzati a contenere i fenomeni deformativi del nucleo in profondità.

6.3.10.2 Fasi Esecutive

Si prevede, in prima fase, l'esecuzione di un intervento di consolidamento al contorno, che sarà realizzato in modo differente in calotta ed in corrispondenza dei piedritti. In dettaglio in calotta si provvederà alla posa in opera di 103 tubi in PVC Ø 60/40 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati di lunghezza variabile (L=4,0m, 5,0m, 6,0m e12,0 m), in corrispondenza dei piedritti invece si prevedrà la realizzazione di 44 colonne in jet-grouting Ø600 mm, di lunghezza L=12,0 m, posti in opera con sovrapposizione pari a 4,0 m.

Si provvederà quindi alla realizzazione di un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 31 tubi metallici Ø 127/10mm , attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 12,0 m e all'esecuzione di un tampone di impermeabilizzazione al fronte, da realizzarsi mediante 100 tubi in PVC Ø 60/40 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati di lunghezza L=12,0 m, posti in opera con sovrapposizione pari a 4,0 m.

Un tampone di impermeabilizzazione verrà realizzato anche nella zona sottostante l'arco rovescio, mediante posa in opera di 27 tubi in PVC Ø 60/40 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati di lunghezza L=12,0 m e si prevedrà inoltre un intervento di consolidamento al di sotto del piede delle centine mediante 5+5 colonne in jet-grouting Ø600 mm, di lunghezza L=12,0 m.

Si provvederà poi alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=5,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 200 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=20,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 25,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio verrà eseguito ad una distanza massima di 3,0 Ø dal fronte. Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta ad una distanza massima dal fronte di 6,0 Ø.

6.3.10.3 Interventi previsti

La sezione tipo C2v è costituita dai seguenti interventi:

- Preconsolidamento al contorno (calotta) con n°103 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati, lunghezza variabile (L=4,0m, 5,0m, 6,0m e12,0 m);
- Preconsolidamento al contorno (piedritti) con n°44 colonne in jet-grouting Ø600,0 mm, L=12,0 m sovrapposizione 4,0 m;
- Presostegno al contorno con n°31 tubi metallici Ø127,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=12,0 m;
- Tampone di impermeabilizzazione al fronte con n°100 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati, L=12,0 m sovrapposizione 4,0 m;
- Tampone di impermeabilizzazione al di sotto dell'arco rovescio con n°27 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati;
- Preconsolidamento sotto al piede centina con n°5+5 colonne in jet-grouting Ø600,0 mm, L=12,0 m;
- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 2 IPN 200, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 25,0 cm (5,0 cm + 20,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio in C.A. di spessore 0,90 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 3,0 Ø;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,50÷1,35 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 6,0 Ø;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.3.10.4 Variabilità

Dal momento che la sezione è stata specificatamente definita per il contesto di scavo in oggetto e verrà applicata per un solo campo di avanzamento, di lunghezza pari a 8,0 m, non si prevede una variabilità degli interventi secondo la logica di applicazione delle Linee Guida descritta in precedenza (cfr. par. 6.1).

Numero e posizione degli interventi potranno in ogni caso essere modificati in corso d'opera in funzione dell'effettiva posizione del contatto del Flysh con il materiale più alterato (coltre, deposito alluvionale, riporto antropico) riscontrata in situ nel corso delle lavorazioni di scavo.

6.4 Sezioni tipo galleria Scolmatrice – C.so italia

6.4.1 Sezione tipo B0v

6.4.1.1 Campo di applicazione

La sezione tipo B0v si prevede venga realizzata per due campi nella porzione finale dello scavo in tradizionale effettuato lato mare (sviluppo totale circa 50m), ed interessa il tratto successivo al sottopassaggio di Corso Italia, in cui l'ammasso roccioso può essere ricondotto alla formazione del Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e alterazione, in cui il grado di separazione strutturale dell'ammasso evidenzia la necessità di prevedere interventi di presostegno in calotta, al fine di mantenere il profilo di scavo.

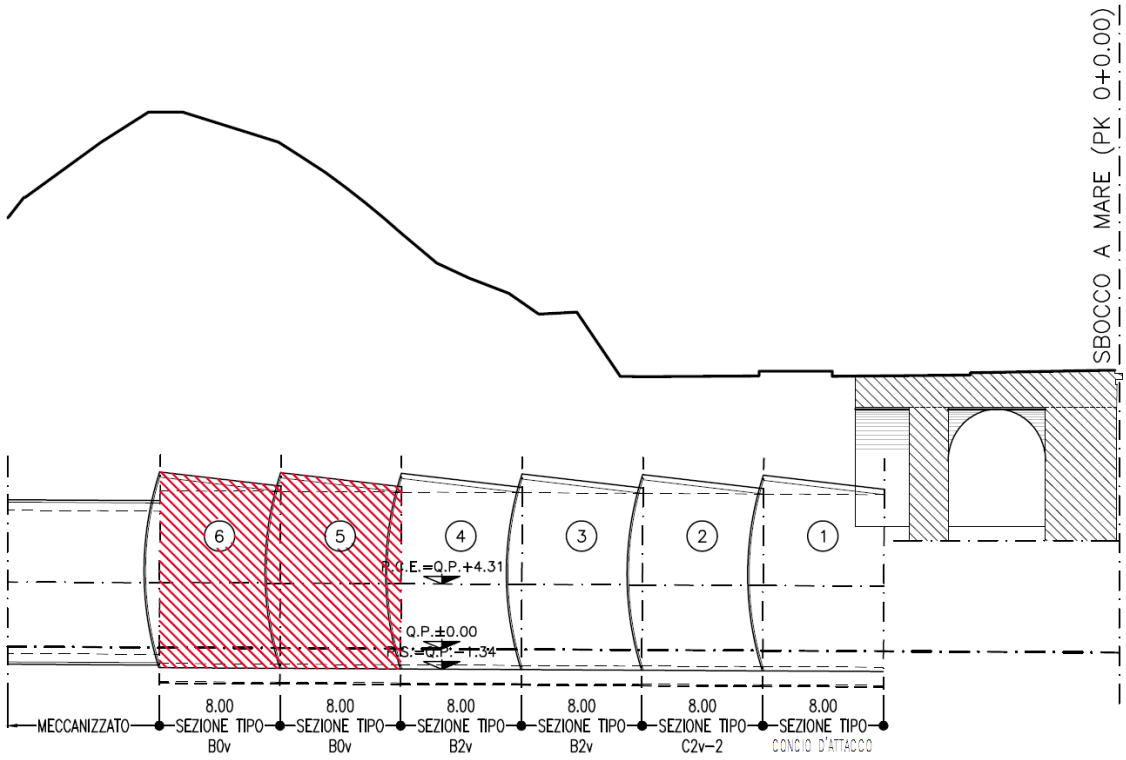


Figura 25 – Galleria Scolmatrice – C.so Italia – Campo di applicazione sezione tipo B0v

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo B "a fronte stabile a breve termine", con fenomeni deformativi in campo elasto – plastico. I fenomeni deformativi al fronte sono legati al distacco di porzioni lapidee e rilasci o sgrottamenti al contorno dovuti all'elevato grado di separazione strutturale dell'ammasso; i valori di convergenza saranno apprezzabili. Gli interventi sono mirati al controllo del profilo di scavo in fase di avanzamento mediante tubi metallici; il confinamento del cavo avverrà mediante la tempestiva posa in opera di centine metalliche inglobate in uno strato di spritz-beton.

6.4.1.2 Fasi Esecutive

Verrà eseguito un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 38 tubi metallici Ø 114/10mm, attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 14,0 m e con sovrapposizione pari a 6,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 8,0 m. Successivamente si provvederà alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=10,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 180 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=20,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 30,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio (sella) verrà eseguito ad una distanza massima di 3,0 Ø dal fronte. Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta ad una distanzamassima dal fronte di 6,0 Ø.

Da ultimo si prevedrà la posa del concio prefabbricato di base al di sopra dell'arco rovescio già realizzato ed al completamento del rivestimento definitivo di 2° fase.

6.4.1.3 Interventi previsti

La sezione tipo B0v è costituita dai seguenti interventi:

- Presostegno al contorno con n°38 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=14,0 m sovrapposizione 6,0 m;
- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 2 IPN 180, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 30,0 cm (10,0 cm + 20,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio (sella) in C.A. di spessore 1,20 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 3,0 Ø;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,65÷1,55 m (0,50÷1,40 m nel punto di spessore minimo, in corrispondenza dei reni), gettato ad una distanza dal fronte ≤ 6,0 Ø;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.4.1.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,00 m	1,00 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	25,0 cm (5,0 cm + 20,0 cm)	30,0 cm (10,0 cm + 20,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	5,0 cm	10,0 cm
Centine metalliche	2 IPN 180, passo 1,00 m	2 IPN 180, passo 1,00 m
Presostegno al contorno	30 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 6,0 m;	46 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 6,0 m;
Distanza murette e arco rovescio dal fronte	Non definita	≤ 2,0 Ø
Distanza rivestimento definitivo dal fronte	Non definita	≤ 5,0 Ø

Tabella 15 – Galleria Scolmatrice – C.so Italia - Sezione tipo B0v - Variabilità

6.4.2 Sezione tipo B2v

6.4.2.1 Campo di applicazione

La sezione tipo B2v si prevede venga realizzata in corrispondenza dei due campi intermedi della porzione finale dello scavo in tradizionale effettuato lato mare (sviluppo totale circa 50m), ed interessa il tratto immediatamente successivo al sottopassaggio di Corso Italia, in cui l'ammasso roccioso può essere ricondotto alla formazione del Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e alterazione e con possibile presenza di materiale di riporto.



Figura 26 – Galleria Scolmatrice – C.so Italia – Campo di applicazione sezione tipo B2v

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo B/C "a fronte stabile a breve termine" o "fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo elasto – plastico. Sono necessari interventi sistematici di confinamento del fronte di scavo, mediante elementi strutturali in VTR, interventi di pre-sostegno in calotta, oltre al confinamento del cavo, operato mediante centine metalliche inglobate in uno strato di spritz-beton ed il getto ravvicinato dell'arco rovescio.

6.4.2.2 Fasi Esecutive

Verrà eseguito un intervento di consolidamento al fronte mediante la posa in opera di 40 tubi in VTR Ø 60/40 mm cementati di lunghezza pari a 18,0 m e con sovrapposizione pari a 10,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 8,0 m.

Successivamente si provvederà alla realizzazione di un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 38 tubi metallici Ø 114/10mm , attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 14,0 m e con sovrapposizione pari a 6,0 m. Si provvederà quindi alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=10,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 180 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=20,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 30,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio (sella) verrà eseguito ad una distanza massima di 3,0 Ø dal fronte. Si provvederà quindi alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta ad una distanzamassima dal fronte di 6,0 Ø.

Da ultimo si prevedrà la posa del concio prefabbricato di base al di sopra dell'arco rovescio già realizzato ed al completamento del rivestimento definitivo di 2° fase.

6.4.2.3 Interventi previsti

La sezione tipo B2v è costituita dai seguenti interventi:

- Preconsolidamento al fronte con n°40 tubi in VTR Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm cementati, L=18,0 m sovrapposizione 10,0 m;
- Presostegno al contorno con n°38 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=14,0 m sovrapposizione 6,0 m;
- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 2 IPN 180, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 30,0 cm (10,0 cm + 20,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio (sella) in C.A. di spessore 1,20 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 3,0 Ø;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,65÷1,55 m (0,50÷1,40 m nel punto di spessore minimo, in corrispondenza dei reni), gettato ad una distanza dal fronte ≤ 6,0 Ø;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.4.2.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,00 m	1,00 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	25,0 cm (5,0 cm + 20,0 cm)	30,0 cm (10,0 cm + 20,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	10,0 cm	10,0 cm
Centine metalliche	2 IPN 180, passo 1,00 m	2 IPN 180, passo 1,00 m
Presostegno al contorno	30 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 6,0 m;	46 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 6,0 m;
Preconsolidamento al fronte	30 VTR Ø60/40, L=18,0 m, sovrap. 10,0 m;	50 VTR Ø60/40, L=18,0 m, sovrap. 10,0 m;
Distanza murette e arco rovescio dal fronte	Non definita	≤ 2,0 Ø
Distanza rivestimento definitivo dal fronte	Non definita	≤ 4,0 Ø

Tabella 16 – Galleria Scolmatrice – C.so Italia - Sezione tipo B2v - Variabilità

6.4.3 Sezione tipo C2v

6.4.3.1 Campo di applicazione

La sezione tipo C2v si prevede venga realizzata per un singolo campo (8,0 m) nella tratta di sotto-attraversamento di Corso Italia, in cui l'ammasso roccioso può essere ricondotto alla formazione del Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e alterazione e presenza di materiale di riporto.

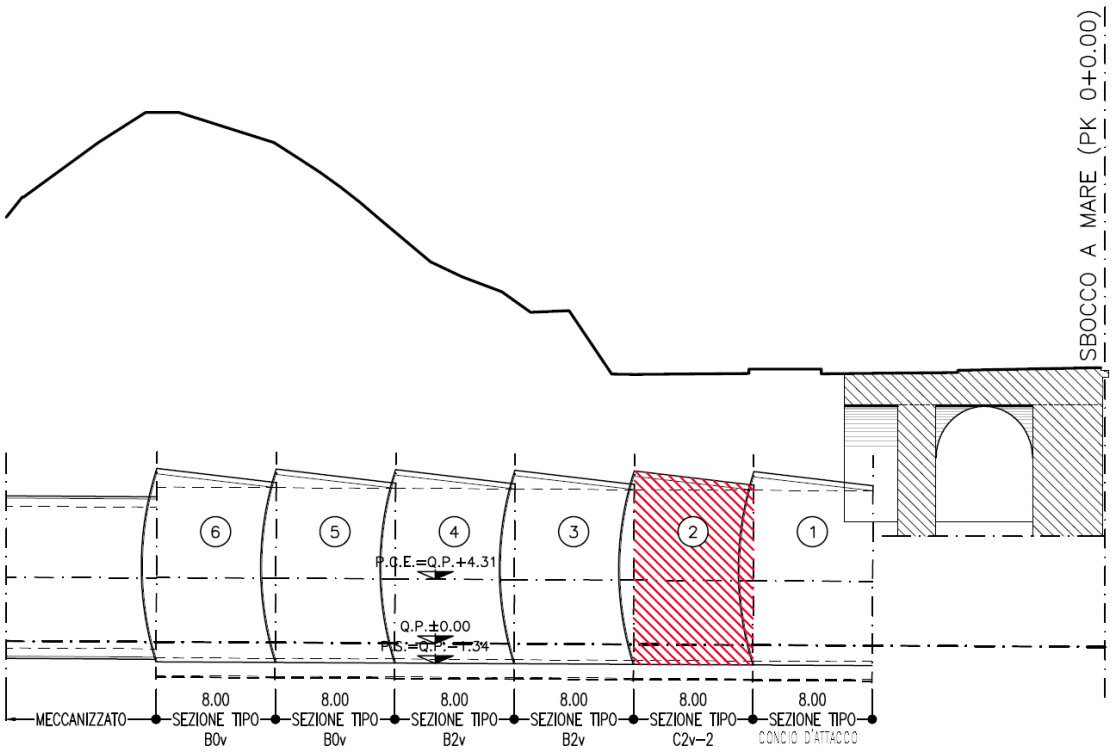


Figura 27 – Galleria Scolmatrice – C.so Italia – Campo di applicazione sezione tipo C2v

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo C "a fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo plastico; ne deriva la necessità di impiegare interventi sistematici di consolidamento al contorno del cavo al fine di determinare artificialmente l' "effetto arco" a seguito dell'apertura dello scavo nonché importanti azioni di pre-confinamento del fronte di scavo finalizzati a contenere i fenomeni deformativi del nucleo in profondità.

6.4.3.2 Fasi Esecutive

Si prevede, in prima fase, l'esecuzione di un tampone di impermeabilizzazione al contorno, da realizzarsi mediante 85 tubi in PVC Ø 60/40 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati di lunghezza L=16,0 m, posti in opera con sovrapposizione pari a 8,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 8,0 m.

Verrà quindi eseguito un intervento di consolidamento al fronte mediante la posa in opera di 64 tubi in VTR Ø 60/40 mm cementati di lunghezza pari a 16,0 m e con sovrapposizione pari a 8,0 m e successivamente un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 38 tubi metallici Ø 114/10mm , attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 14,0 m e con sovrapposizione pari a 6,0 m.

Si provvederà poi alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=5,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 220 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=25,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 30,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio (sella) verrà seguito dalla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) e quindi dalla messa in opera dell'impermeabilizzazione e dal getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta.

Da ultimo si prevedrà la posa del concio prefabbricato di base al di sopra dell'arco rovescio già realizzato ed al completamento del rivestimento definitivo di 2° fase.

6.4.3.3 Interventi previsti

La sezione tipo C2v è costituita dai seguenti interventi:

- Tampone di impermeabilizzazione al contorno con n°85 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati, L=16,0 m sovrapposizione 8,0 m;
- Preconsolidamento al fronte con n°64 tubi in VTR Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm cementati, L=16,0 m sovrapposizione 8,0 m;
- Presostegno al contorno con n°38 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=14,0 m sovrapposizione 6,0 m;
- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 2 IPN 220, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 30,0 cm (5,0 cm + 25,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio (sella) in C.A. di spessore 1,20 m;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,65÷1,55 m (0,50÷1,40 m nel punto di spessore minimo, in corrispondenza dei reni);
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.4.3.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,00 m	1,00 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	30,0 cm (5,0 cm + 25,0 cm)	30,0 cm (5,0 cm + 25,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	10,0 cm	10,0 cm
Centine metalliche	2 IPN 220, passo 1,00 m	2 IPN 220, passo 1,00 m
Presostegno al contorno	30 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 6,0 m;	46 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 6,0 m;
Preconsolidamento al fronte	50 VTR Ø60/40, L=16,0 m, sovrap. 8,0 m;	80 VTR Ø60/40, L=16,0 m, sovrap. 8,0 m;
Tampone di impermeabilizzazione al contorno	70 tubi in PVC Ø60/40, L=16,0 m, sovrap. 8,0 m	95 tubi in PVC Ø60/40, L=16,0 m, sovrap. 8,0 m

Tabella 17 – Galleria Scolmatrice – C.so Italia - Sezione tipo C2v - Variabilità

6.4.4 Concio di attacco

6.4.4.1 Campo di applicazione

Il "concio d'attacco" si prevede venga realizzata per un singolo campo (8,0 m) alla partenza degli scavi nella tratta di sotto-attraversamento di Corso Italia, in cui l'ammasso roccioso può essere ricondotto alla formazione del Flysh di Monte Antola con intensa fratturazione e alterazione e presenza di materiale di riporto.

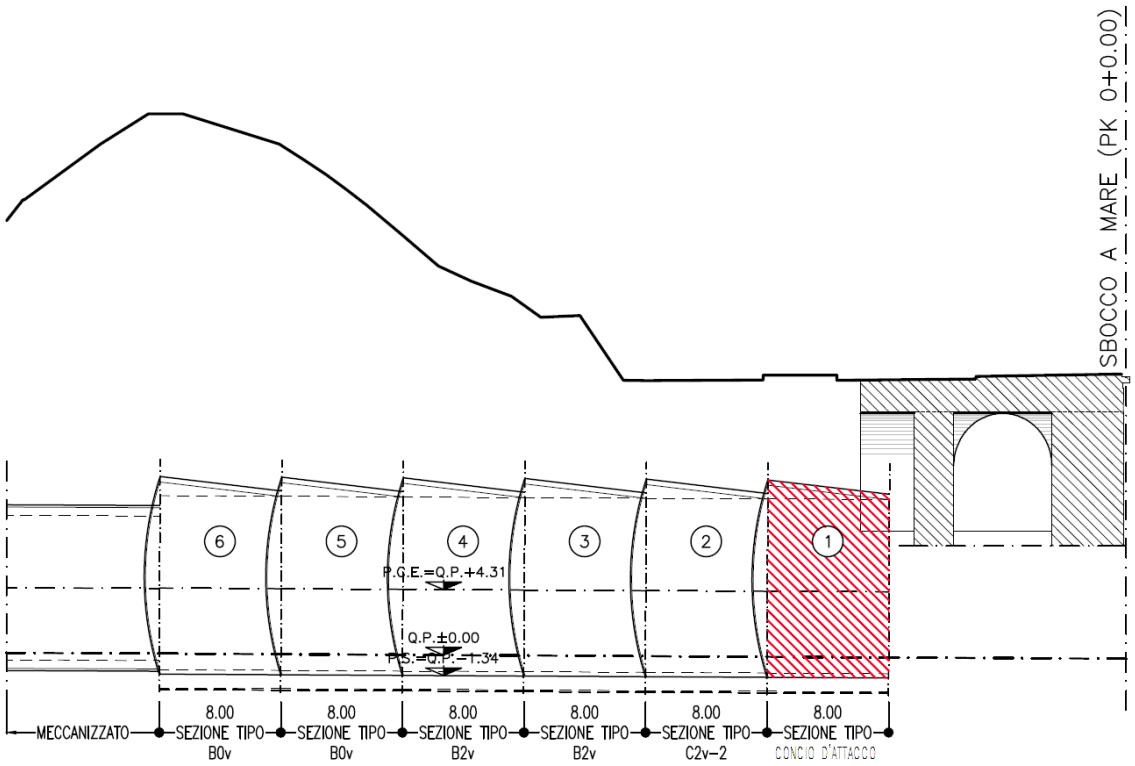


Figura 28 – Galleria Scolmatrice – C.so Italia – Campo di applicazione "concio d'attacco"

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo C "a fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo plastico; ne deriva la necessità di impiegare interventi sistematici di consolidamento al contorno del cavo al fine di determinare artificialmente l' "effetto arco" a seguito dell'apertura dello scavo nonché importanti azioni di pre-confinamento del fronte di scavo finalizzati a contenere i fenomeni deformativi del nucleo in profondità.

6.4.4.2 Fasi Esecutive

Si prevede, in prima fase, l'esecuzione di un tampone di impermeabilizzazione al contorno e al di sotto dell'arco rovescio, da realizzarsi al contorno mediante 85 tubi in PVC Ø 60/40 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati di lunghezza L=16,0 m, posti in opera con sovrapposizione pari a 8,0 m mentre sotto l'arco rovescio con 47 tubi in PVC Ø 60/40 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati di lunghezza L=10,0 m (l'intervento è applicato solo in corrispondenza del concio d'attacco e non è quindi prevista sovrapposizione). Il campo di avanzamento è quindi di 8,0 m.

Verrà quindi eseguito un intervento di consolidamento al fronte mediante la posa in opera di 64 tubi in VTR Ø 60/40 mm cementati di lunghezza pari a 18,0 m e con sovrapposizione pari a 10,0 m e successivamente un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 38 tubi metallici Ø 114/10mm , attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 14,0 m e con sovrapposizione pari a 6,0 m.

Si provvederà poi alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=5,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 220 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=25,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 30,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio (sella) verrà seguito dalla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) e quindi dalla messa in opera dell'impermeabilizzazione e dal getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta.

Da ultimo si prevedrà la posa del concio prefabbricato di base al di sopra dell'arco rovescio già realizzato ed al completamento del rivestimento definitivo di 2° fase.

6.4.4.3 Interventi previsti

Il concio di attacco è costituito dai seguenti interventi:

- Tampone di impermeabilizzazione al contorno con n°85 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati, L=16,0 m sovrapposizione 8,0 m;
- Tampone di impermeabilizzazione al di sotto dell'arco rovescio con n°47 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (3 vlv/m) e iniettati, L=10,0 m;
- Preconsolidamento al fronte con n°64 tubi in VTR Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm cementati, L=18,0 m sovrapposizione 10,0 m;
- Presostegno al contorno con n°38 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=14,0 m sovrapposizione 6,0 m;
- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 2 IPN 220, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 30,0 cm (5,0 cm + 25,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio (sella) in C.A. di spessore 1,20 m;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,65÷1,55 m (0,50÷1,40 m nel punto di spessore minimo, in corrispondenza dei reni);
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.4.4.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,00 m	1,00 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	30,0 cm (5,0 cm + 25,0 cm)	30,0 cm (5,0 cm + 25,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	10,0 cm	10,0 cm
Centine metalliche	2 IPN 220, passo 1,00 m	2 IPN 220, passo 1,00 m
Presostegno al contorno	30 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 6,0 m;	46 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 6,0 m;
Preconsolidamento al fronte	50 VTR Ø60/40, L=18,0 m, sovrap. 10,0 m;	80 VTR Ø60/40, L=18,0 m, sovrap. 10,0 m;
Tampone di impermeabilizzazione al contorno	70 tubi in PVC Ø60/40, L=16,0 m, sovrap. 8,0 m	95 tubi in PVC Ø60/40, L=16,0 m, sovrap. 8,0 m
Tampone di impermeabilizzazione sotto A.R.	40 tubi in PVC Ø60/40, L=10,0 m	60 tubi in PVC Ø60/40, L=10,0 m

Tabella 18 – Galleria Scolmatrice – C.so Italia - Concio di attacco - Variabilità

6.5 Sezioni tipo galleria Scolmatrice – Camera di lancio

6.5.1 Sezione tipo Ab

6.5.1.1 Campo di applicazione

La sezione tipo Ab è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, per le situazioni geologiche e geomeccaniche più favorevoli.

In particolare verrà applicata laddove l'ammasso presenta le seguenti caratteristiche principali:

- assetto geostrutturale massivo e/o stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione bassa, fratture e/o giunti di strato persistenti, da chiusi a moderatamente aperti; struttura dell'ammasso complessivamente favorevole (reggipoggio) o neutra;
- assenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un modesto confinamento del cavo mediante la posa in opera di una bullonatura radiale sistematica e di uno strato di spritz-beton. In particolare il numero e la posizione della bullonatura potrà essere adeguata in corso d'opera in funzione dell'assetto geostrutturale, al fine di migliorarne l'efficacia.

6.5.1.2 Fasi Esecutive

Successivamente alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) si provvederà all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante esplosivo, con sfondi di profondità massima pari a 3,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=10,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm. Ad una distanza di 1,0 m dal fronte verrà quindi eseguita la perforazione e posa in opera dell'intervento di bullonatura al contorno, costituito da 12/13 barre ø24 ad aderenza migliorata, di lunghezza L≥4,50 m, disposti a maglia 1,50 x 1,50 m.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=10,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 20,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio (sella) verrà eseguito ad una distanza dal fronte regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo, procedendo in seguito alla posa del concio prefabbricato di base. Si provvederà quindi, contestualmente al passaggio della TBM, alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta. Anche il getto della calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo.

6.5.1.3 Interventi previsti

La sezione tipo Ab è costituita dai seguenti interventi:

- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni 3 sfondi (eventuali in presenza d'acqua);
- 12/13 bulloni radiali ø24 ad aderenza migliorata in acciaio B450 C, di lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,50 m (trasv.) x 1,50 m (long.);
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 20,0 cm (10,0 cm + 10,0 cm);

- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 3,0 m);
- Murette e arco rovescio (sella) in CLS di spessore 1,00 m, gettato ad una distanza dal fronte variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo;
- Rivestimento definitivo in CLS di spessore 1,15 m, gettato ad una distanza dal fronte variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.5.1.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	3,50 m	2,50 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	15,0 cm (5,0 cm + 10,0 cm)	20,0 cm (10,0 cm + 10,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	5,0 cm	10,0 cm
Intervento di bullonatura radiale	10/11 bulloni radiali ø24, lunghezza L≥4,00 m, maglia 1,75 m x 1,75 m	15/16 bulloni radiali ø24, lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,25 m x 1,25 m

Tabella 19 – Galleria Scolmatrice – Camera di lancio - Sezione tipo Ab - Variabilità

6.5.2 Sezione tipo Ac

6.5.2.1 Campo di applicazione

La sezione tipo Ac è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, per le situazioni geologiche e geomeccaniche abbastanza favorevoli.

In particolare verrà applicata laddove l'ammasso presenta le seguenti caratteristiche principali:

- assetto geostrutturale stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione medio, fratture e/o giunti di strato persistenti, da chiusi a moderatamente aperti; struttura dell'ammasso complessivamente favorevole (reggipoggio) o neutra;
- assenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un confinamento del cavo mediante la posa in opera di centine metalliche e di uno strato di spritz-beton.

6.5.2.2 Fasi Esecutive

Successivamente alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) si provvederà all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante esplosivo, con sfondi di profondità massima pari a 2,40 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=10,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm. Ad una distanza di 0,6 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 1 HEA 160 disposte a passo 1,20 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=15,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 25,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio (sella) verrà eseguito ad una distanza dal fronte regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo, procedendo in seguito alla posa del concio prefabbricato di base. Si provvederà quindi, contestualmente al passaggio della TBM, alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta. Anche il getto della calotta sarà eseguito ad una distanza dal fronte regolata in funzione del comportamento deformativo del cavo.

6.5.2.3 Interventi previsti

La sezione tipo Ac è costituita dai seguenti interventi:

- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni 4 sfondi (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 1 HEA 160, passo 1,20 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 25,0 cm (10,0 cm + 15,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 2,4 m);

- Murette e arco rovescio (sella) in CLS di spessore 1,00 m, gettato ad una distanza dal fronte variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo;
- Rivestimento definitivo in CLS di spessore 1,15 m, gettato ad una distanza dal fronte variabile in funzione del comportamento deformativo del cavo;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.5.2.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	2,80 m	2,00 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	20,0 cm (5,0 cm + 15,0 cm)	25,0 cm (10,0 cm + 15,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	5,0 cm	10,0 cm
Centine metalliche	1 HEA 160, passo 1,40 m	1 HEA 160, passo 1,00 m

Tabella 20 – Galleria Scolmatrice – Camera di lancio - Sezione tipo Ac - Variabilità

6.5.3 Sezione tipo B0v

6.5.3.1 Campo di applicazione

La sezione tipo B0v è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola in corrispondenza delle zone di faglia e/o con intensa fratturazione e alterazione, laddove il grado di separazione strutturale dell'ammasso evidenzi la necessità di prevedere interventi di presostegno in calotta, al fine di mantenere il profilo di scavo. Sarà inoltre applicata nei tratti di transizione con le zone alterate e decompresse prossime alla zona di imbocco.

In particolare verrà applicata laddove l'ammasso presenta le seguenti caratteristiche principali:

- assetto geostrutturale stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione elevato con volumi unitari di ordine decimetrico, fratture persistenti con giunti moderatamente aperti; struttura dell'ammasso anche sfavorevole (franappoggio);
- presenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo B "a fronte stabile a breve termine", con fenomeni deformativi in campo elasto – plastico. I fenomeni deformativi al fronte sono legati al distacco di porzioni lapidee e rilasci o sgrottamenti al contorno dovuti all'elevato grado di separazione strutturale dell'ammasso; i valori di convergenza saranno apprezzabili. Gli interventi sono mirati al controllo del profilo di scavo in fase di avanzamento mediante tubi metallici; il confinamento del cavo avverrà mediante la tempestiva posa in opera di centine metalliche inglobate in uno strato di spritz-beton.

6.5.3.2 Fasi Esecutive

Verrà eseguito un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 36 tubi metallici Ø 114/10mm, attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 14,0 m e con sovrapposizione pari a 4,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 10,0 m. Successivamente si provvederà alla posa in opera di drenaggi sub-orizzontali in avanzamento (3+3 tubi di lunghezza L=24,0 m, da prevedere solo in presenza d'acqua) e quindi all'esecuzione dello scavo a piena sezione mediante mezzi meccanici, con sfondi di profondità massima pari a 1,00 m, sagomando il fronte a forma concava e provvedendo ad un accurato disgaggio meccanico di tutti i blocchi potenzialmente instabili.

Dopo ogni sfondo verrà messo in opera uno strato di spritz-beton fibrorinforzato con spessore sp.=10,0 cm in corrispondenza della tratta appena scavata e disgaggiata, contestualmente verrà eseguito un tampone di spritz beton fibrorinforzato sul fronte di scavo, con spessore pari a 10,0 cm (20,0 cm a fine campo di avanzamento). Ad una distanza di 0,5 m dal fronte si procederà quindi alla messa in opera delle centine 2 IPN 180 disposte a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Verrà quindi posato il secondo strato di spritz-beton fibrorinforzato al contorno con spessore sp.=20,0 cm, fino al raggiungimento di uno spessore totale di 30,0 cm.

Il getto delle murette e dell'arco rovescio (sella) verrà eseguito ad una distanza massima di 3,0 Ø dal fronte, procedendo in seguito alla posa del concio prefabbricato di base. Si provvederà quindi, contestualmente al passaggio della TBM, alla realizzazione di un ultimo strato di spritz beton di regolarizzazione (senza utilizzo di fibre, spessore sp.=5,0 cm) a cui seguiranno la messa in opera dell'impermeabilizzazione e il getto immediatamente successivo del rivestimento definitivo di calotta ad una distanza massima dal fronte di 6,0 Ø.

6.5.3.3 Interventi previsti

La sezione tipo B0v è costituita dai seguenti interventi:

- Presostegno al contorno con n°36 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=14,0 m sovrapposizione 4,0 m;

- n° 3+3 drenaggi di lunghezza L = 24,00 m ogni campo di avanzamento (eventuali in presenza d'acqua);
- Centine metalliche 2 IPN 180, passo 1,00 m;
- Spritz-beton fibrorinforzato al contorno sp. 30,0 cm (10,0 cm + 20,0 cm);
- Spritz-beton di regolarizzazione al contorno sp. 5,0 cm;
- Spritz-beton fibrorinforzato al fronte di scavo sp. 10,0 cm a fine sfondo (profondità massima pari a 1,0 m). Lo spessore verrà incrementato a sp. 20,0 cm a fine campo di avanzamento;
- Murette e arco rovescio (sella) in C.A. di spessore 1,10 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 3,0 Ø;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 1,05÷1,75 m, gettato ad una distanza dal fronte ≤ 6,0 Ø;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.5.3.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,20 m	0,80 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	25,0 cm (5,0 cm + 20,0 cm)	30,0 cm (10,0 cm + 20,0 cm)
Spessore dello spritz beton (*fronte*)	5,0 cm	10,0 cm
Centine metalliche	2 IPN 180, passo 1,20 m	2 IPN 180, passo 0,80 m
Presostegno al contorno	30 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 4,0 m;	46 tubi metallici Ø114/10 L=14,0 m, sovrap. 6,0 m;
Distanza murette e arco rovescio dal fronte	Non definita	≤ 2,0 Ø
Distanza rivestimento definitivo dal fronte	Non definita	≤ 5,0 Ø

Tabella 21 – Galleria Scolmatrice – Camera di lancio - Sezione tipo B0v - Variabilità

6.6 Sezioni tipo galleria Scolmatrice – Scavo in meccanizzato

L'applicazione delle sezioni tipo lungo il tracciato verrà definita con riferimento alla tabella seguente:

Unità	GSI		basse coperture	H < 150 m	H > 150 m
FMA	55-75	70-75	---	M - Ab1	
		60-70	---	M - Ab2	
		55-60	M - Ab3		
	45-55	50-55	**M - Ac1** / M -Ac2	M - Ac1	**M - Ac1**/ M - Ac2
		45-50	M - Ac1 / **M - Ac2**	**M - Ac1**/ M - Ac2	M - B0
	30-45	40-45	M - Ac2v	M - Ac2	**M -C1** / M- C2
		30-40	M - Ac2v	**M - Ac2** / MB0	M -C1 / **M- C2**
	faglia	< 30	M-Ac2v / MB0 Damage zone MC1 Core zone	MC1 Damage zone MC2 Core zone	MC1/MC2 Damage zone MC3 Core zone
Ag	35-45	40-45		MB0	
		35-40		M -C1 / M- C2	
	faglia	< 25		MC1/MC2 Damage zone MC3 Core zone	

Tabella 22 – Galleria Scolmatrice – Scavo meccanizzato – Sintesi del campo di applicazione delle sezioni tipo

Nelle seguito si riporta una descrizione di dettaglio delle singole sezioni.

6.6.1 Sezione tipo MAb1

6.6.1.1 Campo di applicazione

La sezione tipo MAb1 è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, per le situazioni geologiche e geomeccaniche più favorevoli (GSI ≥ 70).

In particolare verrà applicata laddove l'ammasso presenta le seguenti caratteristiche principali:

- assetto geostrutturale massivo e/o stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione molto basso o basso, fratture e/o giunti di strato persistenti, da chiusi a moderatamente aperti; struttura dell'ammasso complessivamente favorevole (reggipoggio) o neutra;
- assenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un modesto confinamento del cavo mediante la posa in opera di una bullonatura radiale sistematica e di uno strato di spritz-beton. In particolare il numero e la posizione della bullonatura potrà essere adeguata in corso d'opera in funzione dell'assetto geostrutturale, al fine di migliorarne l'efficacia.

6.6.1.2 Fasi Esecutive

Lo scavo verrà effettuato in meccanizzato con l'utilizzo di una fresa aperta, prevedendo avanzamenti massimi di lunghezza pari a 2,0 m (eventualmente riducibili qualora nel corso degli scavi si riscontrino condizioni geomeccaniche peggiori rispetto alle previsioni).

La TBM prevede differenti zone di lavoro, ubicate a distanze differenti dal fronte di scavo, come indicato schematicamente nella seguente figura:

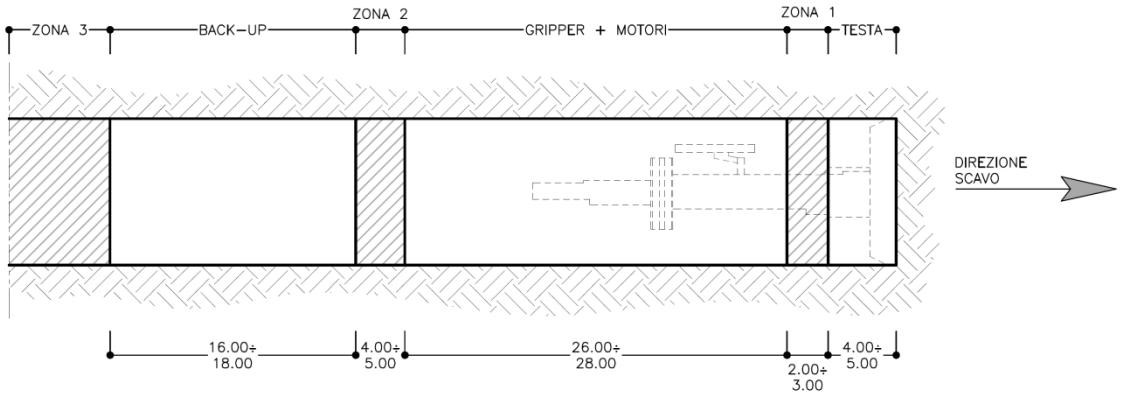


Figura 29 – Schema indicativo zone di lavoro per scavo con fresa aperta

Nella zona 1, ubicata a tergo della testa a circa 4,0÷5,0 m di distanza dal fronte di scavo, si provvederà alla perforazione propedeutica all'intervento di bullonatura al contorno, al posizionamento di una rete elettrosaldata Ø6mm (maglia 10,0x10,0 cm) e infine alla posa in opera di 7÷8 bulloni radiali superswellex Pm24 ($N_y \geq 200$ KN), di lunghezza L≥4,50 m, disposti a maglia 1,50 x 1,50 m (ad una distanza massima dalla coda della testa pari a 1,50 m).

Nella zona 2, a circa 35,0 m dal fronte dietro alla TBM, si provvederà alla posa in opera del concio prefabbricato di base, appoggiato su uno strato di malta di allettamento di spessore sp=10,0 cm, mentre nella zona 3 retrostante (dietro al back-up) si realizzerà uno strato di spritz-beton di spessore sp=10,0 cm.

Da ultimo verrà posta in opera l'impermeabilizzazione e si provvederà al getto del rivestimento definitivo.

6.6.1.3 Interventi previsti

La sezione tipo MAb1 è costituita dai seguenti interventi:

- 7/8 bulloni radiali superswellex Pm24 (Ny ≥ 200 KN), di lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,50 m (trasv.) x 1,50 m (long.);
- Rete elettrosaldata Ø6mm (maglia 10,0x10,0 cm) in acciaio B450 C;
- Spritz-beton al contorno sp. 10,0 cm;
- Concio di base in C.A.;
- Rivestimento definitivo in CLS di spessore 0,50 m;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.6.1.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	2,00 m	1,50 m
Intervento di bullonatura radiale	5/6 bulloni radiali Superswellex Pm24, lunghezza L≥4,00 m, maglia 1,75 m x 1,75 m	10/11 bulloni radiali Superswellex Pm24, lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,25 m x 1,25 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	10,0 cm	10,0 cm

Tabella 23 – Galleria Scolmatrice – Scavo meccanizzato - Sezione tipo MAb1 - Variabilità

6.6.2 Sezione tipo MAb2

6.6.2.1 Campo di applicazione

La sezione tipo MAb2 è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, per situazioni geologiche e geomeccaniche favorevoli (60 ≤ GSI ≤ 70).

In particolare verrà applicata laddove l'ammasso presenta le seguenti caratteristiche principali:

- assetto geostrutturale massivo e/o stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione basso, fratture e/o giunti di strato persistenti, da chiusi a moderatamente aperti; struttura dell'ammasso complessivamente favorevole (reggipoggio) o neutra;
- assenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un modesto confinamento del cavo mediante la posa in opera di una bullonatura radiale sistematica e di uno strato di spritz-beton. In particolare il numero e la posizione della bullonatura potrà essere adeguata in corso d'opera in funzione dell'assetto geostrutturale, al fine di migliorarne l'efficacia.

6.6.2.2 Fasi Esecutive

Lo scavo verrà effettuato in meccanizzato con l'utilizzo di una fresa aperta, prevedendo avanzamenti massimi di lunghezza pari a 2,0 m (eventualmente riducibili qualora nel corso degli scavi si riscontrino condizioni geomeccaniche peggiori rispetto alle previsioni).

La TBM prevede differenti zone di lavoro, ubicate a distanze differenti dal fronte di scavo, come indicato schematicamente nella seguente figura:

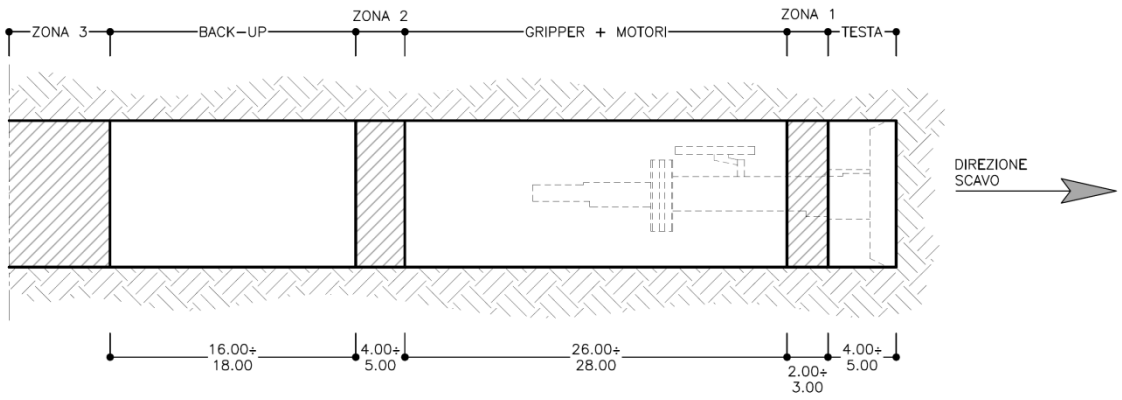


Figura 30 – Schema indicativo zone di lavoro per scavo con fresa aperta

Nella zona 1, ubicata a tergo della testa a circa 4,0÷5,0 m di distanza dal fronte di scavo, si provvederà alla perforazione propedeutica all'intervento di bullonatura al contorno, al posizionamento di una rete elettrosaldata Ø6mm (maglia 10,0x10,0 cm) e infine alla posa in opera di 11÷12 bulloni radiali superswellex Pm24 (N_y ≥ 200 KN), di lunghezza L≥4,50 m, disposti a maglia 1,50 x 1,50 m (ad una distanza massima dalla coda della testa pari a 1,50 m).

Nella zona 2, a circa 35,0 m dal fronte dietro alla TBM, si provvederà alla posa in opera del concio prefabbricato di base, appoggiato su uno strato di malta di allettamento di spessore sp=10,0 cm, mentre nella zona 3 retrostante (dietro al back-up) si realizzerà uno strato di spritz-beton di spessore sp=10,0 cm.

Da ultimo verrà posta in opera l'impermeabilizzazione e si provvederà al getto del rivestimento definitivo.

6.6.2.3 Interventi previsti

La sezione tipo MAb2 è costituita dai seguenti interventi:

- 11/12 bulloni radiali superswellex Pm24 (Ny ≥ 200 KN), di lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,50 m (trasv.) x 1,50 m (long.);
- Rete elettrosaldata Ø6mm (maglia 10,0x10,0 cm) in acciaio B450 C;
- Spritz-beton al contorno sp. 10,0 cm;
- Concio di base in C.A.;
- Rivestimento definitivo in CLS di spessore 0,50 m;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.6.2.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	2,00 m	1,50 m
Intervento di bullonatura radiale	9/10 bulloni radiali Superswellex Pm24, lunghezza L≥4,00 m, maglia 1,75 m x 1,75 m	13/14 bulloni radiali Superswellex Pm24, lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,25 m x 1,25 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	10,0 cm	10,0 cm

Tabella 24 – Galleria Scolmatrice – Scavo meccanizzato - Sezione tipo MAb2 - Variabilità

6.6.3 Sezione tipo MAb3

6.6.3.1 Campo di applicazione

La sezione tipo MAb3 è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, per situazioni geologiche e geomeccaniche favorevoli (55 ≤ GSI ≤ 60).

In particolare verrà applicata laddove l'ammasso presenta le seguenti caratteristiche principali:

- assetto geostrutturale massivo e/o stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione basso, fratture e/o giunti di strato persistenti, da chiusi a moderatamente aperti; struttura dell'ammasso complessivamente favorevole (reggipoggio) o neutra;
- assenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un modesto confinamento del cavo mediante la posa in opera di una bullonatura radiale sistematica e di uno strato di spritz-beton. In particolare il numero e la posizione della bullonatura potrà essere adeguata in corso d'opera in funzione dell'assetto geostrutturale, al fine di migliorarne l'efficacia.

6.6.3.2 Fasi Esecutive

Lo scavo verrà effettuato in meccanizzato con l'utilizzo di una fresa aperta, prevedendo avanzamenti massimi di lunghezza pari a 1,5 m (eventualmente riducibili qualora nel corso degli scavi si riscontrino condizioni geomeccaniche peggiori rispetto alle previsioni).

La TBM prevede differenti zone di lavoro, ubicate a distanze differenti dal fronte di scavo, come indicato schematicamente nella seguente figura:

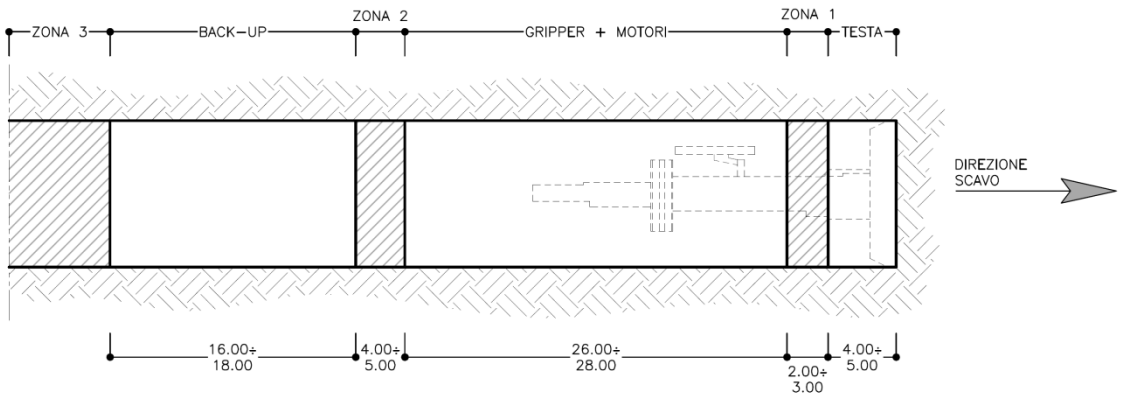


Figura 31 – Schema indicativo zone di lavoro per scavo con fresa aperta

Nella zona 1, ubicata a tergo della testa a circa 4,0÷5,0 m di distanza dal fronte di scavo, si provvederà alla perforazione propedeutica all'intervento di bullonatura al contorno, al posizionamento di una rete elettrosaldata Ø6mm (maglia 10,0x10,0 cm) e infine alla posa in opera di 15÷16 bulloni radiali superswellex Pm24 (N_y ≥ 200 KN), di lunghezza L≥4,50 m, disposti a maglia 1,50 x 1,50 m (ad una distanza massima dalla coda della testa pari a 1,50 m).

Nella zona 2, a circa 35,0 m dal fronte dietro alla TBM, si provvederà alla posa in opera del concio prefabbricato di base, appoggiato su uno strato di malta di allettamento di spessore sp=10,0 cm, mentre nella zona 3 retrostante (dietro al back-up) si realizzerà uno strato di spritz-beton di spessore sp=10,0 cm.

Da ultimo verrà posta in opera l'impermeabilizzazione e si provvederà al getto del rivestimento definitivo.

6.6.3.3 *Interventi previsti*

La sezione tipo MAb3 è costituita dai seguenti interventi:

- 15/16 bulloni radiali superswellex Pm24 (Ny ≥ 200 KN), di lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,50 m (trasv.) x 1,50 m (long.);
- Rete elettrosaldata Ø6mm (maglia 10,0x10,0 cm) in acciaio B450 C;
- Spritz-beton al contorno sp. 10,0 cm;
- Concio di base in C.A.;
- Rivestimento definitivo in CLS di spessore 0,50 m;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.6.3.4 *Variabilità*

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,75 m	1,25 m
Intervento di bullonatura radiale	12/13 bulloni radiali Superswellex Pm24, lunghezza L≥4,00 m, maglia 1,75 m x 1,75 m	18/19 bulloni radiali Superswellex Pm24, lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,25 m x 1,25 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	10,0 cm	10,0 cm

Tabella 25 – Galleria Scolmatrice – Scavo meccanizzato - Sezione tipo MAb3 - Variabilità

6.6.4 Sezione tipo MAc1

6.6.4.1 Campo di applicazione

La sezione tipo MAc1 è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, per situazioni geologiche e geomeccaniche abbastanza favorevoli (50 ≤ GSI ≤ 55 e 45 ≤ GSI ≤ 50 per coperture inferiori a 150,0 m).

In particolare verrà applicata laddove l'ammasso presenta le seguenti caratteristiche principali:

- assetto geostrutturale stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione medio, fratture e/o giunti di strato persistenti, da chiusi a moderatamente aperti; struttura dell'ammasso complessivamente favorevole (reggipoggio) o neutra;
- assenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

Si ha in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un confinamento del cavo mediante la posa in opera di una bullonatura radiale e di centine metalliche e di uno strato di spritz-beton.

6.6.4.2 Fasi Esecutive

Lo scavo verrà effettuato in meccanizzato con l'utilizzo di una fresa aperta, prevedendo avanzamenti massimi di lunghezza pari a 1,5 m (eventualmente riducibili qualora nel corso degli scavi si riscontrino condizioni geomeccaniche peggiori rispetto alle previsioni).

La TBM prevede differenti zone di lavoro, ubicate a distanze differenti dal fronte di scavo, come indicato schematicamente nella seguente figura:

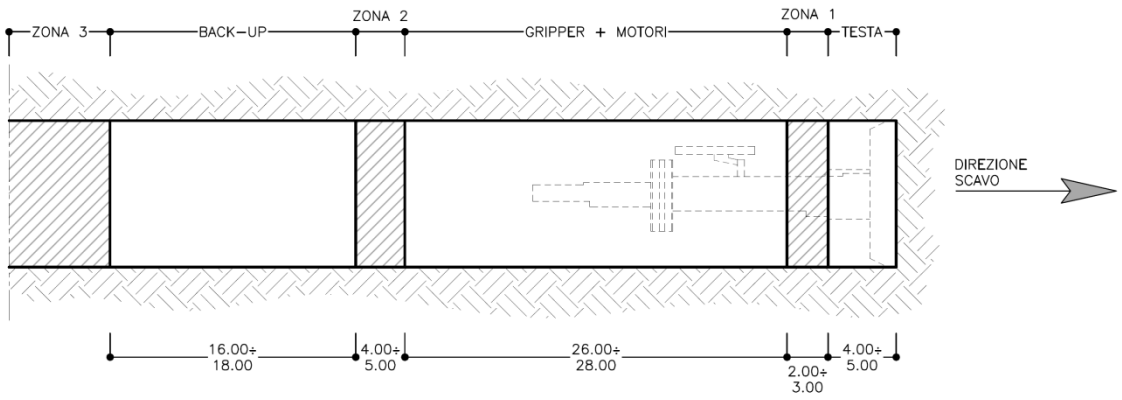


Figura 32 – Schema indicativo zone di lavoro per scavo con fresa aperta

Nella zona 1, ubicata a tergo della testa a circa 4,0÷5,0 m di distanza dal fronte di scavo, si provvederà alla perforazione propedeutica all'intervento di bullonatura al contorno, al posizionamento di una rete elettrosaldata Ø6mm (maglia 10,0x10,0 cm) e infine alla posa in opera di 15÷16 bulloni radiali superswellex Pm24 (N_y ≥ 200 KN), di lunghezza L≥4,50 m, disposti a maglia 1,50 x 1,50 m (ad una distanza massima dalla coda della testa pari a 1,00 m). Contestualmente si prevedrà la posa in opera, nello spazio tra due interventi di chiodatura successivi, di centine metalliche 1 HEB 140 a passo 1,50 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Nella zona 2, a circa 35,0 m dal fronte dietro alla TBM, si provvederà alla posa in opera del concio prefabbricato di base, appoggiato su uno strato di malta di allettamento di spessore sp=20,0 cm, mentre nella zona 3 retrostante (dietro al back-up) si realizzerà uno strato di spritz-beton di spessore sp=15,0 cm.

Da ultimo verrà posta in opera l'impermeabilizzazione e si provvederà al getto del rivestimento definitivo.

6.6.4.3 Interventi previsti

La sezione tipo MAc1 è costituita dai seguenti interventi:

- 15/16 bulloni radiali superswellex Pm24 (Ny ≥ 200 KN), di lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,50 m (trasv.) x 1,50 m (long.);
- Centine metalliche 1 HEB 140, passo 1,50 m;
- Rete elettrosaldata Ø6mm (maglia 10,0x10,0 cm) in acciaio B450 C;
- Spritz-beton al contorno sp. 15,0 cm;
- Concio di base in C.A.;
- Rivestimento definitivo in CLS di spessore 0,55 m;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.6.4.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,75 m	1,25 m
Intervento di bullonatura radiale	12/13 bulloni radiali Superswellex Pm24, lunghezza L≥4,00 m, maglia 1,75 m x 1,75 m	18/19 bulloni radiali Superswellex Pm24, lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,25 m x 1,25 m
Centine metalliche	1 HEB 140, passo 1,75 m	1 HEB 140, passo 1,25 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	15,0 cm	15,0 cm

Tabella 26 – Galleria Scolmatrice – Scavo meccanizzato - Sezione tipo MAc1 - Variabilità

6.6.5 Sezione tipo MAc2

6.6.5.1 Campo di applicazione

La sezione tipo MAc2 è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, per situazioni geologiche e geomeccaniche abbastanza favorevoli (50 ≤ GSI ≤ 55 e 45 ≤ GSI ≤ 50 per coperture inferiori a 150,0 m) o poco favorevoli (30 ≤ GSI ≤ 45 in condizioni di media copertura, comunque inferiore a 150,0 m).

In particolare verrà applicata laddove l'ammasso presenta le seguenti caratteristiche principali:

- assetto geostrutturale stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione medio, fratture e/o giunti di strato persistenti, da chiusi a moderatamente aperti; struttura dell'ammasso complessivamente favorevole (reggipoggio) o neutra;
- assetto geostrutturale stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione elevato con volumi unitari di ordine decimetrico, fratture persistenti con giunti moderatamente aperti; struttura dell'ammasso anche sfavorevole (franappoggio);
- assenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

Si ha comunque anche in tali casi un comportamento allo scavo di tipo A "a fronte stabile", con fenomeni deformativi in campo elastico di entità trascurabile. Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un confinamento del cavo mediante la posa in opera di una bullonatura radiale e di centine metalliche e di uno strato di spritz-beton.

6.6.5.2 Fasi Esecutive

Lo scavo verrà effettuato in meccanizzato con l'utilizzo di una fresa aperta, prevedendo avanzamenti massimi di lunghezza pari a 1,0 m (eventualmente riducibili qualora nel corso degli scavi si riscontrino condizioni geomeccaniche peggiori rispetto alle previsioni).

La TBM prevede differenti zone di lavoro, ubicate a distanze differenti dal fronte di scavo, come indicato schematicamente nella seguente figura:

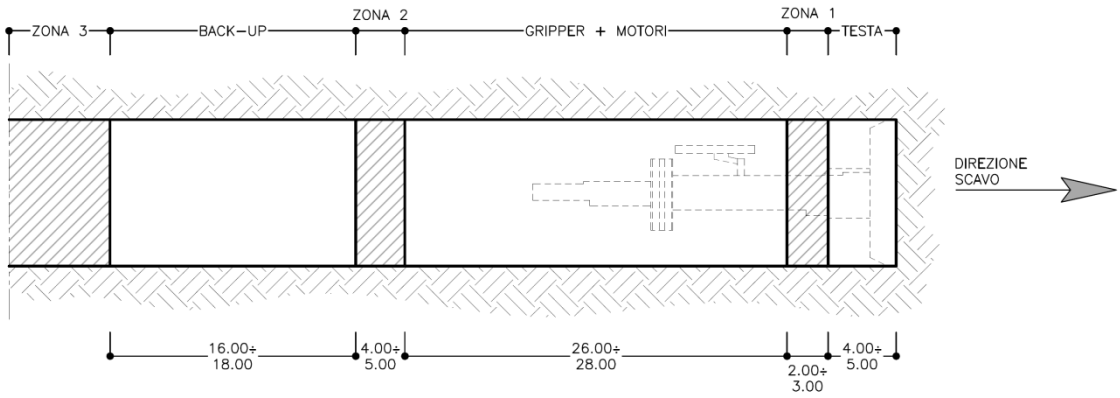


Figura 33 – Schema indicativo zone di lavoro per scavo con fresa aperta

Nella zona 1, ubicata a tergo della testa a circa 4,0÷5,0 m di distanza dal fronte di scavo, si provvederà alla perforazione propedeutica all'intervento di bullonatura al contorno, al posizionamento di una rete elettrosaldata Ø6mm (maglia 10,0x10,0 cm) e infine alla posa in opera di 15÷16 bulloni radiali superswellex Pm24 (N_y ≥ 200 KN), di lunghezza L≥4,50 m, disposti a maglia 1,50 x 1,00 m (ad una

distanza massima dalla coda dello testa pari a 1,00 m). Contestualmente si prevedrà la posa in opera, nello spazio tra due interventi di chiodatura successivi, di centine metalliche 1 HEB 140 a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Nella zona 2, a circa 35,0 m dal fronte dietro alla TBM, si provvederà alla posa in opera del concio prefabbricato di base, appoggiato su uno strato di malta di allettamento di spessore sp=20,0 cm, mentre nella zona 3 retrostante (dietro al back-up) si realizzerà uno strato di spritz-beton di spessore sp=15,0 cm.

Da ultimo verrà posta in opera l'impermeabilizzazione e si provvederà al getto del rivestimento definitivo.

6.6.5.3 Interventi previsti

La sezione tipo MAc2 è costituita dai seguenti interventi:

- 15/16 bulloni radiali superswellex Pm24 (Ny ≥ 200 KN), di lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,50 m (trasv.) x 1,00 m (long.);
- Centine metalliche 1 HEB 140, passo 1,00 m;
- Rete elettrosaldata Ø6mm (maglia 10,0x10,0 cm) in acciaio B450 C;
- Spritz-beton al contorno sp. 15,0 cm;
- Concio di base in C.A.;
- Rivestimento definitivo in CLS di spessore 0,55 m;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.6.5.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,20 m	0,80 m
Intervento di bullonatura radiale	12/13 bulloni radiali Superswellex Pm24, lunghezza L≥4,00 m, maglia 1,75 m x 1,20 m	18/19 bulloni radiali Superswellex Pm24, lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,25 m x 0,80 m
Centine metalliche	1 HEB 140, passo 1,20 m	1 HEB 140, passo 0,80 m
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	15,0 cm	15,0 cm

Tabella 27 – Galleria Scolmatrice – Scavo meccanizzato - Sezione tipo MAc2 - Variabilità

6.6.6 Sezione tipo MAc2v

6.6.6.1 Campo di applicazione

La sezione tipo MAc2v è prevista per scavi a basse coperture all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, per situazioni geologiche poco favorevoli (30 ≤ GSI ≤ 45) o in zone di faglia (GSI ≤ 30 - damage zone).

In particolare verrà applicata laddove l'ammasso presenta le seguenti caratteristiche principali:

- assetto geostrutturale stratificato, con banchi di potenza pluridecimetrica, grado di fratturazione elevato con volumi unitari di ordine decimetrico, fratture persistenti con giunti moderatamente aperti; struttura dell'ammasso anche sfavorevole (franappoggio);
- presenza di elementi di disturbo di natura tettonica (pieghe, faglie) rilevabili alla scala del fronte.

Il comportamento allo scavo risulta sostanzialmente di tipo A "a fronte stabile". Non sono necessari interventi di confinamento del fronte di scavo, ma unicamente un confinamento del cavo mediante la posa in opera di una bullonatura radiale e di centine metalliche e di uno strato di spritz-beton. Sarà necessario inoltre un intervento di presostegno mediante tubi metallici in avanzamento per il controllo del profilo di scavo in fase di avanzamento.

6.6.6.2 Fasi Esecutive

A partire dalla zona 1 di lavoro verrà eseguito un intervento di presostegno in calotta mediante la posa in opera di 16 tubi metallici Ø 114/7mm, attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 12,0 m e con sovrapposizione pari a 4,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 8,0 m.

Successivamente lo scavo verrà effettuato in meccanizzato con l'utilizzo di una fresa aperta, prevedendo avanzamenti massimi di lunghezza pari a 1,0 m (eventualmente riducibili qualora nel corso degli scavi si riscontrino condizioni geomeccaniche peggiori rispetto alle previsioni).

La TBM prevede differenti zone di lavoro, ubicate a distanze differenti dal fronte di scavo, come indicato schematicamente nella seguente figura:

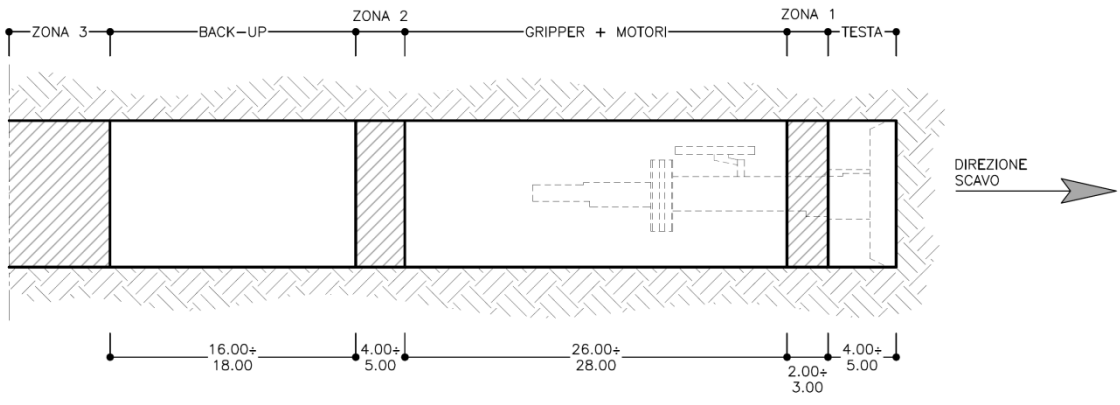


Figura 34 – Schema indicativo zone di lavoro per scavo con fresa aperta

Nella zona 1, ubicata a tergo della testa a circa 4,0÷5,0 m di distanza dal fronte di scavo, si provvederà alla perforazione propedeutica all'intervento di bullonatura al contorno, al posizionamento di una rete elettrosaldata Ø6mm (maglia 10,0x10,0 cm) e infine alla posa in opera di 15÷16 bulloni radiali superswellex Pm24 (N_y ≥ 200 KN), di lunghezza L≥4,50 m, disposti a maglia 1,50 x 1,00 m (ad una distanza massima dalla coda della testa pari a 1,00 m). Contestualmente si prevedrà la posa in opera, nello spazio tra due interventi di chiodatura successivi, di centine metalliche 1 HEB 140 a passo 1,00 m, collegate alle altre mediante apposite catene.

Nella zona 2, a circa 35,0 m dal fronte dietro alla TBM, si provvederà alla posa in opera del concio prefabbricato di base, appoggiato su uno strato di malta di allettamento di spessore sp=20,0 cm, mentre nella zona 3 retrostante (dietro al back-up) si realizzerà uno strato di spritz-beton di spessore sp=15,0 cm.

Da ultimo verrà posta in opera l'impermeabilizzazione e si provvederà al getto del rivestimento definitivo.

6.6.6.3 Interventi previsti

La sezione tipo MAc2v è costituita dai seguenti interventi:

- Presostegno al contorno con n°16 tubi metallici Ø114,0 mm, sp.=7,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=12,0 m sovrapposizione 4,0 m;
- 15/16 bulloni radiali superswellex Pm24 (Ny ≥ 200 KN), di lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,50 m (trasv.) x 1,00 m (long.);
- Centine metalliche 1 HEB 140, passo 1,00 m;
- Rete elettrosaldata Ø6mm (maglia 10,0x10,0 cm) in acciaio B450 C;
- Spritz-beton al contorno sp. 15,0 cm;
- Concio di base in C.A.;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,55 m;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.6.6.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,20 m	0,80 m
Intervento di bullonatura radiale	12/13 bulloni radiali Superswellex Pm24, lunghezza L≥4,00 m, maglia 1,75 m x 1,20 m	18/19 bulloni radiali Superswellex Pm24, lunghezza L≥4,50 m, maglia 1,25 m x 0,80 m
Centine metalliche	1 HEB 140, passo 1,20 m	1 HEB 140, passo 0,80 m
Presostegno al contorno	16 tubi metallici Ø114/7 L=13,0 m, sovrap. 3,4 m;	24 tubi metallici Ø114/7 L=12,0 m, sovrap. 5,6 m;
Spessore dello spritz beton (*contorno*)	15,0 cm	15,0 cm

Tabella 28 – Galleria Scolmatrice – Scavo meccanizzato - Sezione tipo MAc2v - Variabilità

6.6.7 *Sezione tipo MB0*

6.6.7.1 *Campo di applicazione*

La sezione tipo MB0 è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, associata a situazioni geologiche differenti a seconda della copertura. In particolare:

- Coperture elevate (H > 150,0 m) – situazioni geologiche e geomeccaniche abbastanza favorevoli(45 ≤ GSI ≤ 50);
- Coperture medie (H < 150,0 m) – situazioni geologiche e geomeccaniche poco favorevoli(30 ≤ GSI ≤ 40);
- Coperture basse - zone di faglia (GSI ≤ 30 - damage zone).

La sezione verrà applicata anche all'interno delle Argilliti di Montoggio, qualora si evidenzi un livello di fratturazione ed alterazione medio (40 ≤ GSI ≤ 45).

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo B "a fronte stabile a breve termine", con fenomeni deformativi in campo elasto – plastico. I valori di convergenza saranno mediamente apprezzabili. Il confinamento del cavo avverrà mediante la tempestiva posa in opera di *liner plates* inglobati in uno strato di spritz-beton.

6.6.7.2 *Fasi Esecutive*

Lo scavo verrà effettuato in meccanizzato con l'utilizzo di una fresa aperta, prevedendo avanzamenti massimi di lunghezza pari a 1,0 m (eventualmente riducibili qualora nel corso degli scavi si riscontrino condizioni geomeccaniche peggiori rispetto alle previsioni).

La TBM prevede differenti zone di lavoro, ubicate a distanze differenti dal fronte di scavo, come indicato schematicamente nella seguente figura:

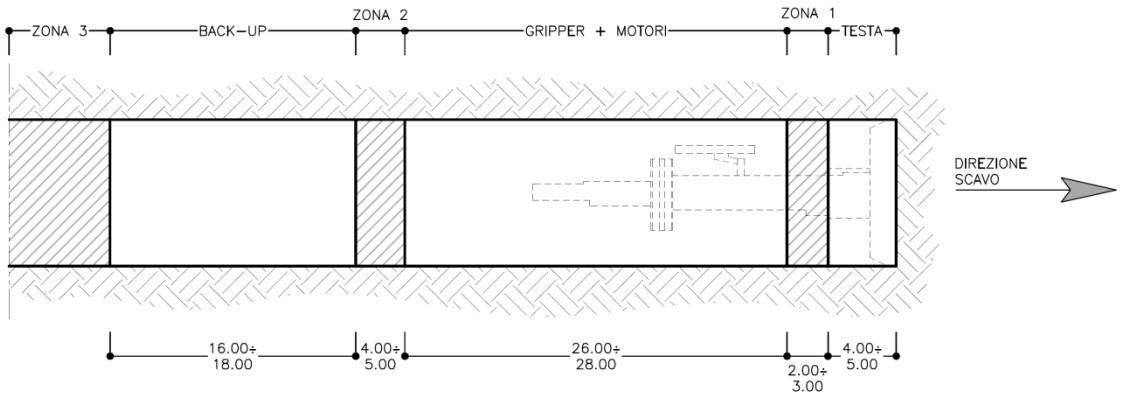


Figura 35 – Schema indicativo zone di lavoro per scavo con fresa aperta

Nella zona 1, ubicata a tergo della testa a circa 4,0÷5,0 m di distanza dal fronte di scavo, si provvederà al posizionamento lungo il profilo di scavo di *liner plates* costituiti da 2 profilati UPN 140 laterali e 1 profilato HEB 140 centrali chiusi superiormente da una lastra metallica di spessore 5,0 mm, per uno sviluppo longitudinale di ciascun elemento pari a 1,0 m. I liner plates saranno disposti a passo 1,0 m, in affiancamento l'uno con l'altro, ad una distanza massima dalla coda della testa pari a 1,00 m.

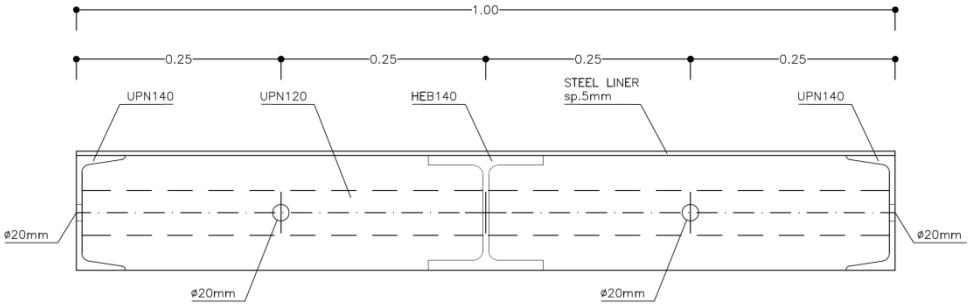


Figura 36 – Liner plates

Nella zona 2, a circa 35,0 m dal fronte dietro alla TBM, si provvederà alla posa in opera del concio prefabbricato di base, appoggiato su uno strato di malta di allettamento di spessore sp=20,0 cm, mentre nella zona 3 retrostante (dietro al back-up) si realizzerà uno strato di spritz-beton di spessore sp=15,0 cm.

Da ultimo verrà posta in opera l'impermeabilizzazione e si provvederà al getto del rivestimento definitivo.

6.6.7.3 Interventi previsti

La sezione tipo MB0 è costituita dai seguenti interventi:

- Liner plates costituiti da 2 profilati UPN 140 + 1 profilato HEB 140 + piastra metallica di spessore sp.=5,0 mm disposti a passo 1,0 m;
- Spritz-beton al contorno sp. 15,0 cm;
- Concio di base in C.A.;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,55 m;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.6.7.4 Variabilità

Non è prevista alcuna variabilità degli interventi

6.6.8 Sezione tipo MC1

6.6.8.1 Campo di applicazione

La sezione tipo MC1 è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, associata a situazioni geologiche differenti a seconda della copertura. In particolare:

- Coperture elevate (H > 150,0 m) – situazioni geologiche e geomeccaniche poco favorevoli (30 ≤ GSI ≤ 45) o zone di faglia (GSI ≤ 30 - damage zone);
- Coperture medie (H < 150,0 m) - zone di faglia (GSI ≤ 30 - damage zone).
- Coperture basse - zone di faglia (GSI ≤ 30 – core zone).

La sezione verrà applicata anche all'interno delle Argilliti di Montoggio, qualora si evidenzi un livello di fratturazione ed alterazione elevato (35 ≤ GSI ≤ 40) o all'interno di zone di faglia (GSI ≤ 25 - damage zone).

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo B/C "fronte stabile a breve termine"/"fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo elasto – plastico. I valori di convergenza saranno apprezzabili. Il confinamento del cavo avverrà mediante la tempestiva posa in opera di *liner plates* inglobati in uno strato di spritz-beton, sarà inoltre effettuato un intervento di consolidamento al contorno mediante tubi in PVC iniettati.

6.6.8.2 Fasi Esecutive

A partire dalla zona 1 di lavoro verrà eseguito un intervento di preconsolidamento in calotta mediante la posa in opera di 16 tubi in PVC Ø 60/10mm, attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 20,0 m e con sovrapposizione pari a 12,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 8,0 m.

Successivamente lo scavo verrà effettuato in meccanizzato con l'utilizzo di una fresa aperta, prevedendo avanzamenti massimi di lunghezza pari a 1,0 m (eventualmente riducibili qualora nel corso degli scavi si riscontrino condizioni geomeccaniche peggiori rispetto alle previsioni).

La TBM prevede differenti zone di lavoro, ubicate a distanze differenti dal fronte di scavo, come indicato schematicamente nella seguente figura:

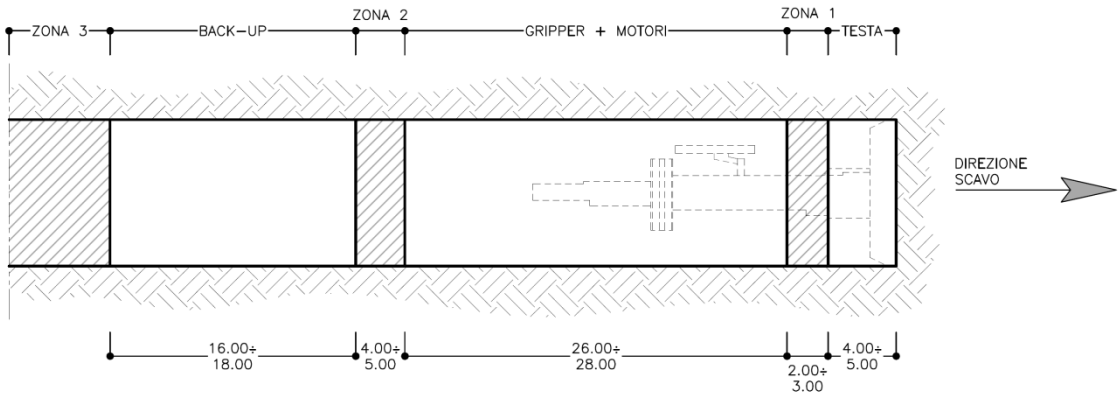


Figura 37 – Schema indicativo zone di lavoro per scavo con fresa aperta

Nella zona 1, ubicata a tergo della testa a circa 4,0÷5,0 m di distanza dal fronte di scavo, si provvederà al posizionamento lungo il profilo di scavo di *liner plates* costituiti da 2 profilati UPN 140 laterali e 1 profilato HEB 140 centrali chiusi superiormente da una lastra metallica di spessore 5,0 mm, per uno sviluppo longitudinale di ciascun elemento pari a 1,0 m. I liner plates saranno disposti a passo 1,0 m, in affiancamento l'uno con l'altro, ad una distanza massima dalla coda della testa pari a 1,00 m.

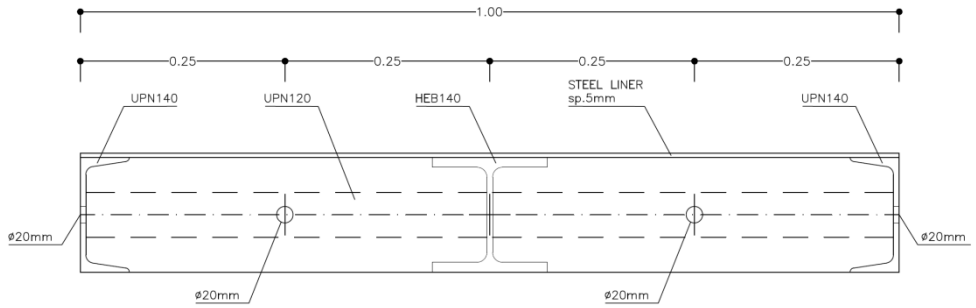


Figura 38 – Liner plates

Nella zona 2, a circa 35,0 m dal fronte dietro alla TBM, si provvederà alla posa in opera del concio prefabbricato di base, appoggiato su uno strato di malta di allettamento di spessore sp=20,0 cm, mentre nella zona 3 retrostante (dietro al back-up) si realizzerà uno strato di spritz-beton di spessore sp=15,0 cm.

Da ultimo verrà posta in opera l'impermeabilizzazione e si provvederà al getto del rivestimento definitivo.

6.6.8.3 Interventi previsti

La sezione tipo MC1 è costituita dai seguenti interventi:

- Preconsolidamento al contorno con n°16 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=20,0 m sovrapposizione 12,0 m;
- Liner plates costituiti da 2 profilati UPN 140 + 1 profilato HEB 140 + piastra metallica di spessore sp.=5,0 mm disposti a passo 1,0 m;
- Spritz-beton al contorno sp. 15,0 cm;
- Concio di base in C.A.;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,55 m;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.6.8.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,00 m	1,00 m
Intervento di preconsolidamento al contorno	12 tubi in PVC 60/10 L=20,0 m, sovrap. 12,0 m.	24 tubi in PVC 60/10 L=20,0 m, sovrap. 12,0 m.

Tabella 29 – Galleria Scolmatrice – Scavo meccanizzato - Sezione tipo MC1 - Variabilità

6.6.9 Sezione tipo MC2

6.6.9.1 Campo di applicazione

La sezione tipo MC2 è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola, associata a situazioni geologiche differenti a seconda della copertura. In particolare:

- Coperture elevate (H > 150,0 m) – situazioni geologiche e geomeccaniche poco favorevoli (30 ≤ GSI ≤ 45) o zone di faglia (GSI ≤ 30 - damage zone);
- Coperture medie (H < 150,0 m) - zone di faglia (GSI ≤ 30 - core zone).

La sezione verrà applicata anche all'interno delle Argilliti di Montoggio, qualora si evidenzi un livello di fratturazione ed alterazione elevato (35 ≤ GSI ≤ 40) o all'interno di zone di faglia (GSI ≤ 25 - damage zone).

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo B/C "fronte stabile a breve termine"/"fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo elasto – plastico. I valori di convergenza saranno apprezzabili. Il confinamento del cavo avverrà mediante la tempestiva posa in opera di *liner plates* inglobati in uno strato di spritz-beton, sarà inoltre effettuato un intervento di consolidamento al contorno mediante tubi in PVC iniettati.

6.6.9.2 Fasi Esecutive

A partire dalla zona 1 di lavoro verrà eseguito un intervento di preconsolidamento in calotta mediante la posa in opera di 32 tubi in PVC Ø 60/10mm, attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 20,0 m e con sovrapposizione pari a 12,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 8,0 m.

Successivamente lo scavo verrà effettuato in meccanizzato con l'utilizzo di una fresa aperta, prevedendo avanzamenti massimi di lunghezza pari a 1,0 m (eventualmente riducibili qualora nel corso degli scavi si riscontrino condizioni geomeccaniche peggiori rispetto alle previsioni).

La TBM prevede differenti zone di lavoro, ubicate a distanze differenti dal fronte di scavo, come indicato schematicamente nella seguente figura:

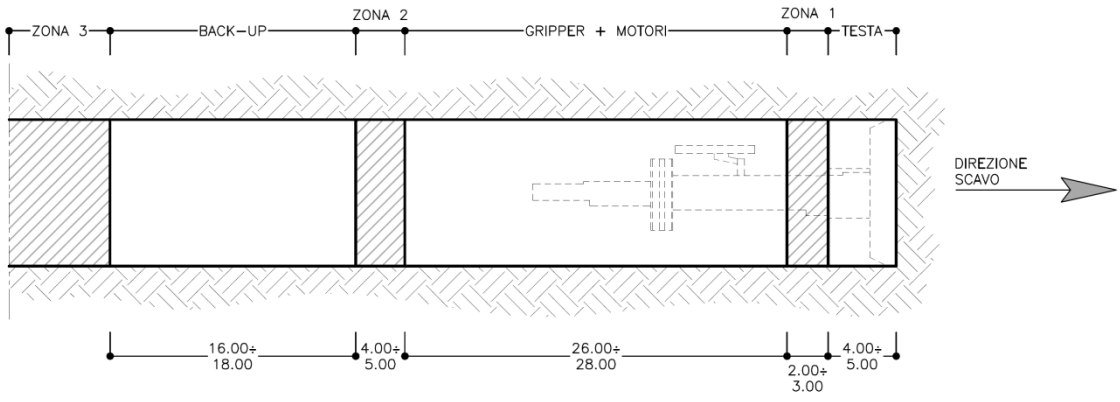


Figura 39 – Schema indicativo zone di lavoro per scavo con fresa aperta

Nella zona 1, ubicata a tergo della testa a circa 4,0÷5,0 m di distanza dal fronte di scavo, si provvederà al posizionamento lungo il profilo di scavo di *liner plates* costituiti da 2 profilati UPN 140 laterali e 1 profilato HEB 140 centrali chiusi superiormente da una lastra metallica di spessore 5,0 mm, per uno sviluppo longitudinale di ciascun elemento pari a 1,0 m. I liner plates saranno disposti a passo 1,0 m, in affiancamento l'uno con l'altro, ad una distanza massima dalla coda della testa pari a 1,00 m.

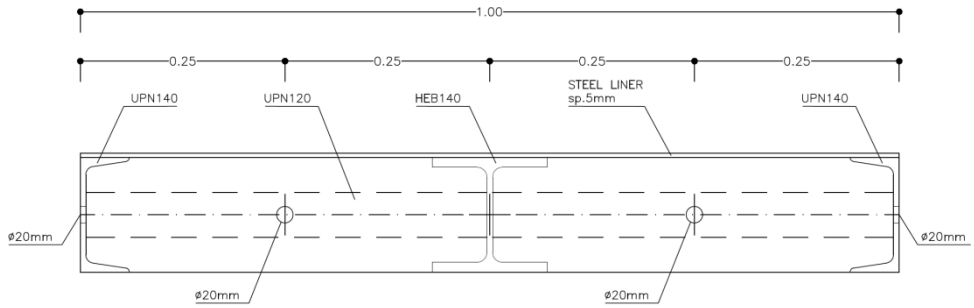


Figura 40 – Liner plates

Nella zona 2, a circa 35,0 m dal fronte dietro alla TBM, si provvederà alla posa in opera del concio prefabbricato di base, appoggiato su uno strato di malta di allettamento di spessore sp=20,0 cm, mentre nella zona 3 retrostante (dietro al back-up) si realizzerà uno strato di spritz-beton di spessore sp=15,0 cm.

Da ultimo verrà posta in opera l'impermeabilizzazione e si provvederà al getto del rivestimento definitivo.

6.6.9.3 Interventi previsti

La sezione tipo MC2 è costituita dai seguenti interventi:

- Preconsolidamento al contorno con n°32 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=20,0 m sovrapposizione 12,0 m;
- Liner plates costituiti da 2 profilati UPN 140 + 1 profilato HEB 140 + piastra metallica di spessore sp.=5,0 mm disposti a passo 1,0 m;
- Spritz-beton al contorno sp. 15,0 cm;
- Concio di base in C.A.;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,55 m;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.6.9.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,00 m	1,00 m
Intervento di preconsolidamento al contorno	24 tubi in PVC 60/10 L=20,0 m, sovrap. 12,0 m.	38 tubi in PVC 60/10 L=20,0 m, sovrap. 12,0 m.

Tabella 30 – Galleria Scolmatrice – Scavo meccanizzato - Sezione tipo MC2 - Variabilità

6.6.10 Sezione tipo MC3

6.6.10.1 Campo di applicazione

La sezione tipo MC3 è prevista per scavi all'interno della formazione del Flysh di Monte Antola in caso di attraversamento di zone di faglia (core zone) in configurazioni di alta copertura (H > 150,0 m).

La sezione verrà applicata anche all'interno delle Argilliti di Montoggio, sempre per l'attraversamento di zone di faglia (GSI ≤ 25 – core zone).

In questo caso la categoria di comportamento allo scavo è di tipo C "a fronte instabile", con fenomeni deformativi in campo plastico; ne deriva la necessità di impiegare interventi sistematici di consolidamento al contorno del cavo al fine di determinare artificialmente l' "effetto arco" a seguito dell'apertura dello scavo nonché importanti azioni di pre-confinamento del fronte di scavo finalizzati a contenere i fenomeni deformativi del nucleo in profondità.

6.6.10.2 Fasi Esecutive

A partire dalla zona 1 di lavoro verrà eseguito un intervento di preconsolidamento in calotta mediante la posa in opera di 32 tubi in PVC Ø 60/10mm, attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 20,0 m e con sovrapposizione pari a 12,0 m. Il campo di avanzamento è quindi di 8,0 m.

Verrà inoltre eseguito un intervento di consolidamento al fronte mediante la posa in opera di 16 tubi in PVC Ø 60/10mm, anch'essi attrezzati mediante 2 vlv/m iniettate ad alta pressione, di lunghezza pari a 20,0 m e con sovrapposizione pari a 12,0 m.

Successivamente lo scavo verrà effettuato in meccanizzato con l'utilizzo di una fresa aperta, prevedendo avanzamenti massimi di lunghezza pari a 1,0 m (eventualmente riducibili qualora nel corso degli scavi si riscontrino condizioni geomeccaniche peggiori rispetto alle previsioni).

La TBM prevede differenti zone di lavoro, ubicate a distanze differenti dal fronte di scavo, come indicato schematicamente nella seguente figura:

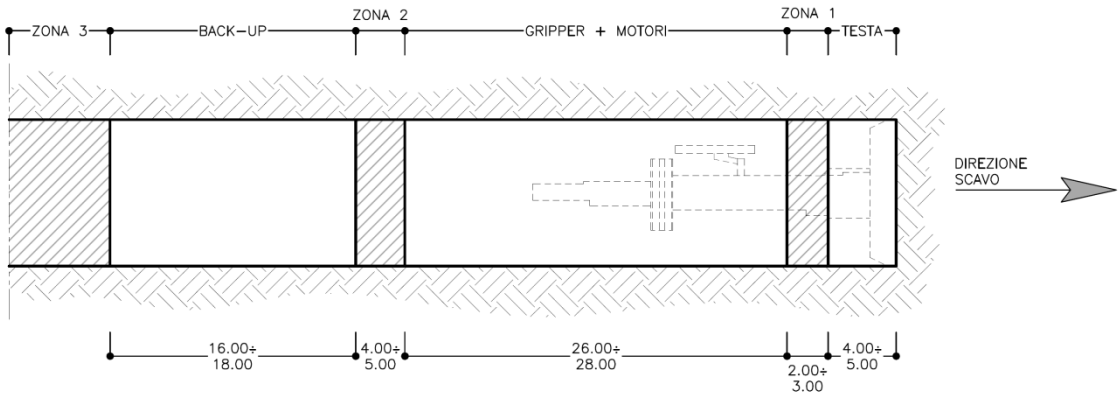


Figura 41 – Schema indicativo zone di lavoro per scavo con fresa aperta

Nella zona 1, ubicata a tergo della testa a circa 4,0÷5,0 m di distanza dal fronte di scavo, si provvederà al posizionamento lungo il profilo di scavo di *liner plates* costituiti da 2 profilati UPN 140 laterali e 1 profilato HEB 140 centrali chiusi superiormente da una lastra metallica di spessore 5,0 mm, per uno sviluppo longitudinale di ciascun elemento pari a 1,0 m. I liner plates saranno disposti a passo 1,0 m, in affiancamento l'uno con l'altro, ad una distanza massima dalla coda della testa pari a 1,00 m.

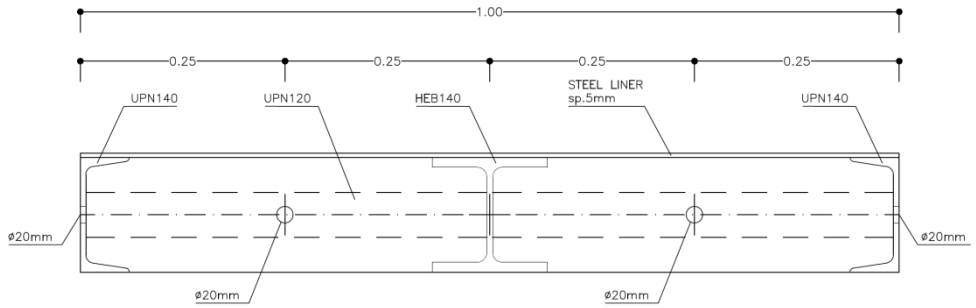


Figura 42 – Liner plates

Nella zona 2, a circa 35,0 m dal fronte dietro alla TBM, si provvederà alla posa in opera del concio prefabbricato di base, appoggiato su uno strato di malta di allettamento di spessore sp=20,0 cm, mentre nella zona 3 retrostante (dietro al back-up) si realizzerà uno strato di spritz-beton di spessore sp=15,0 cm.

Da ultimo verrà posta in opera l'impermeabilizzazione e si provvederà al getto del rivestimento definitivo.

6.6.10.3 Interventi previsti

La sezione tipo MC3 è costituita dai seguenti interventi:

- Preconsolidamento al contorno con n°32 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=20,0 m sovrapposizione 12,0 m;
- Preconsolidamento al fronte con n°16 tubi in PVC Ø60,0 mm, sp.=10,0 mm valvolati (2 vlv/m) e iniettati, L=20,0 m sovrapposizione 12,0 m;
- Liner plates costituiti da 2 profilati UPN 140 + 1 profilato HEB 140 + piastra metallica di spessore sp.=5,0 mm disposti a passo 1,0 m;
- Spritz-beton al contorno sp. 15,0 cm;
- Concio di base in C.A.;
- Rivestimento definitivo in C.A. di spessore 0,55 m;
- Impermeabilizzazione con teli in PVC.

6.6.10.4 Variabilità

Qualora dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori minimi previsti nei range geomeccanici di applicazione e dai rilievi di convergenza si evidenzi un quadro deformativo tendente verso il massimo del campo di variabilità atteso, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte superiore delle variabilità; qualora invece dai rilievi del fronte emerga una situazione geomeccanica riferibile ai valori massimi previsti ed emerga un quadro deformativo verso il minimo del range previsto, l'intensità degli interventi potrà essere variata posizionandosi nella parte inferiore delle variabilità.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Sfondo	1,00 m	1,00 m
Preconsolidamento al fronte	12 tubi in PVC 60/10 L=20,0 m, sovrap. 12,0 m.	20 tubi in PVC 60/10 L=20,0 m, sovrap. 12,0 m.

Intervento	Applicazione minima	Applicazione massima
Intervento di preconsolidamento al contorno	24 tubi in PVC 60/10 L=20,0 m, sovrap. 12,0 m.	38 tubi in PVC 60/10 L=20,0 m, sovrap. 12,0 m.

Tabella 31 – Galleria Scolmatrice – Scavo meccanizzato - Sezione tipo MC3 - Variabilità

7 SISTEMA DI MONITORAGGIO

Si presenta nel seguito il programma di monitoraggio di massima che si intende adottare per il controllo tenso-deformativo in corso d'opera dell'ammasso interessato dagli scavi previsti per l'esecuzione dell'opera.

Per la descrizione dettagliata delle caratteristiche e le modalità esecutive del programma predisposto si rimanda all'apposita relazione (BIS2E-R-OST00-RE05 "Relazione di monitoraggio"). L'insieme dei dati di monitoraggio concorrerà alla determinazione delle informazioni necessarie per la gestione dell'applicazione delle sezioni tipo, e per la definizione dell'intensità degli interventi e delle cadenze lavorative.

7.1 Monitoraggio in galleria

Per gli avanzamenti in sotterraneo, il programma di monitoraggio previsto prevede l'esecuzione di:

- rilievo geologico sistematico dei fronti di scavo;
- stazioni di misura delle convergenze (sia sui rivestimenti di prima fase che sui rivestimenti definitivi);
- stazioni di misura dello stato tensionale convergenze (sia sui rivestimenti di prima fase che sui rivestimenti definitivi);
- stazioni speciali (misura dello stato tensionale dei rivestimenti, di prima fase e definitivi, dello stato deformativo dell'ammasso al contorno del cavo e delle eventuali pressioni neutre a tergo dei rivestimenti).

7.2 Monitoraggio da piano campagna

Per il monitoraggio da piano campagna si prevede:

- Monitoraggio profondo dello stato deformativo dell'ammasso (inclinometri);
- Monitoraggio profondo dello stato di falda (piezometri);
- Monitoraggio dello stato deformativo a piano campagna;

7.3 Monitoraggio degli edifici

Per il monitoraggio degli edifici presenti in prossimità dell'area interessata dagli scavi si prevede:

- Monitoraggio topografico degli edifici;
- Monitoraggio delle vibrazioni indotte dalle operazioni di scavo.

8 CONCLUSIONI

La presente relazione di Linee Guida si inserisce tra i documenti previsti nell'ambito del Progetto Esecutivo del 2° Lotto dei lavori per la realizzazione della galleria Scolmatrice del torrente Bisagno, in comune di Genova.

L'intervento oggetto dell'affidamento di progettazione esecutiva comprende nello specifico il complesso delle opere di presa e sistemazione dell'alveo Bisagno, la galleria Scolmatrice con sviluppo complessivo di 6500 m circa da scavarsi con sistema meccanizzato e gli interventi connessi allo sbocco a mare presso la spiaggia di San Giuliano, con il completamento del manufatto di convergenza della galleria Bisagno sulla galleria Scolmatrice del torrente Fereggiano, i cui lavori sono in corso di completamento.

Dopo una sintetica descrizione delle caratteristiche principali dell'opera e della metodologia di sviluppo della progettazione, si è riportato un inquadramento del contesto geologico, idrogeologico e geomorfologico in cui verranno realizzate le gallerie.

Successivamente si sono descritte in dettaglio le sezioni tipo previste per ciascun tratto in sotterraneo, considerando per ciascuna di esse il campo di applicazione, le fasi costruttive, gli interventi da eseguire e il campo di variabilità degli interventi. La determinazione della variazione degli interventi di sostegno sarà eseguita in corso d'opera confrontando i parametri geomeccanici desunti dai rilievi del fronte con il quadro geomeccanico di progetto ed esaminando il comportamento deformativo del cavo sulla base del confronto tra i valori misurati in situ e quelli attesi, riportati al capitolo 5.

Da ultimo si è riportata una breve sintesi dei monitoraggi da effettuare in corso d'opera, necessari per la gestione delle variabilità previste in progetto.