



# ANAS s.p.a.

Direzione Generale

## DG 87/03

### AUTOSTRADA SALERNO-REGGIO CALABRIA

LAVORI DI AMMODERNAMENTO ED ADEGUAMENTO AL TIPO 1A DELLE NORME CNR/80 DAL KM 423+300 (SVINCOLO DI SCILLA INCLUSO) AL KM 442+920

CODICE UNICO PROGETTO: F31 B05000070001



IMPREGILO - CONDOTTE

## Reggio Calabria - Scilla societa' consortile per azioni

RC - SCILLA S.p.A.  
Ing. Cristiano Zedda

### PROGETTO ESECUTIVO

0	301106	PRIMA EMISSIONE	REDAATTO	VERIFICATO	APPROVATO
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAATTO	VERIFICATO	APPROVATO

OGGETTO:

**LINEE GUIDA  
PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO  
IN GALLERIA NATURALE**

LO411F PE XX STN A02 0000000 000 GEN RE001 0

SCALA:

### RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROGETTISTI

 **C. LOTTI & ASSOCIATI**  
SOCIETA' DI INGEGNERIA S.p.A. - ROMA

MANDATARIA

Responsabile integrazione prestazioni specialistiche  
Prof. Ing. *Marius Camera*

**ESSE di**  
Società di Ingegneria s.r.l.

**S.T.E. s.r.l.**  
Structure and Transport Engineering

**SINT Ingegneria** Dott. *Guido Venturini*  
ORDINE INGEGNERI n. 13055

**INGEGNERI CONSULENTI**

MANDANTI

Il Geologo Dott. Guido Venturini

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO Dott. Ing. Sergio Lagrotteria

*Sergio Lagrotteria*

**LINEE GUIDA  
PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO  
IN GALLERIA NATURALE**

**INDICE**

<b>1. PREMESSA</b>	<b>4</b>
<b>2. LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO E DELLE RELATIVE VARIABILITA'</b>	<b>8</b>
<b>2.1. QUDARO GEOLOGICO</b>	<b>8</b>
<b>2.2. ELEMENTI BASE PER LA SCELTA DELLE SEZIONI TIPO</b>	<b>10</b>
2.2.1. Caratteristiche geologiche - geomeccaniche dell'ammasso	10
2.2.2. Risposta deformativa del fronte e del cavo	10
<b>2.3. VARIABILITÀ DELLE SEZIONI TIPO</b>	<b>13</b>
2.3.1. Generalità	13
2.3.2. Applicazione delle sezioni tipo in corso d'opera	14
<b>3. VALORI DEFORMATIVI DI SOGLIA</b>	<b>17</b>
<b>4. RILIEVI DEL FRONTE</b>	<b>18</b>
<b>4.1. APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO</b>	<b>20</b>
<b>4.2. Galleria Monacena</b>	<b>21</b>
4.2.1. Valori di soglia	21
4.2.2. Sezioni tipo B0	21
4.2.3. Sezioni tipo B2	23
4.2.4. Sezioni tipo B2*	24
4.2.5. Sezioni tipo C2	26
4.2.6. Applicazione di una diversa sezione tipo	28
<b>4.3. Galleria Paci</b>	<b>28</b>

4.3.1.	Valori di soglia	28
4.3.2.	Sezioni tipo B0	30
4.3.3.	Sezione tipo B1	31
4.3.4.	Sezioni tipo B2	33
4.3.5.	Sezioni tipo B2*	35
4.3.6.	Sezioni tipo C2	36
4.3.7.	Applicazione di una diversa sezione tipo	38
<b>4.4.</b>	<b>Galleria Pilone</b>	<b>39</b>
4.4.1.	Valori di soglia	39
4.4.2.	Sezioni tipo B0	39
4.4.3.	Sezioni tipo B2	41
4.4.4.	Sezioni tipo B2*	43
4.4.5.	Sezioni tipo C2	44
4.4.6.	Sezioni tipo C1	46
4.4.7.	Applicazione di una diversa sezione tipo	47
<b>4.5.</b>	<b>Galleria Piale</b>	<b>49</b>
4.5.1.	Valori di soglia	49
4.5.2.	Sezioni tipo B0	49
4.5.3.	Sezioni tipo B2	51
4.5.4.	Sezioni tipo B2*	53
4.5.5.	Sezioni tipo C2	54
4.5.6.	Sezioni tipo C1	56
4.5.7.	Sezioni tipo C1bis	57
4.5.8.	Applicazione di una diversa sezione tipo	58
<b>4.6.</b>	<b>Galleria Montecorno</b>	<b>60</b>
4.6.1.	Valori di soglia	60
4.6.2.	Sezione tipo B1	60
4.6.3.	Sezioni tipo C1	62
4.6.4.	Sezioni tipo C1bis	63
4.6.5.	Applicazione di una diversa sezione tipo	65
<b>5.</b>	<b>ALLEGATI</b>	<b>66</b>

## 1. PREMESSA

Il progetto esecutivo delle gallerie naturali dell'autostrada A3 Salerno Reggio Calabria, tra il Km 423+300 ed 442+920, è stato sviluppato attraverso:

- La caratterizzazione degli ammassi presenti lungo il tracciato, per mezzo dell'individuazione per tratte omogenee delle caratteristiche geomeccaniche (fase conoscitiva);
- La previsione di comportamento dell'ammasso allo scavo in assenza di interventi e la suddivisione del tracciato in sotterraneo in tratte a comportamento geomeccanico omogeneo in funzione dello stato tensionale agente e delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso (fase di diagnosi); a tal proposito si sono riconosciuti tre tipi di comportamento: **caso A: galleria a fronte stabile**, caratterizzata da fenomeni deformativi che evolvono in campo elastico, immediati e di entità trascurabile; **caso B: galleria a fronte stabile a breve termine**, caratterizzata da fenomeni di tipo elastico presso il fronte di scavo, che evolvono in campo elastoplastico con l'avanzamento del fronte; **caso C galleria a fronte instabile**, caratterizzata da fenomeni deformativi di tipo plastico fino al collasso che coinvolgono anche il fronte di scavo.
- l'individuazione, per ciascuna tratta definita omogenea, di sezioni tipo prevalenti e secondarie subordinate (fase di terapia).
- con l'ausilio di strumenti analitici e numerici le sezioni tipo prevalenti e secondarie sono state verificate nelle condizioni geomeccaniche più gravose e considerando i parametri geomeccanici rispettivamente minimi, medi e massimi all'interno del range di valori indicati sui profili geomeccanici per la tratta in esame.

Con le presenti "linee guida" s'intende creare uno strumento che definisce in sede di progetto esecutivo, quali saranno i criteri, per ogni galleria, che si adotteranno in corso d'opera per:

- confermare la sezione tipo più adeguata, tra quelle già previste in una determinata tratta e riportate nei profili geomeccanici del progetto esecutivo (ipotesi 1 dello schema in fig. 1);
- variare gli interventi o scegliere le sezioni tipo, tra quelle secondarie previste nella tratta (ipotesi 2 dello schema di fig. 1);
- individuare una diversa sezione tipo, tra quelle previste nel progetto esecutivo della stessa galleria, qualora le condizioni realmente riscontrate risultino difformi da quelle ipotizzate nella tratta (ipotesi 3 dello schema in fig.1).

A tal proposito, per ogni sezione tipo prevista e nei vari contesti geomeccanici incontrati, si sono individuati i livelli deformativi di riferimento. E' evidente che tali valori ipotizzati servono a fornire indicazioni sul campo dei valori deformativi più probabili per le sezioni applicate in progetto e andranno comunque tarati in corso d'opera attraverso un processo di "back analysis" seguente all'elaborazione delle misure di monitoraggio.

Come schematizzato in fig.1, dal punto di vista operativo il G.C., supportato dal Progettista, avrà cura di tenere sotto controllo i dati provenienti dal monitoraggio, in particolare verificando che gli scavi avvengano nelle condizioni ipotizzate in progetto.

I dati del monitoraggio (misure, rilievi,...) verranno inoltrati con cadenza di 15gg. alla D.L.

Nel caso in cui il G.C. (Progettista), dopo l'analisi dei dati di monitoraggio, rilevasse difformità fra misure e/o rilievi e ipotesi di progetto, procederà a modificare le modalità di avanzamento in galleria nell'ambito di quanto prescritto nelle presenti Linee Guida.

A tal proposito il G.C., sentita la D.L., fornirà l'apposita documentazione, a firma del Progettista, all'Alta Sorveglianza ANAS per la necessaria approvazione.

La procedura in oggetto è valida per gli "adeguamenti" del progetto delle gallerie, intesi come variazione degli interventi di sostegno e consolidamento all'interno della variabilità prevista nell'ambito delle sezioni tipo sia per il ricorso a sezioni tipo non

previste nella tratta a comportamento geomeccanico omogeneo ma previste nell'ambito della galleria in realizzazione.

Le modalità, le funzioni e le figure specifiche coinvolte nell'ambito delle scelte da effettuare in fase di realizzazione e coinvolte nel processo di cui sopra verranno definite nelle opportune procedure del Sistema Qualità.

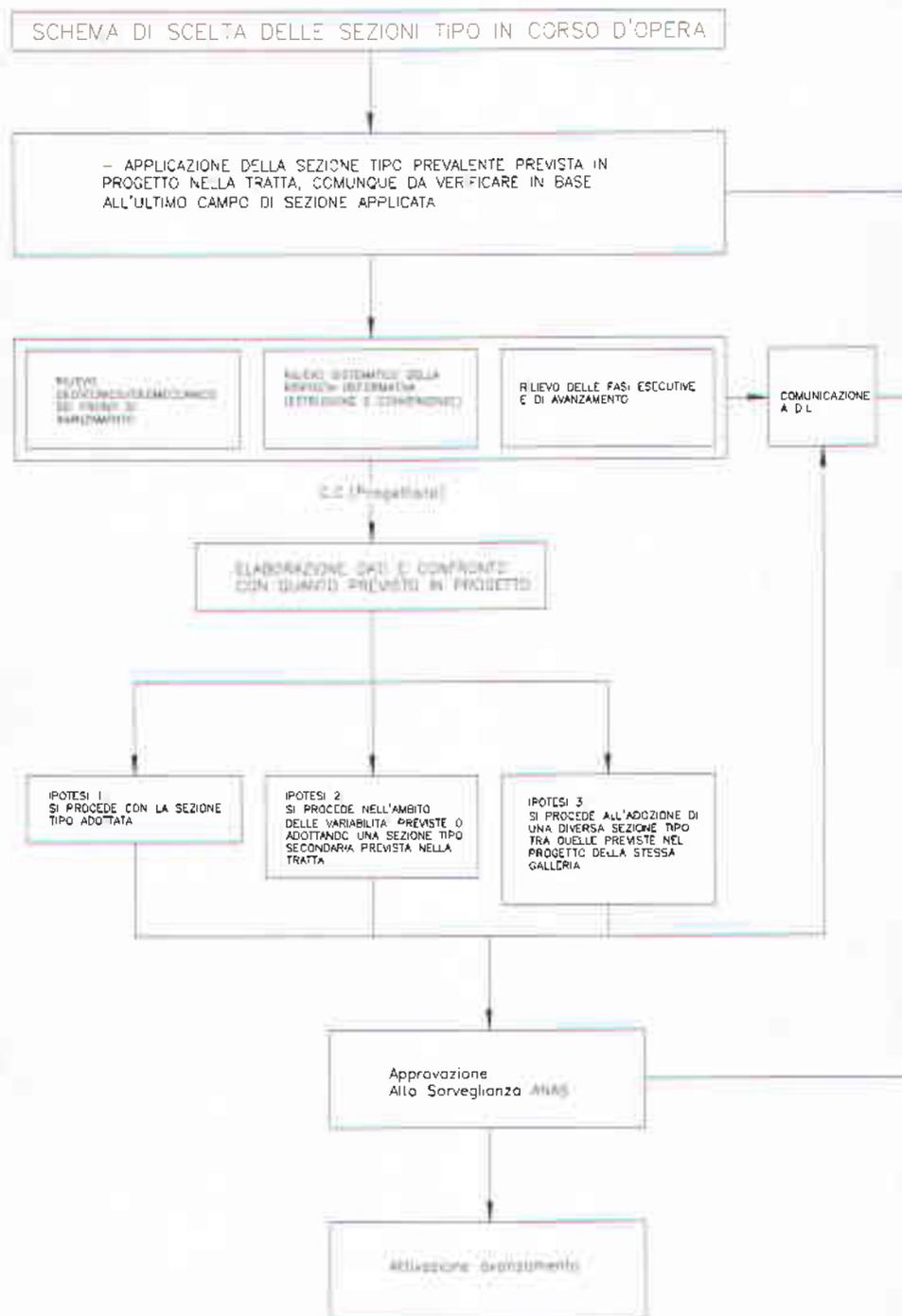


Fig.1 - LINEE GUIDA: SCHEMA A BLOCCHI

## 2. LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO E DELLE RELATIVE VARIABILITA'

### 2.1. QUDARO GEOLOGICO

La nuova campagna di indagine geognostica ha consentito di approfondire, nei limiti fisici imposti in alcuni casi dall'accessibilità dei luoghi, la previsione del contesto geologico di riferimento; è evidente che, per quanto concerne lo scavo delle gallerie, la realtà delle condizioni geomeccaniche sarà quella riscontrata all'atto della costruzione. Le rocce affioranti nell'area indagata, interessata dal tracciato dell'opera, possono essere ricondotte a due unità lito-stratigrafiche:

- Rocce appartenenti al basamento cristallino di età Paleozoica;
- Rocce e depositi appartenenti a sequenze sedimentarie di età Terziario – Quaternaria, riconducibili ad ambienti di sedimentazione sia marina sia continentale, compresi i depositi Olocenici.

Le rocce del basamento cristallino affioranti nell'area rilevata fanno parte dell'Unità dell'Aspromonte Auct.

In particolare si distinguono i seguenti litotipi:

- Paragneiss (Pg): si tratta di gneiss biotitici di colore bruno composti prevalentemente da quarzo, plagioclasio, biotite, muscovite. Ai paragneiss sono associati corpi minori di migmatiti e gneiss migmatitici. (il principale costituisce la Rocca di Scilla), rari filoni e/o masse e di rocce basiche e filoni aplitici leucocratici. All'interno dell'area studiata i paragneiss sono diffusi tra la fiumara S.Trada e i piani di Bova: interessano il tracciato in progetto, circa tra le progressive 426+100 e la 426+800;
- Scisti biotitici (Sb): Micascisti biotitici a grana fine pervasivamente foliati e di aspetto rugginoso a causa dell'alterazione della biotite. Presentano composizioni mineralogiche simili e sono strettamente associati ai paragneiss sopradescritti. All'interno dell'area studiata i micascisti affiorano prevalentemente nel settore

sottostante i piani di Bova; interessano il tracciato in progetto, tra le progressive 425+212 e la 425+493

- Ortogneiss (Og): si tratta di gneiss occhiadini biotitici a grana media, caratterizzati da una foliazione generalmente abbastanza pervasiva. Affiorano diffusamente tra Scilla e la fiumara S. Trada, strutturalmente e topograficamente sovrapposti ai paragneiss. Plutoniti (Pl): graniti di colore bianco-rosato e minori corpi di granodioriti talora debolmente foliati, caratterizzati da tessiture magmatiche primarie ben preservate. Nella zona di Campo Piale i graniti risultano sistematicamente soggetti a fenomeni diffusi e pervasivi di alterazione chimico-fisica che ne deteriorano le caratteristiche reologiche primarie. Si presentano infatti caratterizzati da una forma di degradazione sferoidale che determina la formazione di corpi da centimetrici a metrici, arrotondati, isolati in una "matrice" quasi completamente incoerente, scarsamente coesiva e facilmente disgregabile. I metagraniti affiorano con buona continuità tra la Fiumara S. Trada e la zona di Campo Piale tra le progressive 427 + 300 e 430 + 800.

La parte sommitale del basamento Paleozoico, in tutta l'area di indagine e per potenze comprese tra 5 e 40 metri circa al di sotto della superficie topografica, è caratterizzata da una fascia di alterazione da mediamente ad estremamente sviluppata. L'alterazione è pertanto più sviluppata nei metagraniti, caratterizzati da abbondante feldspato nella composizione mineralogica.

Ai di sopra del basamento cristallino Paleozoico è presente, esclusivamente nel settore a sud di Piale, una successione sedimentaria di età compresa tra il Tortoniano (Miocene) ed il Pleistocene. All'interno di tale serie è possibile distinguere una sequenza di depositi marini sigillati verso l'alto stratigrafico da un orizzonte diacrono di depositi verosimilmente continentali

## **2.2. ELEMENTI BASE PER LA SCELTA DELLE SEZIONI TIPO**

### **2.2.1. Caratteristiche geologiche - geomeccaniche dell'ammasso**

Gli ammassi incontrati lungo il tracciato sono stati raggruppati in tratte geotecnicamente omogenee.

A ciascuna formazione in ogni tratta omogenea sono stati attribuiti in sede di progetto campi di variazione dei parametri geomeccanici di resistenza ( $c'$ ,  $\phi'$ ), corrispondenti alle possibili variabilità che l'ammasso può presentare (vedi Rel. Geotecnica).

Tali campi di variazione individuano in particolare una fascia compresa tra la curva di resistenza residua e la curva di resistenza di picco, che definisce univocamente ciascuna tratta da un punto di vista geomeccanico.

Nel corso dei lavori, gli ammassi saranno caratterizzati sulla base delle caratteristiche litologiche, strutturali, idrogeologiche che si evidenziano sul fronte alla scala della galleria, attraverso rilievi analitici e rilievi speditivi.

In particolare, nell'ambito dei rilievi analitici, avvicinandosi in corrispondenza di zone particolarmente "critiche", sarà possibile effettuare un sondaggio in avanzamento per verificare in anticipo la qualità degli ammassi prevista nel progetto esecutivo.

In generale per la parametrizzazione degli ammassi al fronte e cioè per la definizione dei parametri geotecnici si fa ricorso ai tipi di classificazione riportati nella Relazione tecnica e di calcolo (classificazione di Benjawski) e/o a valutazioni dirette attraverso determinazioni sperimentali (prove in situ e/o laboratorio, sondaggi in avanzamento...) da effettuare durante i rilievi analitici.

### **2.2.2. Risposta deformativa del fronte e del cavo**

La risposta deformativa che si sviluppa all'atto dello scavo si genera a monte del fronte nella zona influenzata dallo stesso, generalmente per un'ampiezza pari al diametro di

scavo; tale risposta si manifesta dapprima al fronte di avanzamento con fenomeni di estrusione e di preconvergenza al fronte, e poi al contorno del cavo con fenomeni di convergenza. Quindi i fenomeni deformativi che si sviluppano, rappresentati da estrusione, preconvergenza e convergenza dipendono direttamente o indirettamente dalla rigidità del nucleo di avanzamento.

La risposta deformativa dipende dalle caratteristiche geomeccaniche e dagli stati tensionali in gioco. In fase costruttiva la corretta interpretazione del comportamento tenso-deformativo al fronte e al contorno del cavo richiede un'analisi congiunta di tutti i dati provenienti dal monitoraggio (rilievo geologico del fronte, misure di estrusione, di convergenza e di subsidenza, monitoraggio delle perforazioni eseguite in avanzamento per l'esecuzione dei consolidamenti in termini di variazione della velocità di perforazione, eventuale presenza di acqua, sgrottamenti del foro...).

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

- tipologia ed intensità degli interventi di prima fase
- fasi di avanzamento degli scavi.

Nel corso dei lavori il rilievo della risposta deformativa del fronte e del cavo verrà eseguito secondo le indicazioni contenute nel progetto di monitoraggio.

La frequenza con cui procedere al rilievo della risposta deformativa del fronte e del cavo durante gli avanzamenti è indicata nel progetto esecutivo (cfr. Relazione di monitoraggio), in funzione della categoria di comportamento prevista per la tratta in esame.

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

Nel corso dei lavori dovranno essere rilevate le fasi esecutive e le cadenze di avanzamento.

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

## 2.3. VARIABILITÀ DELLE SEZIONI TIPO

### 2.3.1. Generalità

Il progetto esecutivo, attraverso la caratterizzazione degli ammassi presenti lungo il tracciato (fase conoscitiva) e la successiva fase di previsione di comportamento dell' ammasso allo scavo in assenza di interventi (fase di diagnosi) ha definito le tratte aventi un comportamento geomeccanico prevalente e secondario omogeneo, attribuendone la relativa categoria di comportamento (A,B,C).

All'interno di ciascuna tratta, in sede di progetto esecutivo (fase di terapia), sono state quindi definite più sezioni tipo con le relative percentuali di applicazione che risultano funzione delle caratteristiche geologiche rilevate dell' ammasso nella tratta in esame.

La distribuzione delle varie sezioni tipo riportata all'interno di ogni tratta non deve tradursi in una rigida applicazione associata a determinate progressive del tracciato, bensì ad una previsione di utilizzo sull'intera tratta; in modo più "flessibile", quindi, in corso d'opera potrà essere applicata localmente o l'una o l'altra sezione tipo già prevista nella tratta a seconda delle condizioni geomeccaniche realmente riscontrate durante gli scavi; si prevede comunque che globalmente, o all'interno della medesima tratta o cumulando più tratte simili, saranno rispettate le lunghezze di applicazione previste per le varie sezioni tipo.

Le zone di faglia risultano generalmente di limitata estensione rispetto allo sviluppo delle altre tratte omogenee riconosciute all'interno di ogni galleria. All'interno di tali tratte tettonizzate, dove l'ammasso è stato classificato di IV-V classe RMR, si ha un tipo di comportamento del fronte allo scavo che può essere stabile a breve termine o instabile; in fase di terapia si sono quindi generalmente previste delle sezioni tipo B2, C2 o B1.

L'applicazione percentuale relativa di ciascuna sezione all'interno delle fasce tettoniche non va intesa come quantità assoluta da associare a quella tratta, ma piuttosto come una probabilità di applicazione nella tratta in esame; in fase progettuale tali percentuali sono state tarate sulle condizioni geologiche e geomeccaniche che mediamente ci si aspetta di incontrare nelle zone di faglia: le percentuali specificate si riferiscono quindi ad una distribuzione percentuale media da applicare nelle fasce tettoniche individuate; ciò non esclude che, a seconda delle reali condizioni geomeccaniche riscontrate in fase costruttiva, in ogni specifica zona tettonizzata possa essere applicata solo una delle sezioni riportate nei profili geomeccanici ed associate alle zone di faglia. Si prevede comunque che l'applicazione cumulata delle sezioni tipo nelle tratte cataclamate rispecchierà le previsioni di progetto.

### **2.3.2. Applicazione delle sezioni tipo in corso d'opera**

In corso d'opera lo schema operativo da seguire è indicato in fig.1.

All'inizio di ogni tratta omogenea prevista nel progetto la sezione da applicare sarà generalmente quella prevalente indicata nei profili geomeccanici per quella tratta, comunque da verificare con l'esito del monitoraggio ed in seguito all'applicazione dell'ultimo campo in naturale.

Durante gli avanzamenti vengono raccolti i dati riguardo la risposta deformativa del fronte e del cavo, le condizioni geologiche e geomeccaniche al fronte di avanzamento, le fasi esecutive e di avanzamento; la loro elaborazione consente di confrontare la situazione così riscontrata con quella di progetto; il progettista potrà procedere secondo lo schema, per punti, di seguito riportato:

1. Se il valore del RMR è compatibile con la classe prevista in progetto e lo stato deformativo rilevato è minore della soglia d'attenzione, si conferma la sezione tipo in corso di esecuzione;

2. Se il valore del RMR è maggiore di quello corrispondente alla classe prevista in progetto e lo stato deformativo rilevato è minore della soglia d'attenzione, si procede ad alleggerire gli interventi sulla sezione tipo e/o modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste. Nel caso, nonostante le procedure adottate, lo stato deformativo rilevato dovesse mantenersi al di sotto dei valori di attenzione e l'ammasso continuasse a mostrare una qualità migliore di quanto previsto si procede al cambio della sezione tipo;
3. Se il valore del RMR è minore di quello corrispondente alla classe prevista in progetto e lo stato deformativo rilevato risulta di poco superiore della soglia d'attenzione, ma inferiore alla soglia d'allarme, si procede ad intensificare gli interventi sulla sezione tipo e/o modificare le fasi esecutive nell'ambito delle variabilità previste. Nel caso, nonostante le procedure adottate, lo stato deformativo rilevato dovesse continuare a rimanere di poco superiore ai valori di soglia, ma inferiore ai valori di attenzione, e la qualità dell'ammasso continuasse a mostrare una qualità peggiore di quanto previsto si procede ad un cambio di sezione tipo.
4. Se il valore del RMR è minore di quello corrispondente alla classe prevista in progetto e lo stato deformativo rilevato è prossimo alla soglia d'allarme allora si procede al cambio della sezione tipo.

In ogni caso, quando viene superata la soglia di attenzione, si procederà ad intensificare le misure ed i rilievi da effettuare secondo quanto previsto nel piano di monitoraggio.

A valle dell'applicazione di una nuova sezione tipo, è buona norma eseguire un attento monitoraggio in galleria mediante misure di estrusione ad inizio, metà e fine campo, letture di convergenza ed eventualmente dei capisaldi da piano campagna eventualmente con frequenza giornaliera e comunque con modalità già descritte nella relazione di monitoraggio. Il quadro emerso verrà confrontato con quanto già rilevato nei campi precedenti, nonché con quanto riportato nella relazione di monitoraggio, al fine di verificare il corretto evolversi dello stato tenso-deformativo del fronte e del cavo.

Infine si precisa che il valore dell'indice RMR utilizzato per la classificazione geomeccanica degli ammassi, nel presente progetto, si riferisce alla classificazione di Bieniawski secondo la versione fornita nel 1989 (RMR-System 1989). La classificazione su detta tiene conto di quattro parametri determinabili sull'ammasso roccioso quali:

- resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta;
- indice RQD (Rock Quality Designation);
- spaziatura dei giunti;
- condizioni dei giunti (alterazione delle pareti, scabrezza, persistenza, apertura e materiale di riempimento);

A ciascun parametro, valutato in modo quantitativo, verrà assegnato un indice parziale (secondo le tabelle e i grafici proposti dall'Autore). Quindi la somma algebrica dei precedenti indici (il parametro relativo alla condizione idrogeologica verrà inserito con il suo massimo valore), fornirà il valore complessivo  $RMR_{89}$

### 3. Valori deformativi di soglia

Le misure del comportamento deformativo del fronte e del cavo permettono di stimare i margini di sicurezza rispetto a situazioni ultime di stabilità e quindi di poter eventualmente intervenire in una nuova taratura del progetto.

Le situazioni ultime possono essere rappresentate da valori di soglia delle misure di monitoraggio che risultano essere dei valori di riferimento limite rispetto alle ipotesi progettuali. Le soglie previste dipendono dalla esigenza di mantenere le deformazioni del terreno entro il campo oltre il quale si hanno cadute di resistenza, eventualmente fino a valori residui, evitando così l'instabilità. Il progetto esecutivo fornisce indicazioni sul campo dei valori di convergenza diametrale attesi per ogni sezione tipo, ottenuti nelle diverse condizioni geomeccaniche riscontrate nelle tratte in ogni galleria.

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

1. Determinazione dei valori di soglia : tali valori risultano essere dei valori di riferimento limite, rispetto alle ipotesi progettuali. I valori di soglia definiti in questa sede sono suffragati dall'esito delle modellazioni numeriche e dei modelli analitici (linee caratteristiche) utilizzati in fase di diagnosi e terapia.
2. Interpretazione dei dati di monitoraggio: la corretta interpretazione del comportamento tenso-deformativo al fronte e al contorno del cavo richiede un'analisi congiunta di tutti i dati provenienti dal monitoraggio.

I valori di soglia riportati nei paragrafi seguenti dovranno comunque essere tarati sulla base dei risultati di "back analysis" da effettuare a seguito delle misure di monitoraggio.

## 4. Rilievi del fronte

I rilievi del fronte, così come descritti nella Relazione di monitoraggio, si prefiggono di definire le caratteristiche dell'ammasso come la litologia, il grado ed il tipo di cementazione, la granulometria, lo stato (eventuale alterazione), l'assetto generale individuabile alla scala del fronte, la stratificazione, la scistosità.

Per gli ammassi rocciosi inoltre si possono definire le caratteristiche delle discontinuità come il tipo (faglia, fratture), la localizzazione e la giacitura, l'eventuale riempimento, la scabrezza, la resistenza. Inoltre possono essere individuate e localizzate le possibili venute d'acqua e l'ubicazione e le geometrie dei volumi di roccia potenzialmente soggetti a distacchi gravitativi.

Ogni informazione dedotta circa le caratteristiche dell'ammasso, può essere parametrizzata ed utilizzata per classificare la qualità della roccia nella tratta considerata.

Il metodo di classificazione geomeccanica degli ammassi rocciosi utilizzato nel presente progetto fa riferimento al sistema di classificazione di Bieniawski (1989), che si basa sul calcolo dell'indice RMR (Vd. Relazione Geotecnica).

Il valore di RMR può essere correlato al grado di qualità dell'ammasso secondo la classificazione proposta da Bieniawski (Vd. Relazione Geotecnica).

Ai fini della parametrizzazione geomeccanica specificatamente si può far riferimento all'indice GSI (Geological Strength Index) che può essere dedotto dal valore di RMR.

I rilievi verranno condotti secondo le frequenze e le modalità previste nella relazione di monitoraggio. In particolare:

- per gli ammassi rocciosi vengono indicati i rapporti stratigrafici tra litologie diverse e il loro assetto giaciturale;

- per i terreni vengono distinte le caratteristiche granulometriche, il grado d'alterazione, il tipo di cementazione e la consistenza, rilevabili microscopicamente in sito

I rilievi speditivi che vengono svolti in corso d'opera consentono già di evidenziare macroscopicamente le diverse situazioni in cui una formazione può presentarsi nell'ambito di una stessa tratta, come descritto, a titolo esemplificativo, nei punti seguenti:

- un ammasso che si presenta allentato, con giunti aperti e riempiti e/o fratturato, evidenzierà valori dei parametri geomeccanici della tratta prossimi alla curva intrinseca residua;

- un ammasso che al contrario si presenta serrato, poco fratturato e con giunti privi di riempimento, evidenzierà valori dei parametri geomeccanici prossimi alla curva intrinseca superiore;

- la presenza di acqua, anche sotto forma di stillicidi, soprattutto in presenza di litologie ricche di minerali argillosi, comportano valori dei parametri geomeccanici più prossimi alla curva intrinseca inferiore;

- nei terreni eterogenei, il rilievo speditivo consente già di riconoscere la eventuale presenza di coesione e cementazione e di riconoscere la presenza di porzioni granulari e quindi di prevedere il tipo di comportamento tenso-deformativo dell'ammasso.

#### 4.1. APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO

Gli elementi citati in precedenza consentiranno nel corso degli avanzamenti l'applicazione delle linee guida potendosi presentare 3 casi:

- 1) si procede con la sezione tipo prevalente prevista nella tratta;
- 2) si procede nell'ambito delle variabilità previste per la sezione stessa;
- 3) si procede all'adozione di una diversa sezione, tra quelle già previste nella tratta o, in casi limite, in altre tratte della stessa galleria.

Di seguito vengono descritte, per ogni galleria, le condizioni con cui procedere nei casi 2,3.

## 4.2. Galleria Monacena

### 4.2.1. Valori di soglia

I documenti di riferimento sono: "Profili Geomeccanici" (LO411E\_PE\_XX\_STN\_A04\_GN4001N\_000\_GET\_FG001\_0; LO411E\_PE\_XX\_STN\_A04\_GN4001S\_000\_GET\_FG001\_0), "Relazione Tecnica e di calcolo delle gallerie naturali" (LO411E\_PE\_XX\_STN\_XXX\_GN4001\_000\_STR\_RE001\_0) ed "Relazione di Monitoraggio" (LO411E\_PE\_XXX\_STN\_XXX\_GN4001\_000\_AMB\_RE001\_0).

GALLERIA	MONACENA			SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME	SOGLIA DI ALLARME
CLASSE	LITOTIPO	COPERTURA (m)	SEZIONE TIPO	CONVERGENZA (cm)	ESTRUSIONE (cm)	CONVERGENZA (cm)	ESTRUSIONE (cm)
IV	ORTOGNEISS	60	B0	Trasc.	-	Trasc.	-
IV	ORTOGNEISS	60	B2	Trasc.	-	Trasc.	-
IV	ORTOGNEISS	60	C2	4	5.5	5	8
IV	ORTOGNEISS	35	C2	Trasc.	4	4	6
IV	ZONA DI FAGLIA	35	C2	3.5	4	4.5	6
IV	ZONA DI FAGLIA	35	B2	Trasc.	-	Trasc.	-

N.B. Trasc. = Valori di convergenza minore di 3.0cm

### 4.2.2. Sezioni tipo B0

#### Campo di applicazione

La sezione tipo B0 è prevedibilmente applicabile in ammassi di discreta o scadente qualità (classe IV), laddove però i parametri geomeccanici risultano tali da far prevedere per la roccia un comportamento elastico o moderatamente elastoplastico

#### Interventi previsti

La sezione tipo B0 è costituita da:

- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;

- priverivestimento costituito da spritz beton armato con rete elettrosaldata (Rck 25MPa) fino ad uno spessore totale di 25 cm e due centine IPN 180 accoppiate ad interasse 1.0m ( $\pm 20\%$ );
  - impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
  - eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
  - rivestimento in cls (Rck 30MPa) dello spessore in calotta di 70 cm ed in arco rovescio di 90 cm;
1. Se i valori di convergenza misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto e se i rilievi daranno evidenza della qualità dell'ammasso ipotizzata nel progetto, si confermerà il tipo di sezione prevista (B0).
  2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato;
  3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati risulteranno di poco superiori ai valori di soglia (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso sarà peggiore rispetto a quella prevista. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi di poco superiori ai valori di soglia (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso continuasse ad essere peggiore di quella prevista, il progettista valuterà a procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste per le tratte in esame (B2,C2);
  4. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza misurati risulteranno prossimi alla soglia di allarme e se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

### 4.2.3. Sezioni tipo B2

#### B2 - Campo di applicazione

La sezione tipo B2 è prevedibilmente applicabile in ammassi rocciosi di scadente qualità, molto fratturati, eventualmente agli imbocchi, in presenza di coltri detritiche o di ammasso particolarmente allentato e alterato, e nelle zone di faglia; i parametri geomeccanici risultano tali da prevedere per la roccia un comportamento di tipo elastoplastico;

#### Interventi previsti

La sezione tipo B2 (campi di 8m) è costituita da:

- una corona di 49 ( $\pm 10\%$ ) infilaggi al contorno della calotta, da prevedersi preliminarmente allo scavo. Gli infilaggi sono realizzati con tubi metallici valvolati ogni metro, aventi diametro esterno  $\Phi$  88.9, spessore 125 mm, diametro di perforazione  $\Phi$  130 della lunghezza di 14 m, sovrapposti per 4,0 m con la serie successiva, laddove si rende necessario un successivo modulo;
- consolidamento al fronte costituito da 40 elementi strutturali in VTR cementati, L=14m con sovrapposizione 6 m;
- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
- prerivestimento con 2 centine IPN 180 accoppiate ad interasse di 1m ( $\pm 20\%$ ), spritz beton armato con rete elettrosaldata (Rck 25MPa) fino ad uno spessore totale di 25 cm;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- arco rovescio armato dello spessore di 90 cm (Rck 30MPa);
- impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
- rivestimento di calotta definitivo in cls armato (Rck 30MPa), spessore variabile da 75 cm a 145 cm a causa dell'inclinazione degli infilaggi;

1. Se i valori di convergenza misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto e se i rilievi daranno evidenza della qualità dell'ammasso ipotizzata nel progetto, si confermerà il tipo di sezione prevista (B2);
2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi al di sotto della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso mostrasse un miglioramento rispetto a quanto preventivato, il progettista valuterà se procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B2\*,B0);
3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi di poco superiori ai limiti di attenzione (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso continuasse a mostrare un valore peggiore di quanto previsto, il progettista valuterà a procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (C2);
4. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza misurati risulteranno prossimi alla soglia di allarme e se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

#### **4.2.4. Sezioni tipo B2\***

##### B2\* - Campo di applicazione

La sezione tipo B2\* è prevedibilmente applicabile in ammassi rocciosi di scadente qualità (classe RMR IV); i parametri geomeccanici risultano tali da prevedere per la roccia un comportamento di tipo elastoplastico, a fronte e cavo instabili.

### Interventi previsti

La sezione tipo B2\* (campi di 8m) è costituita da:

- una corona di 49 ( $\pm 10\%$ ) infilaggi al contorno della calotta, da prevedersi preliminarmente allo scavo. Gli infilaggi sono realizzati con tubi metallici valvolati ogni metro, aventi diametro esterno  $\Phi$  88.9, spessore 125 mm, diametro di perforazione  $\Phi$  130 della lunghezza di 14 m, sovrapposti per 4,0 m con la serie successiva, laddove si rende necessario un successivo modulo;
- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
- prerivestimento con 2 centine IPN 180 accoppiate ad interasse di 1m ( $\pm 20\%$ ), spritz beton armato con rete elettrosaldata (Rck 25MPa) fino ad uno spessore totale di 25 cm;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- arco rovescio armato dello spessore di 90 cm (Rck 30MPa);
- impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
- rivestimento di calotta definitivo in cls armato (Rck 30MPa), spessore variabile da 75 cm a 145 cm a causa dell'inclinazione degli infilaggi;

1. Se i valori di convergenza misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto e se i rilievi daranno evidenza della qualità dell'ammasso ipotizzata nel progetto, si confermerà il tipo di sezione prevista (B2\*);
2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati mostreranno un valore minore della soglia di

attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi al di sotto della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso mostrasse un miglioramento rispetto a quanto preventivato, il progettista valuterà se procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B0);

3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi di poco superiori ai limiti di attenzione (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso continuasse a mostrare una valore peggiore di quanto previsto, il progettista valuterà a procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B2, C2);
4. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza misurati risulteranno prossimi alla soglia di allarme e se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

#### **4.2.5. Sezioni tipo C2**

##### Campo di applicazione

Dove sono presenti basse coperture e/o nelle zone di faglia, in porzioni di ammasso particolarmente alterato e intensamente cataclasato (classe RMR IV-V), si prevede di inserire la sezione tipo C2. Essa è utilizzata per terreni che ricadono nella categoria a "fronte instabile".

### Interventi previsti

La sezione tipo C2 (campi di 10m) è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 44 ( $\pm 10\%$ ) elementi strutturali (n° 3 piatti 40\*9mm) in VTR L=18m, sovr.  $\geq 8$ m, cementati.
  - un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo e ai piedi delle centine mediante 63 ( $\pm 10\%$ ) elementi strutturali in VTR cementati con miscele espansive, L =12m, sovr.  $\geq 2$ m;
  - eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
  - getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
  - un prerivestimento composto da uno strato dello spessore totale di 25cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata e centine 2IPN 200 con passo 1.00 m ( $\pm 20\%$ );
  - arco rovescio (sp. 90 cm) e murette armati (Rck 30MPa);
  - impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
  - rivestimento definitivo di calotta in c.a. di spessore 90 cm (Rck 30MPa);
1. Se i valori di convergenza ed estrusione misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto si confermerà il tipo di sezione prevista (C2);
  2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze ed estrusioni misurate dovessero mantenersi al di sotto della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso mostrasse un miglioramento rispetto a quanto preventivato, il progettista valuterà se procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B2).
  3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma

inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto.

#### **4.2.6. Applicazione di una diversa sezione tipo**

Nei paragrafi precedenti si è detto che se i parametri di riferimento saranno tali da essere diversi da quelli ipotizzati, si potrà procedere ad una variazione degli interventi o al passaggio ad una diversa sezione tipo tra quelle previste per quella tratta.

Nel caso però che, a seguito dei rilievi condotti nel corso degli avanzamenti, si evidenzino nella tratta in scavo, una situazione geologica-geotecnica attraverso la quale si riscontrano chiaramente caratteristiche geomeccaniche al di fuori di quelle previste nel contesto di progetto, il progettista valuterà se adottare una diversa sezione tipo tra quelle previste in progetto esecutivo nell'ambito della stessa galleria.

In generale, comunque, il passaggio da una sezione tipo ad un'altra potrà avvenire in modo graduale: il progettista potrà adottare dei criteri flessibili di variazione della specifica sezione, ottimizzando gli elementi previsti, in modo che, da una parte, sia garantita la continuità e la sicurezza delle lavorazioni in cantiere e, dall'altra, sia lasciato inalterato il livello prestazionale dell'opera.

In questa ottica nell'ambito del progetto costruttivo si adotteranno quei criteri di flessibilità esecutiva che consentano la massima velocità di avanzamento e tali da ridurre al minimo lo sviluppo reologico temporale del processo di detensionamento e rilassamento dell'ammasso al contorno e sul fronte.

### **4.3. Galleria Paci**

#### **4.3.1. Valori di soglia**

I documenti di riferimento sono: "Profili Geomeccanici" (LO411E\_PE\_XX\_STN\_A04\_GN4001N\_000\_GET\_FG001\_0; LO411E\_PE\_XX\_STN\_

A04\_GN4001S\_000\_GET\_FG002\_0 ), "Relazione Tecnica e di calcolo delle gallerie naturali" (LO411E\_PE\_XX\_STN\_XXX\_GN4002N\_000\_STRU\_RE001\_0) ed "Relazione di Monitoraggio" (LO411E\_PE\_XXX\_STN\_XXX\_GN4002N\_000\_AMB\_RE001\_0).

GALLERIA	PACI			SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME	SOGLIA DI ALLARME
CLASSE	LITOTIPO	COPERTURA (m)	SEZIONE TIPO	CONVERGENZA (cm)	ESTRUSIONE (cm)	CONVERGENZA (cm)	ESTRUSIONE (cm)
IV	ORTOGNEISS	170	B0	4	-	5	-
IV	ORTOGNEISS	170	B2	6	-	8	-
IV	ORTOGNEISS	170	C2	7.5	6	9	9
IV	ORTOGNEISS	100	B0	Trasc	-	Trasc	-
IV	ORTOGNEISS	100	B2	Trasc	-	4	-
IV	ORTOGNEISS	100	C2	4	5	5	8
IV	ORTOGNEISS	80	B0	Trasc	-	4	-
IV	ORTOGNEISS	80	B2	4	-	5	-
IV	ORTOGNEISS	80	C2	5	4	7	7
IV	ORTOGNEISS	40	B0	Trasc	-	4	-
IV	ORTOGNEISS	40	B2	5	-	7	-
IV	ORTOGNEISS	40	C2	8	4	9	7
IV	SCISTI BIOTITICI	160	B0	4	-	5	-
IV	SCISTI BIOTITICI	160	B2	6	-	7	-
IV	SCISTI BIOTITICI	160	C2	7.5	7	9	10
IV	SCISTI BIOTITICI	100	B0	Trasc	-	Trasc	-
IV	SCISTI BIOTITICI	100	B2	4	-	5	-
IV	SCISTI BIOTITICI	100	C2	6	4	8	6
IV	SCISTI BIOTITICI	80	B0	Trasc	-	4	-
IV	SCISTI BIOTITICI	80	B2	5	-	7	-
IV	SCISTI BIOTITICI	80	C2	7	4	8	6
V	ZONA DI FAGLIA	140	B2	8	-	9	-
V	ZONA DI FAGLIA	140	C2	9	6	10	10
V	ZONA DI FAGLIA	140	B1	6	-	8	-
V	ZONA DI FAGLIA	80	B2	4	-	5	-
V	ZONA DI FAGLIA	80	C2	8	5	9	7
V	ZONA DI FAGLIA	80	B1	4	-	5	-

N.B. Trasc. = Valori di convergenza minore di 3.0 cm

#### 4.3.2. Sezioni tipo B0

##### Campo di applicazione

La sezione tipo B0 è prevedibilmente applicabile in ammassi di discreta o scadente qualità (classe IV), laddove però i parametri geomeccanici risultano tali da far prevedere per la roccia un comportamento elastico o moderatamente elastoplastico

##### Interventi previsti

La sezione tipo B0 è costituita da:

- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
  - prerivestimento costituito da spritz beton armato con rete elettrosaldata (Rck 25MPa) fino ad uno spessore totale di 25 cm e due centine IPN 180 accoppiate ad interasse 1.0m ( $\pm 20\%$ );
  - impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
  - eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
  - rivestimento in cls (Rck 30MPa dello spessore in calotta di 70 cm ed in arco rovescio di 90 cm;
1. Se i valori di convergenza misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto e se i rilievi daranno evidenza della qualità dell'ammasso ipotizzata nel progetto, si confermerà il tipo di sezione prevista (B0).
  2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato;
  3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati risulteranno di poco superiori ai valori di soglia (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso sarà peggiore

rispetto a quella prevista. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi di poco superiori ai valori di soglia (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso continuasse ad essere peggiore di quella prevista, il progettista valuterà a procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste per le tratte in esame (B2,C2);

4. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza misurati risulteranno prossimi alla soglia di allarme e se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

#### 4.3.3. Sezione tipo B1

##### Campo di applicazione

La sezione tipo B1 è prevedibilmente applicabile in ammassi di discreta o scadente qualità (es. faglie minori) in cui però sono possibili fenomeni localizzati di instabilità al fronte; il comportamento statico prevalente previsto è di tipo elastoplastico;

##### Interventi previsti

La sezione tipo B1 (campi di 8m) è costituita da:

- Consolidamento al fronte costituito da 40 ( $\pm 10\%$ ) elementi strutturali in VTR cementati, L=14m con sovrapposizione 6 m.
- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
- prerivestimento costituito da spritz beton armato con rete elettrosaldata (RcK 25MPa) fino ad uno spessore totale di 25 cm e due centine IPN 180 accoppiate ad interasse 1m ( $\pm 20\%$ );
- impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;

rivestimento in cls (Rck 30MPa) dello spessore in calotta di 75 cm ed in arco rovescio,armato, di 90 cm.

1. Se i valori di convergenza (ed estrusione nel caso di ammassi sciolti) misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto e se i rilievi (per ammassi litoidi) daranno evidenza della qualità dell'ammasso ipotizzata nel progetto, si confermerà il tipo di sezione prevista (B1).
2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza (ed estrusione nel caso di ammassi sciolti) misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e (nel caso di rocce) la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze o l'estrusione,nel caso di ammassi sciolti, misurate dovessero mantenersi al di sotto della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso mostrasse una qualità migliore rispetto a quanto preventivato, il progettista valuterà se procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (Bo);
3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione (nel caso di ammassi sciolti) misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme) e (nel caso di rocce) la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate (ed estrusione nel caso di ammassi sciolti) dovessero mantenersi di poco superiori ai limiti di attenzione (ma inferiori alla soglia di allarme) e (nel caso di roccia) se la qualità dell'ammasso continuasse a mostrare una valore peggiore di quanto previsto, il progettista valuterà a procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B2);
4. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza ed estrusione (nel caso di ammassi sciolti) misurati risulteranno prossimi alla soglia di allarme e (nel caso di rocce) se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

#### 4.3.4. Sezioni tipo B2

##### B2 - Campo di applicazione

La sezione tipo B2 è prevedibilmente applicabile in ammassi rocciosi di scadente qualità, molto fratturati, eventualmente agli imbocchi, in presenza di coltri detritiche o di ammasso particolarmente allentato e alterato, e nelle zone di faglia; i parametri geomeccanici risultano tali da prevedere per la roccia un comportamento di tipo elastoplastico;

##### Interventi previsti

La sezione tipo B2 (campi di 8m) è costituita da:

- una corona di 49 ( $\pm 10\%$ ) infilaggi al contorno della calotta, da prevedersi preliminarmente allo scavo. Gli infilaggi sono realizzati con tubi metallici valvolati ogni metro, aventi diametro esterno  $\Phi$  88,9, spessore 125 mm, diametro di perforazione  $\Phi$  130 della lunghezza di 14 m, sovrapposti per 4,0 m con la serie successiva, laddove si rende necessario un successivo modulo;
- consolidamento al fronte costituito da 40 elementi strutturali in VTR cementati, L=14m con sovrapposizione 6 m;
- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
- prerivestimento con 2 centine IPN 180 accoppiate ad interasse di 1m ( $\pm 20\%$ ), spritz beton armato con rete elettrosaldata (RcK 25MPa) fino ad uno spessore totale di 25 cm;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- arco rovescio armato dello spessore di 90 cm (RcK 30MPa);
- impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
- rivestimento di calotta definitivo in cls armato (RcK 30MPa), spessore variabile da 75 cm a 145 cm a causa dell'inclinazione degli infilaggi;

1. Se i valori di convergenza misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto e se i rilievi daranno evidenza della qualità dell'ammasso ipotizzata nel progetto, si confermerà il tipo di sezione prevista (B2);
2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi al di sotto della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso mostrasse un miglioramento rispetto a quanto preventivato, il progettista valuterà se procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B2\*,B1);
3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi di poco superiori ai limiti di attenzione (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso continuasse a mostrare una valore peggiore di quanto previsto, il progettista valuterà a procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (C2);
4. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza misurati risulteranno prossimi alla soglia di allarme e se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

#### 4.3.5. Sezioni tipo B2\*

##### B2\* - Campo di applicazione

La sezione tipo B2\* è prevedibilmente applicabile in ammassi rocciosi di scadente qualità (classe RMR IV-V); i parametri geomeccanici risultano tali da prevedere per la roccia un comportamento di tipo elastoplastico, a fronte e cavo instabili.

##### Interventi previsti

La sezione tipo B2\* (campi di 8m) è costituita da:

- una corona di 49 ( $\pm 10\%$ ) infilaggi al contorno della calotta, da prevedersi preliminarmente allo scavo. Gli infilaggi sono realizzati con tubi metallici valvolati ogni metro, aventi diametro esterno  $\Phi$  88.9, spessore 125 mm, diametro di perforazione  $\Phi$  130 della lunghezza di 14 m, sovrapposti per 4,0 m con la serie successiva, laddove si rende necessario un successivo modulo;
- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
- prerivestimento con 2 centine IPN 180 accoppiate ad interasse di 1m ( $\pm 20\%$ ), spritz beton armato con rete elettrosaldata (Rck 25MPa) fino ad uno spessore totale di 25 cm;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- arco rovescio armato dello spessore di 90 cm (Rck 30MPa);
- impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
- rivestimento di calotta definitivo in cls armato (Rck 30MPa), spessore variabile da 75 cm a 145 cm a causa dell'inclinazione degli infilaggi;

1. Se i valori di convergenza misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto e se i rilievi daranno evidenza della qualità dell'ammasso ipotizzata nel progetto, si confermerà il tipo di sezione prevista (B2\*);

2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi al di sotto della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso mostrasse un miglioramento rispetto a quanto preventivato, il progettista valuterà se procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B1);
3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi di poco superiori ai limiti di attenzione (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso continuasse a mostrare un valore peggiore di quanto previsto, il progettista valuterà a procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B2, C2);
4. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza misurati risulteranno prossimi alla soglia di allarme e se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

#### **4.3.6. Sezioni tipo C2**

##### Campo di applicazione

Dove sono presenti basse coperture e/o nelle zone di faglia, in porzioni di ammasso particolarmente alterato e intensamente cataclastico (classe RMR IV-V), si prevede di inserire la sezione tipo C2. Essa è utilizzata per terreni che ricadono nella categoria a "fronte instabile".

### Interventi previsti

La sezione tipo C2 (campi di 10m) è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 44 ( $\pm 10\%$ ) elementi strutturali (n° 3 piatti 40\*9mm) in VTR L=18m, sovr.  $\geq 8$ m, cementati.
  - un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo e ai piedi delle centine mediante 63 ( $\pm 10\%$ ) elementi strutturali in VTR cementati con miscele espansive, L =12m, sovr.  $\geq 2$ m;
  - eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
  - getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
  - un prerivestimento composto da uno strato dello spessore totale di 25cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata e centine 2IPN 200 con passo 1.00 m ( $\pm 20\%$ );
  - arco rovescio (sp. 90 cm) e murette armati (Rck 30MPa);
  - impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
  - rivestimento definitivo di calotta in c.a. di spessore 90 cm (Rck 30MPa);
1. Se i valori di convergenza ed estrusione misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto si confermerà il tipo di sezione prevista (C2);
  2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze ed estrusioni misurate dovessero mantenersi al di sotto della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso mostrasse un miglioramento rispetto a quanto preventivato, il progettista valuterà se procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B2).
  3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati risulteranno di poco superiori al valore

di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto.

#### **4.3.7. Applicazione di una diversa sezione tipo**

Nei paragrafi precedenti si è detto che se i parametri di riferimento saranno tali da essere diversi da quelli ipotizzati, si potrà procedere ad una variazione degli interventi o al passaggio ad una diversa sezione tipo tra quelle previste per quella tratta.

Nel caso però che, a seguito dei rilievi condotti nel corso degli avanzamenti, si evidenzino nella tratta in scavo, una situazione geologica-geotecnica attraverso la quale si riscontrano chiaramente caratteristiche geomeccaniche al di fuori di quelle previste nel contesto di progetto, il progettista valuterà se adottare una diversa sezione tipo tra quelle previste in progetto esecutivo nell'ambito della stessa galleria.

In generale, comunque, il passaggio da una sezione tipo ad un'altra potrà avvenire in modo graduale: il progettista potrà adottare dei criteri flessibili di variazione della specifica sezione, ottimizzando gli elementi previsti, in modo che, da una parte, sia garantita la continuità e la sicurezza delle lavorazioni in cantiere e, dall'altra, sia lasciato inalterato il livello prestazionale dell'opera.

In questa ottica nell'ambito del progetto costruttivo si adotteranno quei criteri di flessibilità esecutiva che consentano la massima velocità di avanzamento e tali da ridurre al minimo lo sviluppo reologico temporale del processo di detensionamento e rilassamento dell'ammasso al contorno e sul fronte.

#### 4.4. Galleria Pilone

##### 4.4.1. Valori di soglia

I documenti di riferimento sono "Profili Geomeccanici" (LO411E\_PE\_XX\_STN\_A04\_GN4003N\_000\_GET\_FG001\_0; LO411E\_PE\_XX\_STN\_A04\_GN3003S\_000\_GET\_FG002\_0), "Relazione Tecnica e di calcolo delle gallerie naturali" (LO411E\_PE\_XX\_STN\_XXX\_GN4003N\_000\_STR\_RE001\_0) ed "Relazione di Monitoraggio" (LO411E\_PE\_XXX\_STN\_XXX\_GN4003N\_000\_AMB\_RE001\_0).

GALLERIA	PILONE			SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME	SOGLIA DI ALLARME
CLASSE	LITOTIPO	COBERTURA (m)	SEZIONE TIPO	CONVERGENZA (cm)	ESTRUSIONE (cm)	CONVERGENZA (cm)	ESTRUSIONE (cm)
IV	PARAGNEISS	90	B0	Trasc	-	Trasc	-
IV	PARAGNEISS	90	B2	Trasc	-	4	-
IV	PARAGNEISS	90	C2	6	4	8	6
IV	PARAGNEISS	45	B0	Trasc	-	Trasc	-
IV	PARAGNEISS	45	B2	4	-	6.0	-
IV	PARAGNEISS	45	C2	5	Trasc	7	5
IV	PARAGNEISS	15	B0	Trasc	-	3.5	-
-	DETRITO DI FALDA	20	C1	4	Trasc	5.5	5

N.B. Trasc. = Valori di convergenza minore di 3.0 cm

##### 4.4.2. Sezioni tipo B0

###### Campo di applicazione

La sezione tipo B0 è applicabile generalmente in ammassi di discreta o scadente qualità (classi RMR III-IV) laddove i parametri geomeccanici risultano tali da far prevedere per la roccia un comportamento elastoplastico (con scarse deformazioni plastiche), a fronte stabile a breve termine e cavo instabile.

### Interventi previsti

La sezione tipo B0 è costituita da:

- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
  - prerinvestimento costituito da spritz beton armato con rete elettrosaldata (Rcm 30MPa) fino ad uno spessore totale di 25 cm e due centine IPN 180 accoppiate ad interasse 1.2m ( $\pm 20\%$ );
  - impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
  - eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
  - rivestimento in cls (Rck 30MPa) dello spessore in calotta di 70 cm ed in arco rovescio di 90 cm.
1. Se i valori di convergenza misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto e se i rilievi daranno evidenza della qualità dell'ammasso ipotizzata nel progetto, si confermerà il tipo di sezione prevista (B0).
  2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato;
  3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati risulteranno di poco superiori ai valori di soglia (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso sarà peggiore rispetto a quella prevista. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi di poco superiori ai valori di soglia (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso continuasse ad essere peggiore di quella prevista, il progettista valuterà a procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste per le tratte in esame (B2,C2);
  4. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza misurati risulteranno

prossimi alla soglia di allarme e se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

#### 4.4.3. Sezioni tipo B2

##### B2 - Campo di applicazione

La sezione tipo B2 è prevedibilmente applicabile in ammassi rocciosi di scadente qualità, molto fratturati, eventualmente agli imbocchi, in presenza di coltri detritiche o di ammasso particolarmente allentato e alterato, e nelle zone di faglia; i parametri geomeccanici risultano tali da prevedere per la roccia un comportamento di tipo elastoplastico;

##### Interventi previsti

La sezione tipo B2 (campi di 8m) è costituita da:

- una corona di 49 ( $\pm 10\%$ ) infilaggi al contorno della calotta, da prevedersi preliminarmente allo scavo. Gli infilaggi sono realizzati con tubi metallici valvolati ogni metro, aventi diametro esterno  $\Phi$  88.9, spessore 125 mm, diametro di perforazione  $\Phi$  130 della lunghezza di 14 m, sovrapposti per 4,0 m con la serie successiva, laddove si rende necessario un successivo modulo;
- consolidamento al fronte costituito da 40 elementi strutturali in VTR cementati, L=14m con sovrapposizione 6 m;
- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
- prerivestimento con 2 centine IPN 180 accoppiate ad interasse di 1m ( $\pm 20\%$ ), spritz beton armato con rete elettrosaldata (Rck 25MPa) fino ad uno spessore totale di 25 cm;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- arco rovescio armato dello spessore di 90 cm (Rck 30MPa);

- impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
  - rivestimento di calotta definitivo in cls armato (Rck 30MPa), spessore variabile da 75 cm a 145 cm a causa dell'inclinazione degli infilaggi;
1. Se i valori di convergenza misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto e se i rilievi daranno evidenza della qualità dell'ammasso ipotizzata nel progetto, si confermerà il tipo di sezione prevista (B2);
  2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi al di sotto della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso mostrasse un miglioramento rispetto a quanto preventivato, il progettista valuterà se procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B2\*,B0);
  3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi di poco superiori ai limiti di attenzione (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso continuasse a mostrare un valore peggiore di quanto previsto, il progettista valuterà a procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (C2);
  4. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza misurati risulteranno prossimi alla soglia di allarme e se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

#### 4.4.4. Sezioni tipo B2\*

##### B2\* - Campo di applicazione

La sezione tipo B2\* è prevedibilmente applicabile in ammassi rocciosi di scadente qualità (classe RMR IV-V); i parametri geomeccanici risultano tali da prevedere per la roccia un comportamento di tipo elastoplastico, a fronte e cavo instabili.

##### Interventi previsti

La sezione tipo B2\* (campi di 8m) è costituita da:

- una corona di 49 ( $\pm 10\%$ ) infilaggi al contorno della calotta, da prevedersi preliminarmente allo scavo. Gli infilaggi sono realizzati con tubi metallici valvolati ogni metro, aventi diametro esterno  $\Phi$  88.9, spessore 125 mm, diametro di perforazione  $\Phi$  130 della lunghezza di 14 m, sovrapposti per 4,0 m con la serie successiva, laddove si rende necessario un successivo modulo;
  - getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
  - prerivestimento con 2 centine IPN 180 accoppiate ad interasse di 1m ( $\pm 20\%$ ), spritz beton armato con rete elettrosaldata (Rck 25MPa) fino ad uno spessore totale di 25 cm;
  - eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
  - arco rovescio armato dello spessore di 90 cm (Rck 30MPa);
  - impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
  - rivestimento di calotta definitivo in cls armato (Rck 30MPa), spessore variabile da 75 cm a 145 cm a causa dell'inclinazione degli infilaggi;
1. Se i valori di convergenza misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto e se i rilievi daranno evidenza della qualità dell'ammasso ipotizzata nel progetto, si confermerà il tipo di sezione prevista (B2\*);

2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi al di sotto della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso mostrasse un miglioramento rispetto a quanto preventivato, il progettista valuterà se procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B0);
3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi di poco superiori ai limiti di attenzione (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso continuasse a mostrare un valore peggiore di quanto previsto, il progettista valuterà a procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B2, C2);
4. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza misurati risulteranno prossimi alla soglia di allarme e se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

#### **4.4.5. Sezioni tipo C2**

##### Campo di applicazione

Dove sono presenti basse coperture e/o nelle zone di faglia, in porzioni di ammasso particolarmente alterato e intensamente cataclastico (classe RMR IV-V), si prevede di inserire la sezione tipo C2. Essa è utilizzata per terreni che ricadono nella categoria a "fronte instabile".

### Interventi previsti

La sezione tipo C2 (campi di 10m) è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 44 ( $\pm 10\%$ ) elementi strutturali (n° 3 piatti 40\*9mm) in VTR L=18m, sovr.  $\geq 8$ m, cementati.
  - un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo e ai piedi delle centine mediante 63 ( $\pm 10\%$ ) elementi strutturali in VTR cementati con miscele espansive, L =12m, sovr.  $\geq 2$ m;
  - eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
  - getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
  - un pririvestimento composto da uno strato dello spessore totale di 25cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata e centine 2IPN 200 con passo 1.00 m ( $\pm 20\%$ );
  - arco rovescio (sp. 90 cm) e murette armati (Rck 30MPa);
  - impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
  - rivestimento definitivo di calotta in c.a. di spessore 90 cm (Rck 30MPa);
1. Se i valori di convergenza ed estrusione misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto si confermerà il tipo di sezione prevista (C2);
  2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze ed estrusioni misurate dovessero mantenersi al di sotto della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso mostrasse un miglioramento rispetto a quanto preventivato, il progettista valuterà se procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B2).
  3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma

inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto;

4. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza misurati risulteranno prossimi alla soglia di allarme e se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

#### **4.4.6. Sezioni tipo C1**

##### Campo di applicazione

La sezione tipo C1 è applicabile in terreni sciolti debolmente o scarsamente coesivi. Essa è utilizzata per terreni che ricadono nella categoria a "fronte instabile".

##### Interventi previsti

La sezione tipo C1 (campi di 8m) è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante 54 ( $\pm 10\%$ ) microcolonne in jet grouting (armate con elementi strutturali in VTR o elementi strutturali (n° 3 piatti 40\*9mm) in VTR L=18m, sovr.  $\geq 8$ m, cementati con malte espansive, in entrambi i casi di lunghezza L=16m e sovrapposizione 8m;
- un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo e ai piedi delle centine mediante 61 ( $\pm 10\%$ ) colonne in jet grouting (L=12m e sovrapposizione 4m).
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
- un priverstimento composto da uno strato dello spessore totale di 25cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata e centine 2IPN180 con passo 1.00 m ( $\pm 20\%$ );
- arco rovescio (sp. 90 cm) e murette armati (Rck 30MPa);
- impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;

- rivestimento definitivo in c.a. di calotta spessore variabile da 60cm a 145cm (Rck 30MPa)
  1. Se i valori di convergenza ed estrusione misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto si confermerà il tipo di sezione prevista (C1);
  2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato;
  3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto.

#### **4.4.7. Applicazione di una diversa sezione tipo**

Nei paragrafi precedenti si è detto che se i parametri di riferimento saranno tali da essere diversi da quelli ipotizzati, si potrà procedere ad una variazione degli interventi o al passaggio ad una diversa sezione tipo tra quelle previste per quella tratta.

Nel caso però che, a seguito dei rilievi condotti nel corso degli avanzamenti, si evidenzino nella tratta in scavo, una situazione geologica-geotecnica attraverso la quale si riscontrano chiaramente caratteristiche geomeccaniche al di fuori di quelle previste nel contesto di progetto, il progettista valuterà se adottare una diversa sezione tipo tra quelle previste in progetto esecutivo nell'ambito della stessa galleria.

In generale, comunque, il passaggio da una sezione tipo ad un'altra potrà avvenire in modo graduale: il progettista potrà adottare dei criteri flessibili di variazione della

specifica sezione, ottimizzando gli elementi previsti, in modo che, da una parte, sia garantita la continuità e la sicurezza delle lavorazioni in cantiere e, dall'altra, sia lasciato inalterato il livello prestazionale dell'opera.

In questa ottica nell'ambito del progetto costruttivo si adotteranno quei criteri di flessibilità esecutiva che consentano la massima velocità di avanzamento e tali da ridurre al minimo lo sviluppo reologico temporale del processo di detensionamento e rilassamento dell'ammasso al contorno e sul fronte.

## 4.5. Galleria Piale

### 4.5.1. Valori di soglia

I documenti di riferimento sono "Profili Geomeccanici" (LO411E\_PE\_XX\_STN\_A02\_GN4201N\_000\_GET\_FG001\_0; LO411E\_PE\_XX\_STN\_A02\_GN4201S\_000\_GET\_FG002\_0), "Relazione Tecnica e di calcolo delle gallerie naturali" (LO411E\_PE\_XX\_STN\_A02\_GN4201N\_000\_STR\_RE001\_0) ed "Relazione di Monitoraggio" (LO411E\_PE\_XXX\_STN\_A02\_GN4201N\_000\_AMB\_RE001\_0).

GALLERIA	PILONE			SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME	SOGLIA DI ALLARME
CLASSE	LITOTIPO	COPERTURA (m)	SEZIONE TIPO	CONVERGENZA (mm)	ESTRUSIONE (cm)	CONVERGENZA (mm)	ESTRUSIONE (cm)
IV	ORTOGNEIS	45	B0	Trasc.	-	Trasc.	-
IV	ORTOGNEIS	45	B2	Trasc.	-	Trasc.	Trasc.
IV	ORTOGNEIS	45	C2	4.5	5.5	8.0	7.5
IV	GHIAIE DI MESSINA	20	C1-C1bis	3.5	6.5	8.0	8.5

N.B. Trasc. = Valori di convergenza minore di 3.0 cm

### 4.5.2. Sezioni tipo B0

#### Campo di applicazione

La sezione tipo B0 è applicabile generalmente in ammassi di discreta o scadente qualità (classi RMR III-IV) laddove i parametri geomeccanici risultano tali da far prevedere per la roccia un comportamento elastoplastico (con scarse deformazioni plastiche), a fronte stabile a breve termine e cavo instabile.

### Interventi previsti

La sezione tipo B0 è costituita da:

- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
  - prriverstimento costituito da spritz beton armato con rete elettrosaldata (Rcm 30MPa) fino ad uno spessore totale di 25 cm e due centine IPN 180 accoppiate ad interasse 1.2m ( $\pm 20\%$ );
  - impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
  - eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
  - rivestimento in cls (Rck 30MPa) dello spessore in calotta di 70 cm ed in arco rovescio di 90 cm;
5. Se i valori di convergenza misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto e se i rilievi daranno evidenza della qualità dell'ammasso ipotizzata nel progetto, si confermerà il tipo di sezione prevista (B0).
6. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato;
7. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati risulteranno di poco superiori ai valori di soglia (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso sarà peggiore rispetto a quella prevista. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi di poco superiori ai valori di soglia (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso continuasse ad essere peggiore di quella prevista, il progettista valuterà a procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste per le tratte in esame (B2,C2);

8. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza misurati risulteranno prossimi alla soglia di allarme e se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

#### 4.5.3. Sezioni tipo B2

##### B2 - Campo di applicazione

La sezione tipo B2 è prevedibilmente applicabile in ammassi rocciosi di scadente qualità, molto fratturati, eventualmente agli imbocchi, in presenza di coltri detritiche o di ammasso particolarmente allentato e alterato, e nelle zone di faglia; i parametri geomeccanici risultano tali da prevedere per la roccia un comportamento di tipo elastoplastico;

##### Interventi previsti

La sezione tipo B2 (campi di 8m) è costituita da:

- una corona di 49 ( $\pm 10\%$ ) infilaggi al contorno della calotta, da prevedersi preliminarmente allo scavo. Gli infilaggi sono realizzati con tubi metallici valvolati ogni metro, aventi diametro esterno  $\Phi$  88,9, spessore 125 mm, diametro di perforazione  $\Phi$  130 della lunghezza di 14 m, sovrapposti per 4,0 m con la serie successiva, laddove si rende necessario un successivo modulo;
- consolidamento al fronte costituito da 40 elementi strutturali in VTR cementati, L=14m con sovrapposizione 6 m;
- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
- prerivestimento con 2 centine IPN 180 accoppiate ad interasse di 1m ( $\pm 20\%$ ), spritz beton armato con rete elettrosaldata (RcK 25MPa) fino ad uno spessore totale di 25 cm;

- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
  - arco rovescio armato dello spessore di 90 cm (Rck 30MPa);
  - impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
  - rivestimento di calotta definitivo in cls armato (Rck 30MPa), spessore variabile da 75 cm a 145 cm a causa dell'inclinazione degli infilaggi;
5. Se i valori di convergenza misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto e se i rilievi daranno evidenza della qualità dell'ammasso ipotizzata nel progetto, si confermerà il tipo di sezione prevista (B2);
  6. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi al di sotto della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso mostrasse un miglioramento rispetto a quanto preventivato, il progettista valuterà se procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B2\*,B0);
  7. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi di poco superiori ai limiti di attenzione (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso continuasse a mostrare un valore peggiore di quanto previsto, il progettista valuterà a procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (C2);
  8. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza misurati risulteranno prossimi alla soglia di allarme e se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

#### 4.5.4. Sezioni tipo B2\*

##### B2\* - Campo di applicazione

La sezione tipo B2\* è prevedibilmente applicabile in ammassi rocciosi di scadente qualità (classe RMR IV-V); i parametri geomeccanici risultano tali da prevedere per la roccia un comportamento di tipo elastoplastico, a fronte e cavo instabili.

##### Interventi previsti

La sezione tipo B2\* (campi di 8m) è costituita da:

- una corona di 49 ( $\pm 10\%$ ) infilaggi al contorno della calotta, da prevedersi preliminarmente allo scavo. Gli infilaggi sono realizzati con tubi metallici valvolati ogni metro, aventi diametro esterno  $\Phi$  88.9, spessore 125 mm, diametro di perforazione  $\Phi$  130 della lunghezza di 14 m, sovrapposti per 4,0 m con la serie successiva, laddove si rende necessario un successivo modulo;
- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
- prerivestimento con 2 centine IPN 180 accoppiate ad interasse di 1m ( $\pm 20\%$ ), spritz beton armato con rete elettrosaldata (Rck 25MPa) fino ad uno spessore totale di 25 cm;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- arco rovescio armato dello spessore di 90 cm (Rck 30MPa);
- impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
- rivestimento di calotta definitivo in cls armato (Rck 30MPa), spessore variabile da 75 cm a 145 cm a causa dell'inclinazione degli infilaggi;

5. Se i valori di convergenza misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto e se i rilievi daranno evidenza della qualità dell'ammasso ipotizzata nel progetto, si confermerà il tipo di sezione prevista (B2\*);

6. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi al di sotto della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso mostrasse un miglioramento rispetto a quanto preventivato, il progettista valuterà se procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B0);
7. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate dovessero mantenersi di poco superiori ai limiti di attenzione (ma inferiori alla soglia di allarme) e se la qualità dell'ammasso continuasse a mostrare un valore peggiore di quanto previsto, il progettista valuterà a procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B2, C2);
8. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza misurati risulteranno prossimi alla soglia di allarme e se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

#### **4.5.5. Sezioni tipo C2**

##### Campo di applicazione

Dove sono presenti basse coperture e/o nelle zone di faglia, in porzioni di ammasso particolarmente alterato e intensamente cataclasato (classe RMR IV-V), si prevede di inserire la sezione tipo C2. Essa è utilizzata per terreni che ricadono nella categoria a "fronte instabile".

### Interventi previsti

La sezione tipo C2 (campi di 10m) è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di n° 44 ( $\pm 10\%$ ) elementi strutturali (n° 3 piatti 40\*9mm) in VTR L=18m, sovr.  $\geq 8$ m, cementati.
  - un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo e ai piedi delle centine mediante 63 ( $\pm 10\%$ ) elementi strutturali in VTR cementati con miscele espansive, L =12m, sovr.  $\geq 2$ m;
  - eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
  - getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
  - un prerivestimento composto da uno strato dello spessore totale di 25cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata e centine 2IPN 200 con passo 1.00 m ( $\pm 20\%$ );
  - arco rovescio (sp. 90 cm) e murette armati (Rck 30MPa);
  - impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
  - rivestimento definitivo di calotta in c.a. di spessore 90 cm (Rck 30MPa);
5. Se i valori di convergenza ed estrusione misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto si confermerà il tipo di sezione prevista (C2);
6. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato. Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze ed estrusioni misurate dovessero mantenersi al di sotto della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso mostrasse un miglioramento rispetto a quanto preventivato, il progettista valuterà se procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (B2).
7. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma

inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto;

8. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza misurati risulteranno prossimi alla soglia di allarme e se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

#### 4.5.6. Sezioni tipo C1

##### Campo di applicazione

La sezione tipo C1 è applicabile in terreni sciolti debolmente o scarsamente coesivi. Essa è utilizzata per terreni che ricadono nella categoria a "fronte instabile".

##### Interventi previsti

La sezione tipo C1 (campi di 8m) è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante 54 ( $\pm 10\%$ ) microcolonne in jet grouting (armate con elementi strutturali in VTR o elementi strutturali (n° 3 piatti 40\*9mm) in VTR L=18m, sovr.  $\geq 8$ m, cementati con malte espansive, in entrambi i casi di lunghezza L=16m e sovrapposizione 8m);
- un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo e ai piedi delle centine mediante 61 ( $\pm 10\%$ ) colonne in jet grouting (L=12m e sovrapposizione 4m).
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
- un priverstimento composto da uno strato dello spessore totale di 25cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata e centine 2IPN180 con passo 1.00 m ( $\pm 20\%$ );
- arco rovescio (sp. 90 cm) e murette armati (Rck 30MPa);
- impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;

- rivestimento definitivo in c.a. di calotta spessore variabile da 60cm a 145cm (Rck 30MPa)
- 4. Se i valori di convergenza ed estrusione misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto si confermerà il tipo di sezione prevista (C1);
- 5. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato;
- 6. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto.

#### **4.5.7. Sezioni tipo C1bis**

##### Campo di applicazione

La sezione tipo C1Bis è applicata in prossimità nell'imbocco sud, in corrispondenza di zone a bassa copertura ed in terreni sciolti.

##### Interventi previsti

La sezione tipo C1Bis (campi di 6m) è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante 54 ( $\pm 10\%$ ) microcolonne in jet grouting (armate con elementi strutturali in VTR L=15m e sovrapposizione 9m);
- un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo e ai piedi delle centine mediante 61 ( $\pm 10\%$ ) colonne in jet grouting (L=15m e sovrapposizione 9m);
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;

- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
- un prerivestimento composto da uno strato dello spessore totale di 25cm di spritz-beton, armato con rete elettrosaldata e centine 2IPN180 con passo 1.00 m( $\pm 20\%$ );
- arco rovescio (sp. 90 cm) e murette armati (Rck 300);
- impermeabilizzazione costituita da geotessuto, e un manto in pvc;
- rivestimento definitivo in c.a. di calotta spessore variabile da 60cm a 125cm (Rck 300);

1. Se i valori di convergenza ed estrusione misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto si confermerà il tipo di sezione prevista (C1bis);
2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato;
3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto.

#### **4.5.8. Applicazione di una diversa sezione tipo**

Nei paragrafi precedenti si è detto che se i parametri di riferimento saranno tali da essere diversi da quelli ipotizzati, si potrà procedere ad una variazione degli interventi o al passaggio ad una diversa sezione tipo tra quelle previste per quella tratta.

Nel caso però che, a seguito dei rilievi condotti nel corso degli avanzamenti, si evidenzino nella tratta in scavo, una situazione geologica-geotecnica attraverso la quale si riscontrano chiaramente caratteristiche geomeccaniche al di fuori di quelle previste

nel contesto di progetto, il progettista valuterà se adottare una diversa sezione tipo tra quelle previste in progetto esecutivo nell'ambito della stessa galleria.

In generale, comunque, il passaggio da una sezione tipo ad un'altra potrà avvenire in modo graduale: il progettista potrà adottare dei criteri flessibili di variazione della specifica sezione, ottimizzando gli elementi previsti, in modo che, da una parte, sia garantita la continuità e la sicurezza delle lavorazioni in cantiere e, dall'altra, sia lasciato inalterato il livello prestazionale dell'opera.

In questa ottica nell'ambito del progetto costruttivo si adotteranno quei criteri di flessibilità esecutiva che consentano la massima velocità di avanzamento e tali da ridurre al minimo lo sviluppo reologico temporale del processo di detensionamento e rilassamento dell'ammasso al contorno e sul fronte.

## 4.6. Galleria Montecorno

### 4.6.1. Valori di soglia

I documenti di riferimento sono: "Profili Geomeccanici" (LO411E\_PE\_XX\_STN\_A04\_GN4301X\_000\_GET\_FG001\_0; LO411E\_PE\_XX\_STN\_A04\_GN4301X\_000\_GET\_FG002\_0), "Relazione Tecnica e di calcolo delle gallerie naturali" (LO411E\_PE\_XX\_STN\_XXX\_GN4301X\_000\_STR\_RE001\_A) ed "Relazione di Monitoraggio" (LO411E\_PE\_XXX\_STN\_XXX\_GN301X\_000\_AMB\_RE001\_0).

GALLERIA	MONTECORNO			SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ATTENZIONE	SOGLIA DI ALLARME	SOGLIA DI ALLARME
CLASSE	LITOTIPO	COBERTURA (m)	SEZIONE TIPO	CONVERGENZA (cm)	ESTRUSIONE (mm)	CONVERGENZA (cm)	ESTRUSIONE (cm)
-	ALETRNANZE ARGILLOSE ARENACEE	40	B1	4	-	6	-
-	ALETRNANZE ARGILLOSE ARENACEE	40	C1/C1bis	6	7	8	9
-	CALCARENITI DI VINCO	40	B1	5	-	7	-
-	CALCARENITI DI VINCO	40	C1/C1bis	6	7	8	9

N.B. Trasc. = Valori di convergenza minore di 3.0 cm

### 4.6.2. Sezione tipo B1

#### Campo di applicazione

La sezione tipo B1 è prevedibilmente applicabile in uno scenario in cui l'ammasso è di natura pseudo-litoide; il comportamento statico prevalente previsto è di tipo elastoplastico;

### Interventi previsti

La sezione tipo B1 (campi di 8m) è costituita da:

- Consolidamento al fronte costituito da 40 ( $\pm 10\%$ ) elementi strutturali in VTR cementati, L=14m con sovrapposizione 6 m.
- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
- prerivestimento costituito da spritz beton armato con rete elettrosaldata (RcK 25MPa) fino ad uno spessore totale di 25 cm e due centine IPN 180 accoppiate ad interasse 1m ( $\pm 20\%$ );
- impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- rivestimento in cls (RcK 30MPa) dello spessore in calotta di 75 cm ed in arco rovescio, armato, di 90 cm.

1. Se i valori di convergenza (ed estrusione nel caso di ammassi sciolti) misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto e se i rilievi (per ammassi litoidi) daranno evidenza della qualità dell'ammasso ipotizzata nel progetto, si confermerà il tipo di sezione prevista (B1).
2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza (ed estrusione nel caso di ammassi sciolti) misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato.;
3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme). Nel caso, nonostante tali procedure, le convergenze misurate (ed estrusione nel caso di ammassi sciolti) dovessero mantenersi di poco superiori ai limiti di attenzione (ma inferiori alla soglia di allarme) , il progettista

valuterà a procedere ad un cambio di sezione tipo tra quelle previste nella tratta in esame (C1);

4. Il progettista valuterà opportuno se cambiare direttamente la sezione tipo fra quelle previste nella tratta se i valori di convergenza ed estrusione (nel caso di ammassi sciolti) misurati risulteranno prossimi alla soglia di allarme e (nel caso di rocce) se l'ammasso risulterà nettamente peggiore di quanto previsto.

#### 4.6.3. Sezioni tipo C1

##### Campo di applicazione

La sezione tipo C1 è applicabile in terreni sciolti debolmente o scarsamente coesivi. Essa è utilizzata per terreni che ricadono nella categoria a "fronte instabile".

##### Interventi previsti

La sezione tipo C1 (campi di 8m) è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante 54 ( $\pm 10\%$ ) microcolonne in jet grouting (armate con elementi strutturali in VTR o elementi strutturali (n° 3 piatti 40\*9mm) in VTR L=18m, sovr.  $\geq 8$ m, cementati con malte espansive, in entrambi i casi di lunghezza L=16m e sovrapposizione 8m);
- un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo e ai piedi delle centine mediante 61 ( $\pm 10\%$ ) colonne in jet grouting (L=12m e sovrapposizione 4m).
- eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
- getto di prespritz dello spessore medio di 5 cm;
- un priverstimento composto da uno strato dello spessore totale di 25cm di spritz-beton armato con rete elettrosaldata e centine ZIPN180 con passo 1.00 m ( $\pm 20\%$ );
- arco rovescio (sp. 90 cm) e murette armati (Rck 30MPa);

- impermeabilizzazione costituita da geotessuto e un manto in pvc;
- rivestimento definitivo in c.a. di calotta spessore variabile da 60cm a 145cm (Rck 30MPa)

1. Se i valori di convergenza ed estrusione misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto si confermerà il tipo di sezione prevista (C1);
2. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato;
3. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto.

#### **4.6.4. Sezioni tipo C1bis**

##### Campo di applicazione

La sezione tipo C1Bis è applicata in prossimità nell'imbocco sud, carreggiata sud, in corrispondenza di zone a bassa copertura e in terreni sciolti.

##### Interventi previsti

La sezione tipo C1Bis (campi di 6m) è costituita da:

- un preconsolidamento del fronte realizzato mediante 54 ( $\pm 10\%$ ) microcolonne in jet grouting (armate con elementi strutturali in VTR L=15m e sovrapposizione 9m);

- un preconsolidamento al contorno della futura sezione di scavo e ai piedi delle centine mediante 61 ( $\pm 10\%$ ) colonne in jet grouting ( $L=15\text{m}$  e sovrapposizione  $9\text{m}$ );
  - eventuali drenaggi in avanzamento, in caso di presenza d'acqua;
  - getto di prespritz dello spessore medio di  $5\text{ cm}$ ;
  - un priverstimento composto da uno strato dello spessore totale di  $25\text{cm}$  di spritz-beton, armato con rete elettrosaldada e centine 2IPN180 con passo  $1.00\text{ m}(\pm 20\%)$ ;
  - arco rovescio (sp.  $90\text{ cm}$ ) e murette armati (Rck 300);
  - impermeabilizzazione costituita da geotessuto, e un manto in pvc;
  - rivestimento definitivo in c.a. di calotta spessore variabile da  $60\text{cm}$  a  $125\text{cm}$  (Rck 300);
4. Se i valori di convergenza ed estrusione misurati saranno compatibili con quelli definiti nel progetto si confermerà il tipo di sezione prevista (C1bis);
  5. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad alleggerire gli interventi e/o a modificare le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati mostreranno un valore minore della soglia di attenzione e la qualità rilevata dell'ammasso sarà migliore rispetto a quanto preventivato;
  6. Il progettista riterrà opportuno se procedere ad intensificare gli interventi e/o le fasi esecutive, nell'ambito delle variabilità previste, se i valori di convergenza ed estrusione misurati risulteranno di poco superiori al valore di attenzione (ma inferiore alla soglia di allarme) e la qualità rilevata dell'ammasso sarà peggiore di quanto previsto.

#### **4.6.5. Applicazione di una diversa sezione tipo**

Nei paragrafi precedenti si è detto che se i parametri di riferimento saranno tali da essere diversi da quelli ipotizzati, si potrà procedere ad una variazione degli interventi o al passaggio ad una diversa sezione tipo tra quelle previste per quella tratta.

Nel caso però che, a seguito dei rilievi condotti nel corso degli avanzamenti, si evidenzino nella tratta in scavo, una situazione geologica-geotecnica attraverso la quale si riscontrano chiaramente caratteristiche geomeccaniche al di fuori di quelle previste nel contesto di progetto, il progettista valuterà se adottare una diversa sezione tipo tra quelle previste in progetto esecutivo nell'ambito della stessa galleria.

In generale, comunque, il passaggio da una sezione tipo ad un'altra potrà avvenire in modo graduale: il progettista potrà adottare dei criteri flessibili di variazione della specifica sezione, ottimizzando gli elementi previsti, in modo che, da una parte, sia garantita la continuità e la sicurezza delle lavorazioni in cantiere e, dall'altra, sia lasciato inalterato il livello prestazionale dell'opera.

In questa ottica nell'ambito del progetto costruttivo si adotteranno quei criteri di flessibilità esecutiva che consentano la massima velocità di avanzamento e tali da ridurre al minimo lo sviluppo reologico temporale del processo di detensionamento e rilassamento dell'ammasso al contorno e sul fronte.

## 5. ALLEGATI

