

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI PROGETTO ESECUTIVO

GALLERIA NATURALE DI VALICO BINARIO PARI E BINARIO DISPARI CAMERONE DI INNESTO FINESTRA CRAVASCO

Relazione di monitoraggio e Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI	
Consorzio Cociv Ing. P.P. Marcheselli		

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	R O	G N 1 4 G X	0 0 2	A

Progettazione :								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Emissione	Rocksoil 	15/07/2013	Rocksoil 	15/07/2013	A. Palomba 	19/07/2013	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:	File: IG5102ECVROGN14GX002A00
-----------	-------------------------------

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG5102ECVROGN14GX002A00</p>	<p>Foglio 3 di 105</p>

INDICE

INDICE.....		3
1. INTRODUZIONE.....		7
2. NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI.....		9
2.1. Raccomandazioni		11
3. MATERIALI IMPIEGATI.....		12
3.1. Gallerie naturali.....		12
3.1.1. Consolidamenti e rivestimenti provvisori.....		12
3.1.2. Rivestimenti definitivi		14
3.1.3. Valori di verifica.....		14
4. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA		15
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO.....		19
5.1. Inquadramento geologico-geomorfologico		19
5.1.1. Tratta da fine innesto a 90m ca.		22
5.1.2. Tratta da 90m ca. a inizio innesto		23
5.1.3. Principali elementi di incertezza geologica		24
5.2. Inquadramento Idrogeologico		26
5.3. Inquadramento Geotecnico		26
5.3.1. Indagini eseguite		26
5.3.2. Caratterizzazione geotecnica delle formazioni interessate dall'opera		28
5.3.1. Parametri geomeccanici di calcolo		36
6. PREVISIONI SUL COMPORTAMENTO DEGLI AMMASSI ALLO SCAVO (FASE DI DIAGNOSI).....		38
6.1. Calcolo e determinazione delle categorie di comportamento allo scavo		39
7. LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO		41
7.1. Definizione delle caratteristiche geologiche-geomeccaniche dell'ammasso		43
7.2. Risposta deformativa del fronte e del cavo.....		45
7.3. Fasi esecutive e cadenze di avanzamento		46
7.4. Procedura di applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità		46
8. DESCRIZIONE DELLE FASI ESECUTIVE E DELLE SEZIONI TIPO DI SCAVO.....		49
8.1. Introduzione		49
8.2. Fasi esecutive		50
8.3. Analisi del Rischio.....		53
8.4. Analisi dei rischi lungo il tracciato dell' innesto		54
8.5. Sezioni tipo.....		55

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5102ECVROGN14GX002A00</p>	<p>Foglio 4 di 105</p>

8.5.1.	Sezione tipo n: non consolidata	56
8.5.2.	Sezione tipo f: consolidata al fronte	59
8.5.3.	Sezione tipo fc: consolidata al fronte e al contorno	62
8.6.	Soglie di attenzione e allarme	67
8.7.	Applicazione di una diversa sezione tipo	67
9.	TECNOLOGIE ALTERNATIVE E PRESCRIZIONI	69
9.1.	Tecnologie alternative di perforazione	69
9.2.	Tecnologie alternative per l'armatura dello spritz-beton	69
9.3.	Armatura del rivestimento definitivo.....	69
9.4.	Distanze di getto dei rivestimenti definitivi	70
9.5.	Caratteristiche minime di resistenza del calcestruzzo in relazione alle fasi operative.....	71
9.6.	Tecniche di consolidamento dei fronti di scavo	71
9.7.	Soglie d'attenzione e d'allarme	72
9.8.	Criticità	72
10.	MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA.....	73
10.1.	Quadro di sintesi del programma.....	73
10.2.	Misure di convergenza a cinque punti	75
10.2.1.	Definizione	75
10.2.2.	Installazione	75
10.2.3.	Frequenza delle stazioni e dei rilevamenti.....	75
10.2.4.	Sistema di acquisizione	76
10.2.5.	Restituzione dati	76
10.3.	Mire e prismi ottici sul rivestimento definitivo.....	77
10.3.1.	Definizione	77
10.3.2.	Installazione	77
10.3.3.	Frequenza dei rilevamenti	77
10.3.4.	Sistema di acquisizione	77
10.3.5.	Restituzione dati	77
10.4.	Misure di tensione nei rivestimenti con celle di carico e barrette estensimetriche	79
10.4.1.	Definizione	79
10.4.2.	Installazione	79
10.4.3.	Modalità di rilevamento.....	79
10.4.4.	Frequenza dei rilevamenti	81
10.4.5.	Restituzione dati	81
10.5.	Misure di tensione nei bulloni mediante celle di carico	82
10.5.1.	Definizione	82
10.5.2.	Installazione	82

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5102ECVROGN14GX002A00</p>	<p>Foglio 5 di 105</p>

10.6.	Misure di estrusione estensimetriche	82
10.6.1.	Definizione	82
10.6.2.	Installazione	82
10.6.3.	Frequenza delle letture	83
10.6.4.	Sistema di acquisizione	83
10.6.5.	Restituzione dati	83
10.7.	Misure di estrusione topografica	84
10.7.1.	Installazione	84
10.7.2.	Frequenza delle letture	84
10.7.3.	Sistema di acquisizione	84
10.7.4.	Restituzione dati	84
10.8.	Estensimetri multibase o estensimetri incrementali.....	85
10.8.1.	Definizione	85
10.8.2.	Installazione	85
10.8.3.	Descrizione e modalità esecutive	86
10.8.4.	Estensimetri fissi da foro (acquisizione automatica dati).....	87
10.8.5.	Frequenza delle letture	88
10.8.6.	Restituzione Dati.....	88
10.9.	Rilievo geologico-geostrutturale dei fronti di scavo.....	89
10.9.1.	Rilievi di tipo analitico.....	89
10.9.2.	Rilievo di tipo speditivo	93
10.9.3.	Rilievo di tipo speditivo-pittorico	94
10.9.4.	Archiviazione dei dati geologici.....	94
10.10.	Indagini geognostiche in avanzamento.....	95
10.11.	Definizione delle soglie di attenzione e di allarme	95
11.	CONCLUSIONI	96

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG5102ECVROGN14GX002A00

Foglio
6 di 105

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 7 di 105

1. INTRODUZIONE

Finalità della presente Relazione è fornire i chiarimenti atti a dimostrare la rispondenza del progetto alle finalità dell'intervento e fornire indicazioni circa

- l'applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità previste
- il programma di monitoraggio in corso d'opera

relativamente all'Innesto tra la Finestra Cravasco e la galleria di Valico.

A tale scopo verrà fornito un inquadramento delle opere nel contesto territoriale ed una descrizione delle stesse, i dati ed i requisiti di base nel rispetto dei quali è stata sviluppata la progettazione, le caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali prescelti, le ipotesi progettuali adottate per il suo dimensionamento e le principali caratteristiche geometriche e dimensionali. Verranno inoltre dettagliati i criteri di scelta che il progettista adotterà in corso d'opera per l'applicazione e la gestione delle sezioni tipo previste in sede di progettazione esecutiva. Infine verrà definito il programma di monitoraggio in corso d'opera, le tecnologie utilizzate, le modalità esecutive e il numero e la frequenza delle indagini.

La relazione è articolata nei seguenti punti principali:

- Inquadramento generale dell'opera: il lavoro comprende la localizzazione geografica dell'opera, l'individuazione delle eventuali interferenze con manufatti preesistenti presenti lungo il tracciato e l'inquadramento geologico e geotecnico generale dell'area;
- Individuazione del comportamento allo scavo e criteri di calcolo: il lavoro riassume la metodologia di calcolo utilizzata e la filosofia di dimensionamento degli interventi di consolidamento e sostegno;
- Linee guida per l'applicazione delle sezioni tipo: verranno fornite indicazioni circa l'applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità previste, la tecnica di scavo adottata e criteri di scelta, le fasi costruttive e i criteri di calcolo;
- Monitoraggio in corso d'opera: verranno definite le tipologie di misure da eseguire, fornendo indicazioni circa le strumentazioni e le modalità esecutive, il numero e la frequenza delle indagini.

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

Data l'unicità dell'opera in esame, in quanto a geometria, esecuzione e criticità, la presente relazione comprende le linee guida e il piano di monitoraggio sia per la WBS GN15H che per la WBS GN14G, relative rispettivamente alla parte d'opera dell'innesto con il binario dispari (Figura 1-1) e pari (Figura 1-2). In funzione di quanto detto, nel seguito della relazione si tratterà l'innesto come opera unica, non facendo più riferimento alla singola WBS.

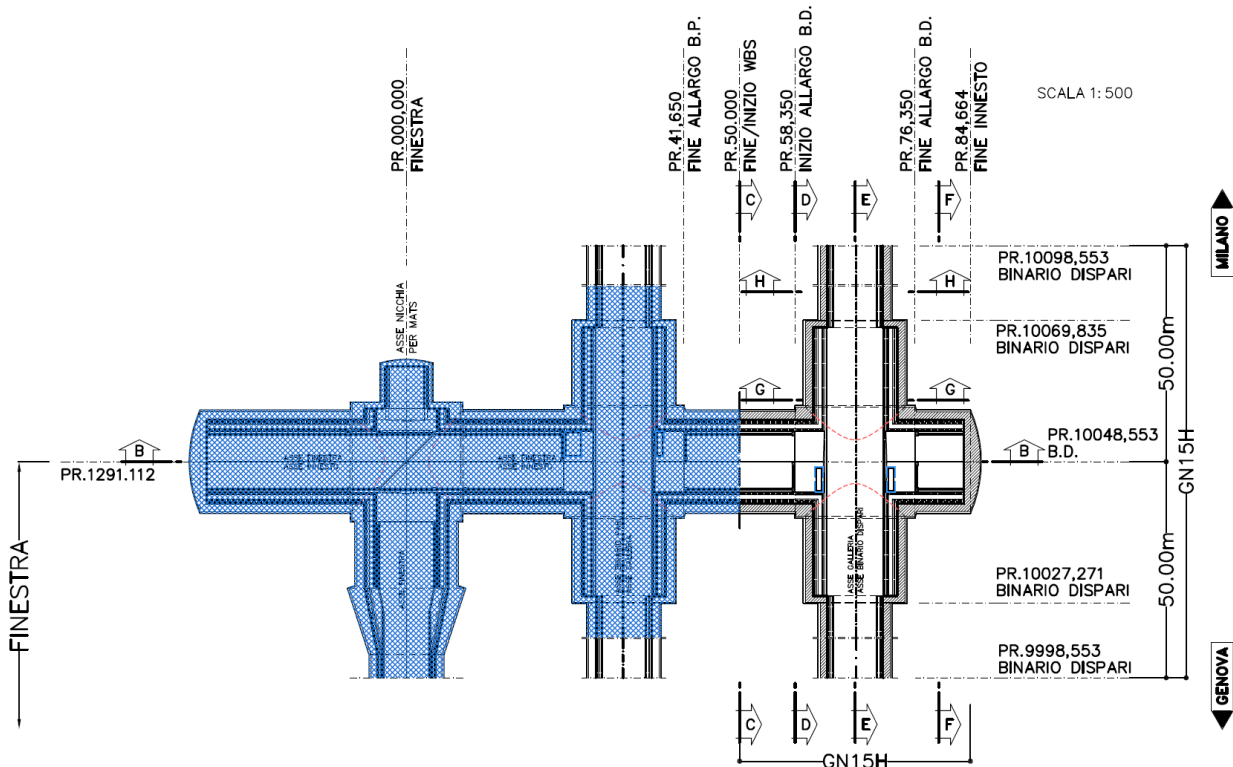


Figura 1-1. Pianta del camerone di innesto: binario dispari, WBS GN15H

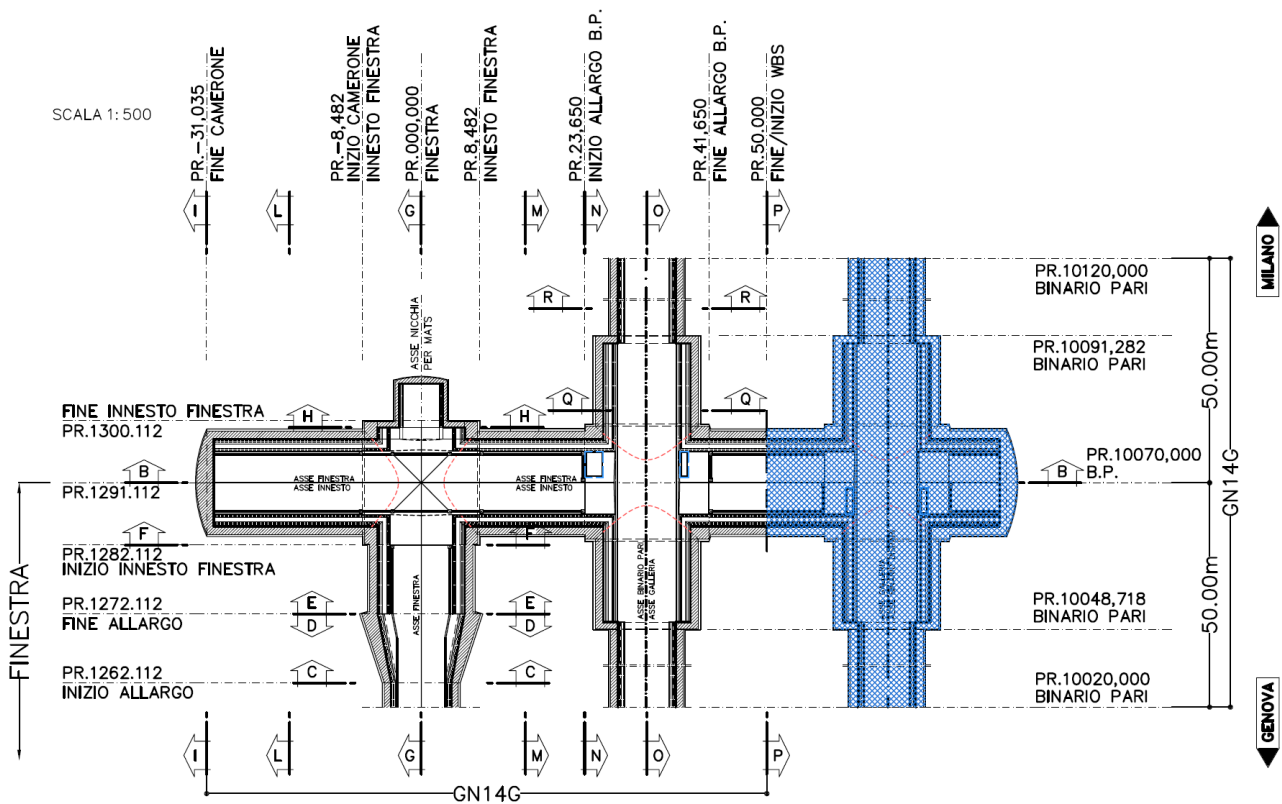


Figura 1-2. Pianta del camerone di innesto: binario pari, WBS GN14G

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5102ECVROGN14GX002A00 Foglio 9 di 105

2. NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI

- Legge 5/11/1971 n. 1086

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge n°64 del 2 febbraio 1974

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 11951 del 14/2/1974

Legge 5 novembre 1971, n. 1086. Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica. Istruzioni per l'applicazione.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 20049 del 9/1/1980

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Istruzioni relative ai controlli sul conglomerato cementizio adoperato per le strutture in cemento armato.

- Istruzioni C.N.R. 10012-81

Azioni sulle costruzioni.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 11/3/1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici n. 30483 del 24/9/1988

Legge 2 febbraio 1974 art. 1-D.M. 11 marzo 1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione.

- Nota Ministero Lavori Pubblici n. 183 del 13/4/1989

D.M. 11.3.88. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, la progettazione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 14/02/1992

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24/06/1993 n. 406/STC

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D. M. 14/02/1992.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 10 di 105

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 9/01/1996

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 16/01/1996

Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 16/01/1996

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 15/10/1996 n. 252

Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche di cui al D. M. 9/01/96.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 4/07/1996 n. 156AA.GG/STC

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996.

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 10/04/1997 n. 65/AA./GG.

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D. M. 16/01/96.

- Decreto Ministero Lavori Pubblici 5/08/1999

Modificazioni al decreto ministeriale 9 gennaio 1996 contenente norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.P.R. 6 Giugno 2001, n°380

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamenti in materia edilizia

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	
	<p>IG5102ECVROGN14GX002A00</p>	<p>Foglio 11 di 105</p>

2.1. Raccomandazioni

- **Eurocodice 1 UNI-EN-1991**

Criteria generali di progettazione strutturale

- **Eurocodice 2 UNI-EN-1992**

Progettazione delle strutture in calcestruzzo

- **Eurocodice 3 UNI-EN-1993**

Progettazione delle strutture in acciaio

- **Eurocodice 4 UNI-EN-1994**

Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo

- **Eurocodice 7 UNI-EN-1997**

Progettazione Geotecnica

- **Eurocodice 8 UNI-EN-1998**

Progettazione delle strutture per la resistenza sismica

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1356 224 1476 315"> <tr> <td>Foglio 12 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 12 di 105
Foglio 12 di 105		

3. MATERIALI IMPIEGATI

3.1. Gallerie naturali

3.1.1. Consolidamenti e rivestimenti provvisori

Spritz beton fibrorinforzato	<ul style="list-style-type: none"> - Resistenza media su carote $h/\phi = 1$ a 48 ore ≥ 13 MPa, a 28 gg ≥ 30 MPa - dosaggio per fibre in acciaio ≥ 30 kg/m³
Acciaio per centine, piastre e	S275
Acciaio per catene	S275
Acciaio per armatura e rete	B450 C
Acciaio bulloni ad ancoraggio continuo	B450 C
Drenaggi	Tubi microfessurati in PVC <ul style="list-style-type: none"> - $\phi_{est} > 60$ mm, sp. 5 mm - Resistenza alla trazione 4.5 MPa, perforo 80 mm rivestiti con TNT - I primi 10m da boccaforo devono essere ciechi
Impermeabilizzazione in PVC	<ul style="list-style-type: none"> - teli sp. 2+/-0.5 mm, - Resistenza a trazione ≥ 15 MPa - Allungamento a rottura $\geq 250\%$ - Resistenza alla lacerazione ≥ 100N/mm - Resistenza alla giunzione ≥ 10.5 MPa - Stabilit� al calore = 70�C - Flessibilit� a freddo = -30�C - Resistenza alle soluzioni acide alcaline = +/-20% max allungamento - Comportamento al fuoco B2 - Resistenza alla pressione dell'acqua a 1 MPa per 10 ore : impermeabile

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00 Foglio 13 di 105

Tubi in VTR (caratteristiche del composito)	<ul style="list-style-type: none"> - Diametro esterno = 60 mm ad aderenza migliorata - Diametro di perforazione = 100-120 mm - Spessore medio = 10 mm - Densità ≥ 1.8 t/mc - Res. a trazione ≥ 600 MPa - Res. a taglio ≥ 100 MPa - Modulo elastico ≥ 30000 MPa - Contenuto in vetro ≥ 50 % - Resistenza a flessione ≥ 600 MPa - Resistenza allo scoppio ≥ 8 MPa - Perforazione eseguita a secco
Miscele cementizie per cementazione a bassa pressione	Cemento 42.5R <ul style="list-style-type: none"> - Rapporto a/c = 0.5-0.7 - Fluidificante = 4 % di peso sul cemento - Resistenza a compressione a 48 ore > 5 MPa
Iniezioni di guaina	Cemento R32.5 – R42.5 <ul style="list-style-type: none"> - Rapporto a/c $\approx 1.5-2$ - Bentonite $\approx 5-8$ % sul peso di cemento - Densità ≈ 1.3 t/m³ - Rendimento volumetrico ≥ 95% - Viscosità Marsh (ugello 4.7 mm) 30-35 sec.
Iniezione di consolidamento	Cemento R42.5 <ul style="list-style-type: none"> - Cemento a finezza di macinazione non inferiore a 4500 cm/g Blaine - Rapporto a/c $\approx 0.4-0.7$ - Bentonite < 2 % - Additivo fluidificante (Flowcable o simili) ≈ 4 % di peso del cemento - Viscosità Marsh (ugello 4.7 mm) 35-45 sec. - Densità ≈ 1.8 t/m³ - Rendimento volumetrico > 95%

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00 Foglio 14 di 105

Parametri minimi del terreno consolidato	<ul style="list-style-type: none"> - Resistenza a compressione 48h > 1.0 MPa - Resistenza a compressione 7gg > 1.5 MPa - R.Q.D. 48h > 50% - R.Q.D. 7gg > 70%
--	--

3.1.2. Rivestimenti definitivi

Acciaio per armatura:	B450 C
Calcestruzzo strutturale calotta e piedritti	C25/30, Tipo CEM III-V, XC2, S4
Calcestruzzo strutturale arco rovescio	C25/30, Tipo CEM III-V, XC2, S3
Magrone di pulizia di sottofondo	Rm ≥15 MPa, Tipo CEM I-V

3.1.3. Valori di verifica

Le verifiche strutturali sono condotte mediante il metodo delle tensioni ammissibili; nel seguito si indicano i valori di resistenza di progetto per i vari materiali.

Acciaio S275	$\sigma_{amm} = 190 \text{ MPa}$
Acciaio tubi S355	$\sigma_{amm} = 240 \text{ MPa}$
Acciaio B450 C	$\sigma_{amm} = 160 \text{ MPa (*)}$
Calcestruzzo proiettato $f_{cm} \geq 30 \text{ Mpa}$	$\sigma_{amm} = 30/1.3 = 23.1 \text{ MPa(**)}$
Calcestruzzo strutturale armato C25/30 Mpa	$\sigma_{amm} = 9.75 \text{ Mpa}$ $\tau_{c0} = 0.60 \text{ Mpa}$ $\tau_{c1} = 1.80 \text{ Mpa}$
Calcestruzzo strutturale non armato C25/30 Mpa	$\sigma_{amm} = 7.5 \text{ Mpa}$ $\tau_{c0} = 0.60 \text{ Mpa}$

(*) In condizioni sismiche o in condizioni di esercizio con verifica a fessurazione $\sigma_{amm} = 255 \text{ Mpa}$

(**) Le verifiche tengono conto delle diverse fasi di maturazione dello spritz beton

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Foglio 15 di 105
IG5102ECVROGN14GX002A00		

4. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA

L'opera in oggetto rientra nella realizzazione di una Finestra di accesso per la galleria del III Valico.

In particolare si tratta della realizzazione dell'innesto tra la finestra di accesso Cravasco e la galleria di linea compreso tra le progressive di linea PK 10020.000 e PK 10120.000 (binario pari), con coperture massime pari a 270m.

La finestra di accesso al camerone si innesta ortogonalmente all'opera, tramite una zona di raccordo a sezione variabile, che porta ad una zona di allargo per poi arrivare alla sezione di innesto con il camerone. Quest'ultima sezione è, come geometrie, una sezione intermedia tra quella "corrente" e quella di "innesto" con le gallerie di linea.

La sezione corrente tipologica ha raggio interno in chiave calotta di 6.31 m, larghezza massima interna pari a 12.63 m all'altezza del piano dei centri. La zona d'innesto ha poi una sezione più grande, con area di scavo pari a circa 224 m², con uguale sagoma interna ma solettone di fondazione piatto. Le dimensioni delle sezioni sono tali da garantire il passaggio dei mezzi di scavo e smarino necessari allo scavo della galleria di linea.

E' inoltre prevista la realizzazione di una nicchia MATS posta alla PK di innesto 0+000 (coincidente con la progressiva di innesto della finestra).

Si riportano nelle figure successive le planimetrie dell'opera e le principali sezioni, rimandando al §8.2 per la descrizione delle principali fasi esecutive agli specifici elaborati per ulteriori dettagli.

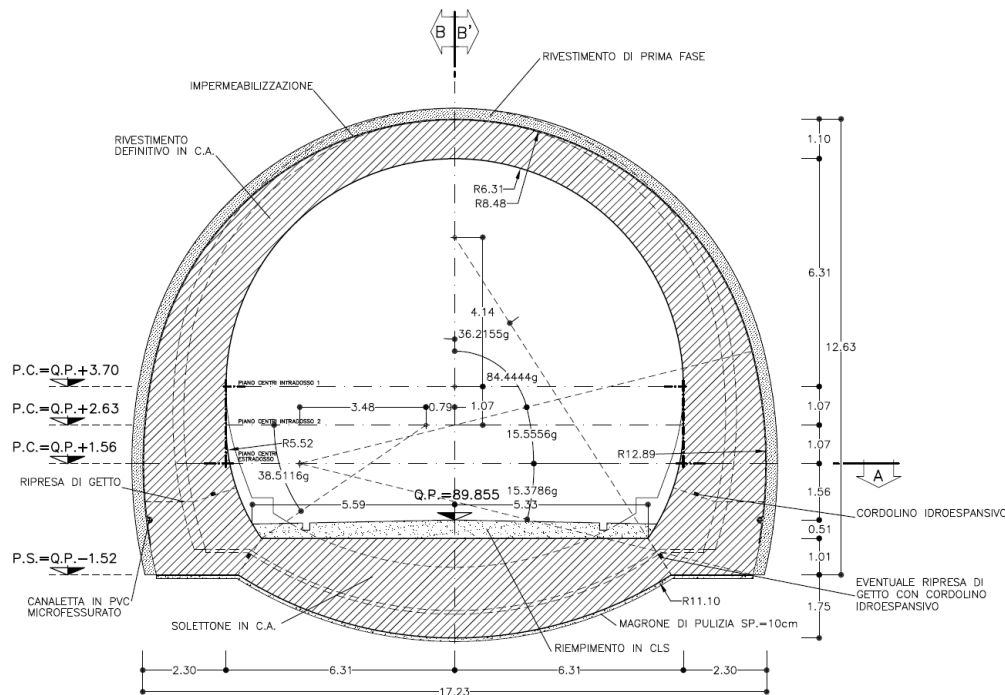


Figura 4-1. Sezione di raccordo

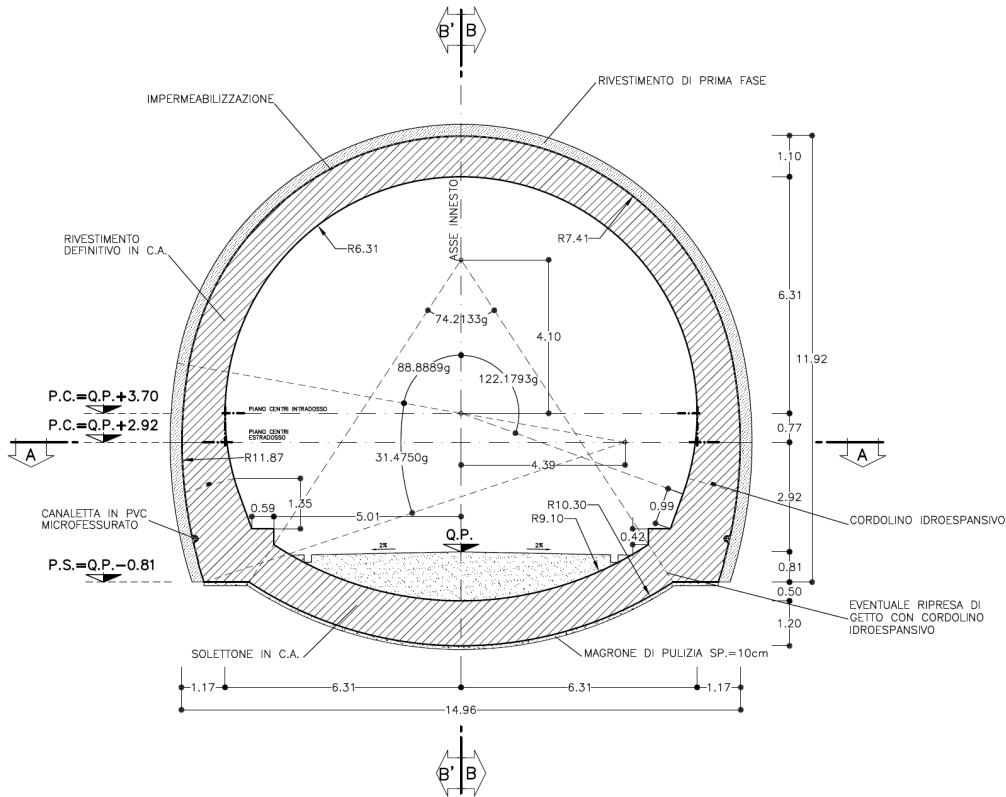


Figura 4-2. Sezione corrente

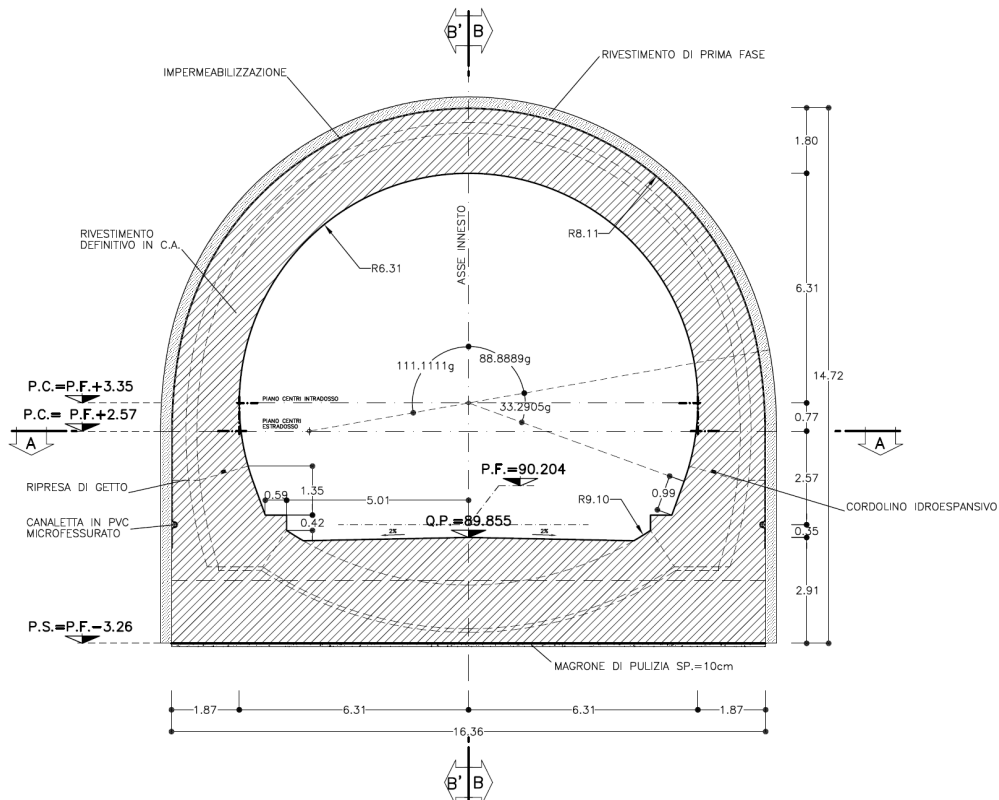


Figura 4-3. Sezione d'innesto

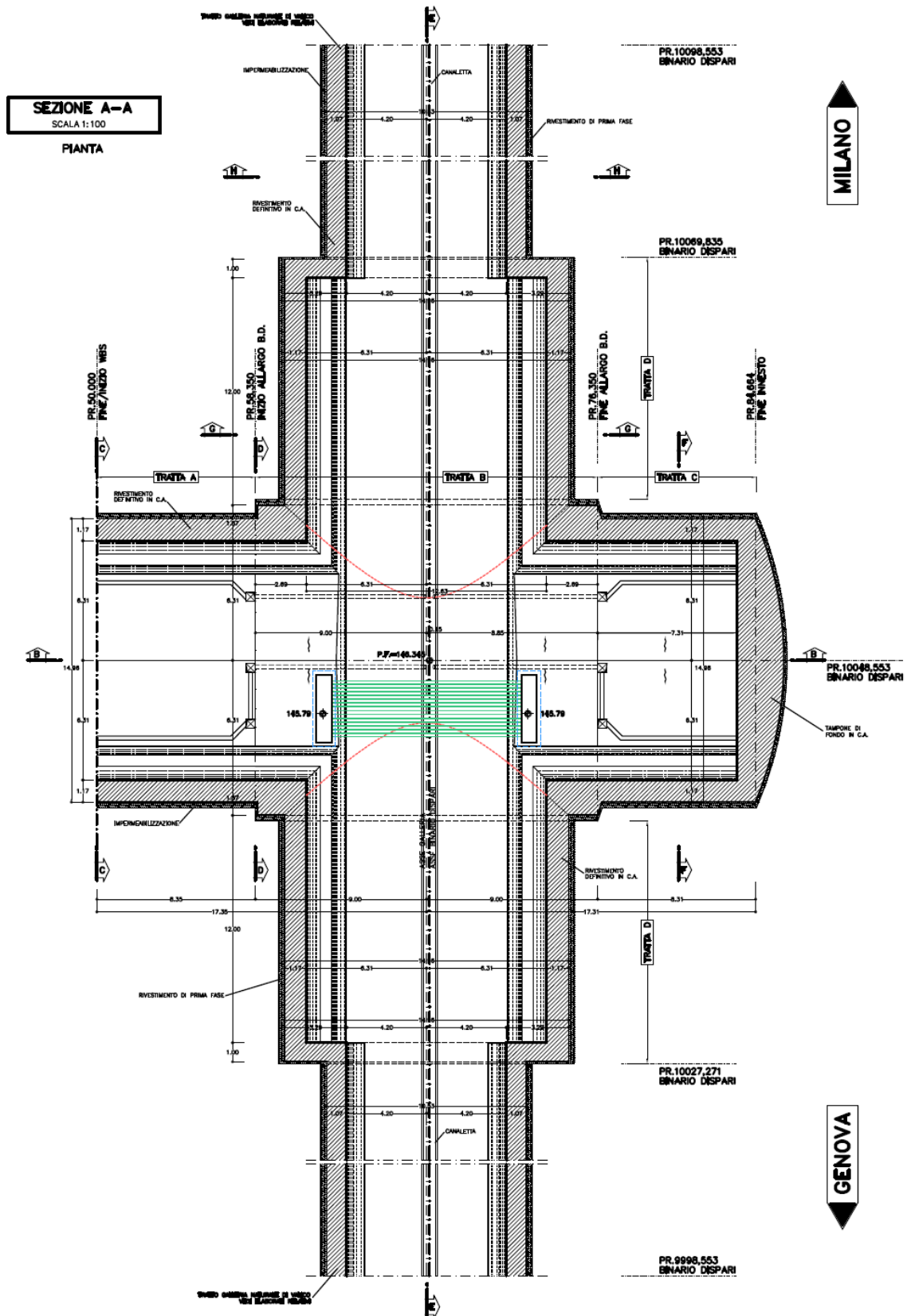


Figura 4-5. Stralcio della planimetria binario dispari

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 19 di 105

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOTECNICO

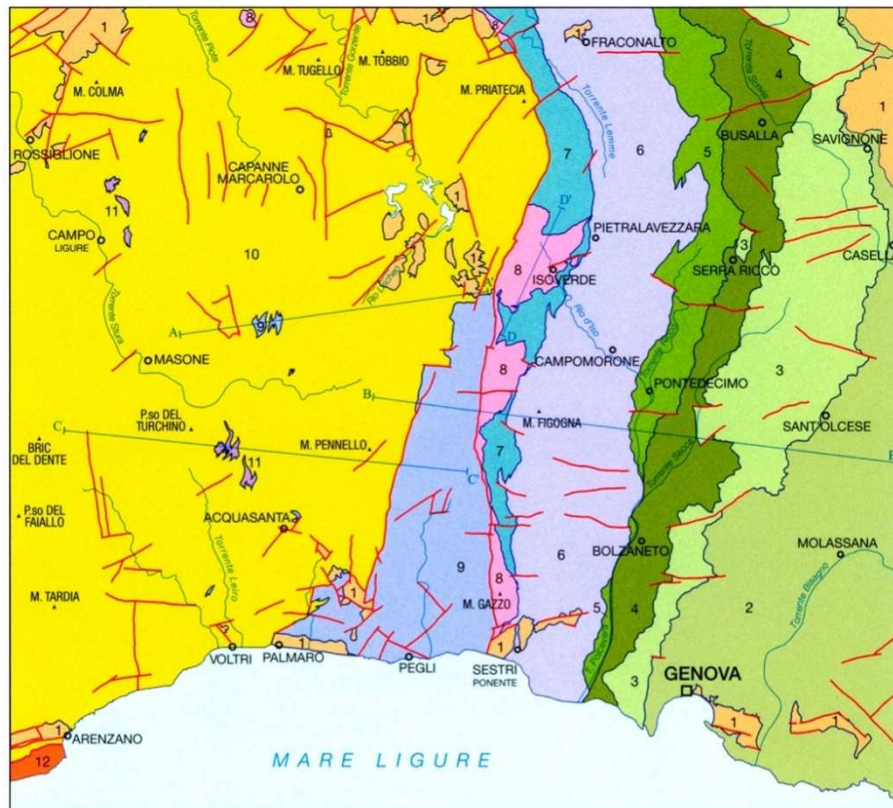
Si riporta di seguito un inquadramento generale geologico e geotecnico dell'area di interesse, rimandando alle relative relazioni e tavole per ulteriori dettagli.

5.1. Inquadramento geologico-geomorfologico

Il tracciato della linea AC/AV Milano-Genova si sviluppa, in territorio ligure, a cavallo delle unità tettonometamorfiche Palmaro-Caffarella e Sestri-Voltaggio. A scala locale, il territorio in cui si collocano il sito di intervento e le zone limitrofe, è ubicato nell'areale di affioramento della (ZSV); verranno quindi di seguito brevemente descritti i litotipi delle tre unità tettonometamorfiche che la compongono e cioè Cravasco-Voltaggio, Figogna e Gazzo-Isoverde.

Le sigle e le età geologiche riportate a fianco dei nomi delle formazioni descritte fanno riferimento alla legenda CARG.

SCHEMA TETTONICO



- 1** DEPOSITI TARDO- E POST-OROGENICI
Successione del Bacino Terziario Piemontese, depositi pliocenici e quaternari
- 2** UNITÀ TETTONICA ANTOLA
Unità costituita da flysch, non metamorfica
- 3** UNITÀ TETTONICA RONCO
Unità costituita da flysch, a metamorfismo di anchizona
- 4** UNITÀ TETTONICA MONTANESI
Unità costituita da flysch, a metamorfismo di anchizona
- 5** UNITÀ TETTONICA MIGNANEGO
Unità costituita da flysch, a metamorfismo di anchizona
- 6** UNITÀ TETTONOMETAMORFICA FIGOGNA
Unità di crosta oceanica, a metamorfismo in facies pumpellyite-actinolite
- 7** UNITÀ TETTONOMETAMORFICA CRAVASCO - VOLTAGGIO
Unità di crosta oceanica, a metamorfismo in facies Scisti Blu (albite, clorite, Na-anfibolo, Na-pirosseno, lawsonite, pumpellyite, epidoto), con retrocessione moderata
- 8** UNITÀ TETTONOMETAMORFICA GAZZO - ISOVERDE
Unità di margine continentale, a sovrainpronta metamorfica di alta pressione
- 9** UNITÀ TETTONOMETAMORFICA PALMARO - CAFFARELLA
Unità di crosta oceanica, a metamorfismo in facies Scisti Blu (gaderite, Na-anfibolo, lawsonite), con retrocessione in facies Scisti Verdi più o meno pervasiva
- 10** UNITÀ TETTONOMETAMORFICA VOLTRI
Unità di crosta oceanica e di mantello, a metamorfismo in facies Scisti Blu con eclogiti e riequilibratura in facies Scisti Verdi spesso pervasiva
- 11** UNITÀ TETTONOMETAMORFICA ANGASSINO - TERMA
Unità di margine continentale, a sovrainpronta metamorfica di alta pressione
- 12** UNITÀ TETTONOMETAMORFICA ARENZANO
Costituita da un Complesso di margine continentale, monometamorfico, a sovrainpronta metamorfica alpina da alta pressione a Scisti Verdi e da un Complesso di margine continentale, polimetamorfico, a metamorfismo pre-alpino in facies Anfibolitica e sovrainpronta metamorfica alpina da alta pressione a Scisti Verdi

— Limite stratigrafico — Contatto tettonico — Faglia A-A' Traccia di sezione geologica

Figura 5-1. Schema tettonico dell'area interessata dal progetto (tratto dal foglio CARG "Genova")

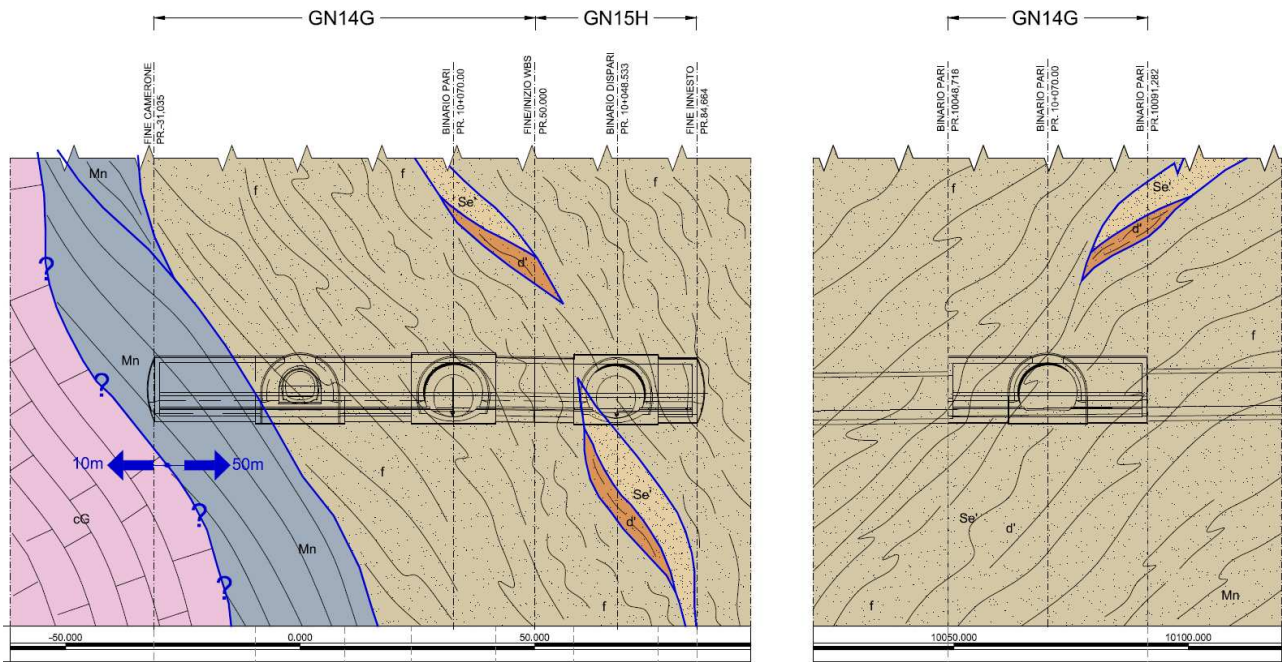


Figura 5-2. Stralci del profilo geomeccanico dell'innesto.



Figura 5-3. Stralci della carta geologica (scala 1:1000) della zona d'interesse

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00
	Foglio 22 di 105

La descrizione dell'assetto geologico in asse con l'opera procederà da est ad ovest prendendo come punto di riferimento di 0 il punto denominato "Fine Innesto" nel profilo geologico longitudinale di progetto (elaborato IG51-02-E-CV-G7-GN-14-G0-002-A00)

5.1.1. *Tratta da fine innesto a 90m ca.*

Litotipi attraversati

In questo settore saranno attraversati prevalentemente livelli riferibili agli argilloscisti filladici (f), in facies milonitica, consistenti in scisti micacei di colore grigio-argenteo o grigio scuro, con vene trasposte di quarzo e rare intercalazioni di meta-calcarei micacei a tessitura fortemente laminata e trasposta a causa di intensi fenomeni milonitici. La presenza di bancate con minor deformazione milonitica è possibile; in questo caso la scistosità, pur risultando meno pervasiva, presenta una partizione meno fitta.

Sulla base delle osservazioni di superficie sembra probabile anche la presenza di lenti serpentinitiche e radiolaritiche all'interno delle miloniti. In particolare, seppur con molte incertezze di posizionamento a causa della problematica proiezione dalla superficie, si ipotizza che una lente di questi materiali si collochi nell'intorno dell'intersezione con il binario dispari della linea principale.

Le serpentiniti (Se') possono essere da massicce a fratturate, ma più verosimilmente scistose a causa della probabile milonitizzazione. E' possibile anche la presenza di brecce serpentinitiche di colore verdastro e localmente rossiccio a causa di fenomeni di ematizzazione, cementate da calcite. Associate alle serpentiniti, come detto in precedenza, potranno essere presenti anche delle radiolariti, costituite da meta-sedimenti silicei rossastri e localmente verdi, passanti a quarziti rosse o rosate, scistose e subordinatamente a scisti grigi (dM).

Seppur meno probabile che per i litotipi serpentinitici e radiolaritici, non è altresì possibile escludere che all'interno della fascia milonitica intercettata in questa tratta vengano incontrate anche scaglie di potenza metrica o decametrica derivanti da altri litotipi a composizione basaltica, calcarea o evaporitica, con tessitura più o meno laminata. La presenza e posizione di tali corpi litologici è però indeterminabile in assenza di indagini dirette.

Presenza di faglie e stato di fratturazione

Non è prevista l'intersezione con zone di faglia maggiori; è comunque possibile la presenza di faglie minori, con persistenza metrico-decametrica, caratterizzate da brecce tettoniche, soprattutto all'eventuale contatto tra argilloscisti e serpentiniti, ove il contrasto meccanico tra i litotipi di diversa natura può aver generato locali riattivazioni per scorrimento interstratale.

Lo stato di fratturazione generale dell'ammasso è caratterizzato da una densità delle superfici di discontinuità bassa, poiché la pervasività della foliazione in queste rocce ha consentito di accomodare le deformazioni in regime fragile con scorrimenti interstratali, prevenendo lo sviluppo di nuove superfici di discontinuità. Una maggior densità di fratturazione potrebbe essere presente però in corrispondenza dei litotipi serpentinitici, soprattutto qualora questi non dovessero presentarsi come facies scistose ma massicce, che avrebbero quindi avuto la tendenza a deformarsi in maniera meno plastica rispetto ai litotipi scistosi che li imballano.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 23 di 105

Rischi geologici

Lo scavo procederà in un ammasso caratterizzato da un' anisotropia meccanica elevata a causa della foliazione, che risulta essere molto pervasiva.

L'orientazione delle scistosità e dei contatti litologici tra le bancate è perlopiù favorevole rispetto allo sviluppo longitudinale in pianta dell'opera, poiché il tracciato si sviluppa in buona parte in direzione trasversale e spesso sub-perpendicolare rispetto alla direzione della scistosità. L'inclinazione degli strati è prevalentemente a medio-alto angolo verso SE, ma sono possibili sporadici rovesciamenti o giaciture a basso angolo in ragione della presenza di pieghe relative alla fase deformativa D3.

I fenomeni carsici e i fenomeni di dissoluzione in questa tratta sono improbabili, vista la composizione prevalentemente fillosilicatica dei litotipi.

La presenza di fronti misti, con contatti litologici tra litotipi a differente competenza meccanica è possibile in tutto il settore qui considerato. Ciò dipende principalmente dalla possibile intersezione, all'interno dei litotipi milonitici scistosi, di scaglie di litotipi non milonitici o comunque di litotipi a differente competenza e più compatti, principalmente serpentiniti e radiolariti, ma anche possibilmente calcari, anidriti, basalti. Non si può inoltre escludere che, qualora intercettati, i contatti tra le miloniti e tali corpi litologici presentino delle riattivazioni cataclastiche di modesta entità (livelli di gouge di spessore centimetrico) che comunque contribuirebbero a determinare un elemento di debolezza meccanica sul fronte.

La presenza di materiale amiantifero è possibile soprattutto in corrispondenza settore in cui si suppone di incontrare le lenti serpentinitiche.

5.1.2. Tratta da 90m ca. a inizio innesto

Litotipi attraversati

In questo settore si prevede che lo scavo proceda all'interno degli argilloscisti neri (Mn), costituiti da scisti carbonatici neri, calcari impuri grigio-nerastri passanti lateralmente a scisti calcarei fortemente foliati di colore grigio scuro-argenteo. Le bancate maggiormente carbonatiche non superano in genere il metro di spessore e solo localmente esse sono presenti in quantità consistente, mentre più sovente prevalgono gli scisti.

Date però delle considerevoli incertezze di proiezione dei limiti litologici a partire dalla superficie e in assenza di sondaggi (cfr. 5.1.3) non si può escludere che la parte più occidentale del camerone penetri all'interno dei calcari di Gallaneto (cG), rappresentati da meta-calcari grigi e scisti carbonatici grigio-argentei, passanti localmente a bancate con prevalenti calcari cristallini biancastri di aspetto regolare.

Presenza di faglie e stato di fratturazione

Non è prevista l'intersezione con zone di faglia maggiori; è comunque possibile la presenza di faglie minori, con persistenza metrico-decametrica, caratterizzate da brecce tettoniche.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1474 315"> <tr> <td>Foglio 24 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 24 di 105
Foglio 24 di 105		

Lo stato di fratturazione generale dell'ammasso è caratterizzato da una densità delle superfici di discontinuità bassa, poiché la pervasività della foliazione in queste rocce ha consentito di accomodare le deformazioni in regime fragile con scorrimenti interstratali, prevenendo lo sviluppo di nuove superfici di discontinuità.

Rischi geologici

Lo scavo procederà in un ammasso caratterizzato da un'anisotropia meccanica elevata a causa della foliazione, che risulta essere molto pervasiva.

L'orientazione delle scistosità e dei contatti litologici tra le bancate è perlopiù favorevole rispetto allo sviluppo longitudinale in pianta dell'opera, poiché il tracciato si sviluppa in buona parte in direzione trasversale e spesso sub-perpendicolare rispetto alla direzione della scistosità. L'inclinazione degli strati è prevalentemente a medio-alto angolo verso SE, ma sono possibili sporadici rovesciamenti o giaciture a basso angolo in ragione della presenza di pieghe relative alla fase deformativa D3.

Per quanto attiene all'esistenza di fenomeni carsici e di dissoluzione, in questa tratta essi sono da ritenersi improbabili, ove il litotipo incontrato sarà rappresentato dagli argilloscisti neri (Mn), vista la loro composizione prevalentemente fillosilicatica. Non si possono comunque escludere locali e limitati settori con microcarsismo nelle bancate maggiormente carbonatiche e presenza di sottili livelletti di dissoluzione con materiale incoerente.

Date però le incertezze già citate sul posizionamento dei limiti litologici, qualora si dovessero intercettare, nel settore occidentale dell'opera i calcari di Gallaneto (cG), la situazione potrebbe risultare differente. In questo caso fenomeni carsici più consistenti non sarebbero da escludere, con eventuale presenza di condotti e microcarsismo diffuso lungo scistosità e fratture. Si ritiene comunque improbabile la presenza di condotti o cavità di grandi dimensioni, dal momento che i calcari presentano sempre degli interstrati fillosilicatici che limitano la propagazione laterale dei fenomeni carsici.

Qualora venisse incontrato il limite tra gli argilloscisti neri (Mn) e i calcari di Gallaneto (cG) lo scavo potrebbe procedere con fronti misti. In questi settori il contrasto tra litotipi con caratteristiche meccaniche e di rigidità differenti potrebbe aver determinato locali scorrimenti tra gli strati in condizioni cataclastiche. E' quindi possibile che lungo gli strati che definiscono i limiti litologici siano presenti patine di modesto spessore di materiali quali breccie tettoniche e gouge. Sempre nei medesimi settori, il passaggio tra litotipi diffusamente solubili e litotipi con interstrati scistosi non solubili (calcari) può aver determinato locali concentrazioni di fenomeni di dissoluzione e quindi la presenza di livelli scarsamente coesivi.

5.1.3. Principali elementi di incertezza geologica

Il principale elemento d'incertezza geologica è costituito dalla difficoltà di posizionare il contatto litologico tra gli argilloscisti neri (Mn) e i calcari di Gallaneto (cG) nel settore ovest dell'opera, ovvero nella zona del camerone di innesto con la galleria d'accesso.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1474 315"> <tr> <td>Foglio 25 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 25 di 105
Foglio 25 di 105		

In questo settore non è possibile escludere che il limite tra gli argilloscisti Mn e i calcari si posizioni più a SE di quanto ipotizzato nel profilo ed intersechi quindi l'opera nella zona di innesto della galleria d'accesso. Tali incertezze potrebbero avere risvolti idrogeologici piuttosto rilevanti, dal momento che i calcari di Gallaneto sono un potenziale acquifero di tipo carsico.

Le incertezze sulla posizione di questo limite sono principalmente connesse con le difficoltà di proiezione in profondità dei dati giacaturali di superficie, poiché al momento della redazione del presente rapporto non esistono sondaggi in questo settore che permettano di avere punti di controllo in profondità sulla posizione dei contatti.

Anche l'interpretazione delle geometrie del contatto tra la successione non milonitica, costituita da argilloscisti Mn + calcari cG + dolomie dG (per brevità definita nel seguito *successione Mn-dG*) e gli argilloscisti milonitici f è piuttosto problematica. In superficie, in prossimità del contatto tra la *successione Mn-dG* e gli argilloscisti milonitici, la prima presenta spesso un'immersione ad alto angolo (70-80°) verso SE, se non addirittura un rovesciamento verso NW. Tuttavia man mano che dal contatto ci si sposta verso SE all'interno del dominio di affioramento degli argilloscisti, le giaciture della foliazione milonitica presentano perlopiù immersioni a medio angolo verso SE, talora anche a basso angolo, talaltra sono rovesciate verso NW per effetto di pieghe D3. In ogni caso in quest'ultimo settore degli argilloscisti milonitici, prevalgono di gran lunga le immersioni a medio angolo verso SE.

In presenza di tali dati di superficie sono possibili due diverse interpretazioni:

1. Tra la *successione Mn-dG* e gli argilloscisti milonitici f esiste una discordanza angolare; la *successione Mn-dG* immerge ad alto angolo verso SE, mentre la foliazione degli argilloscisti gli si appoggia contro con un angolo inferiore (immersione a medio angolo verso SE). Questa discordanza angolare può essere interpretata come una struttura S-C a grande scala, che si sviluppa là ove esiste un forte contrasto litologico tra rocce più rigide (*successione Mn-dG*) e rocce più plastiche (argilloscisti milonitici f); In questa interpretazione, che è quella utilizzata per la ricostruzione del profilo allegato alla presente relazione, i calcari di Gallaneto cG, non raggiungono né intersecano l'opera.
2. Non esistono discordanze angolari tra la *successione Mn-dG* e gli argilloscisti milonitici f. Le diverse giaciture osservate sul terreno nei vari punti di osservazione sono semplicemente da riferirsi ad effetti di piegamento che determinano variazioni locali in superficie; in questo contesto però la *successione Mn-dG*, al di sotto degli argilloscisti milonitici f, dovrebbe presentare giaciture a medio angolo man mano che si procede verso est (quindi verso il piede della galleria d'accesso), quindi giaciture meno ripide di quanto osservabile in superficie. In questa ipotesi i calcari di Gallaneto (cG) potrebbero intersecare l'opera.

Le due ipotesi hanno la medesima probabilità di accadimento. Sul profilo geologico di progetto si è scelto di presentare la prima ipotesi mettendo però in evidenza mediante punti interrogativi e frecce tutte le incertezze esistenti.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 26 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 26 di 105
Foglio 26 di 105		

5.2. Inquadramento Idrogeologico

Nell'ambito dell'analisi di rischio proposta nel Profilo Geomeccanico e di Monitoraggio del Camerone di Innesto Cravasco, è dato riscontro dei rischi potenziali legati alla presenza di acque sotterranee.

In particolare, l'attività di scavo entro la formazione dei Calcari di Gallaneto, è associata alla categoria di rischio elevato nei riguardi del carico idraulico e delle venute d'acqua concentrate. Un livello di rischio medio è altresì connesso al battente idrico nella formazione degli argilloscisti neri. Al contrario, la porzione di camerone da realizzarsi entro la Fascia Milonitica è caratterizzata da un debole rischio connesso ai suddetti fenomeni di carattere idraulico.

Si rimanda alla relativa Relazione Idrogeologica per ulteriori approfondimenti sulle problematiche relative alla realizzazione dell'opera.

In base a quanto noto ai progettisti al momento della stesura della relazione, analogamente alle condizioni attese per lo scavo della Finestra di accesso Cravasco, il carico idrostatico non si considera agente perché:

- dati i contesti geomeccanico e idrogeologico, si ritiene che tale carico possa agire in contemporanea presenza di coperture minori di 50 m e materiale in condizioni di alterazione tali da creare una "lingua" di *palombini* che garantisca la continuità idraulica fra superficie e galleria.
- il profilo dell'opera non incontra la formazione dei Calcari di Gallaneto (Vedi i documenti relativi al Profilo Geomeccanico e Relazione Idrogeologica).

5.3. Inquadramento Geotecnico

5.3.1. Indagini eseguite

Oggetto del presente paragrafo è l'inquadramento geotecnico delle formazioni interessate dall'opera in esame e contestuale caratterizzazione geotecnico-geomeccanica ai fini dello sviluppo progettuale del camerone d'innesto.

Lo stralcio planimetrico riportato in figura seguente mostra i sondaggi geognostici già eseguiti o in previsione nell'area in oggetto.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00
	Foglio 27 di 105

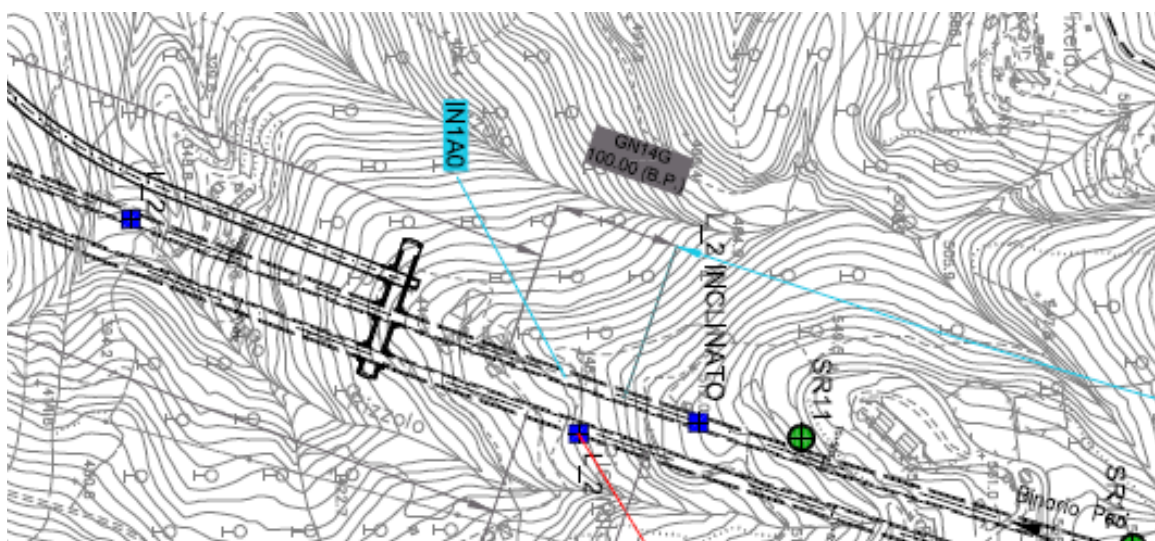


Figura 5-4 Stralcio planimetria indagini eseguite

In relazione alla vicinanza con il camerone d'innesto (posto a circa 250 m di distanza, con quota boccaforo circa 25 m più elevata rispetto alla quota p.c. in corrispondenza dell'opera), risulta particolarmente significativo il quadro stratigrafico e geomeccanico emerso dall'esecuzione della verticale SR11 (Campagna di Indagini del Progetto Definitivo, 2004).

La stratigrafia della verticale d'indagine, spinta fino a 420 m dal piano campagna, registra al di sotto del terreno eluvio-colluviale di copertura (dello spessore di circa 3 m) uno spesso strato di alterazione del substrato (cappellaccio) costituito da scaglie, blocchi, frammenti, di argillite immersi in una matrice fine granulometricamente costituita da sabbia-limo-argilla prodotto tipico di alterazione della roccia originale.

Il substrato vero e proprio (con tetto a 22,60 m dal p.c.) è costituito da argilliti di medio grado metamorfico con frequenti inclusi carbonatici in livelli o strati veri e propri riconducibile alla Formazione nota in bibliografia con il nome di "Argille a Palombini del Passo della Bocchetta".

A partire dai 294 m si assiste ad una variazione nella litologia con la comparsa di un tratto (caotico nella distribuzione) costituito da una breccia basaltica metamorfica (nota in bibliografia con il nome formazionale di Metabasalti di Monte Figogna) con intercalati banchi o brandelli di argilliti e calcari e serpentinoscisti. Alla base di questo livello si incontrano calcari cristallini (276,2 m) che a partire dai 297 m lasciano spazio nuovamente ad un tratto caotico simile al precedente ma costituito principalmente da serpentinoscisti. Questo livello (333 m) è confinato a letto da una breccia milonitica di frizione (fino a 339 m) al di sotto della quale si trova uno spesso banco di anidriti che prosegue fino al termine della perforazione.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00 Foglio 28 di 105

5.3.2. Caratterizzazione geotecnica delle formazioni interessate dall'opera

Note introduttive

Ai fini delle analisi di previsione del comportamento dell'ammasso allo scavo e del successivo dimensionamento degli interventi di consolidamento e rivestimento del cavo, sulla base di quanto rappresentato nel profilo geomeccanico emesso in sede di PE, si considerano i seguenti contesti geo-meccanici:

1. **Calcari di Gallaneto** (attesi nel tratto di camerone posto in corrispondenza della finestra di accesso alla linea)
2. **Argilloscisti Neri (Mn) e Argilloscisti Filladici (f)** nella tratta rimanente del camerone d'innesto, entrambi **compresi entro la Fascia Milonitica di Isoverde**, caratterizzata da rocce a tessitura milonitica riferibile a deformazioni sin-metamorfiche in zone di taglio duttile, con distribuzione omogenea delle deformazioni e possibili riprese in regime duttile-fragile.

Si fornisce pertanto ai paragrafi che seguono la caratterizzazione geotecnica delle formazioni dei Calcari di Gallaneto e della Fascia Milonitica di Isoverde (Scisti Micaceo Carbonatici Milonitici).

Calcari di Gallaneto (cG)

Non disponendo di alcun dato relativo alla formazione in esame dai sondaggi, si riportano i parametri desunti dai rilievi in situ di Progetto Definitivo.

RMR (rilievi di PD – ex NV11) : 40-50

GSI: 35 – 45

Litologia	Parametri di Hoek & Brown						
	σ_c^* (MPa)	GSI (-)	γ (kN/m ³)	m_i^*	D	MR*	E (MPa)
Calcari di Gallaneto	40-50	35-45	26-27	8±3	0	900±100	3000-10000

*: i valori di σ_c , m_i , MR e sono ottenuti da dati di letteratura

Tabella 5-1 – Caratterizzazione geo-meccanica Calcari di Gallaneto: caratteristiche fisiche e di deformabilità

A partire dai valori di GSI e dai valori di letteratura relativi ai calcari, si sono desunti i moduli elastici operativi da impiegare nel calcolo mediante la formulazione di Hoek & Diederichs (2006) precedentemente descritta.

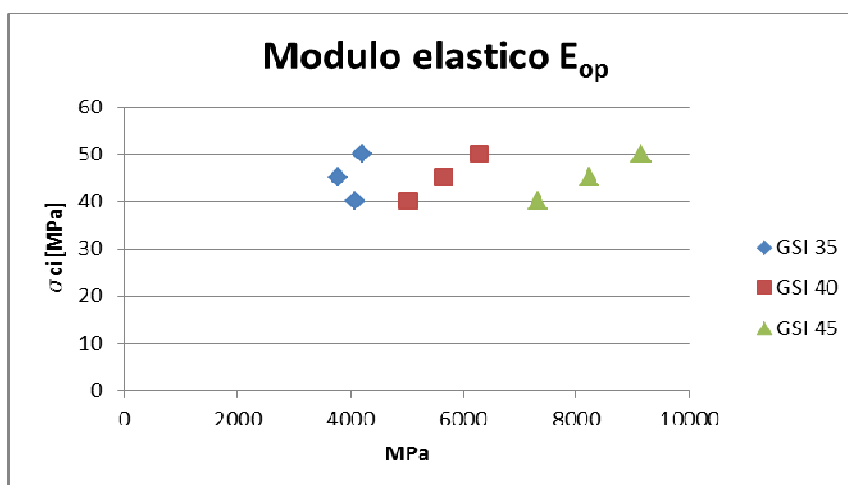


Figura 5-5 Moduli elastici operativi stimati

A titolo di confronto si riportano infine i parametri linearizzati di Mohr-Coulomb in corrispondenza della Finestra in esame sempre relativi alla fase di PD.

Parametri di Mohr Coulomb (PD)					
Litologia	γ (kN/m ³)	c' (KPa)	Φ (°)	ν (-)	E (MPa)
Calcari di Gallaneto	26-27	300-1450	25-35	0.25-0.3	5000-11000

Tabella 5-2 – Caratterizzazione geo-meccanica Calcari di Gallaneto- parametri di Mohr Coulomb adottati in PD

Scisti Micaceo Carbonatici Milonitici (Myl)

La caratterizzazione geotecnica/geomeccanica della formazione denominata *Fascia Milonitica di Isoverde*, discende dall'interpretazione dei dati raccolti durante la Campagna di Indagine del PD, in particolare dall'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo elencati nella seguente tabella.

Sondaggio Codifica COCIV	Progressiva linea	Distanza asse tracciamento linea
	m	m
SL42	9200	250
SR11	10450	10
SR12	10750	10
SR13	11950	50

Tabella 5-3 – Sondaggi geognostici eseguiti in corrispondenza della Fascia Milonitica di Isoverde

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 30 di 105

Caratteristiche fisiche

L'analisi del dato sulla determinazione del peso di volume naturale dei campioni estratti dalle verticali di indagine ha condotto ad un valor medio di 27 kN/m³.

Il grafico che segue presenta le misurazioni del peso di volume secco, correlate alla profondità di prelievo del campione di riferimento.

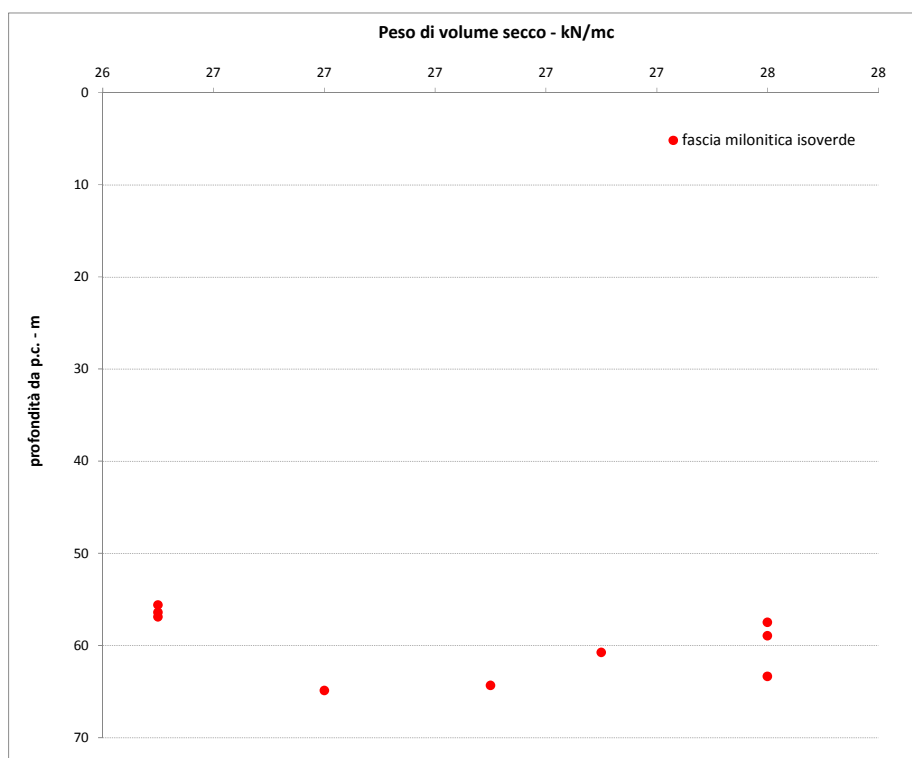


Figura 5-6 Peso di volume secco in funzione della profondità dal p.c.

Le conducibilità idrauliche, laddove disponibili come risultato delle prove di permeabilità LUGEON in foro di sondaggio, indicano un valor medio nell'ordine dei 4.0 -5.0 E-06 m/s.

Caratteristiche di resistenza

Si riporta nel seguito la distribuzione delle resistenze a compressione mono-assiale determinata per via diretta da prove di laboratorio e/o per via indiretta tramite correlazione con le determinazioni del Point Load Strength Index.

In relazione alla notevole numerosità del campione di rispetto alle prove di compressione monoassiale, si è verificata la calibratura del fattore di correlazione k50 (con $UCS = K50 \cdot Is50$), alla luce dei dati sperimentali disponibili e della letteratura tecnica (Palmström A.: RMi – a rock mass characterization system for rock engineering purposes, 1994). L'intero campione di dati Point Load Strength Index (PP+PD+PE) è stato dunque analizzato con riferimento a fattori di correlazione k50

compresi fra 14-16, al variare del dato I_{s50} trattato, d'accordo con le indicazioni di letteratura mostrate nella tabella seguente.

σ_c (MPa)	I_{s50} (MPa)	k_{50}
25* - 50	1.8 - 3.5	14
50 - 100	3.5 - 6	16
100 - 200	6 - 10	20
> 200	> 10	25

Tabella 5-4 – Point Load Strength Index – parametro k_{50} in funzione I_{50} (Palmstrom, 1994)

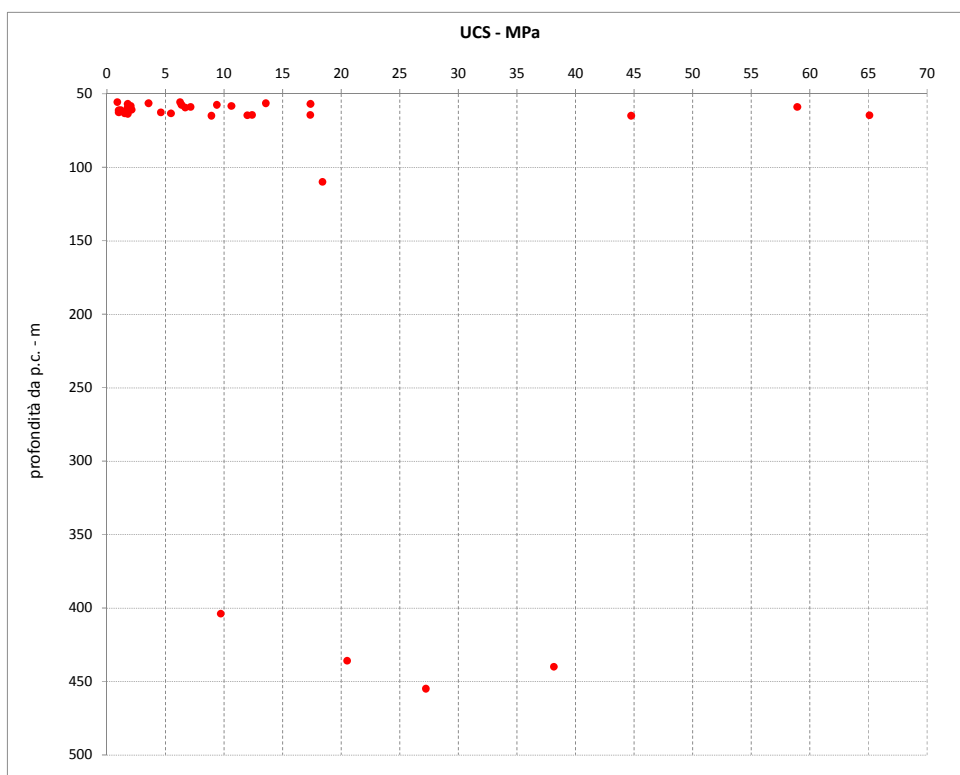


Figura 5-7 Distribuzione UCS – profondità di campionamento dal p.c.

Non si evidenzia alcuna particolare correlazione della resistenza a compressione mono-assiale con la profondità.

La distribuzione dei valori di UCS mostra una concentrazione nell'intervallo 0-20 MPa, considerato rappresentativo delle resistenze della matrice rocciosa costituita da un litotipo assimilabile ad argilloscisto. La frequenza % campionamento UCS per range di ampiezza 2 MPa e la relativa curva di Frequenza cumulata % sono mostrate nel grafico seguente.

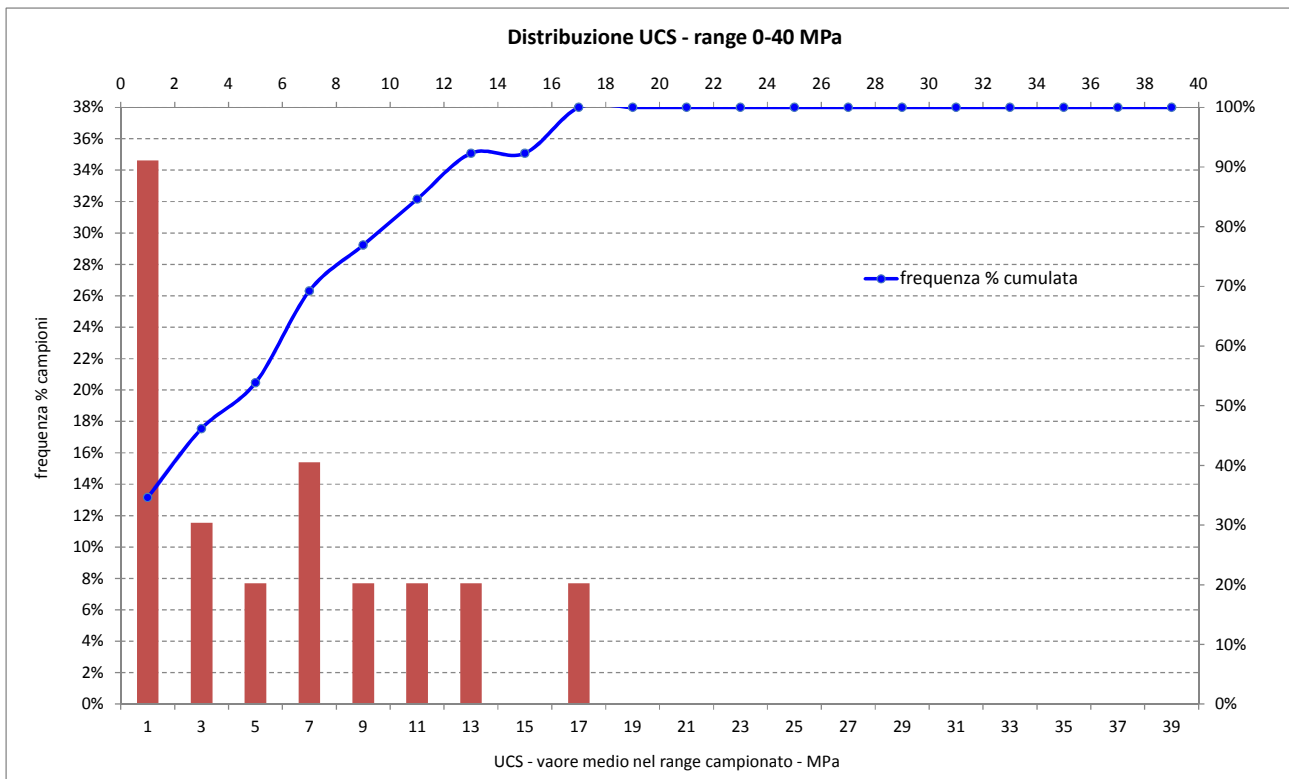


Figura 5-8 Frequenza % campionamento UCS per range di ampiezza 2 MPa e curva di Frequenza cumulata %.

La determinazione dell'UCS è stata inoltre associata all'indice RQD rappresentativo dello stato di fratturazione dell'ammasso, calcolato alla profondità di prelievo del campione o di determinazione del Point Load Strength Index. Dall'analisi del grafico che segue, emerge una tendenza alla proporzionalità dell'UCS nei confronti dell'RQD. Si evidenzia che i dati si concentrano su 4 valori distinti di RQD mediamente misurati sulle carote prese in esame.

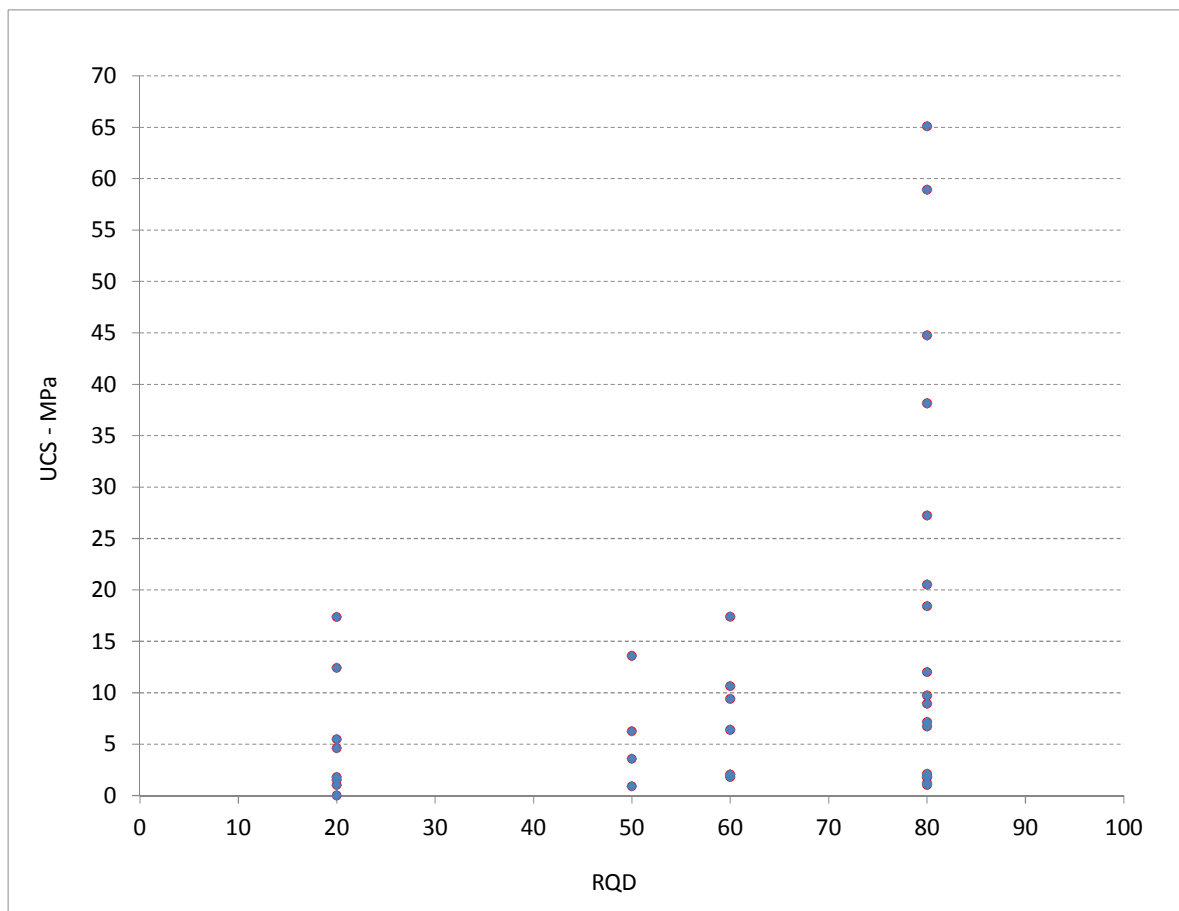


Figura 5-9 Distribuzione UCS – RQD

Le prove di laboratorio a trazione indiretta forniscono un valore di resistenza variabile da 2.30 a 6.90 MPa (media 4.00 MPa). L'elaborazione delle prove di compressione triassiale su provini di roccia ha condotto alla determinazione diretta del parametro m di Hoek-Brown variabile da 6.5 a 13.2 con media 9.07 (in linea con le indicazioni da letteratura).

Caratteristiche di deformabilità

Laddove disponibili sono state analizzate le seguenti determinazioni dirette del parametro di deformabilità:

- Modulo di deformazione da prove dilatometriche in foro di sondaggio;
- Modulo di scarico (unloading) da prove dilatometriche in foro di sondaggio;
- Modulo elastico da prove di carotaggio sonico;
- Modulo elastico secante da prove di compressione mono-assiale;
- Modulo elastico tangente da prove di compressione mono-assiale.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00 Foglio 34 di 105

Congiuntamente alla determinazione diretta sopracitata, è stato derivato il modulo elastico della matrice rocciosa per mezzo del rapporto di modulo MR (modulus ratio), secondo la formulazione di Deere, Palmstrom e Singh.

Ai fini della selezione del valore di MR, si è elaborata la serie congiunta di dati costituita da resistenza a compressione mono-assiale e relativi moduli elastici secanti/tangenti misurati a controllo di deformazione durante lo svolgimento delle prove di laboratorio. I grafici che seguono riportano le UCS (misurate in laboratorio) ed i corrispondenti valori di MR determinato come rapporto fra E_{tang} (misurato al 50% UCS) ed UCS (si è conservativamente assunto il valor medio fra E_{tang} - E_{sec} in presenza di valori di E_{tan} significativamente superiori a E_{sec}).

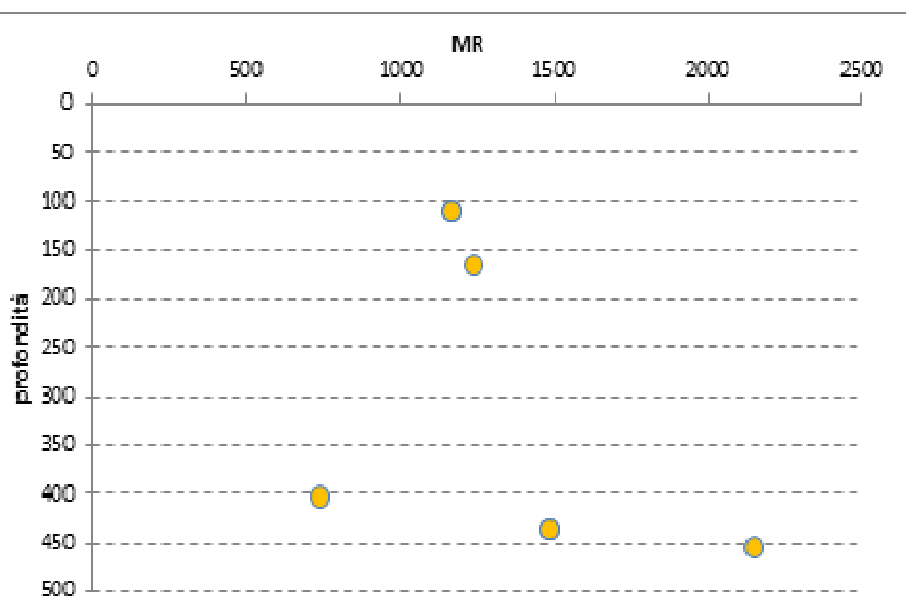


Figura 5-10 Distribuzione Mr - profondità

La tabella che segue fornisce i parametri rappresentativi della distribuzione statistica dei valori di E_i (modulo elastico della matrice rocciosa) calcolato secondo Deere, Palmstrom e Singh.

Sono stati adottati i valori MR pari a 700 (in analogia a quanto effettuato) per la formazione degli Argilloscisti filladici e 1100 (valor medio ottenuto dall'elaborazione dei soli dati relativi ai campioni riferiti alla formazione in esame - MYL).

	Ei - 700		Ei - 1100	
	# campione			
max	34	31	34	31
min	45562	26705	71597	41965
med	627	627	986	986
sqm	9093	6162	14289	9683
sqm/med	11341	6109	17821	9600
sqm/med	125%	99%	125%	99%

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 35 di 105

Il grafico che segue mostra la distribuzione dei Moduli elastici determinati attraverso le prove di carotaggio sonico, in relazione alla profondità di campionamento.

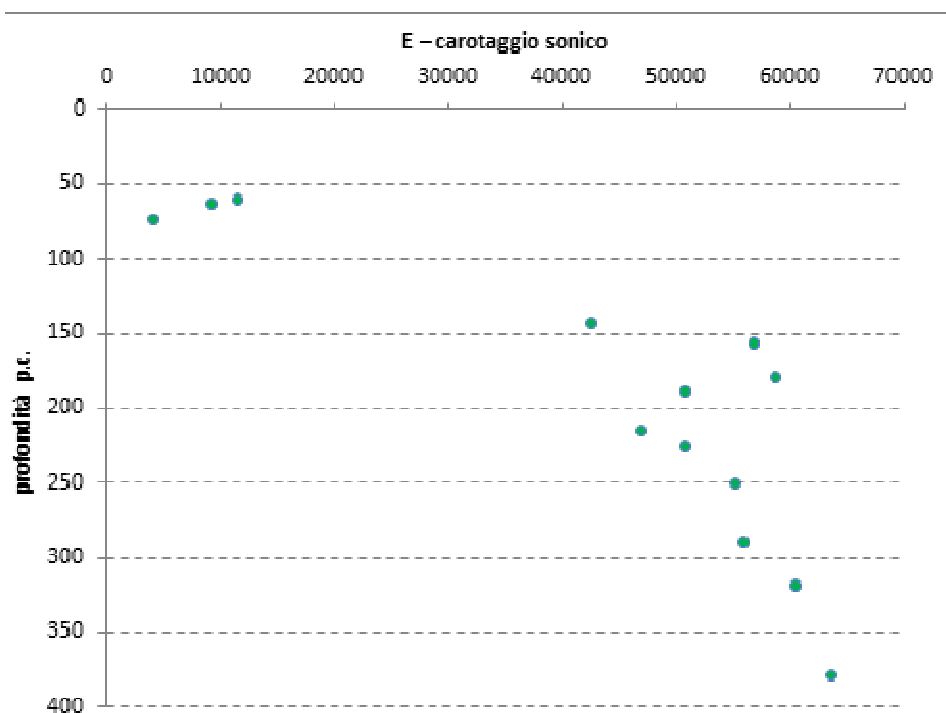


Figura 5-11 Distribuzione Modulo elastico da carotaggio sonico - profondità

Classificazione geomeccanica – calcolo del GSI

Dall'elaborazione dei log stratigrafici riferiti ai sondaggi geognostici eseguiti nella formazione in disamina, discende la classificazione geo-meccanica secondo il GSI, il cui esito delinea un quadro costituito dalla presenza di tre condizioni strutturali tipiche per l'ammasso, mediamente riconducibili ai seguenti range di GSI:

- 45÷55 - per la condizione d'ammasso discretamente compatto e de-fratturato
- 25÷35 - per condizione d'ammasso fratturato/alterato
- 35÷45 - associabile a condizioni d'ammasso intermedie fra le due sopra menzionate.

Sintesi caratterizzazione geo-meccanica

In relazione agli esiti delle elaborazioni condotte sulla formazione della Fascia Milonitica, si assume per la stessa la medesima classificazione in gruppi geo-meccanici elaborata per la formazione degli argilloscisti filladici, con la relativa assunzione dei parametri fisici, meccanici e di deformabilità.

In particolare, lo studio dei profili geotecnici e geologici dell'area escludono la presenza di zone di faglia nell'area in esame. Pertanto la formazione degli Scisti Micaceo Carbonatici Milonitici (Myl) si è inquadrata da un punto di vista geo-meccanico nei gruppi 1 e 2 (2a e 2b) individuati per gli argilloscisti filladici.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00 Foglio 36 di 105

Si riporta nel seguito il quadro di sintesi di caratterizzazione geomeccanica per i 3 gruppi individuati, con ulteriore partizione dei gruppi G2 e G3 a vantaggio della versatilità della classificazione rispetto alle esigenze progettuali e costruttive;

Formazione	γ	ν	E_{op}	σ_c	m_i	GSI
	[kN/m ³]	[-]	[GPa]	[MPa]	[-]	[-]
GR1	27	0,25-0,3	3.0÷7.8	30÷40	15÷20	45÷55
GR2a	27	0,25-0,3	1.5÷2.0	10÷12	20÷25	40÷45
GR2b	27	0,25-0,3	1.0÷1.5		15÷20	35÷40
GR3a	26	0,3	0.6÷1.2	5÷7	19	30÷35
GR3b	26	0,3			19	25÷30

Tabella 5-5. Quadro di sintesi di caratterizzazione geomeccanica per i 3 gruppi geomeccanici

5.3.1. Parametri geomeccanici di calcolo

Si riportano nella tabella che segue, per ogni gruppo geo-meccanico in esame, i parametri di Hoek-Brown associati, rispettivamente, al comportamento “undisturbed” (valori di picco) e “disturbed” (valori residui, determinati considerando un fattore di disturbo pari a 0.3).

Parametri di Hoek & Brown										
Litologia	σ_c (MPa)	GSI	γ (kN/m ³)	m_i	E (MPa)	m_{bp}	s_p	a	m_{br}	s_r
Calcari di Gallaneto (cG)	40	35	27	8	3000	0.785	0.0007	0.516	0.521	0.0003
MYL –GR1	35	50	27	17.5	5400	2.93	0.0039	0.506	2.14	0.0021
MYL –GR2a	12	42	27	20	1750	2.52	0.0016	0.510	1.75	0.0008
MYL –GR2b	10	37	27	17.5	1250	1.84	0.0009	0.514	1.24	0.0004

Tabella 5-6.. Quadro di sintesi di caratterizzazione geomeccanica secondo criterio di rottura di Hoek-Borwn

Definiti i parametri di caratterizzazione meccanica delle suddette formazioni secondo il criterio di Hoek – Brown (si vedano paragrafi precedenti), tramite “linearizzazione” dell’involuppo di rottura curvilineo si perviene ai parametri di resistenza propri del criterio di Mohr-Coulomb, determinando quindi l’equivalente angolo di attrito e coesione efficace. Le linearizzazioni per i parametri di resistenza secondo il modello di Mohr-Coulomb sono state effettuate considerando gli intervalli di tensione relativi alla profondità delle opere in esame (270 m).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00 Foglio 37 di 105

Si evidenzia che la linearizzazione, in quanto operazione matematica, in corrispondenza di livelli tensionali significativamente modesti, tende a sopravvalutare i valori di angolo di attrito e sottovalutare le coesioni; sono stati pertanto adottati parametri cautelativi qualora i valori di angolo di attrito siano troppo elevati per poter caratterizzare in maniera realistica il comportamento di un materiale secondo il modello di Mohr-Coulomb, mentre cautelativamente si è scelto di non intervenire nei range di coesione.

Argille a Palombini - Parametri di calcolo (Linearizzazione Modello Mohr-Coulomb)								
Formazione	Profondità	ϕ_p	ϕ_r	c_p	c_r	γ	ν	E_{op}
	[m]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]	[kN/m ³]	[-]	[kPa]
Calcari Gallaneto	250÷350	31÷33	28÷30	670÷820	570÷700	27	0.3	3000
GR1	250÷350	41÷44 (38 ÷40)	38÷41 (30÷32)	1050 ÷1300	950÷1170	27	0.3	5400
GR2a	250÷350	31÷ 34	28÷31 (28÷30)	650 ÷800	550÷700	27	0.3	1750
GR2b	250÷350	28÷ 30	24÷27 (24÷26)	530 ÷650	450÷550	27	0.3	1250

NOTA: in parentesi sono riportati i parametri cautelativi da adottare per i calcoli

Tabella 5-7. Gruppi geo meccanici: linearizzazione modello Mohr-Coulomb

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1369 230 1474 315"> <tr> <td>Foglio 38 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 38 di 105
Foglio 38 di 105		

6. PREVISIONI SUL COMPORTAMENTO DEGLI AMMASSI ALLO SCAVO (FASE DI DIAGNOSI)

L'apertura di una cavità in un materiale caratterizzato da un campo di tensioni naturali preesistente indisturbato, dovuto essenzialmente a carichi litostatici e a sforzi tettonici, porta ad una generale ridistribuzione degli sforzi, sia in direzione trasversale che longitudinale, con conseguente incremento delle tensioni al contorno della galleria e già oltre il fronte di scavo.

Si genera così un nuovo campo tensionale che tende a far evolvere l'ammasso intorno al cavo verso una nuova situazione di equilibrio diversa da quella naturale, dando luogo a fenomeni deformativi.

Sulla base delle conoscenze dei terreni interessati dalle gallerie, è possibile, elaborando anche le esperienze maturate in lavori analoghi, svolgere delle previsioni sul comportamento dei terreni allo scavo, necessarie alla definizione degli interventi di stabilizzazione e degli schemi di avanzamento.

Queste previsioni sono strettamente connesse con lo studio dello stato tenso-deformativo instauratosi nell'ammasso al contorno della galleria e indotto dalle operazioni di scavo.

La previsione delle modalità di avanzamento in sotterraneo è stata principalmente condotta secondo l'approccio del "Metodo per l'Analisi delle Deformazioni Controllate nelle Rocce e nei Suoli (ADECO-RS)". Sulla base dei dati raccolti in fase di studio geologico e di caratterizzazione geomeccanica degli ammassi da attraversare, sono state effettuate le previsioni di comportamento tenso-deformativo della galleria in assenza di interventi, ed in particolare modo la previsione sul "comportamento deformativo del fronte di scavo", il quale riveste notevole importanza nella definizione delle condizioni di stabilità, a breve e lungo termine, e degli interventi più idonei per garantirle. Il comportamento del fronte è principalmente condizionato da:

- le caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'ammasso connesse con le varie strutture geologiche che interessano le gallerie;
- il comportamento del materiale nel breve e lungo termine: rigonfiamento, squeezing, fluage e rilasci tensionali;
- i carichi litostatici corrispondenti alle coperture in gioco;
- la forma e le dimensioni della sezione di scavo;
- lo schema di avanzamento e la tipologia dello scavo.

Il comportamento del fronte di scavo, al quale è legato quello della cavità, può essere sostanzialmente di tre tipi: "stabile", "stabile a breve termine" e "instabile", come di seguito brevemente illustrato.

Gallerie a fronte stabile (CASO A)

Se il fronte di scavo è stabile, ciò significa che lo stato tensionale al contorno della cavità in prossimità del fronte si mantiene in campo prevalentemente elastico e i fenomeni deformativi

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1474 315"> <tr> <td>Foglio 39 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 39 di 105
Foglio 39 di 105		

osservabili sono di piccola entità e tendono ad esaurirsi rapidamente. In questo caso anche il comportamento del cavo sarà stabile (rimanendo prevalentemente in campo elastico) e quindi non si rendono necessari interventi preventivi di consolidamento. Saranno sufficienti, nel breve termine, interventi di confinamento delle pareti di scavo, e nel lungo termine, la realizzazione del rivestimento definitivo.

Gallerie a fronte stabile a breve termine (CASO B)

Questa condizione si verifica quando lo stato tensionale indotto dall'apertura della cavità supera le caratteristiche di resistenza meccanica del materiale al fronte, che assume un comportamento di tipo elasto-plastico. I fenomeni deformativi connessi con tale redistribuzione delle tensioni sono più accentuati che nel caso precedente e producono nell'ammasso roccioso al fronte una decompressione che porta ad una riduzione della resistenza interna. Questa decompressione deve essere opportunamente regimata, nel breve termine, mediante adeguati interventi di preconsolidamento al fronte (e talora al contorno del cavo), in grado di contenere l'ammasso e condurlo verso condizioni di stabilità; diversamente lo stato tenso-deformativo può evolvere verso condizioni di instabilità del cavo. Il rivestimento definitivo costituirà il margine di sicurezza a lungo termine.

Gallerie a fronte instabile (CASO C)

L'instabilità progressiva del fronte di scavo è attribuibile ad una accentuazione dei fenomeni deformativi nel campo plastico, che risultano immediati, più rilevanti e si manifestano prima ancora che avvenga lo scavo, oltre il fronte stesso. Di conseguenza tali deformazioni producono una decompressione più spinta nell'ammasso roccioso al fronte e portano ad un decadimento rapido e progressivo delle caratteristiche meccaniche d'ammasso. Questo tipo di decompressione più accentuata deve essere contenuta prima dell'arrivo del fronte di scavo e richiede pertanto interventi di preconsolidamento sistematici in avanzamento che consentiranno di creare artificialmente quell'effetto arco capace di far evolvere la situazione verso configurazioni di equilibrio stabile nel breve termine e, con l'aggiunta del rivestimento definitivo, anche nel lungo termine.

6.1. Calcolo e determinazione delle categorie di comportamento allo scavo

Nella Relazione Geotecnica e di Calcolo dell'Innesto Polcevera è stato determinato il comportamento dell'ammasso allo scavo per le suddivisioni operate sui litotipi precedentemente esaminati, considerando un unico ricoprimento e la variabilità della sezione di scavo.

Nella fase di diagnosi, sulla base degli elementi raccolti nella fase conoscitiva, vengono sviluppate le previsioni sul comportamento deformativo del fronte e del cavo in assenza di interventi, al fine di giungere all'individuazione di tratte a comportamento omogeneo, suddivise nelle tre categorie di comportamento precedentemente descritte.

In fase di terapia, in cui sono stati definiti gli interventi necessari per l'avanzamento nelle diverse classi di comportamento, ad una stessa classe di comportamento possono corrispondere diverse sezioni tipo, adeguate alle caratteristiche geologiche e fisiche di ogni formazione.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 40 di 105

Gli strumenti numerici adottati per la determinazione del comportamento dell'ammasso allo scavo sono stati:

- Analisi di stabilità del fronte (metodi di analisi empirici in forma chiusa);
- Metodo delle Linee Caratteristiche.
- Analisi agli elementi finiti 2D e 3D

Si rimanda alla Relazione Geotecnica e di Calcolo - Camerone di innesto Finestra Cravasco - IG5102ECVROGN14GX001A00 per la completa definizione delle fasi di diagnosi e terapia e per i risultati in termini numerici delle analisi effettuate per l'opera in esame.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1369 230 1469 315"> <tr> <td>Foglio 41 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 41 di 105
Foglio 41 di 105		

7. LINEE GUIDA PER L'APPLICAZIONE DELLE SEZIONI TIPO

Come ampiamente illustrato nei precedenti capitoli, il progetto dell'innesto è stato sviluppato attraverso:

- la caratterizzazione degli ammassi presenti lungo il tracciato, per mezzo dell'individuazione delle caratteristiche geologiche, litologiche, idrogeologiche e 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);
- l'individuazione, per ciascuna tratta definita omogenea, delle sezioni tipo prevalenti (quelle che appaiono in percentuale maggiore sui profili geomeccanici delle gallerie naturali) ed eventualmente di altre sezioni, subordinate alle precedenti, per situazioni diverse da quelle ricorrenti lungo la tratta, ma previste in progetto quali ad esempio: zone di faglia, zone di intensa fratturazione, elevata variabilità dei parametri geomeccanici, tratte a bassa copertura, morfologie particolari, condizioni idrogeologiche particolarmente critiche, possibili interferenze con le preesistenze di superficie (fase di terapia).

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 42 di 105

1. confermare la sezione tipo più adeguata, tra quelle già previste in una determinata tratta e riportate in chiaro sugli elaborati “profili geomeccanici”;
2. variare quegli interventi che, senza modificare strutturalmente le caratteristiche finali dell’opera, devono adeguarsi alle reali condizioni geomeccaniche riscontrate al fronte di avanzamento, nonché al comportamento estrusivo del fronte stesso e deformativo del cavo (questi ultimi come noto sono dipendenti sia dalla natura dell’ammasso in termini geologici, geomeccanici ed idrogeologici, sia dagli stati tensionali preesistenti, così come da quelli conseguenti alle operazioni di scavo);
3. individuare una diversa sezione tipo, tra quelle previste in quella tratta o comunque previste in progetto nella stessa formazione, qualora le condizioni realmente riscontrate risultino difformi da quelle ipotizzate.

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

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 43 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 43 di 105
Foglio 43 di 105		

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

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

Qualora si verifichi il solo superamento della soglia di attenzione, senza il superamento della soglia di allarme, si potranno allora modificare gli interventi di precontenimento e contenimento della sezione tipo prevista in progetto, secondo quanto riportato nella "variabilità sezione tipo" tenendo peraltro conto anche di tutte le altre informazioni derivanti dallo scavo.

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

Si sottolinea inoltre che la variabilità risulta anche legata alle misure delle sezioni di monitoraggio esterne, i valori di subsidenza misurati sul piano campagna potranno portare ad una modifica degli interventi di consolidamento.

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

Il caso in cui la situazione riscontrata sia del tutto imprevista e non vi siano analogie possibili lungo il tracciato esula dalle presenti linee guida; in tal caso, potranno essere applicate sezioni tipo non previste dal presente progetto, la cui tipologia dovrà essere concordata con l' ENTE APPALTANTE.

7.1. Definizione delle caratteristiche geologiche-geomeccaniche dell'ammasso

Gli ammassi rocciosi e i terreni incontrati lungo il tracciato sono descritti sulla base delle caratteristiche geologiche e geomeccaniche individuate in progetto.

Per comodità di rappresentazione gli ammassi incontrati lungo il tracciato sono raggruppati in "gruppi geomeccanici". Ciò è legato alla variabilità delle caratteristiche di resistenza e deformabilità di alcune formazioni geologiche. Tale variabilità può essere legata alla stessa natura geologica (cicli di deposizione/erosione) alle coperture in esame, alla presenza o meno di acqua, alla vicinanza di altre formazioni geologiche. In linea generale, l'ammasso interessato da uno scavo in sotterraneo può comportarsi in modo differente anche alle stesse coperture in esame. Da qui nasce la necessità di suddividere in gruppi i parametri geotecnici/geomeccanici, ove possibile e/o significativo. Ciò

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 44 di 105

consente di ipotizzare un susseguirsi discontinuo di comportamento allo scavo legato ad una serie di fattori difficilmente correlabili tra loro.

A ciascuna formazione sono stati attribuiti, in sede di progetto, campi di variazione dei principali parametri geomeccanici (quali ad es. c' , ϕ' , E'); tali campi tengono conto sia delle diverse configurazioni che una formazione può presentare nell'ambito dello stesso gruppo che delle coperture in esame.

Tali campi di variazione individuano così una "fascia intrinseca", compresa tra la curva di resistenza inferiore e la curva di resistenza superiore, che definisce univocamente ciascuna porzione di ammasso da un punto di vista geomeccanico.

Nel corso dei lavori, gli ammassi rocciosi e i terreni verranno descritti sulla base delle caratteristiche litologiche, geostrutturali, geomeccaniche e idrogeologiche che si evidenziano sul fronte alla scala della galleria, attraverso rilievi analitici (con prove in situ e/o di laboratorio) e rilievi speditivi.

In particolare, per la parametrizzazione dell'ammasso al fronte e cioè per la definizione della sua curva intrinseca, non si farà ricorso a nessun tipo di classificazione, ma a valutazioni dirette attraverso determinazioni sperimentali (prove in situ e/o laboratorio) durante i rilievi analitici.

Tali rilievi vengono condotti secondo le frequenze previste dal programma di monitoraggio, impiegando un'apposita scheda su cui riportare i dati rilevati e gli indici valutati secondo le prescrizioni ISRM, International Society of Rock Mechanics. In particolare, si distinguono due tipi di rilievi:

- a) rilievi analitici che prevedono la compilazione completa della scheda citata e l'eventuale esecuzione di prove e determinazioni in situ e/o di laboratorio. Tali rilievi sono previsti agli imbocchi, in concomitanza dei passaggi stratigrafici e tettonici significativi e comunque secondo le frequenze indicate dal programma di monitoraggio;
- b) rilievi speditivi, che prevedono in particolare il rilievo pittorico del fronte di scavo. Si tratta di un rilievo di tipo qualitativo e di confronto con quello analitico dell'ammasso in esame, che consente comunque al progettista di valutarne le caratteristiche principali.

I rilievi che sono svolti in corso d'opera consentono, in generale, di evidenziare qualitativamente le diverse situazioni in cui una formazione può presentarsi nell'ambito di uno stesso gruppo, definito dalla propria fascia intrinseca, come descritto, a titolo esemplificativo, nei punti seguenti:

- un ammasso che si presenta detensionato, evidenzierà valori dei parametri geomeccanici del relativo gruppo prossimi alla curva intrinseca inferiore;
- un ammasso che al contrario si presenta competente, 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;

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00
	Foglio 45 di 105

- nei terreni eterogenei, il rapporto tra i litotipi più granulari e più fini determina il rapporto tra i valori di angolo d'attrito e coesione, e quindi diversi andamenti della curva intrinseca;
- in un ammasso stratificato sollecitato in campo elastico, una sfavorevole anisotropia strutturale gioca un ruolo determinante, comportando valori dei parametri geomeccanici più prossimi alla curva intrinseca inferiore;
- al contrario in un ammasso stratificato con stati tensionali più elevati che lo sollecitano in campo elasto-plastico, l'effetto di una sfavorevole anisotropia strutturale è inferiore e il comportamento può essere meglio rapportato a un mezzo omogeneo.

7.2. Risposta deformativa del fronte e del cavo

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

- tipologia ed intensità degli interventi di 1^a fase
- fasi esecutive e cadenze di avanzamento

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

Tali valori, riferiti al diametro e riportati nel progetto, effettivamente misurabili in corso d'opera sono dati da:

$$\delta = \delta_f - \delta_o$$

dove:

δ_o = deformazione iniziale al fronte e non misurabile in galleria

δ_f = deformazione finale lontano dal fronte, a distanze tipicamente superiori a 2 \varnothing o da definirsi sulla base delle esperienze e dati raccolti

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

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

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

Tali rilievi consentiranno di verificare qualitativamente lo stato tensionale agente sul cavo mediante la ricostruzione della deformata:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1474 315"> <tr> <td>Foglio 46 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 46 di 105
Foglio 46 di 105		

- valori delle deformazioni radiali omogenei nei punti rilevati evidenziano uno stato tensionale di tipo isotropo ($K \approx 1$);
- valori delle deformazioni radiali diversi nei punti rilevati evidenziano stati tensionali diversi da quello isotropo ($K \neq 1$), che si verificano in corrispondenza di:
 - a) zone fortemente tettonizzate ed in presenza di lineamenti tettonici, per cui gli stati tensionali possono subire forti alterazioni, con orientazioni comuni alle azioni tettoniche principali;
 - b) in corrispondenza di zone corticali e/o parietali, in cui gli stati tensionali sono funzione della morfologia dell'area;
 - c) all'interno di ammassi a struttura caotica, per cui gli stati tensionali possono subire repentine e continue modificazioni in intensità e orientazione;
 - d) qualora il fronte di scavo si presenti "parzializzato" ovvero siano presenti due formazioni di diversa natura e comportamento;
 - e) in presenza di stratificazioni e comunque per coperture confrontabili con il diametro della galleria.

7.3. Fasi esecutive e cadenze di avanzamento

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

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

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

7.4. Procedura di applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 47 di 105

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

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

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

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

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

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

- caratteristiche geologiche e geostrutturali dell'ammasso,

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 48 di 105

- caratteristiche geomeccaniche e idrogeologiche dell'ammasso,
- stato tensionale agente,
- possibili disturbi di natura tettonica

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

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

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00 Foglio 49 di 105

8. DESCRIZIONE DELLE FASI ESECUTIVE E DELLE SEZIONI TIPO DI SCAVO

8.1. Introduzione

Come riportato al §1, la relazione è valida per tutto il camerone di innesto, senza distinzione tra le due WBS in cui è diviso. Per chiarezza, in riferimento alle seguenti figure

- Figura 1-1. Pianta del camerone di innesto: binario dispari, WBS GN15H
- Figura 1-2. Pianta del camerone di innesto: binario pari, WBS GN14G
- Figura 4-1. Sezione di raccordo
- Figura 4-2. Sezione corrente
- Figura 4-3. Sezione d'innesto
- Figura 4-4. Stralcio della planimetria binario pari
- Figura 4-5. Stralcio della planimetria binario dispari
- Figura 8-1. Pianta del camerone di innesto e campi di avanzamento
- Figura 8-2. Fasi iniziali

si riporta la distinzione dei campi di avanzamento dell'innesto relativamente alle WBS di appartenenza nella tabella sottostante.

WBS	CAMPO	SEZIONE
GN15H (bin. Dispari)	1D	corrente
	2D	innesto galleria
	3D	corrente
	4D	allargo galleria
GN14G (bin. Pari)	1P	raccordo
	2P	corrente
	3P	innesto finestra
	4P	corrente
	5P	corrente
	6P	innesto galleria
	7P	corrente
	8P	allargo galleria

Tabella 8-1. WBS e relativi campi di avanzamento

Si riportano nei seguenti paragrafi le fasi esecutive dell'opera e le descrizioni delle sezioni tipo adottate, in funzione dei rispettivi campi di avanzamento e dell'analisi del richio.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 50 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 50 di 105
Foglio 50 di 105		

8.2. Fasi esecutive

Si riportano di seguito, in riferimento alla Figura 8-1, le principali fasi esecutive dell'innesto previsto tra la Finestra Cravasco e la galleria di Valico, per la cui descrizione dettagliata si rimanda alla relativa tavola.

Fase iniziale: a partire dalla progressiva finale della finestra d'accesso (pk 1262.112, binario pari) esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per singoli sfondi, in accordo alle prescrizioni progettuali, del campo di allargo (1P) e del successivo Campo 2P fino all'inizio dell'innesto con il camerone (campi 3P). Il getto delle murette e dell'arco rovescio è realizzato sino alla sezione d'inizio innesto. La distanza di getto delle murette e dell'arco rovescio potrà essere variata in funzione del comportamento deformativo del cavo.

Fase di scavo innesto finestra: esecuzione dei consolidamenti e dello scavo in allargo del primo innesto, realizzato a piena sezione per singoli sfondi in accordo alle prescrizioni progettuali (campi 3P). Il getto delle murette e dell'arco rovescio è realizzato per tutta la sezione di innesto. La distanza di getto delle murette e dell'arco rovescio potrà essere variata in funzione del comportamento deformativo del cavo. Segue il getto del rivestimento definitivo in calotta per i campi 1P, 2P e con opportuni risparmi per la futura realizzazione della nicchia MATS, per i campi 3P.

Fase di inizio scavo camerone: scavo in sezione corrente fino alla fine dell'innesto (pr -31.035, campi 4P). Getto delle murette, dell'arco rovescio e della calotta nei campi 4P e successiva predisposizione delle dotazioni impiantistiche del nastro trasportatore per lo smarino.

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per singoli sfondi, in accordo alle prescrizioni progettuali, dei campi 5P. Il getto delle murette e dell'arco rovescio è realizzato sino alla sezione di inizio innesto. La distanza di getto delle murette e dell'arco rovescio potrà essere variata in funzione del comportamento deformativo del cavo.

Fase di scavo innesti: scavo in allargo dell'innesto 1 (binario pari, campi 6P), scavo di avanzamento in sezione corrente (campi 7P e 1D) e scavo in allargo dell'innesto 2 (binario dispari, campi 2D). Il getto di murette e arco rovescio segue l'avanzamento dello scavo, con distanze relative alla sezione tipologica di progetto, fino ad arrivare all'inizio dell'innesto (binario pari).

Fase di fine scavo camerone innesto: scavo in sezione corrente fino alla fine dell'innesto (pr 84.664 campo 3D). Il getto di murette e arco rovescio è realizzato fino alla fine del secondo innesto, il rivestimento definitivo deve raggiungere il campo 7P, prevedendo gli opportuni risparmi nella sezione d'innesto (campi 6P). Si comincia il consolidamento dei fronti di scavo della linea al binario pari in corrispondenza dell'innesto 1.

Fase di scavo di linea binario pari: a partire dall'innesto 1 si esegue lo scavo di innesto della galleria di linea pari in entrambe le direzioni (sezione di allargo, campo 8P), alternando fasi di scavo a fasi di consolidamento sui due fronti. Si completa la realizzazione di murette e arco rovescio del camerone e in seguito del rivestimento definitivo con opportuni risparmi nei campi 2D dell'innesto 2. Si comincia il consolidamento dei fronti di scavo della linea al binario dispari in corrispondenza dell'innesto 2.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 51 di 105

Fase di scavo di linea binario dispari: a partire dall'innesto 2 si esegue lo scavo di innesto della galleria di linea dispari in entrambe le direzioni (sezione di allargo, campo 4D), alternando fasi di scavo a fasi di consolidamento sui due fronti. Si procede alla realizzazione di murette, arco rovescio e calotta nelle sezioni di allargo della linea pari e inizia lo scavo della linea al binario dispari fino ad una distanza dall'innesto di 6 diametri.

Fase finale: prosegue lo scavo della galleria di linea binario pari e inizia lo scavo della galleria di linea binario dispari, mantenendo la distanza minima tra i due fronti di scavo adiacenti pari a 4÷6 diametri in funzione dei risultati di monitoraggio tensionale e deformativo. Si completa il getto dei rivestimenti del camerone compresi i campi di innesto delle gallerie e si cominciano i getti in entrambi i binari, mantenendo le distanze di getto previste dal progetto.

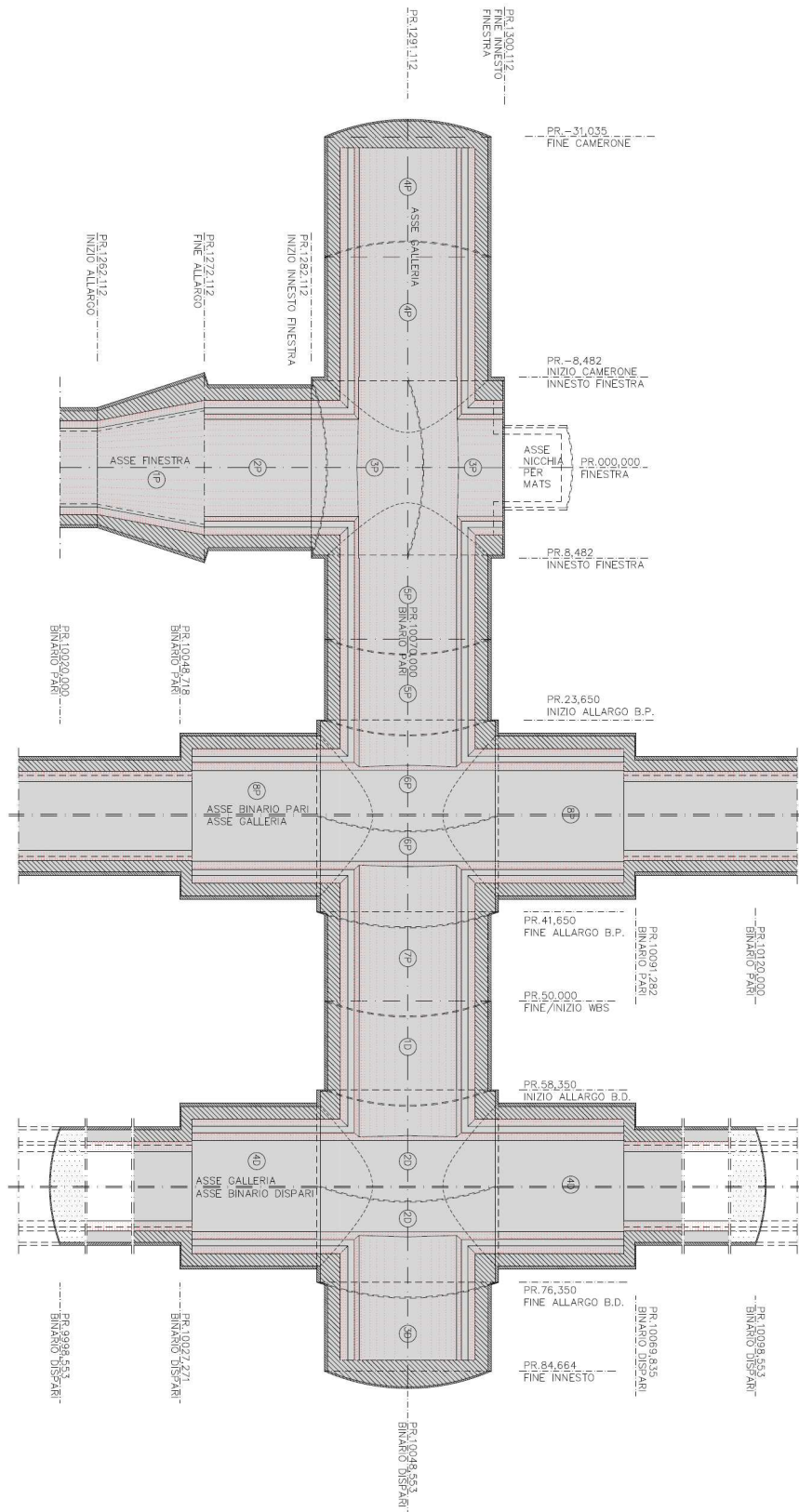


Figura 8-1. Pianta del camerone di innesto e campi di avanzamento

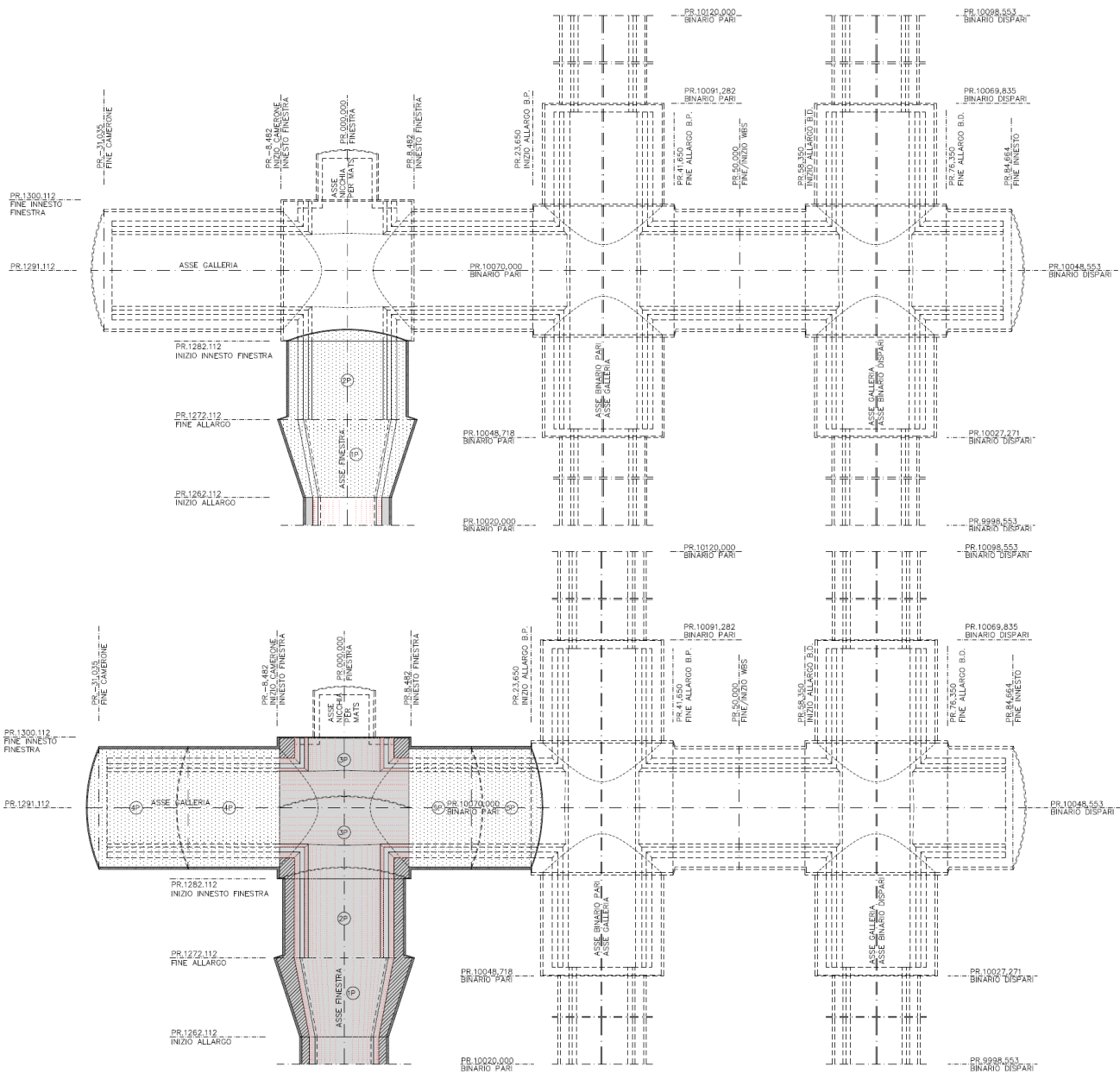


Figura 8-2. Fasi iniziali

8.3. Analisi del Rischio

I profili geologico – geomeccanici longitudinali di previsione individuano una serie di rischi intraformazionali dell'ammasso per lo scavo delle gallerie, con conseguenze sulla scelta, dapprima della metodologia di scavo, meccanizzato o in tradizionale, quindi sulla tipologia degli interventi e dei sostegni da porre in opera in fase di scavo ed in definitiva sul dimensionamento del rivestimento definitivo.

Considerando le litologie presenti, le condizioni geostrukturali, le condizioni idrauliche, il possibile comportamento dell'ammasso allo scavo e le condizioni al contorno, sono state prese in esame le

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 54 di 105

seguenti tipologie di problematiche, così come sono indicate nell'analisi del rischio riportata nei profili geologico – geomeccanici di previsione:

rischi collegati alle caratteristiche dell'ammasso

1. instabilità del fronte e/o del cavo per la presenza di zone tettonizzate
2. instabilità del fronte e/o del cavo in presenza di basse coperture
3. Presenza di trovanti
4. Fenomeni di “swelling”/”squeezing”
5. Anisotropia dell'ammasso
6. Deformazioni d'ammasso
7. Fenomeni di subsidenza e interferenza con altre strutture

rischi collegati alla presenza d'acqua

1. Carico Idraulico
2. Venute d'acqua concentrate
3. Fenomeni carsici
4. Presenza di acque aggressive
5. Fenomeni di dissoluzione

Nel seguito saranno presentati i principali tipi di rischi valutati per l'opera in esame.

8.4. Analisi dei rischi lungo il tracciato dell' innesto

La galleria in oggetto si sviluppa in un primo tratto negli Argilloscisti neri (Mn), per poi passare nella formazione degli Argilloscisti filladici, entrambi associabili come caratteristiche meccaniche alla Formazione delle Argilliti a Palombini.

Come riportato al § 5, ad oggi ci sono ancora considerevoli incertezze di proiezione dei limiti litologici a partire dalla superficie e in assenza di sondaggi (cfr. 5.1.3) non si può escludere che la parte più occidentale del camerone penetri all'interno dei calcari di Gallaneto (cG). Lo scavo in questa formazione avrebbe un elevato rischio idrogeologico nei riguardi del carico idraulico e delle venute d'acqua concentrate, a differenza delle altre formazioni sicuramente interessate dallo scavo.

Si rimanda alla relativa Relazione Idrogeologica per ulteriori approfondimenti sulle problematiche idrogeologiche, al momento ancora in fase di studio, relative alla realizzazione dell'opera.

Nella zona di interesse non sono previste faglie, pertanto al momento della stesura della presente relazione, i rischi maggiori sono legati soprattutto alla possibilità che l'ammasso roccioso possa

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 55 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 55 di 105
Foglio 55 di 105		

essere ascrivibile al gruppo geomeccanico 2. In tali contesti l'ammasso mostra scadenti proprietà geomeccaniche; si individua ancora chiaramente la foliazione regolarmente e fittamente spaziata ma con struttura più intensamente piegata, fino alla microscala. Le superfici dei giunti sono da poco alterate ad alterate e la circolazione idrica nei materiali argillitici è scarsa.

In particolare:

Instabilità del fronte e/o del cavo: fenomeni di instabilità del fronte e/o del cavo della galleria dipendono sostanzialmente dalla presenza di tratte del tracciato caratterizzate da parametri geomeccanici scadenti, come nei contesti maggiormente tettonizzati. Tali condizioni si verificano nel caso in cui l'ammasso riscontrato durante lo scavo appartenga al gruppo GR2, nel cui caso le analisi compiute hanno evidenziato un comportamento di tipo C (fronte instabile) o comunque al limite con il comportamento di tipo B (fronte stabile a breve termine) e sono quindi stati previsti specifici interventi di consolidamento.

Carico idraulico: In base a quanto riportato nell'inquadramento idrogeologico ed evidenziato nel profilo geomeccanico, non sono presenti carichi idraulici sull'opera in esame.

Venute d'acqua concentrate: Per quanto riguarda l'assetto idrogeologico, non sono previste possibilità di venute d'acqua concentrate in corrispondenza di ammassi tettonizzati.

Fenomeni di squeezing: per quanto riguarda rischi legati a fenomeni di squeezing si rimanda alla relazione geotecnica dell'innesto.

Fenomeni di subsidenza e interferenza con altre strutture: date le profondità in gioco, non sono presenti rischi relativi a possibili fenomeni di subsidenza; non sussistono interferenze con altre opere/strutture.

8.5. Sezioni tipo

Si descrivono di seguito le sezioni tipo in funzione dei campi di avanzamento e della precedente analisi del rischio. In particolare, si prevede l'applicazione, sulla base del gruppo geomeccanico riscontrato in galleria, l'applicazione di differenti interventi di consolidamento e supporto. In particolare:

- Argillite a Palombini GR1 (gruppo geomeccanico 1): non si prevedono consolidamenti al fronte e al contorno
- Argillite a Palombini GR2a (gruppo geomeccanico 2a): si prevedono consolidamenti al fronte
- Argillite a Palombini GR2b (gruppo geomeccanico 2b): si prevedono consolidamenti al fronte e al contorno

Queste tipologie di sezioni sono da applicare in tutti i campi, nei quali, in funzione delle geometrie in gioco, si modificheranno le seguenti caratteristiche:

- Numero, lunghezza e sovrapposizione dei preconsolidamenti al contorno, piede centina e fronte

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 56 di 105

- Profilati centine metalliche
- Spessori rivestimenti definitivi

Pertanto, al di là di queste differenze, per le quali si rimanda alle tavole relative ad ogni campo di avanzamento, per quanto riguarda le fasi esecutive e gli interventi previsti, le sezioni tipologiche dell'opera in esame sono riconducibili a tre:

1. Sezione non consolidata (Sezione **n**)
2. Sezione consolidata al fronte (Sezione **f**)
3. Sezione consolidata al fronte e al contorno (Sezione **fc**)

8.5.1. Sezione tipo n: non consolidata

La sezione in fase costruttiva è costituita da:

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo Ø 60 mm e sp. 5 mm (eventuali);
- prerivestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton, fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, e centine metalliche tipo HEB 220 (HEB 240 nelle sezioni di innesto), a passo 1 m;
- impermeabilizzazione composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC;
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore variabile in funzione della geometria relativa allo specifico campo di avanzamento.

Campo di applicazione

La sezione non consolidata si applica nella formazione delle Argilliti a Palombini, indipendentemente dalle coperture, qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili al gruppo geomeccanico 1 della formazione.

L'ammasso presenta discrete proprietà geomeccaniche. L'RQD è maggiore del 50-60%; si individua chiaramente la foliazione regolarmente spaziata ma la struttura non è intensamente piegata fino alla microscala. Le superfici dei giunti non sono alterate e la circolazione idrica è scarsa o assente. La presenza dei palombini può superare il 50% fino a condizionare il comportamento generale dell'ammasso; gli strati calcarei sono però poco fratturati e poco alterati.

In queste condizioni il fronte di scavo si presenta generalmente a cavallo tra la categoria di comportamento A e B (stabile/ stabile a breve termine), pertanto non si prevedono interventi di preconsolidamento del fronte.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 57 di 105

L'avanzamento con mezzi meccanici può risultare difficoltoso (possibile impiego di esplosivo). La risposta deformativa del cavo evolve verso convergenze che si attestano sui valori minimi registrati (<5 cm).

Variabilità

Qualora, in corrispondenza delle tratte ove si prevede l'applicazione della sezione tipo *n*, dai rilievi geostrutturali del fronte di scavo risultasse un ammasso caratterizzato da valori di GSI maggiori di 50, associati alla presenza di condizioni di ammasso generali poco fratturato e giunti con alterazione assente, è possibile variare l'intensità degli interventi, prevedendo l'adozione di un profilato più leggero (HEB 200/ HEB 220) mantenendo costante lo spessore di spritz-beton. In tali contesti la condizione di ammasso può essere localmente migliorato dalla presenza di Palombini non alterati ed estremamente compatti.

Nel caso opposto, cioè con un ammasso maggiormente allentato e fratturato, in situazioni che tendono ad abbassare i valori dei parametri geomeccanici verso la parte inferiore della fascia intrinseca e in corrispondenza di alte percentuali di Palombini alterati, potranno essere previsti interventi di supporto di prima fase di maggiore rigidità (diminuzione del passo centine a 0.80m) al fine di limitare l'estensione della fascia plastica.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n°3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC L = 30 m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\phi \approx 60\text{mm}$ spessore 5mm e protezione in TNT.

Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

FASE 2: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima funzione del campo, per singoli sfondi max. di 1.0 m, sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale ed eseguendo lo spritz-beton fibrorinforzato, sp.5 cm, anche su ognuno di tali fronti.

FASE 3: posa in opera del rivestimento di prima fase

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00
	Foglio 58 di 105

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1^a fase costituito da centine metalliche HEB 220 (HEB 240 nelle sezioni di innesto) passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 30 cm fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 4: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette e dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $5\varnothing$ dal fronte di scavo dopo aver eseguito il preconsolidamento al contorno e al fronte del successivo campo di avanzamento. In funzione della risposta deformativa del cavo si potrà valutare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più o meno restrittive;
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da eseguire;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento dopo del getto dell'arco rovescio e delle murette.

FASE 5: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo, secondo le caratteristiche della sezione di impermeabilizzazione e drenaggio prevista. Si prevede la messa in opera di uno strato protettivo di tessuto non tessuto e di un telo impermeabilizzante di PVC, come da Capitolato.

FASE 6: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta dovrà avvenire entro $7\varnothing$ dal fronte di scavo.

La distanza di getto dovrà essere regolata in funzione della risposta deformativa del cavo e sarà comunque inferiore a $5\varnothing$ dal fronte.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte, sagomato a forma concava, uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 10 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti. Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito (eventualmente incrementato), previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato, $sp=10$ cm, e con il rivestimento di prima fase, l'arco rovescio e le murette portati a ridosso del fronte stesso. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo, l'arco rovescio e le murette dovranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00 Foglio 59 di 105

8.5.2. Sezione tipo f: consolidata al fronte

La sezione in fase costruttiva è costituita da:

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo Ø 60 mm e sp. 5 mm (eventuali);
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di tubi in VTR cementati in foro con miscele cementizie (numero, lunghezza e sovrapposizione riportate nelle specifiche tavole);
- prerivestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton, fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, e centine metalliche tipo HEB 220 (HEB 240 nelle sezioni di innesto), a passo 1 m;
- impermeabilizzazione composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC;
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore variabile in funzione della geometria relativa allo specifico campo di avanzamento.

Campo di applicazione

La sezione consolidata al fronte si applica nella formazione delle Argilliti a Palombini, indipendentemente dalle coperture, qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili alle fasce meno alterate del gruppo geomeccanico 2 della formazione (parametri prossimi al limite superiore del range stabilito, GR2a).

L'ammasso mostra, in tale contesto, proprietà geomeccaniche da medie a scadenti. L'RQD è variabile tra il 35% e il 50%; si individua ancora chiaramente la foliazione regolarmente e fittamente spaziata ma con struttura più intensamente piegata, fino alla microscala. Le superfici dei giunti sono poco alterate e la circolazione idrica è scarsa. I palombini, quando presenti (non oltre il 50%), risultano mediamente fratturati ma scarsamente o localmente alterati.

In queste condizioni il fronte di scavo si presenta generalmente stabile a breve termine (categoria B), ma le condizioni di giacitura delle superfici di foliazione e l'intensità della fratturazione, possono portare al verificarsi di fenomeni di distacco che impongono l'uso di consolidamenti al fronte

L'avanzamento avviene regolarmente con mezzi meccanici. La risposta deformativa del cavo evolve verso convergenze che si attestano sui valori medi registrati (5-8 cm), necessitando la presenza dell'arco rovescio a breve distanza dal fronte per la loro completa stabilizzazione nel tempo.

Variabilità

Se la risposta deformativa del fronte e del cavo evidenzia valori prossimi ai minimi previsti e l'ammasso si presenta poco alterato con presenza consistente di Palombini poco fratturati, è possibile variare l'intensità degli interventi previsti e intervenire sulla rigidità dei prerivestimenti scegliendo profilati più leggeri delle centine (HEB200/HEB220) mantenendo costante lo spessore di

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 60 di 105

spritz-beton. Sarà infatti probabile, in tali contesti, la riduzione della fascia plastica al contorno con conseguente diminuzione dei carichi sui rivestimenti di prima fase e definitivi.

Qualora si verificasse il caso opposto al precedente si potrà intervenire con un aumento di intensità del consolidamento e tramite interventi di supporto di prima fase di maggiore rigidità (diminuzione del passo centine a 0.80m). Tali contesti sono correlati alla presenza di Palombini alterati, anche in percentuale consistente, e le superfici dei giunti sono alterate. Il GSI associato alla formazione è prossimo ai valori minimi del gruppo 2A.

In questi casi, si prevede una variazione del numero dei consolidamenti intorno al 20% rispetto a quanto definito per ogni singolo campo.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n°3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC L = 30 m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\phi \approx 60\text{mm}$ spessore 5mm e protezione in TNT.

Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

FASE 2: preconsolidamento al fronte

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa in opera di tubi in VTR, aventi lunghezza e sovrapposizione variabili in funzione del relativo campo d'avanzamento.

Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldata, avente spessore di 10 cm;
- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100\text{ mm}$;
- inserimento del tubo in VTR;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 4÷5 fori;

FASE 3: esecuzione scavo

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 61 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 61 di 105
Foglio 61 di 105		

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima funzione del campo, per singoli sfondi max. di 1.0 m, sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale ed eseguendo lo spritz-beton fibrorinforzato, sp.5 cm, anche su ognuno di tali fronti.

FASE 4: posa in opera del rivestimento di prima fase

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1^a fase costituito da centine metalliche HEB 220 (HEB 240 nelle sezioni di innesto) passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 30 cm fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene.

FASE 5: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette e dell'arco rovescio dovrà avvenire entro 3Ø dal fronte di scavo dopo aver eseguito il preconsolidamento al contorno e al fronte del successivo campo di avanzamento. In funzione della risposta deformativa del cavo si potrà valutare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più o meno restrittive;
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da eseguire;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento dopo del getto dell'arco rovescio e delle murette.

FASE 6: impermeabilizzazione

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo, secondo le caratteristiche della sezione di impermeabilizzazione e drenaggio prevista. Si prevede la messa in opera di uno strato protettivo di tessuto non tessuto e di un telo impermeabilizzante di PVC, come da Capitolato.

FASE 7: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta dovrà avvenire entro 5Ø dal fronte di scavo. La distanza di getto dovrà essere regolata in funzione della risposta deformativa del cavo e sarà comunque inferiore a 5Ø dal fronte.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte, sagomato a forma concava, uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 10 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti. Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito (eventualmente incrementato), previa sagomatura a forma concava ed

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5102ECVROGN14GX002A00 Foglio 62 di 105

esecuzione dello strato di spritz-beton armato, $sp=10$ cm, e con il rivestimento di prima fase, l'arco rovescio e le murette portati a ridosso del fronte stesso. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo, l'arco rovescio e le murette dovranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

La sequenza operativa di perforazione, inserimento del tubo o dell'elemento strutturale in VTR e cementazione indicata precedentemente, andrà adattata alle caratteristiche dell'ammasso, prevedendo comunque l'inserimento del tubo o dell'elemento strutturale in VTR e la successiva cementazione massimo ogni 5 perforazioni realizzate, garantendo comunque il completo riempimento del foro e l'inghisaggio del tubo o dell'elemento strutturale. In corso d'opera si potrà comunque valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione indicata (a secco) utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscele cementizie, acqua additivata con agenti schiumogeni, etc) in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e previa esecuzione di adeguate prove in sito, atte a garantire:

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

8.5.3. Sezione tipo fc: consolidata al fronte e al contorno

La sezione in fase costruttiva è costituita da:

- 3+3 drenaggi in avanzamento lunghezza 30 m sovrapp. 10 m microfessurati per 20 m da fondo foro e ciechi per 10 m verso boccaforo \varnothing 60 mm e sp. 5 mm (eventuali) ;
- prerivestimento composto da uno strato di 30 cm di spritz-beton, fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldato, e centine metalliche tipo HEB 220 (HEB 240 nelle sezioni di innesto), a passo 1 m;
- chiodature in VTR cementati alla base del piedritto, in numero 2 al metro disposti longitudinalmente a quinconce (previste per le sezioni di innesto)
- consolidamento al contorno mediante tubi in VTR cementati in foro con miscele cementizie (numero, lunghezza e sovrapposizione riportate nelle specifiche tavole)
- consolidamenti al piede centina mediante tubi in VTR cementati in foro con miscele cementizie (numero, lunghezza e sovrapposizione riportate nelle specifiche tavole).
- preconsolidamento del fronte realizzato mediante la posa in opera di tubi in VTR cementati in foro con miscele cementizie (numero, lunghezza e sovrapposizione riportate nelle specifiche tavole);

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 63 di 105

- impermeabilizzazione composta da uno strato protettivo di tessuto non tessuto e da un telo impermeabilizzante di PVC.
- rivestimento definitivo in cls semplice avente spessore variabile in funzione della geometria relativa allo specifico campo di avanzamento.

Campo di applicazione

La sezione consolidata al fronte e al contorno si applica nella formazione delle Argilliti a Palombini, indipendentemente dalle coperture, qualora l'ammasso risulti caratterizzato da valori di resistenza e deformabilità attribuibili alle fasce meno compatte del gruppo geomeccanico 2 della formazione (parametri prossimi al limite inferiore del range stabilito, GR2b).

L'ammasso mostra scadenti proprietà geomeccaniche. L'RQD è variabile tra il 20% e il 35%; si individua ancora chiaramente la foliazione regolarmente e fittamente spaziata ma con struttura più intensamente piegata, fino alla microscala. Le superfici dei giunti sono alterate e la circolazione idrica è scarsa. I palombini, quando presenti (non oltre il 20-30%), risultano molto fratturati ed alterati.

Sono possibili elevati stress di natura tettonica che possono portare spinte orizzontali maggiori delle verticali, con necessità di intervenire mediante bullonature radiali.

In queste condizioni il fronte di scavo si presenta generalmente a cavallo tra le classificazioni B e C (stabile a breve termine/ instabile), risultando necessario eseguire sistematici interventi di consolidamento in avanzamento. Lo scavo avviene con mezzi meccanici. La risposta deformativa del cavo evolve verso convergenze che si attestano sui valori medi registrati anche superiori ai 10cm, necessitando la presenza dell'arco rovescio a breve distanza dal fronte per la loro completa stabilizzazione nel tempo.

Variabilità

L'intensità del consolidamento al fronte è direttamente collegabile al grado di fratturazione dell'ammasso e alla giacitura delle superfici di distacco, nonché alla presenza di Palombini. Lo stato dei giunti risulta un elemento significativo ai fini della stabilità del fronte.

Laddove il fronte di scavo sia caratterizzato da giaciture chiaramente individuabili e costanti prevalentemente a reggi poggio o sub-orizzontali, con giunti moderatamente alterati, sarà quindi possibile variare:

- l'intensità degli interventi al fronte e al contorno
- la rigidità dei priverimenti, prevedendo l'adozione di un profilato più leggero (HEB 200/ HEB 220) mantenendo costante lo spessore di spritz-beton
- la chiodatura laterale (prevista per la sezione di innesto)

Rimane in ogni caso necessaria un'azione di precontenimento delle deformazioni al fine di limitare il detensionamento dell'ammasso già interessato da uno stato di fratturazione intensa.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 64 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 64 di 105
Foglio 64 di 105		

Qualora si verificasse il caso opposto al precedente dovranno essere previsti interventi di supporto di prima fase di maggiore rigidità (diminuzione del passo per le centine a 0.80) e l'esecuzione di importanti interventi avanti il fronte e al contorno al fine di limitare i fenomeni deformativi e l'estensione della fascia plastica.

Tali contesti sono correlati a

1. Materiale roccioso interessato da numerose pieghe di varia dimensione ed attraversato da diverse famiglie di faglie che inducono una diminuzione locale della resistenza e/o alla presenza di Palombini alterati, anche in percentuale consistente. Il GSI associato alla formazione è prossimo ai valori minimi del gruppo 2B.
2. Orientazione delle giaciture sfavorevole con alterazione evidente dei giunti, anche associata a stillicidi diffusi.
3. Evidenza di elevati sforzi orizzontali dovuti a stress di natura tettonica.

Il range di variabilità degli interventi di consolidamento può essere assunto pari al 20% rispetto a quanto determinato nelle tavole dei singoli campi.

Fasi esecutive

Si possono considerare le seguenti fasi costruttive:

FASE 1: esecuzione eventuali drenaggi in avanzamento

In caso di presenza d'acqua dovranno essere eseguiti drenaggi in avanzamento. Si prevede la realizzazione di n°3+3 drenaggi costituiti da tubi in PVC L = 30 m, microfessurati per 20 m a partire da fondo foro e "ciechi" per 10 m verso bocca foro, del diametro $\phi \approx 60\text{mm}$ spessore 5mm e protezione in TNT.

Dopo la posa in opera del tubo in PVC, si dovranno adottare opportuni accorgimenti per isolare il tratto microfessurato da quello cieco (sacco otturatore, cementazione), ad evitare dannose percolazioni dell'acqua raccolta in avanzamento all'interno del nucleo consolidato.

FASE 2: preconsolidamento al fronte

Dal fronte di scavo, sagomato a forma concava, si realizza il preconsolidamento del fronte mediante la posa in opera di tubi in VTR, aventi lunghezza e sovrapposizione variabili in funzione del relativo campo d'avanzamento.

Le fasi costruttive sono le seguenti:

- esecuzione sul fronte dello strato di spritz-beton fibrorinforzato o armato con rete elettrosaldato, avente spessore di 10 cm;

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5102ECVROGN14GX002A00</p>	<p>Foglio 65 di 105</p>

- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- inserimento del tubo in VTR;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 4÷5 fori;

FASE 3: preconsolidamento al contorno del cavo e al piede centina

Esecuzione del preconsolidamento al contorno e al piede centina con le seguenti modalità:

- perforazione eseguita a secco $\varnothing \geq 100$ mm;
- inserimento del tubo in VTR;
- esecuzione della cementazione mediante miscele cementizie a ritiro controllato ogni 4÷5 fori;

FASE 4: esecuzione scavo

Esecuzione scavo di avanzamento a piena sezione per una lunghezza massima funzione del campo, per singoli sfondi max. di 1.0 m, sagomando il fronte a forma concava anche ad ogni sfondo parziale ed eseguendo lo spritz-beton fibrorinforzato, sp.5 cm, anche su ognuno di tali fronti.

FASE 5: posa in opera del rivestimento di prima fase e chiodatura (eventuale)

Al termine di ogni singolo sfondo verrà messo in opera il rivestimento di 1^a fase costituito da centine metalliche HEB 220 (HEB 240 nelle sezioni di innesto) passo 1.00 m e da uno strato di spritz-beton, di spessore pari a 30 cm fibrorinforzato. Le centine appena posate dovranno essere collegate alle altre attraverso le apposite catene. In funzione di quanto riportato nelle tavole specifiche, nelle sezioni di innesto vengono eseguite 2 chiodature al metro con VTR cementati in foro.

FASE 6: getto di murette e arco rovescio

Il getto delle murette e dell'arco rovescio dovrà avvenire entro $3\varnothing$ dal fronte di scavo dopo aver eseguito il preconsolidamento al contorno e al fronte del successivo campo di avanzamento. In funzione della risposta deformativa del cavo si potrà valutare:

- la necessità di effettuare tale getto entro distanze più o meno restrittive;
- la lunghezza dei campioni di arco rovescio da eseguire;
- la necessità di realizzare il consolidamento del fronte del successivo campo di avanzamento dopo del getto dell'arco rovescio e delle murette.

FASE 7: impermeabilizzazione

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 66 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 66 di 105
Foglio 66 di 105		

Posa in opera dell'impermeabilizzazione, eseguita prima del getto del rivestimento definitivo, secondo le caratteristiche della sezione di impermeabilizzazione e drenaggio prevista. Si prevede la messa in opera di uno strato protettivo di tessuto non tessuto e di un telo impermeabilizzante di PVC, come da Capitolato.

FASE 8: getto del rivestimento definitivo

Il getto del rivestimento definitivo di calotta dovrà avvenire entro $5\varnothing$ dal fronte di scavo.

La distanza di getto dovrà essere regolata in funzione della risposta deformativa del cavo e sarà comunque inferiore a $5\varnothing$ dal fronte.

Qualora le operazioni di scavo vengano interrotte per un periodo prossimo alle 24 ore, è necessario porre in opera al fronte, sagomato a forma concava, uno strato di spritz-beton armato di spessore pari a 10 cm, con lo scopo di evitare che il materiale al contatto con l'atmosfera subisca deterioramenti. Se il fermo delle lavorazioni risulta superiore a 48 h (festività o fermi di qualsiasi natura) il ciclo delle lavorazioni dovrà necessariamente terminare con il consolidamento del fronte appena eseguito (eventualmente incrementato), previa sagomatura a forma concava ed esecuzione dello strato di spritz-beton armato, $sp=10$ cm, e con il rivestimento di prima fase, l'arco rovescio e le murette portati a ridosso del fronte stesso. In relazione al comportamento deformativo del fronte e del cavo, l'arco rovescio e le murette dovranno essere opportunamente avvicinate al fronte.

La sequenza operativa di perforazione, inserimento del tubo o dell'elemento strutturale in VTR e cementazione indicata precedentemente, andrà adattata alle caratteristiche dell'ammasso, prevedendo comunque l'inserimento del tubo o dell'elemento strutturale in VTR e la successiva cementazione massimo ogni 5 perforazioni realizzate, garantendo comunque il completo riempimento del foro e l'inghisaggio del tubo o dell'elemento strutturale. In corso d'opera si potrà comunque valutare la possibilità di variare la metodologia di perforazione indicata (a secco) utilizzando un opportuno fluido di perforazione (miscele cementizie, acqua additivata con agenti schiumogeni, etc) in funzione delle caratteristiche dell'ammasso e previa esecuzione di adeguate prove in sito, atte a garantire:

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00 Foglio 67 di 105

8.6. Soglie di attenzione e allarme

Si riportano in Tabella 8-2 le soglie di attenzione e allarme relative alle differenti sezioni tipo.

INNESTO CRAVASCO - SOGLIE DI ATTENZIONE E ALLARME						
CARATT. GALLERIA			SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME	SOGLIA ATTENZIONE	SOGLIA ALLARME
FORMAZIONE	SEZ.TIPO		CONV. DIAMETRALE (cm)	CONV. DIAMETRALE (cm)	ESTRUSIONE (cm)	ESTRUSIONE (cm)
Ap – GR1	Non consolidata	Sez. d'innesto e di allargo galleria	3÷5	6÷7	-	-
		Sezioni correnti e di raccordo	3÷4	5÷6	-	-
Ap – GR2a	Consolidata al fronte	Sez. d'innesto e di allargo galleria	5÷6	>8	>4	>7
		Sezioni correnti e di raccordo	4÷5	>7	>3	>5
Ap – GR2b	Consolidata al fronte e al contorno	Sez. d'innesto e di allargo galleria	6÷8	>10	>5	>8
		Sezioni correnti e di raccordo	9÷11	>13	>7	>10

Tabella 8-2

Come indicato nel profilo geomeccanico, è necessario prevedere extra-scavi durante l'avanzamento al fine di ridurre eventuali sottospessori dovuti alle convergenze attese.

8.7. 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-geomeccanica attraverso la quale si riscontrano chiaramente caratteristiche geomeccaniche al di fuori di quelle previste nel contesto 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.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG5102ECVROGN14GX002A00</p>	<p>Foglio 68 di 105</p>

In questa ottica nell' ambito del progetto esecutivo 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 .

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 69 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 69 di 105
Foglio 69 di 105		

9. TECNOLOGIE ALTERNATIVE E PRESCRIZIONI

9.1. Tecnologie alternative di perforazione

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

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

La lunghezza dei consolidamenti al fronte e al contorno potrà essere diversa da quanto riportato nei relativi elaborati: andrà di conseguenza valutata la necessità di adeguare le geometrie di esecuzione previste in progetto.

9.2. Tecnologie alternative per l'armatura dello spritz-beton

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

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

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

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

Per quanto concerne le caratteristiche di resistenza dello spritz-beton, è previsto l'impiego di una miscela caratterizzata da $f_{cm}=30\text{MPa}$ per tutte le sezioni.

9.3. Armatura del rivestimento definitivo

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1474 315"> <tr> <td>Foglio 70 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 70 di 105
Foglio 70 di 105		

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

Inoltre, le armature di arco rovescio potranno eventualmente non essere passanti nelle riprese di getto (*da decidersi in corso d'opera, in funzione delle condizioni d'ammasso e quindi degli stati tensionali indotti nel rivestimento definitivo*).

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

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

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

9.4. Distanze di getto dei rivestimenti definitivi

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

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

La distanza di getto della calotta sarà anch'essa funzione delle condizioni generali d'ammasso. Se l'ammasso si presenta in condizioni simili a quelle previste in progetto, si procederà ad utilizzare la distanza media all' interno del range di variabilità previsto. In generale:

- Per ammassi che si trovino in condizioni geomeccaniche scadenti o per situazioni che evidenzino elevati valori tenso/deformativi sarà necessario portare il getto della calotta il più possibile vicino al fronte (variabilità minima);
- In ammassi che presentino discrete caratteristiche geomeccaniche o bassi valori tenso/deformativi si potrà invece utilizzare come distanza di getto la distanza massima prevista all' interno del range di variabilità di detta sezione tipo (variabilità massima);

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 71 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 71 di 105
Foglio 71 di 105		

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

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

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

In particolare l'opera in esame, per le particolari caratteristiche geometriche e di esecuzione, avrà una variabilità minima dei getti definita proprio dal susseguirsi delle fasi esecutive.

Per quanto concerne i valori numerici delle distanze di getto relativamente ad ogni sezione tipo si vedano i relativi paragrafi, mentre per le corrispondenti variabilità suggerite si vedano le tabelle allegate.

9.5. Caratteristiche minime di resistenza del calcestruzzo in relazione alle fasi operative

Per quanto riguarda il calcestruzzo che costituisce il riempimento dell'arco rovescio, si prevede di poter transitare sul cls quando sia stata raggiunta una resistenza minima di 4 MPa a compressione, ferma restando la resistenza caratteristica richiesta da progetto.

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

Per quanto riguarda il calcestruzzo di calotta, fermo restando la resistenza caratteristica richiesta da progetto, si prescrive che il disarmo del getto non avvenga prima che il calcestruzzo stesso abbia raggiunto una resistenza di almeno 8 MPa (a meno di condizioni di spinta d'ammasso particolari).

9.6. Tecniche di consolidamento dei fronti di scavo

Le geometrie di consolidamento presentate negli elaborati grafici di progetto devono intendersi come geometrie "medie"; in presenza di anomalie localizzate su parte del fronte, o per esigenze locali di messa in sicurezza, non è esclusa la possibilità di una variazione "puntuale" delle quantità o delle geometrie dei consolidamenti. Pur rimanendo invariato il numero totale degli interventi, nello specifico potranno aversi zone del fronte con differenti densità di intervento in funzione delle

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 72 di 105

caratteristiche geomeccaniche “puntuali” di ciascuna zona; Gli interventi di consolidamento precedentemente elencati dovranno essere dimensionati in modo da “cucire” la superficie di contatto tra le diverse formazioni, ovvero si dovrà prestare particolare attenzione nella definizione degli angoli di perforazione e delle lunghezze degli elementi. Detta operazione verrà definita nel dettaglio in corso d’opera, sulla base delle conoscenze geologiche ed idrogeologiche acquisite nel corso dello scavo, nonché in base ai rilievi dei fronti effettuati.

9.7. Soglie d’attenzione e d’allarme

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

Per le motivazioni succitate i valori di soglia indicati in questa prima fase risultano indicativi e solo in fase di scavo gli stessi potranno essere ridefiniti più adeguatamente. Si precisa inoltre che i valori contenuti nella tabella sopra riportata sono riferiti al caso generale, mentre non sono utilizzabili in situazioni dove vi è la necessità di operare limitando le deformazioni (quali sottroversamenti di edifici/opere preesistenti).

9.8. Criticità

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

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

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00
	Foglio 73 di 105

10. MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

10.1. Quadro di sintesi del programma

Lo scopo del monitoraggio, in accordo con il metodo ADECO-RS adottato in progettazione è quello di tenere sotto controllo l'evolversi della risposta tenso-deformativa dell'ammasso allo scavo e di verificare la corrispondenza tra il comportamento reale delle strutture in fase di realizzazione ed il comportamento ipotizzato nelle varie fasi progettuali.

Il sistema di monitoraggio è stato progettato in modo da poter fornire, nel modo più completo e rapido possibile, tutti gli elementi necessari ad effettuare un'analisi della situazione in corso d'opera e della sua possibile evoluzione, finalizzata alla definizione di eventuali azioni correttive (intensificazione delle misure, installazione di ulteriore strumentazione, interventi sulle fasi esecutive, modalità di avanzamento, etc.) mirate ad evitare il manifestarsi di situazioni di pericolo.

L'organizzazione del sistema in questione prevede l'utilizzo di strumentazione topografica e geotecnica disposta a formare sezioni di monitoraggio distribuite lungo tutto il tracciato dell'opera. La disposizione delle sezioni è correlata alle condizioni al contorno quali le condizioni geomeccaniche, la posizione rispetto al tracciato, la presenza di interferenze antropiche mentre la frequenza di lettura è correlata principalmente alla successione delle fasi lavorative.

Tale programma, finalizzato alla valutazione delle caratteristiche dell'ammasso e del suo comportamento tenso-deformativo durante lo scavo, si articola in:

- misure di convergenza a cinque punti;
- mire e prismi ottici sul rivestimento definitivo;
- misura delle tensioni nei priverestimenti con celle di carico e barrette estensimetriche;
- misura delle tensioni nei rivestimenti definitivi mediante barrette estensimetriche a corda vibrante;
- misure d'estrusione estensimetriche e/o topografiche;
- misure di tensione mediante celle di carico nei bulloni;
- misure estensimetriche da piano campagna o radiali;
- rilievo geologico-geostrutturale dei fronti di scavo;
- indagini geognostiche in avanzamento e prelievo di campioni.
- Misure con estensimetri multi- base o estensimetri incrementali

Il monitoraggio mediante piezometri e/o inclinometri, salvo casi particolari specificati di volta in volta, non è da considerarsi oggetto del presente documento, ma si considerano inclusi nei documenti relativi alle indagini integrative previste per l'opera in oggetto.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00 Foglio 74 di 105

Nei paragrafi che seguono vengono indicate le caratteristiche e le modalità esecutive del programma di monitoraggio predisposto.

L'insieme di questi dati concorrerà alla determinazione delle grandezze necessarie per l'applicazione delle linee guida, relativamente alla definizione dell'intensità degli interventi, delle cadenze lavorative e della sezione tipo da applicare tra quelle previste nella tratta.

Di seguito si riporta una tabella di sintesi delle quantità previste per l'opera in oggetto. Per una più chiara e corretta visualizzazione della posizione dei monitoraggi si rimanda alla tavola del Profilo Geomeccanico e di Monitoraggio.

Descrizione	Frequenza / posizionamento	Totale n°
Indagini in avanzamento con prelievo di campioni e prove di laboratorio	Zona di allargo bin. pari - Sezione corrente	1
Stazioni di misura dello stato tensionale nel privervestimento	Sezioni di innesto galleria	2
Barrette estensimetriche nel rivestimento definitivo	Sezioni di innesto galleria e finestra	3
Celle di carico sui bulloni di ancoraggio	Sezioni di innesto galleria e finestra	3
Estensimetri multibase e/o incrementali	Sezione di innesto (binario dispari)	1 radiali
Mire e prismi ottici sul rivestimento definitivo	Sezioni di innesto	2
Rilievi del fronte	Ogni campo di avanzamento	-
Misure di convergenza a cinque punti	Ogni campo di avanzamento	-
Misure di estrusione topografica	Ogni due campi di avanzamento	-
Misure di estrusione incrementale/estensimetrica	Zona di allargo bin. pari - Sezione corrente	1

Tabella 10-1. Riepilogo Monitoraggi

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 75 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 75 di 105
Foglio 75 di 105		

10.2. Misure di convergenza a cinque punti

10.2.1. Definizione

Tali misure consistono nel rilevamento e restituzione grafica e numerica degli spostamenti nel piano trasversale alla galleria, in direzione verticale e orizzontale, di 5 punti per ogni stazione di misura, posizionati sul rivestimento di prima fase come illustrato nello schema in allegato, ed attrezzati con mire ottiche rilevabili mediante strumento topografico di precisione. Le basi di misura sono costituite da 5 chiodi di convergenza posizionati sullo spritz-beton del rivestimento di 1° fase su cui vengono montati altrettanti marcatori costituiti da prismi cardanici riflettenti o catadiottri.

La convergenza del cavo si intende riferita sia al valore massimo rilevato sulle varie corde che allo spostamento, in valore assoluto, delle singole mire; verrà inoltre valutato il valore medio delle tre principali misure diametrali condotte (convergenza diametrale media).

10.2.2. Installazione

Le basi di misura sono costituite da 5 chiodi di convergenza $L = 50-80$ cm posizionati sullo spritz-beton del rivestimento di 1° fase su cui vengono montati altrettanti marcatori costituiti da prismi cardanici riflettenti o catadiottri, posizionati a ridosso del fronte di scavo alla progressiva della stazione di misura. Nel caso in cui si manifestassero comportamenti differenziati in termini deformativi tra spritz-beton e centine, a tali chiodi andranno affiancati dei supporti vincolati alle centine, su cui potranno essere montati i già citati marcatori (prismi cardanici riflettenti o catadiottri), posizionati a ridosso del fronte di scavo, in particolare a circa 1.0 m dal fronte stesso.

10.2.3. Frequenza delle stazioni e dei rilevamenti

Fermo restando che l'effettiva distribuzione delle stazioni potrà essere modulata in funzione del reale comportamento dell'ammasso, le stazioni stesse andranno indicativamente installate secondo quanto riportato in Tabella 10-1 e nella tavola Profilo Geomeccanico e di Monitoraggio dell'opera in esame.

In particolare si posizionano le seguenti stazioni di misura:

- n°1 stazione di misura ogni campo di avanzamento

La frequenza dei rilevamenti, da precisare in corso d'opera, è la seguente:

- n. 1 misura al giorno fino a una distanza dal fronte di 10 m, quindi n. 1 misura alla settimana fino al getto del rivestimento definitivo o fino alla stabilizzazione della misura, per la categoria di comportamento tipo A.
- n. 1 misura al giorno fino a una distanza dal fronte di 10 m, quindi n. 1 misura alla settimana fino al getto del rivestimento definitivo, per la categoria di comportamento tipo B.
- n. 1 misura al giorno fino ad una distanza dal fronte di 15 m, quindi n. 3 misure alla settimana fino al getto del rivestimento definitivo, per la categoria di comportamento tipo C.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 76 di 105

Ciascuna stazione di misura viene disposta presso l'ultima centina posizionata, a circa 1m dal fronte stesso.

La lettura di riferimento ("0") andrà eseguita immediatamente e categoricamente prima del successivo sfondo parziale.

10.2.4. *Sistema di acquisizione*

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da teodolite e distanziometro elettronico che misurano le posizioni assolute della base di misura rispetto ad un sistema di riferimento tridimensionale costituito da caposalda siti in galleria. La misura permette di risalire alle coordinate spaziali delle basi con tolleranza $\pm 2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$.

10.2.5. *Restituzione dati*

Il sistema di elaborazione dati deve offrire i seguenti diagrammi e tabulati numerici in funzione del tempo:

- spostamenti trasversali;
- spostamenti verticali;
- spostamenti nel piano (deformata);
- velocità di convergenza (mm/giorno);
- fasi esecutive principali (progressive fronte, murette, arco rovescio e calotta).

I dati elaborati per ciascuna misura di ciascuna stazione vanno forniti entro la giornata in cui è stato eseguito il rilievo. È richiesta altresì una copia di tali dati anche su supporto digitale.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 77 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 77 di 105
Foglio 77 di 105		

10.3. Mire e prismi ottici sul rivestimento definitivo

10.3.1. Definizione

Tali misure consistono nel rilevamento e restituzione grafica e numerica degli spostamenti nel piano trasversale alla galleria, in direzione verticale e orizzontale, di 3 punti per ogni stazione di misura (in calotta e sui piedritti), posizionati sul rivestimento definitivo come illustrato nello schema in allegato, ed attrezzati con mire ottiche rilevabili mediante strumento topografico di precisione.

10.3.2. Installazione

Sono previste le installazioni di due stazioni di misura in corrispondenza delle sezioni di innesto:

10.3.3. Frequenza dei rilevamenti

La lettura di zero viene eseguita all'atto del disarmo dei getti.

Successivamente l'intensità delle letture sarà la seguente:

- 1 misura alla settimana per il primo mese
- 1 misura al mese fino al termine dei lavori

10.3.4. Sistema di acquisizione

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da teodolite e distanziometro elettronico che misurano le posizioni assolute della base di misura rispetto ad un sistema di riferimento tridimensionale costituito da caposalda siti in galleria. La misura permette di risalire alle coordinate spaziali delle basi con tolleranza $\pm 2 \text{ mm} \pm 2 \text{ ppm}$.

10.3.5. Restituzione dati

Il sistema di elaborazione dati deve offrire i seguenti diagrammi e tabulati numerici in funzione del tempo:

spostamenti trasversali;

- spostamenti verticali;
- spostamenti nel piano (deformata);
- velocità di convergenza (mm/giorno);
- fasi esecutive principali (progressive fronte, murette, arco rovescio e calotta...).

I dati elaborati per ciascuna misura di ciascuna stazione vanno forniti entro la giornata in cui è stato eseguito il rilievo.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 78 di 105

È richiesta altresì una copia di tali dati anche su supporto magnetico.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 79 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 79 di 105
Foglio 79 di 105		

10.4. Misure di tensione nei rivestimenti con celle di carico e barrette estensimetriche

10.4.1. Definizione

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica dello stato tensionale entro i rivestimenti di 1a fase e definitivo, attraverso celle di carico e barrette estensimetriche, posizionate come indicato nelle figure allegate. In particolare le tensioni sulla centina verranno misurate con barrette posizionate sull'anima (intradosso ed estradosso) e con celle di carico inserite fra le piastre di giunzione della centina ad altezza delle reni, mentre quelle entro il calcestruzzo del rivestimento definitivo con barrette estensimetriche a corda vibrante, posizionate all'estradosso e all'intradosso della sezione da monitorare.

10.4.2. Installazione

Si prevede l'installazione di 3 coppie di barrette estensimetriche (1 in calotta e 2 sui piedritti) posizionate nel rivestimento di 1a fase (sull'anima delle centine) e l'installazione di 4 coppie di barrette estensimetriche a corda vibrante all'interno del rivestimento definitivo; in quest'ultimo caso devono essere installate anche delle barrette supplementari, al fine di valutare gli effetti del ritiro e della variazione di temperatura all'interno del calcestruzzo. Saranno inoltre installate 2 celle di carico fra le piastre di giunzione delle centine ad altezza delle reni o al piede delle centine stesse.

La frequenza d'installazione di tale strumentazione è:

- a) all'interno del rivestimento di prima fase:
 - n. 3 stazioni, nella zone di innesto
- b) all'interno del rivestimento definitivo (a corda vibrante):
 - n. 3 stazioni, nelle zone di innesto

10.4.3. Modalità di rilevamento

Il sistema di rilevamento dei dati avviene mediante il posizionamento di celle di carico e barrette estensimetriche, in funzione dello stato tensionale che si vuole rilevare, poste in opera nel numero e nei punti indicati in progetto (vedi allegati), con gli accorgimenti necessari per una perfetta installazione e funzionamento.

a) celle di carico

La cella di carico tipo è costituita da un corpo in acciaio inossidabile sensibilizzato da una serie di griglie estensimetriche (strain-gauges) applicate alla superficie interna del corpo stesso e isolate.

Una piastra di acciaio permette l'omogenea ripartizione del carico sull'intero corpo della cella.

La deformazione indotta dal carico alla cella viene rilevata dagli strain-gauges e trasformata in un segnale elettrico proporzionale al carico agente.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5102ECVROGN14GX002A00 Foglio 80 di 105

Le celle di carico vengono impiegate fra le piastre di giunzione della centina ad altezza delle reni per valutare il carico che esse trasmettono al loro piede e quindi la pressione a cui esse sono sottoposte. Negli altri casi si usano le barrette estensimetriche.

b) barrette estensimetriche (resistive e a corda vibrante)

Le barrette estensimetriche sono composte da una barra in acciaio zincato di sezione rettangolare forata all'estremità per permettere la connessione di eventuali prolunghe ed alla quale sono applicati, nella parte centrale, estensimetri elettrici. La disposizione degli estensimetri deve permettere di compensare il segnale elettrico dagli effetti termici e dalla flessione. Strati sovrapposti di resine sono posti a protezione della parte sensibilizzata della barra per preservarne la funzionalità in caso di urti o immersione.

Le barrette estensimetriche sono sensibilizzate mediante strain-gauges collegati tra loro a ponte intero in grado di rilevare la deformazione assiale della barra. Tale deformazione induce una variazione di resistenza all'interno del ponte che viene misurata con apposita centralina o sistema automatico di acquisizione dati. Nelle barrette è inoltre applicata un'elettronica di amplificazione e conversione del segnale, grazie alla quale si possono eseguire misure allo stesso modo delle celle di carico.

Le barrette estensimetriche a corda vibrante sono costituite da un cavo in acciaio armonico teso tra due blocchi, fissati a loro volta all'anima della centina, mediante bullonamento o resinatura.

La frequenza di vibrazione del cavo di acciaio è funzione delle deformazioni della centina nella sezione considerata.

Mediante l'applicazione della legge di Hooke ($\sigma = \varepsilon \cdot E$) è possibile risalire allo stato tensionale presente.

Il campo di misura e la precisione richiesta è il seguente:

a) celle di carico

- campo di misura 0 ÷ 200 t , in funzione della sezione applicata
- sovrapp. massima 120% F.S.
- sensibilità 0.1% F.S.
- precisione 1% F.S.

b) barrette estensimetriche resistive

- campo di misura -1500 ÷ +1500 $\mu\varepsilon$
- sovrapp. massima 50 % F.S.
- precisione \leq 1% F.S.
- segnale di uscita 4÷20 mA

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 81 di 105

c) barrette estensimetriche a corda vibrante

- campo di misura -3300 ÷ +3300 µε
- sovrapp. massima 20 % F.S.
- precisione ≤ 1% F.S.
- segnale di uscita Hz

10.4.4. *Frequenza dei rilevamenti*

Il numero minimo di rilevamenti da eseguire dopo la misura iniziale di riferimento e dopo una prima lettura da eseguirsi prima della maturazione dello spritz-beton, per ogni cella di carico / barretta estensimetrica è il seguente:

a) per il rivestimento di prima fase:

- n. 1 lettura ogni giorno con il fronte distante fino 10 m.
- n. 1 lettura ogni 3 giorni con il fronte distante fino 30 m.
- n. 1 lettura alla settimana con il fronte a distanza maggiore di 30 m fino al getto del rivestimento definitivo.

b) per il rivestimento definitivo:

- n. 1 lettura al giorno per i primi 7 giorni.
- n. 1 lettura ogni 3 giorni fino al raggiungimento del 30° giorno dall'installazione.

La frequenza delle letture successive sarà tarata in corso d'opera.

10.4.5. *Restituzione dati*

Il sistema di elaborazione dati richiede i seguenti diagrammi e tabulati numerici:

- carichi o tensioni in funzione del tempo;
- carichi o tensioni in funzione della distanza dal fronte di scavo;
- µε in funzione del tempo e relativi delta rispetto lo "0".

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 82 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 82 di 105
Foglio 82 di 105		

10.5. Misure di tensione nei bulloni mediante celle di carico

10.5.1. Definizione

Tali misure consistono nel rivestimento dei livelli di tensione all'interno dei bulloni radiali di ancoraggio al contorno previsti eventualmente nel caso di sezioni di innesto consolidate al fronte e al contorno (Sezione fc), mediante l'installazione di celle di carico tra il prerinvolgimento e la piastra di ancoraggio.

10.5.2. Installazione

L'installazione stazioni di misura è prevista in modo eventuale in funzione delle situazioni verificatesi in corso d'opera.

10.6. Misure di estrusione estensimetriche

10.6.1. Definizione

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti longitudinali, lungo basi di misura poste all'interno di una "colonna" estensimetrica posizionata in asse galleria in avanzamento rispetto al fronte, all'interno di un foro di sondaggio sub-orizzontale (leggermente "a bere") come indicato nelle figure allegate.

10.6.2. Installazione

Lo strumento necessario è un estensimetro tipo "sliding micrometer" o "sliding deformer", costituito da una serie di tubi in PVC, muniti di ancoraggi anulari posti a distanza di 1 metro l'uno dall'altro, collegati telescopicamente sino alla lunghezza voluta e resi solidali al foro mediante l'iniezione di miscele cementizie leggermente espansive.

Eseguito il foro di sondaggio della lunghezza ≥ 30 m viene inserita la colonna, costituita da tubi in PVC preventivamente pre-assemblati in tratte di lunghezza non superiore a 5-6 m, completando l'assemblamento durante l'installazione.

Nella medesima fase vengono posizionate le cannette per l'iniezione mediante nastro adesivo: se ne prevedono sempre almeno due, una sino a fondo foro e una sino a metà lunghezza.

Per favorire il centraggio della colonna nel foro si utilizzano distanziatori in gomma o materiale simile.

Al termine del posizionamento si procede all'iniezione di una miscela cementizia leggermente espansiva (acqua, cemento, bentonite), eventualmente additivata per accelerarne la presa.

L'iniezione viene eseguita attraverso la cannetta più profonda sino a circa metà lunghezza, quindi attraverso la cannetta superiore sino a bocca foro.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00
	Foglio 83 di 105

Per la posizione dello strumento si veda il profilo di monitoraggio. E' prevista l'installazione di un estensimetro tipo "sliding micrometer" nella zona di allargò prima dell'innesto 1 (binario dispari).

10.6.3. *Frequenza delle letture*

La misura va effettuata a fine campo d'avanzamento. Dopo la maturazione delle iniezioni di consolidamento e/o delle cementazioni del consolidamento al fronte del nuovo campo di scavo si procede alla lettura di riferimento prima della ripresa dell'avanzamento.

Le successive letture vanno così cadenzate:

- n. 1 lettura ogni giorno, oppure una lettura ogni 3 m di avanzamento (delle due opzioni va privilegiata quella con maggior frequenza), fino a quando restano in opera almeno 12 m di tubo. Successivamente si eseguirà, se necessario, un nuovo tubo e sarà abbandonato il vecchio. Durante le lavorazioni che comportano fermi del fronte (consolidamento, arco rovescio ecc.) sarà necessario eseguire una lettura appena terminato lo scavo e una appena prima di riprenderlo.

10.6.4. *Sistema di acquisizione*

Si compone di:

- 1 sonda della lunghezza pari a 1.00 m, composta schematicamente da due teste sferiche, da un trasduttore di spostamento di tipo induttivo e da un tubo di protezione a tenuta idraulica.

Il posizionamento della sonda deve avvenire mediante l'uso di aste che permettano di far scorrere lo strumento da una base di misura alla successiva, di ruotarlo e di mandarlo in battuta contro due ancoraggi anulari successivi, che sono muniti di sede conica.

L'accoppiamento testa sferica – ancoraggio conico deve assicurare un posizionamento della sonda con tolleranza massima di 0.02 mm/m.

- 1 centralina di lettura collegata a un calcolatore portatile che permetta l'acquisizione automatica dei dati.

10.6.5. *Restituzione dati*

Si richiede la restituzione grafica e numerica dei seguenti dati:

- spostamenti relativi di ciascuna coppia di ancoraggi adiacenti in funzione della profondità (grafico degli spostamenti differenziali);
- sommatoria degli spostamenti differenziali (spostamenti integrati o cumulativi), rispetto alla base più profonda che viene ipotizzata fissa.

Tale restituzione deve avvenire nell'arco della giornata in cui è stata redatta la misura.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1356 224 1476 315"> <tr> <td>Foglio 84 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 84 di 105
Foglio 84 di 105		

10.7. Misure di estrusione topografica

Tali misure consistono nel rilevamento e nella restituzione grafica e numerica degli spostamenti superficiali del fronte di scavo in senso longitudinale, valutati su nove punti per ogni stazione di misura, attrezzati con mire ottiche che consentano la lettura mediante strumento topografico di precisione.

10.7.1. *Installazione*

Le basi di misura sono costituite da 9 supporti di dimensioni adeguate, vincolati alla superficie del fronte, ai quali devono essere fissati i target riflettenti.

La frequenza di esecuzione di tali misure è di massima pari a n°1 stazione ogni due campi di avanzamento

Inoltre andrà eseguito un rilevamento a ogni fermo prolungato del fronte.

10.7.2. *Frequenza delle letture*

Il numero minimo di letture da eseguire è il seguente:

- lettura di riferimento prima del consolidamento del fronte;
- n. 1 lettura al termine degli interventi di consolidamento;
- n. 1 lettura immediatamente prima di riprendere gli scavi.

10.7.3. *Sistema di acquisizione*

Il sistema di acquisizione dati è costituito da una stazione composta da teodolite e distanziometro elettronico che rilevano le posizioni assolute delle basi di misura rispetto a un sistema di riferimento tridimensionale fisso costituito da capisaldi siti in galleria.

Le misure permettono di risalire alle coordinate spaziali delle nove basi e quindi allo spostamento in direzione longitudinale delle stesse.

La tolleranza massima consentita è di $\pm 2 \text{ mm} \pm 2\text{ppm}$.

10.7.4. *Restituzione dati*

Il sistema di elaborazione dati avviene su apposito software e si richiede la restituzione grafica e numerica di:

- spostamenti lungo l'asse della galleria per ogni punto;
- spostamenti integrati nelle due direzioni x e y.

Tutti i dati elaborati vanno forniti in tempo reale.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 85 di 105

10.8. Estensimetri multibase o estensimetri incrementali

10.8.1. Definizione

La posa in opera all'interno di un foro di sondaggio comunque inclinato di una tubazione per misure estensimetriche incrementali consente, attraverso l'uso di una apposita sonda removibile, il rilievo delle variazioni di lunghezza lungo la tubazione conseguenti a deformazioni nel terreno in cui è inserita. Il principio di funzionamento si basa sull'induzione elettromagnetica che consente di determinare la posizione e gli spostamenti di appositi anelli metallici installati originariamente ad 1 metro l'uno dall'altro attorno al tubo guida e cementati alle pareti del foro. La misura può essere accoppiata a misure inclinometriche, in modo da determinare gli spostamenti secondo tre componenti tra loro ortogonali. Anche in questo caso gli spostamenti verticali misurati sono rappresentati come differenza tra la lettura n-esima e la lettura di zero.

10.8.2. Installazione

Le principali applicazioni dell'estensimetro incrementale tipo Increx sono essenzialmente:

- monitoraggio delle deformazioni degli strati di terreno sovrastanti e adiacenti le gallerie, opere in sotterraneo durante le fasi di scavo, con applicazioni degli strumenti in fori verticali eseguiti dal piano campagna;
- monitoraggio delle deformazioni degli strati di terreno interessati dalla realizzazione di opere civili durante le fasi di scavo, con applicazioni degli strumenti in fori verticali eseguiti dal piano campagna;
- controllo della stabilità delle opere di contenimento, con applicazioni analoghe al punto precedente;
- controllo dei movimenti del terreno in generale.

Le fasi di installazione sono quelle previste anche per gli inclinometri, l'unica differenza riguarda la fase di assemblaggio dei tubi durante la quale bisogna posizionare gli anelli metallici a distanza di 1 metro l'uno dall'altro mediante l'utilizzo di un'apposita dima. (per il resto vale quanto detto precedentemente a riguardo dell'inclinometro).

È prevista l'installazione di una sezione strumentate radiale con n°3 estensimetri posizionati rispettivamente sui due paramenti della galleria e in mezzzeria, alla sezione dell'innesto1 (binario dispari).

Non sono previste stazioni di misura da piano campagna.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 87 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 87 di 105
Foglio 87 di 105		

- alimentano i sensori della sonda;
- amplificano i segnali rilevati
- registrano o visualizzano i valori di lettura.

Aste

Il sistema prevede l'utilizzo di aste in ABS lunghe 2m, con aggancio maschio femmina. Durante la fase di lettura, saranno esse a sostenere in peso della sonda senza caricare eccessivamente il cavo di connessione garantendo una precisione maggiore.

Collaudo della tubazione estensimetrica e lettura iniziale di riferimento

Le operazioni di controllo relativa all'accessibilità del foro e alla sua idoneità alle misure sono quelle previste per l'inclinometro.

Inoltre si dovrà effettuare la calibrazione iniziale della tubazione mediante sonda estensimetrica incrementale avente precisione non inferiore a 1 μm , registrando le differenze di lunghezza di tutti i tratti strumentati rispetto alla lunghezza di riferimento di un metro. Prima dell'esecuzione della lettura di zero la sonda estensimetrica incrementale dovrà essere introdotta in apposito tubo di calibrazione e dovrà essere controllato, ed eventualmente regolato, il valore letto al display della centralina, a stabilizzazione termica avvenuta, tenendo conto della dilatazione termica del tubo di calibrazione. La determinazione dello zero di riferimento dovrà avvenire eseguendo almeno tre letture sulla medesima tubazione con calcolo del valore medio. Le letture sulla tubazione estensimetrica dovranno essere eseguite partendo da fondo foro, a stabilizzazione termica avvenuta, con passo di 1 m.

La tubazione estensimetrica verrà dichiarata idonea se tutte le distanze relative tra i riscontri di misura installati risulteranno comprese entro la tolleranza di ± 5.0 mm rispetto alla distanza nominale di 1 m.

10.8.4. Estensimetri fissi da foro (acquisizione automatica dati)

Gli estensimetri fissi da foro vengono installati all'interno di tubi inclinometrici attrezzati con speciali anelli magnetici allo scopo di effettuare misure in continuo di cedimenti o spostamenti del suolo lungo l'asse della tubazione. A seconda delle applicazioni, la catena di sonde viene ancorata al fondo del foro per ottenere un riferimento profondo, oppure sospesa alla testa del tubo con un cavetto in acciaio per un riferimento di superficie. Gli estenso-inclinometri fissi sono dotati inoltre di un sensore inclinometrico biassiale; tale soluzione permette di assemblare delle catene strumentali in grado di fornire un profilo tridimensionale dei movimenti della perforazione entro cui vengono installati. Collegando gli estensimetri al sistema di acquisizione dati è possibile acquisire automaticamente le misure e trasmetterle via modem GSM presso il proprio ufficio ed attivare un sistema di allertamento.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 88 di 105

10.8.5. *Frequenza delle letture*

- n. 1 lettura ogni giorno con il fronte distante fino +-10 m.
- n. 1 lettura ogni 3 giorni con il fronte distante fino +-30 m.
- n. 1 lettura alla settimana fino a stabilizzazione avvenuta.

10.8.6. *Restituzione Dati*

La documentazione dovrà comprendere:

- informazioni generali (sito, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- stratigrafia del foro di sondaggio (se eseguito a carotaggio continuo);
- caratteristiche del tubo estensimetrico installato;
- caratteristiche della miscela utilizzata per la cementazione del tubo e quantità assorbita durante la cementazione;
- schema di installazione nel foro del tubo estensimetrico;
- coordinate assolute della estremità superiore del tubo estensimetrico (guida di riferimento);
- risultati della lettura iniziale di riferimento;
- osservazioni e note eventuali.

I dati vengono graficati nel diagramma “cedimenti verticali - profondità” che permette di valutare l'andamento delle deformazioni dell'ammasso lungo la verticale dello strumento.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00
	Foglio 89 di 105

10.9. Rilievo geologico-geostrutturale dei fronti di scavo

Tali rilievi consistono nel rilevamento e restituzione grafica e numerica delle caratteristiche geologiche-geostrutturali e geomeccaniche del fronte di scavo, durante l'avanzamento.

Vengono operate le seguenti distinzioni:

- rilievi di tipo “analitico”
- rilievi di tipo “speditivo”
- rilievi di tipo “pittorico”

I rilievi dovranno essere eseguiti ad ogni campo di avanzamento, alternando i diversi tipi di rilievo

I rilievi potranno essere effettuati in modalità pittorico-descrittiva anzichè analitica qualora l'ammasso non presentasse particolari variazioni rispetto ai rilievi precedenti.

In ogni caso il numero di rilievi richiesti è da intendersi come numero minimo; eventuali passaggi litologici o litostratigrafici di particolare rilevanza verranno analizzati con un rilievo apposito secondo le indicazioni fornite dal progettista.

Durante lo svolgimento di tali rilievi può essere previsto il prelievo di campioni per lo svolgimento di prove di laboratorio.

10.9.1. *Rilievi di tipo analitico*

Con questo tipo di rilievi sono determinate:

- le caratteristiche litologico-stratigrafiche e strutturali;
- le caratteristiche geotecniche e geomeccaniche.

Caratteristiche litologico-stratigrafiche e strutturali

a) Con riferimento alla litologia dell'ammasso, andranno rilevate le seguenti caratteristiche dell'ammasso:

- 1) Genesi del litotipo;
- 2) litologia e caratteristiche petrografiche macroscopiche ;
- 3) condizioni (grado e tipo di cementazione/compattezza) ;
- 4) granulometria ;
- 5) stato d'alterazione ;
- 6) colore;
- 7) assetto generale dell'ammasso individuabile a scala del fronte:
 - A. stratificazione
 - B. scistosità

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 90 di 105

- C. clivaggio
- D. inclinazione
- E. direzione
- F. spessore.

b) Andranno inoltre indicate le seguenti caratteristiche delle principali discontinuità eventualmente presenti sul fronte:

- tipo (faglia, fratture, contatto, etc.);

- 1) localizzazione;
- 2) giacitura (inclinazione, direzione);
- 3) tipo di riempimento;
- 4) JRC (per discontinuità in ammassi lapidei);
- 5) JCS (per discontinuità in ammassi lapidei).

c) Infine si dovranno riportare eventuali osservazioni riguardo ad esempio:

- 1) Condizioni idrauliche e venute d'acqua valutata sugli ultimi 8 -10 m di scavo;
- 2) distacchi gravitativi;
- 3) interventi di consolidamento e confinamento effettuati;
- 4) varie (imprevisti, variazioni operative ecc.).

Con riferimento al punto a):

- nella descrizione delle caratteristiche di cui al punto 2, eseguita visivamente, si dovrà dare precedenza alle dimensioni ad affinità genetica o composizionale relegando ai soli casi di necessità la scelta del criterio granulometrico tessiturale. Tale considerazione risulta importante ai fini della comprensibilità delle caratteristiche primarie del materiale da cui discendono tutte le altre. Dovranno pertanto evitarsi classificazioni litologiche puramente granulometriche avulse dalle caratteristiche petrografico-composizionali.
- Il punto 3 dovrà essere descritto individuando il grado ed il tipo di cementazione e riferendosi ad una scala riconosciuta internazionale nella descrizione della compattezza.
- Le caratteristiche granulometriche (4) dovranno essere stimate visivamente per tutti i materiali differenziati ed affioranti sul fronte di scavo, relegando, se ritenuto necessario, ad una determinazione di laboratorio su campioni rappresentativi prelevati manualmente l'esatto contenuto granulometrico del materiale. In entrambi i casi si dovrà utilizzare la nomenclatura proposta dall'AGI.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5102ECVROGN14GX002A00
	Foglio 91 di 105

- Il grado di alterazione (5) dovrà essere indicato secondo una delle metodologie correnti o almeno utilizzando tre gradi come per esempio: sano, mediamente alterato, completamente alterato.
- Il colore (6) sarà riferito prevalentemente al materiale non alterato secondo una scala nota.
- La stratificazione (7) riscontrabile sul fronte sarà descritta con il maggior dettaglio possibile e misurata se possibile direttamente, altrimenti indirettamente con un fotogramma tarato (previo posizionamento di una stadia o una bindella sul metrica fronte). La descrizione della successione dovrà eseguirsi anche graficamente con la rappresentazione del fronte di scavo e dei materiali costituenti.
- L'assetto giaciturale (inclinazione, immersione) verrà misurato con la bussola rilevando le caratteristiche di immersione (dip) e direzione di immersione (dip direction).

Con riferimento al punto b):

Per ammassi lapidei, si tratta delle caratteristiche mesostrutturali secondarie dell'ammasso roccioso rappresentate dal reticolo di discontinuità composto da faglie, fratture, diaclasi, ecc.

Il loro rilievo sarà eseguito secondo le prescrizioni ISRM (International Society of Rock Mechanics) e debitamente restituito attraverso le rappresentazioni grafico-numeriche consuete (proiezioni stereografiche, istogrammi statistici, ecc.).

Le caratteristiche da rilevare sono descritte al punto b):

- la tipologia e natura dei piani di discontinuità principali va descritta distinguendo se si tratta di fratture, faglie, diaclasi, indicandone in tabella e sul rilievo pittorico l'esatta localizzazione.
- La giacitura dei singoli piani di discontinuità (dip e dip direction) va rilevata mediante la bussola geologica e riportata numericamente e graficamente sulla tabella allegata.
- La spaziatura delle discontinuità va valutata mediante l'ausilio di una bindella metrica e riportata numericamente e graficamente sulla tabella allegata. Sulla tabella va inoltre indicata l'apertura delle discontinuità stesse.
- La scabrezza delle superfici di discontinuità (JRC) va valutata numericamente, secondo quanto prescritto dall'ISRM con gli idonei strumenti.
- Il tipo di riempimento va qualificato secondo metodi speditivi evidenziando anche la natura (argilloso, limoso, ecc.).
- Il parametro JCS sarà stimato secondo le due possibilità alternative descritte:
 - COMPRESSIONE MONOASSIALE – sarà eseguito un adeguato numero di determinazioni speditive con pressa portatile o nel laboratorio di cantiere su campioni cilindrici con rapporto altezza-diametro pari a 2 estratti da carotaggi al fronte o sagomati da prelievi manuali al fronte. Dovrà essere adottata la metodologia sperimentale ISRM.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 92 di 105

- POINT LOAD TEST – sarà eseguito un adeguato numero di determinazioni con apparecchiatura “Point Load” in situ utilizzata, elaborata ed interpretata secondo le metodologie riconosciute internazionalmente.
- Nel caso di prospezioni in avanzamento, il parametro RQD (ROCK QUALITY DESIGNATION) verrà determinato, secondo un criterio ritenuto più affidabile, tramite correlazioni con la spaziatura dei giunti precalcolate per quella particolare formazione o facies geologica.

Con riferimento al punto c):

- la ritenzione idrica sarà stimata visivamente sul materiale e descritta con appropriati aggettivi (asciutto, umido, saturo), mentre nel caso di venute idriche di una certa importanza (non semplici stillicidi) dovranno effettuarsi misurazioni quantitative seppur approssimate. In ogni caso si descriverà la loro localizzazione ed eventualmente l'evoluzione.
- Vanno evidenziate le anomalie rispetto alla geometria teorica del fronte di scavo e dovute a fuorisagoma, fornelli, distacchi gravitativi, ecc., riportando sull'apposita scheda la valutazione in metri cubi ed indicando sul rilievo pittorico l'ubicazione.
- Riguardo agli interventi di consolidamento e contenimento presenti all'atto del rilievo, vanno segnalati i più significativi, riportando ad esempio il numero dei bulloni, il passo ed il tipo delle centine, relativamente alla sezione tipo impiegata in quel momento.

Tutte le informazioni di cui ai punti a), b), c), sopra descritte vanno consegnate entro la giornata in cui avviene il rilievo per le determinazioni del progettista riguardo la classificazione geomeccanica (appartenenza al gruppo, curva intrinseca, ecc.).

Caratteristiche geotecniche-geomeccaniche

La determinazione delle caratteristiche di resistenza e deformabilità dell'ammasso, se eventualmente richieste dal progettista, può venire valutata in maniera diretta mediante prove in situ e/o di laboratorio su campioni carotati direttamente dal fronte di avanzamento.

Per le prove in situ si prevede:

1. Pressiometro tipo MENARD o autoperforante (tipo Camkometer) per i terreni;
2. Scissometro in foro (Vane test) per i terreni;
3. Dilatometro in foro.

Nell'utilizzo del primo strumento ci si dovrà attenere alla metodologia corrente internazionale, sancita in particolare modo dalla sperimentazione e dall'esperienza tecnica sviluppatasi intorno al pressiometro Menard. Le prove saranno suborizzontali, di lunghezza superiore a 3 metri con diametro nominale adatto per accogliere lo strumento pressiometrico. Le prove saranno eseguite

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 93 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 93 di 105
Foglio 93 di 105		

nel tratto finale del foro. I materiali di perforazione potranno essere conservati per analisi granulometriche.

Le operazioni da eseguirsi con lo strumento 2) saranno sostanzialmente le stesse, potendo limitare la profondità dei fori a circa 2-2.5 metri.

Il pressiometro autoperforante, 1), il cui impiego è ovviamente limitato a terreni soffici, non richiede l'esecuzione di fori al fronte.

Nella prova dilatometrica, 3), andranno ricercati in particolare le indicazioni sullo stato tensionale in situ e sul modulo di deformabilità del terreno e/o roccia.

Per le prove di laboratorio, quando richieste, si prevede:

1. Prove di classificazione (granulometrie, limiti, ecc.)
2. Prove di compressione ad espansione laterale libera
3. Prove triassiali
4. Prove di taglio su giunto
5. Prove di estrusione triassiale.

I campioni estratti devono essere indisturbati, in particolar modo se destinati alle determinazioni delle caratteristiche meccaniche e di estrusione d'ammasso.

Il trasporto e la conservazione dei campioni deve essere effettuato in modo da minimizzare eventuali modificazioni (temperatura, umidità).

Allo stesso modo, la preparazione dei campioni da sottoporre a prove meccaniche deve avvenire in modo da ridurre il disturbo, impiegando metodi quali sovracarotaggi, estrusione orizzontale e verticali, ecc.

10.9.2. Rilievo di tipo speditivo

Secondo le frequenze prima indicate e ogni qualvolta vi sia un passaggio litologico o tettonico sono richieste:

- Caratteristiche litologiche-stratigrafiche e strutturali, che verranno valutate attraverso il rilevamento e la restituzione grafica e numerica di quanto già descritto in precedenza per i rilievi analitici, con le seguenti precisazioni:
 - l'assetto generale dell'ammasso individuato alla scala del fronte, potrà venire valutato anche qualitativamente;
 - la spaziatura delle discontinuità potrà venire valutata anche qualitativamente,
 - il parametro JRC verrà valutato qualitativamente;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 94 di 105

- il parametro JCS verrà valutato secondo la metodologia H.R. (Hammer Rebound) secondo le prescrizioni già citate ISRM.

10.9.3. *Rilievo di tipo speditivo-pittorico*

Esso ha la funzione fondamentale di conferma/verifica del rilievo speditivo più vicino, e si compone in sostanza di un rilievo qualitativo dell'ammasso senza il rilevamento diretto dei dati. Questo tipo di rilievo prevede la restituzione grafica delle caratteristiche principali dell'ammasso rilevabili alla scala del fronte.

10.9.4. *Archiviazione dei dati geologici*

I dati relativi alle caratteristiche litologico-stratigrafiche e strutturali, per i tipi di rilievo previsti, devono essere archiviati mediante apposito programma con elaboratore elettronico, in modo da poterne disporre in qualunque momento durante la costruzione dell'opera. L'archivio andrà costituito mediante singole schede, suddivise per singole tratte di ogni galleria in funzione degli attacchi previsti nel programma lavori, su ognuna delle quali devono essere rappresentate in opportuna scala i dati necessari con particolare riguardo a:

- nome e tratta di galleria in esame;
- coperture;
- progressive;
- sezione longitudinale;
- litotipo e litologia;
- condizioni (grado di cementazione/compattezza);
- stato (grado di alterazione);
- assetto;
- caratteristiche di discontinuità;
- osservazioni.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00 <table border="1" data-bbox="1364 235 1476 315"> <tr> <td>Foglio 95 di 105</td> </tr> </table>	Foglio 95 di 105
Foglio 95 di 105		

10.10. Indagini geognostiche in avanzamento

Qualora si renda necessario in corso d'opera potranno essere predisposte indagini geognostiche in avanzamento in zone non coperte da indagini di superficie. In linea generale in quest'opera di tali indagini eseguite mediante sondaggi di lunghezza pari a 30-50m dal fronte di scavo, comunque definiti in funzione delle reali necessità, se ne prevede uno nella zona di allargamento subito dopo l'innesto dalla finestra nel camerone.

10.11. Definizione delle soglie di attenzione e di allarme

Il controllo mediante monitoraggio si basa principalmente sulla definizione di soglie aventi lo scopo di segnalare l'instaurarsi di una situazione deformativa e/o tensionale particolare. Sulla base dei valori raggiunti dai parametri di controllo in funzione dei valori di soglia definiti, vengono attuate eventuali azioni e contromisure.

I valori fissati per tali soglie sono funzione dei risultati previsti dai calcoli di progetto, relativamente a spostamenti, deformazioni, tensioni.

Questi limiti sono definiti come:

Soglia di attenzione: è definito come una quota parte delle risultanze delle sollecitazioni (o delle deformazioni) di progetto; il superamento di questo limite implica l'incremento della frequenza delle misure, allo scopo di stabilire e monitorare la velocità con la quale il fenomeno si evolve, in modo da valutare il potenziale instaurarsi di eventi e rapida evoluzione che potrebbero, in determinate circostanze, risultare incontrollabili.

Soglia di allarme: definita in funzione del livello deformativo e tensionale, più gravoso per una determinata situazione; il suo superamento implica il coinvolgimento della Direzione Lavori per la valutazione di opportune contromisure.

Le contromisure da adottare in caso di superamento dei limiti di allarme, hanno lo scopo di riportare la situazione reale entro i limiti previsti in progetto.

Per un maggior dettaglio relativamente alle soglie di attenzione e di allarme si rimanda agli specifici elaborati.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 96 di 105

11. CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state descritte le linee guida per l'esecuzione dell'opera e il programma di monitoraggio previsto.

Per quanto riguarda le linee guida sono state pertanto fornite indicazioni circa l'applicazione delle sezioni tipo e delle relative variabilità previste, la tecnica di scavo adottata e criteri di scelta, le fasi costruttive.

Il programma di monitoraggio, finalizzato alla valutazione delle caratteristiche dell'ammasso e del suo comportamento tenso-deformativo durante lo scavo, si articola in:

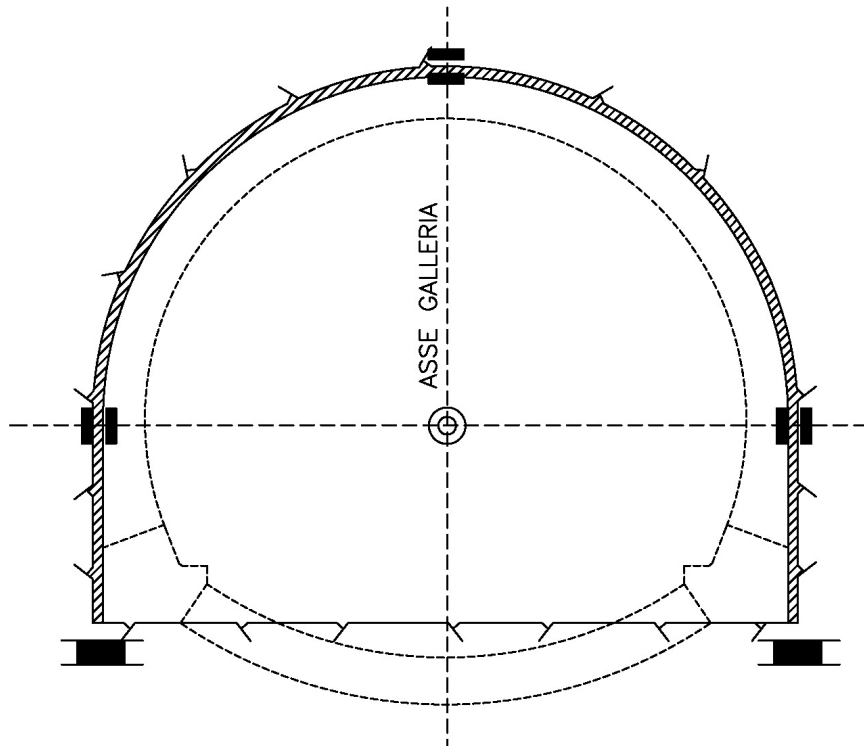
- misure di convergenza a cinque punti;
- mire e prismi ottici sul rivestimento definitivo;
- misura delle tensioni nei prerivestimenti con celle di carico e barrette estensimetriche;
- misura delle tensioni nei rivestimenti definitivi mediante barrette estensimetriche a corda vibrante;
- misure d'estrusione estensimetriche e/o topografiche;
- misure di tensione mediante celle di carico nei bulloni;
- misure estensimetriche da piano campagna o radiali;
- rilievo geologico-geostrutturale dei fronti di scavo;
- indagini geognostiche in avanzamento e prelievo di campioni.
- misure con estensimetri multi- base o estensimetri incrementali




Di tutte le tipologie di misure da eseguire, sono state fornite indicazioni circa le strumentazioni e le modalità esecutive, il numero e la frequenza delle indagini.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5102ECVROGN14GX002A00	Foglio 97 di 105

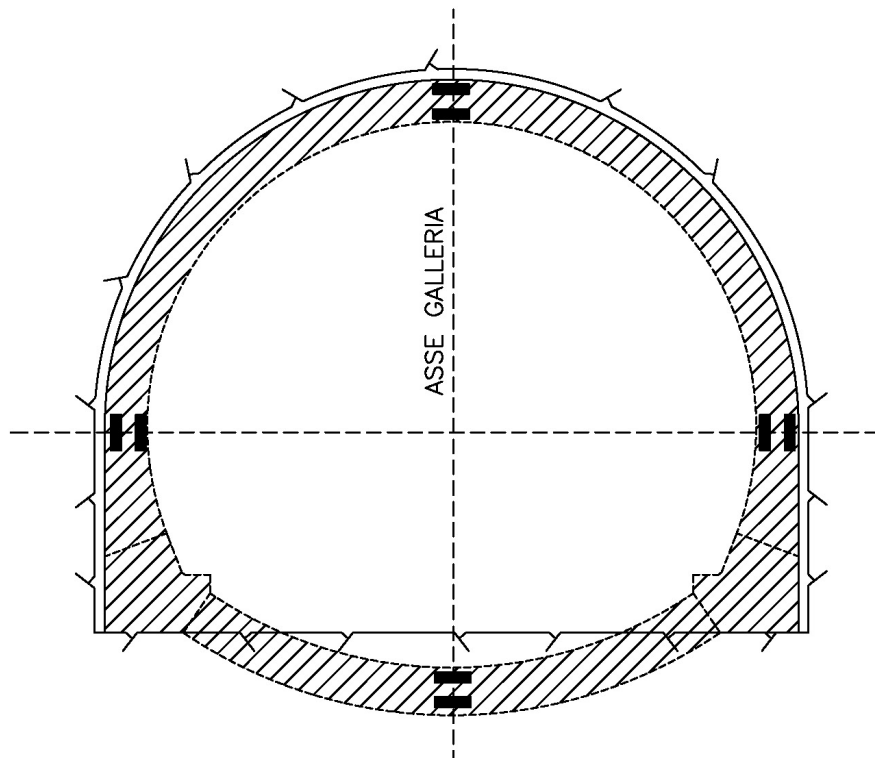
ALLEGATO – SCHEMI DI MONITORAGGIO TIPOLOGICI


Scavo in tradizionale monitoraggio interno
rivestimento di 1° fase (provvisorio)
Sistema di misura stato tensionale
Estrusione al fronte



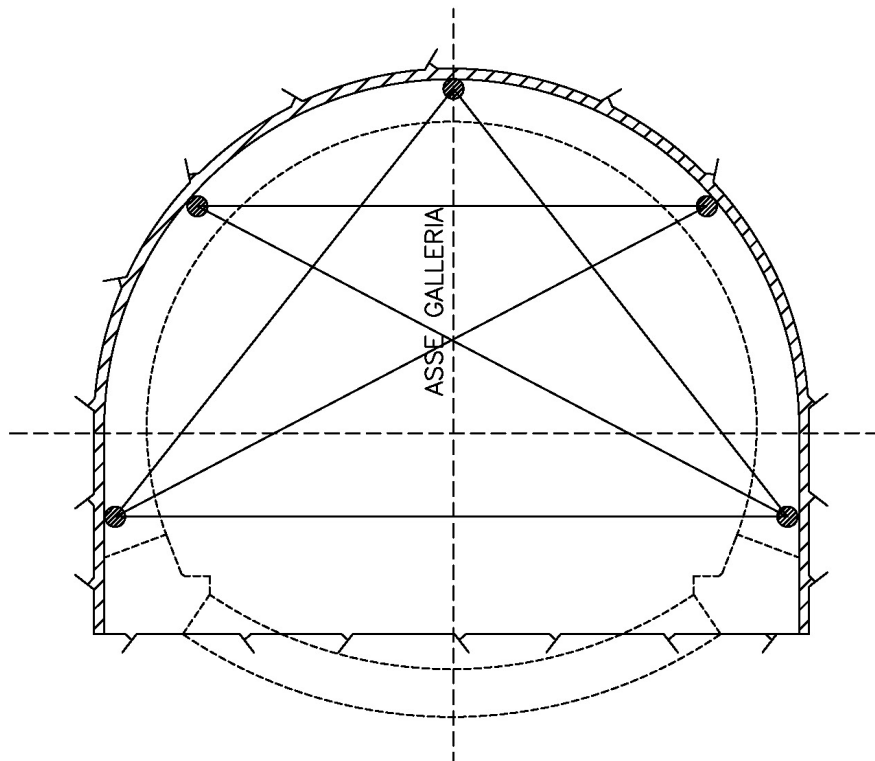
	Punto di misura estrusione al fronte
	Cella di carico a piede centina
	Coppia di barrette estensimetriche

Scavo in tradizionale monitoraggio interno
Sistema di misura stato tensionale
nel rivestimento di 2° fase (definitivo)

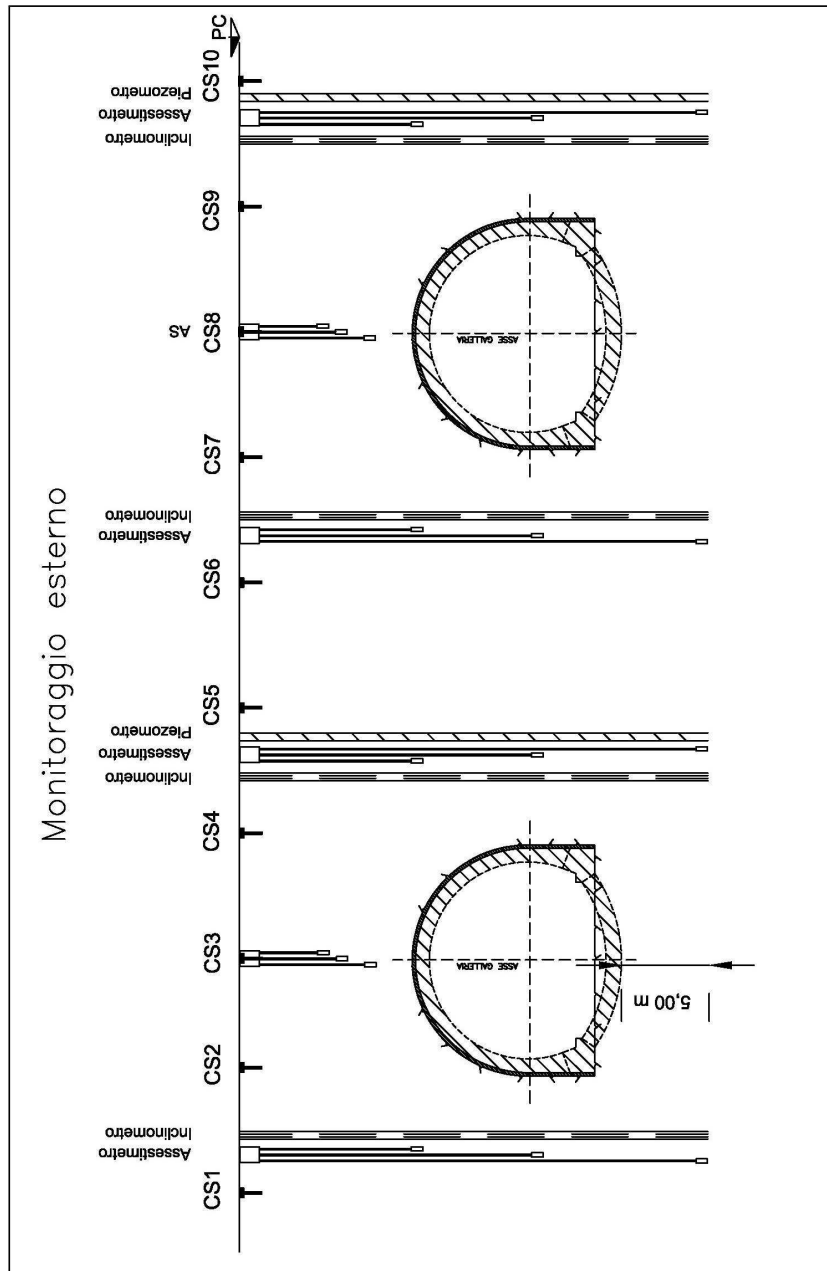


 Coppia di barrette estensimetriche

Scavo in tradizionale
Disposizione punti di misura
per convergenze



Punto di misura per convergenze



FASE DI VERIFICA
IN CORSO D'OPERA

RILIEVO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL FRONTE

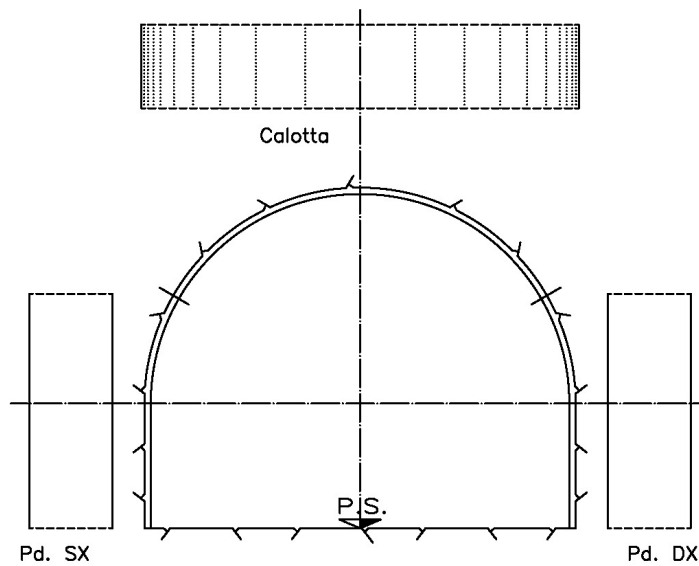
GALLERIA:
Imbocco:.....

Progr. Ass.:
Sez. applicata:

RILIEVO GEO-STRUTTURALE

CARATTERISTICHE ROCCIA	COND.	COMPATTA	
		POCO FRATTURATA	
	STATO	FRATTURATA	
		SANA	
	ASSETTO	POCO ALTERATA	
		ALTERATA	
		NESSUNO	
		STRATIFICAZIONE	
		SCIOSITA'	
		CLIVAGGIO	
CARATTERISTICHE DISCONTINUITA'	TIPO	FAGLIA	
		FRATTURA	
	LOCALIZZ.	PIEDRITTO SX	
		PIEDRITTO DX	
	GIAC.	ENTRAMBI	
		ANDAMENTO IPOTETICO	
	GEOMET.	INCLINAZIONE (°)	
		DIREZIONE (°)	
		APERTA	
		CHIUSA	
SPESORE (cm)			
PROGETTO (cm)			
RIEMP.	CEMENTATO		
	PLASTICO		
	SCIOLTO		
	JRC		
ACQUA	JCS (Mpa)		
	ASSENTE		
	STILLICIDIO		
	Q < 1L/sec		
DISTACCHI	Q > 1L/sec		
	ASSENTI		
	PIEDRITTO SX		
	PIEDRITTO DX		
OSSERVAZIONI	CALOTTA		
	V < 0.6mc		
	0.6mc < V < 1.0mc		
	V > 1.0mc		
CONSOLIDAMENTI	ASSENTI		
	RETE ELETTROSALDATA		
	CENTINE		
	SPRITZ-BETON		
	CHIODI SX		
	CHIODI DX		
	CHIODI CALOTTA		
	VTR FRONTE (N°)		
	VTR CONTORNO (N°)		
	PRETAGLIO (sp. cm)		
J.G. CONTORNO			
J.G. FRONTE			
INFILAGGI			
DRENAGGI (N°)			

RILIEVO PITTORICO DEL FRONTE



LEGENDA GEOLOGICA:

<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

DESCRIZIONE:

.....

