

# LIAISON LYON - TURIN / COLLEGAMENTO TORINO - LIONE

Partie commune franco-italienne  
Section transfrontalière

Parte comune italo-francese  
Sezione transfrontaliera

NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE  
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE

REVISION DE L'AVANT-PROJET DE REFERENCE – REVISIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO  
CUP C11J05000030001

TUNNEL D'INTERCONNEXION SUSA-BUSSOLENO -  
TUNNEL D'INTERCONNESSIONE SUSA-BUSSOLENO

GALERIES D'INTERCONNEXION - GALLERIE DI INTERCONNESSIONE  
CROISEMENT ORSIERA-PRAPONTIN - NODO ORSIERA-PRAPONTIN

Rapport géologique-géomécanique de détail -  
Relazione geologica-geomeccanica di dettaglio

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	09/11/2012	Première diffusion / Prima emissione	R. TORRI (SEA)	R. TORRI C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
A	31/01/2013	Reception commentaires LTF / Recepimento commenti LTF	R. TORRI (SEA)	R. TORRI C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
B	5/02/2013	Passage au status AP / Passaggio allo stato AP	R. TORRI (SEA)	R. TORRI C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO

Tecnimont  
Civil Construction  
Dott. Ing. Aldo Mancarella  
Orcine Ingegner / Prov. TO n. 6271 R




CODE DOC	<b>P</b>	<b>D</b>	<b>2</b>	<b>C</b>	<b>3</b>	<b>B</b>	<b>T</b>	<b>S</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>B</b>
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Numero			Indice	

<b>A</b>	<b>P</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>T</b>
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED		//	//	65	15	01	10	01
------------------------------	--	----	----	----	----	----	----	----

ECHELLE / SCALA
-



## SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO .....	3
1. INTRODUZIONE .....	4
1.1 Attività svolte.....	5
1.2 Descrizione delle opere in corrispondenza del nodo dell'Orsiera .....	6
2. QUADRO GEOLOGICO - STRUTTURALE .....	7
2.1 Dominio Strutturale Mompintero.....	9
3. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO.....	11
4. IDROGEOLOGIA.....	15
4.1 Ritorno d'esperienza della galleria autostradale Prapontin .....	16
5. CRITICITÀ PREVISTE PER LA TRATTA IN ESAME .....	16
5.1 FASE 1 – Scavo delle canne della galleria d'interconnessione e sottopasso della galleria autostradale Prapontin esistente.....	16
5.2 FASE 2 – Scavo delle canne del tunnel dell'Orsiera in corrispondenza del sottopasso delle canne delle gallerie d'interconnessione.....	16

## RESUME/RIASSUNTO

Dans le secteur du nœud de l'Orsiera, en phase 1 le tracé des galeries d'interconnexion reste au-dessous de la galerie autoroutière Prapontin d'environ 20-25 mètres; dans la phase 2 il est prévu que le tunnel de l'Orsiera passe en dessous du tube de la voie paire de la galerie d'interconnexion à une cote très proche avec une paroi d'épaisseur réduite d'environ 1 mètre. La couverture en roche sur l'ensemble des ouvrages du nœud de l'Orsiera est d'environ 100-120 mètres.

Les galeries sont et seront réalisées à l'intérieur des calcmicaschistes du Complexe Meana-M.te Muretto caractérisés par la présence très localisée de boudins basiques et ultrabasiques. Pendant le creusement de la galerie Prapontin aucune indication n'a été fournie à ce propos. L'étude pétrographique avec des analyses au microscope spécifiquement réalisées sur des échantillons prélevés en surface n'a pas mis en évidence la présence de minéraux d'asbeste.

Le modèle géologique et géomécanique a été défini presque entièrement par les informations issues des études précédentes pour la réalisation des galeries autoroutières Prapontin et ferroviaires Tanze: les données as-built ont été mises en relation avec les observations des levés géologiques et géostrucuraux de terrain.

Sur la base des données à disposition, les conditions de criticité pourraient être liées à la présence de zones de faille et de fracturation intense. Celles-ci pourraient déterminer une diminution de la qualité du massif rocheux et des venues d'eau de type ponctuelles. Cette condition a été observée pendant le creusement de la galerie Prapontin.

Toutefois, l'équipement des galeries avec imperméabilisation full-round permettra le rabattement des venues d'eau en galerie.

Nel settore del nodo Orsiera, nella fase 1 il tracciato delle gallerie d'interconnessione sottopassa la galleria autostradale Prapontin di circa 20-25 metri ed è previsto in fase 2 che il futuro tunnel dell'Orsiera sottopassi la canna del binario pari a quota ravvicinata con setto di spessore di circa 1 metro. La copertura rocciosa nel settore del nodo dell'Orsiera è di circa 100-120 metri.

Le gallerie di questo settore sono e saranno realizzate all'interno dei calcemicascisti del Complesso Meana-M.te Muretto, a cui sono intercalati sporadici boudins basici e ultrabasici. Durante lo scavo della galleria Prapontin non è fornita alcuna indicazione rispetto alla presenza di questi ultimi. Lo studio petrografico con analisi microscopiche specificatamente realizzate su campioni prelevati in superficie non ha evidenziato la presenza di minerali asbestiformi.

La modellizzazione geologica-geomeccanica è estrapolata quasi esclusivamente dalle nozioni sulla geologia locale derivate da studi progressi (per la realizzazione delle gallerie dell'autostrada A32 della galleria ferroviaria Tanze): i dati as-built sono stati correlati con i dati dei rilievi geologici e geostrucurali di terreno.

Sulla base dei dati a disposizione condizioni di criticità particolari sono connesse alla possibile presenza di zone di fratturazione e di faglia. Queste potrebbero determinare un ammaloramento dell'ammasso roccioso e venute d'acqua puntuali in galleria. Tale condizione si è avverata infatti durante lo scavo della galleria autostradale Prapontin.

Tuttavia, l'equipaggiamento delle gallerie con rivestimento definitivo impermeabilizzato full-round permetterà di annullare le venute d'acqua in galleria in regime stabilizzato.

## 1. Introduzione

Le finalità del Progetto Definitivo sono quelle descritte nelle norme vigenti<sup>1</sup> ovvero sono quelle atte alla definizione delle criticità riconosciute sulla base delle indagini geologiche svolte e degli interventi necessari per il superamento di dette criticità da realizzare nel prosieguo dell'iter progettuale.

Il tracciato delle gallerie d'interconnessione è stato studiato in modo predisponente la futura realizzazione (fase 2) delle due canne del tunnel dell'Orsiera che permetterà alla nuova linea ferroviaria Torino – Lyon di connettersi alla linea storica nella Piana delle Chiuse.

Tuttavia, i reciproci rapporti di sovrapposizione e i rapporti geometrici con le esistenti gallerie autostradali Prapontin generano alcune criticità dovute alla necessità di eseguire lo scavo ravvicinato delle diverse opere in condizioni di ammasso roccioso potenzialmente fratturato. Per questi settori è quindi necessario lo studio di dettaglio del comportamento geomeccanico dell'ammasso roccioso e fornire gli elementi per il corretto dimensionamento delle opere sotterranee.

La relazione riporta quindi il modello geomeccanico del settore centrale dei due tunnel di interconnessione (binario pari e binario dispari) compreso tra le pk 1+000 e 1+200 circa del BD e compreso tra le pk 0+850 e 1+300 circa del BP. Di seguito sono forniti gli stralci dei profili geologici delle due canne in corrispondenza dei settori indicati.

La presente relazione è completata da elaborati grafici che permettono la visualizzazione bi e tridimensionale del settore di studio e in particolare dei rapporti geometrici delle opere:

Titolo	scala	codice elaborato
Sezioni trasversali	1:500	PD2_C3B_0077_65-15-01_40-01
Modellazione geologica 3D	-	PD2_C3B_0140_65-15-01_40-02

Il modello geomeccanico deriva dai risultati dei rilievi geologici e geomeccanici di superficie. Non sono disponibili dati specificatamente acquisiti tramite sondaggi meccanici e indagini geofisiche. I soli dati acquisiti in sottoterraneo sono quelli che derivano dalle esperienze dello scavo della galleria ferroviaria Tanze e delle gallerie Prapontin della A32. Esse sono tuttavia frammentarie e comunque non finalizzate alla progettazione della galleria d'interconnessione.

Come anche enunciato nel Dossier di sintesi del progetto, consegna CIG n° 73 - volume B (PD2 C30 TS3 0045), in funzione del numero di informazioni disponibili e della complessità intrinseca del contesto geologico, l'affidabilità del modello geologico raggiunta in questa fase di studio è dunque:

- più elevata in corrispondenza dei settori d'imbocco, dove sono state realizzate le campagne di rilevamento geologico e strutturale di superficie; tuttavia, l'affidabilità del modello geologico a quota galleria rimane bassa; questi settori dovranno dunque essere oggetto, prima dell'esecuzione degli studi costruttivi, di una campagna di sondaggi complementari mirati;

<sup>1</sup> Per quanto attiene alla normativa vigente, le analisi e valutazioni nell'ambito della Revisione del Progetto Preliminare sono state eseguite in ottemperanza del D.Lgs 163/2006 "Codice dei contratti pubblici (ex Legge Merloni)" e del DM 14/01/2008 in cui sono descritte le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC - 2008).

- inferiore per le tratte sotto elevate coperture, a causa della complessità geologica e strutturale e della difficoltà di accesso per eseguire i sondaggi. Prima della stesura degli studi costruttivi per questo settore, il quale sarà oggetto di un programma approfondito di sondaggi in avanzamento.

La presente relazione s'inquadra nelle attività di Revisione del Progetto Definitivo della Nuova Linea Ferroviaria Torino – Lione per conto di LTF – SAS secondo le prescrizioni CIPE al Progetto Preliminare e al successivo Studio di Fasaggio. In particolare:

1	<p><b>Fasaggio:</b> stante le risultanze dello studio di fattibilità richiesto dalla Commissione Intergovernativa, circa la possibilità di realizzare per fasi funzionali successive la "parte comune" della Torino-Lione, sviluppare tale ipotesi in fase di Progetto Definitivo. Tutte le parti dell'opera che risulteranno variate rispetto alla configurazione completa del progetto preliminare sottoposto ad istruttoria, dovranno essere sottoposte a nuova procedura di Valutazione di Impatto Ambientale.</p>	<p>La progettazione della galleria d'interconnessione, di cui fa parte questa relazione, permette di realizzare l'interconnessione della NLTTL alla linea storica presso il nodo ferroviario di Bussoleno</p>
29	<p>Zone di faglia: prevedere per i tratti ricadenti in zone di faglia c/o di intensa fratturazione, la possibilità di utilizzare sezioni di avanzamento con interventi mirati a conseguire l'impermeabilizzazione delle gallerie (Tunnel di Base e Orsiera) attraverso sondaggi sub-orizzontali in avanzamento al fronte di scavo, per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche e idrogeologiche, delle fasce di fratturazioni e delle venute d'acqua.</p>	<p>Nel capitolo <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b> e nel capitolo <b>Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.</b> sono descritti rispettivamente l'assetto geostrutturale del massiccio (discontinuità, frequenza di fratturazione) e le ricadute di tipo idrogeologico (venute in galleria, valutazione dei carichi idraulici e edelle permeabilità delle zone di fratturazione). Tali elementi permettono di definire i tipi di rivestimenti, compresa la possibilità di impermeabilizzazione del cavo. Le indagini previste in corso di scavo sono descritte nella relazione PD2 C3B 0107 00-05-05 10-01.</p>

Le finalità del Progetto Definitivo sono quelle descritte nelle norme vigenti<sup>2</sup> ovvero sono quelle atte a sviluppare glielaborati grafici e descrittivi, nonché i calcoli ad un livello di definizione tale che nella successiva progettazione esecutiva non si abbiano apprezzabili differenze tecniche e di costo.

### 1.1 Attività svolte

Il modello geologico è stato definito incrociando i dati as-built delle gallerie esistenti (Prapontin e Tanze) i cui tracciati sono adiacenti e incrociano i tracciati delle canne della galleria d'interconnessione e i dati di geologico-strutturali di superficie. L'obiettivo perseguito durante le attività di rilevamento geologico di superficie è stato quello di individuare e gerarchizzare le strutture geologiche e di verificarne l'importanza in relazione al nuovo tracciato e di evidenziare i potenziali elementi di rischio (comportamento allo scavo

<sup>2</sup> Per quanto attiene alla normativa vigente, le analisi e valutazioni nell'ambito della Revisione del Progetto Definitivo sono state eseguite in ottemperanza del D.Lgs 163/2006 "Codice dei contratti pubblici (ex Legge Merloni)" art. 93 comma 4, DPR 207/2010 art. 24 e del DM 14/01/2008 in cui sono descritte le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC - 2008).

dell'ammasso, possibili venute d'acqua in galleria, presenza di minerali asbestiformi, radon, dissesti di versante, ecc).

Sono state quindi eseguite sezioni trasversali alle opere alla scala 1:500 (doc. n° PD2 C3B 0077 65-15-01 40-01) e un modello 3D (doc. n° PD2 C3B 0140 65-15-01 40-02) in cui sono visualizzati i rapporti geometrici tra le opere e con la geologia e il contesto morfologico dell'ammasso roccioso.

Il modello geologico-geomeccanico esposto nei capitoli successivi risulta quindi dall'intersezione delle sezioni longitudinali lungo le canne della galleria d'interconnessione, del tunnel dell'Orsiera e trasversali ai due binari d'interconnessione, e dalla conseguente ricostruzione tridimensionale dell'area in esame.

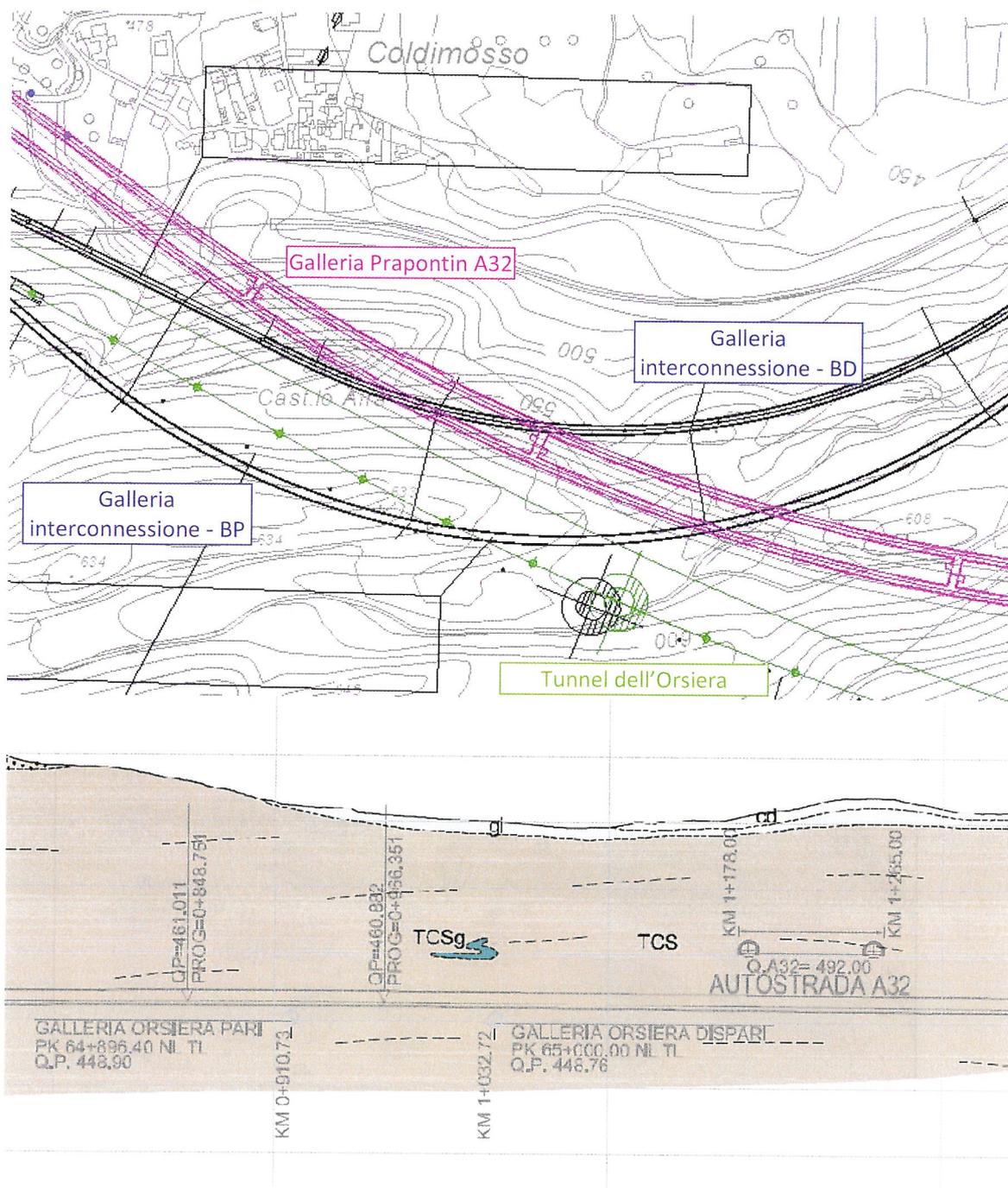
## 1.2 Descrizione delle opere in corrispondenza del nodo dell'Orsiera

Le opere di progetto saranno realizzate in due fasi successive e distinte:

- FASE 1 – Scavo delle canne della galleria d'interconnessione e sottopasso della galleria autostradale Prapontin esistente; la galleria d'interconnessione sottopassa i due tunnel dell'autostrada A32 in corrispondenza delle pk 1+115 e 1+185 circa del binario pari e 0+965 e 1+110 circa del binario dispari. In questo settore le canne dell'interconnessione si trovano sotto una copertura massima intorno ai 100-120 m e circa 20-25 m sotto le due canne della galleria autostradale.
- FASE 2 – Scavo delle canne del tunnel dell'Orsiera e sottopasso delle canne della galleria d'interconnessione e della galleria autostradale. Le due canne del tunnel dell'Orsiera sottopassano la sola canna del binario pari della galleria d'interconnessione alle pk 0+865 e 1+010 a una distanza verticale compresa rispettivamente di 1.4 e 0.5 m. Anche in questo settore la copertura topografica massima è di circa 120 m. Le canne del tunnel dell'Orsiera si troveranno quindi circa 20-25 metri sotto le canne della galleria autostradale (differenza di quota tra il culmine della calotta delle gallerie d'interconnessione e l'arco rovescio delle soprastanti gallerie autostradali).

I rapporti geometrici tra le opere esistenti e quelle di progetto sono illustrate in pianta e in sezione nelle figure che seguono.

Le gallerie d'interconnessione saranno equipaggiate con rivestimento definitivo impermeabilizzato full-round.



*Figura 1 – Vista in pianta e stralcio del profilo geologico longitudinale al binario pari della galleria d'interconnessione.*

## 2. Quadro geologico - strutturale

Il nodo dell'Orsiera, come tutto il tracciato della galleria d'interconnessione, si sviluppa entro un settore geologicamente omogeneo caratterizzato interamente dai calcis micascisti (TCS) delle coperture mesozoiche del Massiccio Dora Maira che costituiscono il Complesso di Meana-M.te Muretto. Esso è costituito principalmente da una potente sequenza di metapeliti con contenuto in carbonato variabile passando da calcescisti s.s. a micascisti a granato ± cloritoide ± grafite.

Lo studio di terreno ha messo in evidenza la presenza di sporadiche lenti e boudins (dimensioni metriche e plurimetriche) basici e ultrabasici (TCS-g). La loro presenza è stata quantificata in circa 1% della massa rocciosa. L'analisi al microscopio ottico di campioni prelevati in affioramento ha evidenziato l'assenza di minerali asbestiformi al loro interno.

Il settore di pertinenza del nodo dell'Orsiera della galleria d'interconnessione si trova a cavallo di due domini strutturali differenti<sup>3</sup>; esso ricade infatti nella fascia di transizione tra i domini strutturali di Mompantero (verso ovest) e dell'Orsiera (più verso est). Le misure geostrutturali rilevate sul terreno mettono in evidenza questa particolare collocazione ma predominano le strutture afferenti al dominio strutturale di Mompantero i cui caratteri sono descritti in dettaglio nel § 2.1. Si osserva, infatti, come le misure della giacitura della scistosità principale sono principalmente orientate NW-NNW (Figura 2).

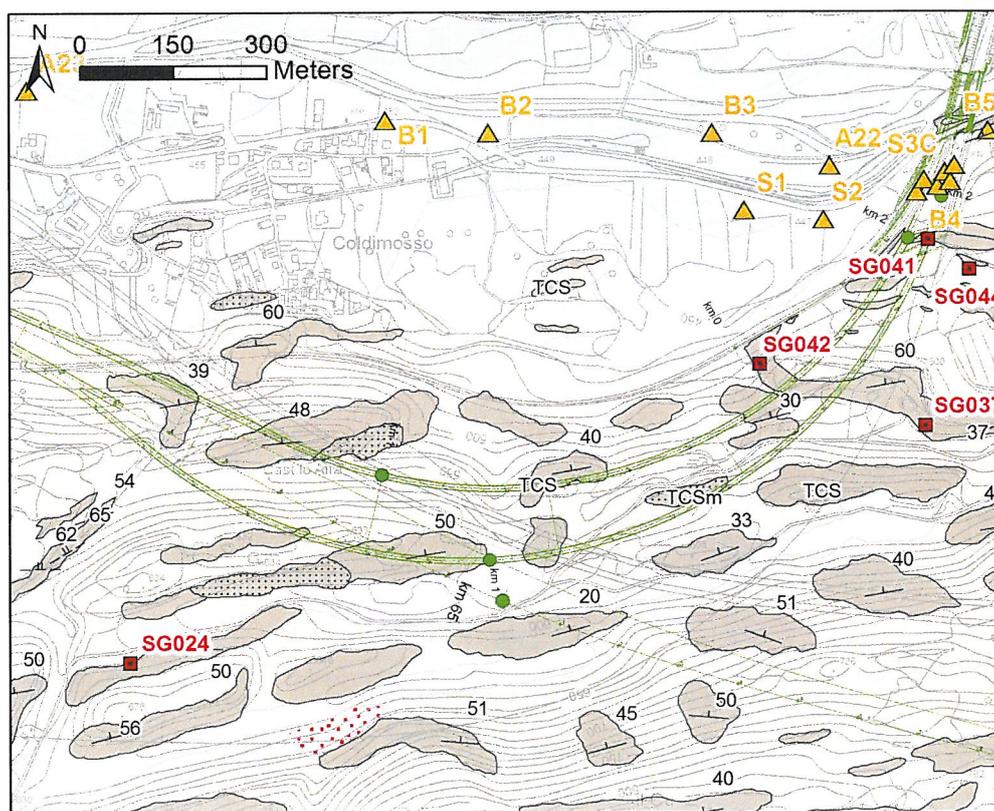


Figura 2 – Stralcio della carta geologica. In rosso le stazioni geostrutturali e in giallo i sondaggi geomeccanici disponibili nel settore della galleria d'interconnessione.

<sup>3</sup> La distinzione tra domini strutturali è definita sulla base dei dati strutturali duttili e fragili e sulla loro elaborazione statistica:

- Andamento della scistosità principale (assetto duttile)
- Orientazione delle zone di faglia (assetto fragile)

Un dominio strutturale si caratterizza per condizioni omogenee dello stress tettonico all'origine della fratturazione dell'ammasso e della sua distribuzione nello spazio.

Rapport géologique général– Relazione geologica generale

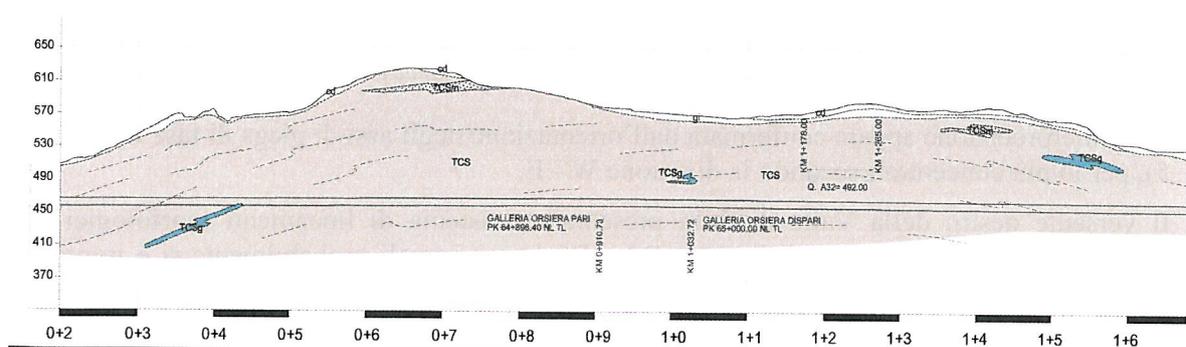
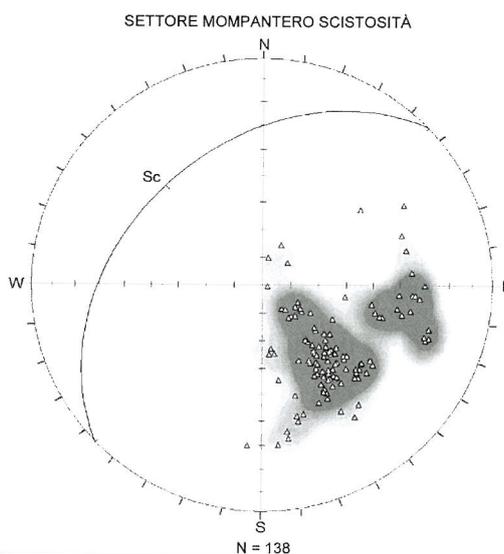


Figura 3 – Profilo geologico longitudinale al binario pari della galleria d'interconnessione.

In relazione all'orientazione della scistosita relativamente alla direzione della galleria, potrebbe dare luogo fenomeni di distacco localizzati in calotta e al fronte di scavo (rischio di spaccettamento / risque flambage de bancs). Questa criticità è connessa al comportamento elastico dell'ammasso roccioso.

### 2.1 Dominio Strutturale Mompantero

Il dominio strutturale di Mompantero è caratterizzato da superfici di scistosità immergenti principalmente verso NNW - WNW. La proiezione dei poli delle superfici di scistosità (Figura 4) mette in evidenza la presenza di due picchi di concentrazione: un picco, principale, relativo a superfici immergenti verso NW e un picco secondario relativo a superfici immergenti verso W - NW. Tale andamento delle superfici di scistosità potrebbe essere interpretato come dovuto a pieghe di tipo isoclinali (ad esempio di fase D2<sup>4</sup>) i cui fianchi presentano direzioni di immersione molto simili. Locali dispersioni potrebbero essere invece dovute all'effetto di fasi plicative successive (D3<sup>4</sup>).



<sup>4</sup> Sacchi R., Balestro G., Cadoppi P., Carraro F., Delle Piane L., Di Martino L. Enrietti M., Gallarà F., Gattiglio M., Martinotti G., Perello P. (2004) - Studi geologici in Val di Susa finalizzati ad un nuovo collegamento ferroviario Torino-Lione. Regione Piemonte – Monografie XLI.

Figura 4 - Dominio Strutturale Mompantero. Proiezione dei poli dei piani di scistosità e cerchio massimo relativo al picco di concentrazione dei poli di scistosità (reticolo equiarea di Schmidt, emisfero inferiore)

Tale interpretazione appare confermata dall'orientazione degli assi di piega di fase D2 (Figura 5), per lo più concentrati secondo la direzione W - E.

Il versante destro della Valle di Susa presenta un sistema di lineamenti morfologici con orientazione parallelo agli assi di piega D2 e D3 lungo i quali probabilmente si è imposta l'azione morfogenetica dell'erosione glaciale. A questa particolare evoluzione del massiccio è legata la formazione di canali di erosione glaciale che si presentano colmatati da depositi glaciali detritici e colluviali che potrebbero essere intersecati dallo scavo nelle trate a bassa copertura degli imbocchi.

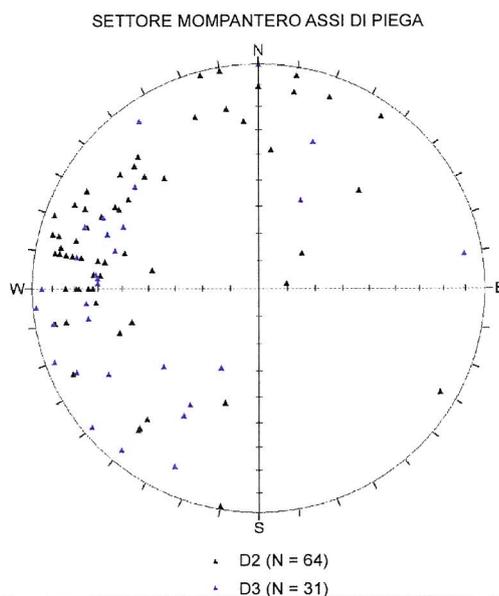


Figura 5 - Dominio Strutturale Mompantero. Proiezione degli assi di piega di fase D2 e di fase D3 (reticolo equiarea di Schmidt, emisfero inferiore)

Per quanto riguarda l'assetto strutturale fragile, il sistema di faglie principale dominante appare orientato secondo direzioni N - S secondo angoli elevati (sistema SF3). A questo sistema appartengono anche strutture secondarie, per lo più orientate in direzione NE - SW.

Sono inoltre presenti le seguenti zone di faglia secondarie:

- SF2 con orientazione circa E - W;
- SF4 con orientazione NW - SE.

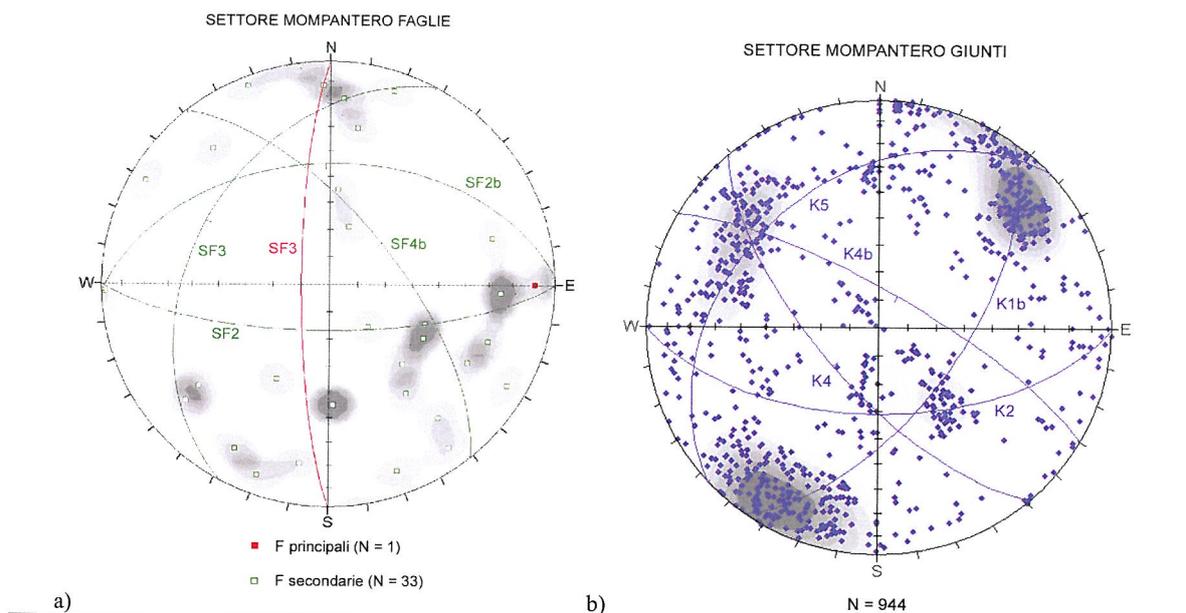


Figura 6 - Dominio Strutturale Mompantero. a) Proiezione dei poli dei piani di faglia principali e secondari e relative ciclografiche; b) proiezione dei poli delle superfici dei differenti sistemi di giunti e relative ciclografiche (reticolo equiarea di Schmidt, emisfero inferiore)

Per quanto riguarda i sistemi di giunti riconosciuti, alcuni di questi mostrano orientazioni analoghe a quelle delle zone di faglia rilevate in questo dominio (K2 e K4 circa coincidenti con i sistemi SF2 e SF4); altri sistemi non sono invece direttamente riconducibili ai sistemi di faglie predominanti in questo dominio (K1 e K5).

### 3. Caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso

I parametri geomeccanici ottenuti dai dati di studi pregressi han contribuito alla definizione di 11 unità geomeccaniche (UG) proposte in questa fase progettuale (PD2). I paragneiss e i calcemicascisti del Dora Maira che verranno interessati dalle gallerie d'interconnessione sono classificati nell'UG-D e caratterizzati dai parametri principali esposti nella Tabella 1. I valori sono stati definiti sulla base dei dati as-built della galleria ferroviaria Tanze.

La parametrizzazione dell'ammasso è stata verificata anche alla luce dell'assetto strutturale in superficie valutato dai dati ricavati dalle stazioni geostrukturali eseguite in corrispondenza degli affioramenti rocciosi più rappresentativi (Figura 7 e Tabella 2).

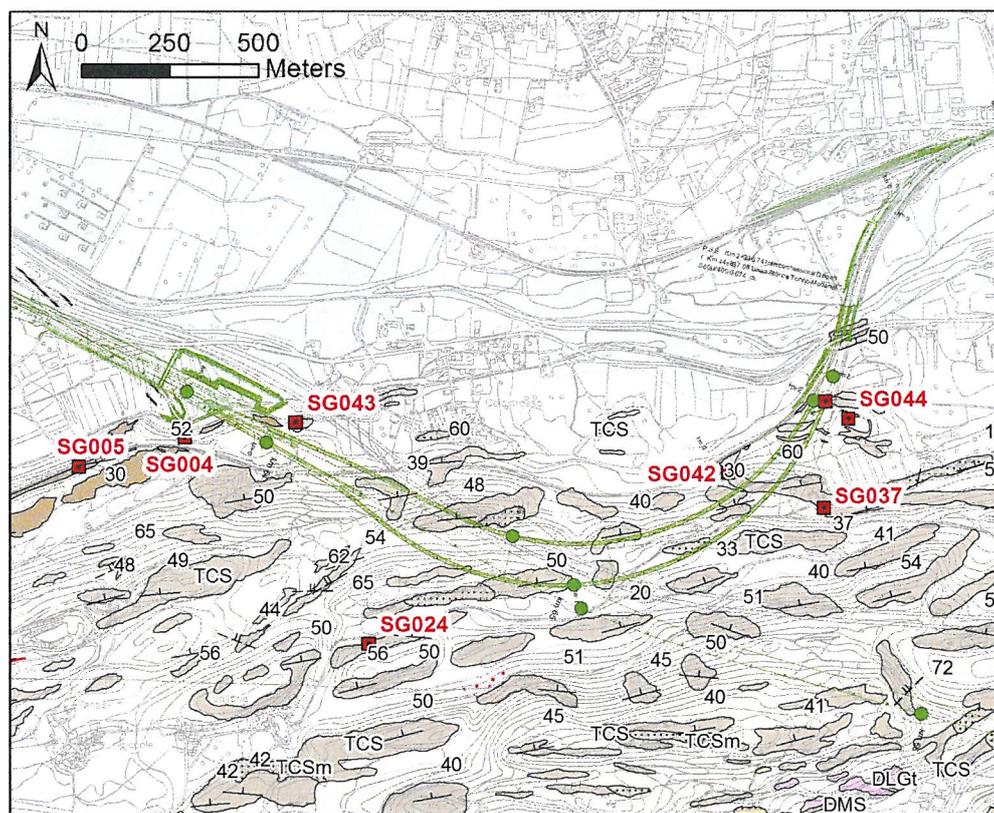


Figura 7 – Stralcio della carta geologica con ubicazione delle stazioni geomeccaniche di superficie (in rosso con codice identificativo)

Per quanto riguarda l'assetto strutturale fragile, il sistema di faglie principale dominante del settore appare orientato secondo direzioni N - S secondo angoli elevati. Tali strutture non sono state direttamente osservate in superficie nel tratto di versante interessato dallo scavo. Tuttavia, strutture importanti afferenti a questo sistema sono state rilevate più verso est (master joint del Rio Gerardo). Inoltre, durante lo scavo della galleria Prapontin sono state rilevate venute puntuali connesse all'attraversamento di strutture fragili discrete che potrebbero appartenere a questo sistema di faglie principali.

L'ammasso è caratterizzato dalla presenza di due famiglie principali di giunti (K2 e K3 Figura 8) con persistenza e spaziatura comprese tra 1 e 3 metri. Il sistema K2 ha immersione media verso S - SW con inclinazione media di 50°. Il sistema K3 presenta un'immersione media verso ENE ad alto angolo (inclinazione media di 70°) e quindi si ritrova anche con immersione verso WSW. Le condizioni dell'ammasso roccioso sono condizionate dal grado di alterazione che alla scala degli affioramenti si manifesta con formazione di particelle sabbiose o roccia fratturata lungo i giunti o sola ossidazione della parete dei giunti. L'ammasso roccioso si presenta da non alterato a moderatamente alterato.

La caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso è stata definita anche sulla base dei parametri delle stazioni geomeccaniche. Sulla base delle misure eseguite sulle superfici delle discontinuità, i valori di UCS (resistenza alla compressione uniassiale) sono mediamente di 65 MPa. Questo è in linea con quanto verificato durante lo scavo della galleria Tanze per il quale il range di UCS varia tra circa 45 e 120 MPa (Tabella 2).

Rapport géologique général– Relazione geologica generale

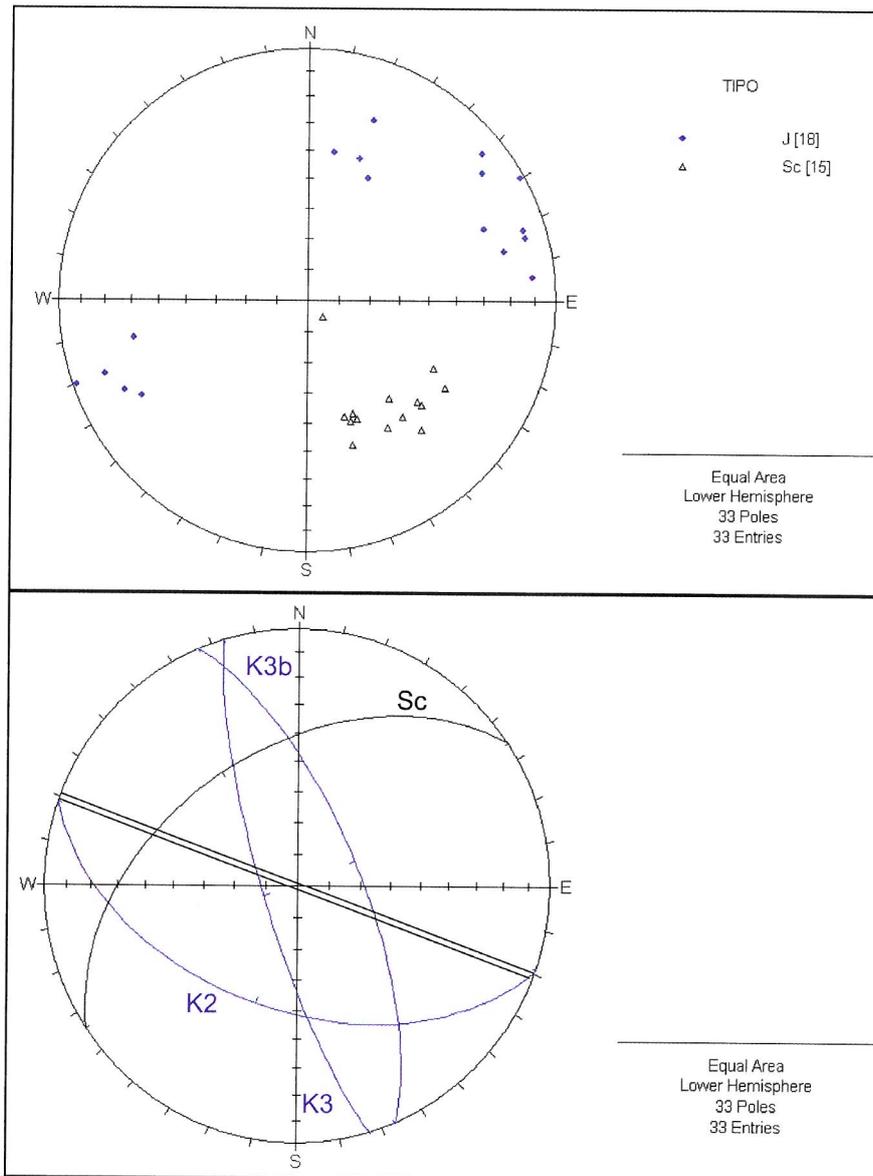


Figura 8 – Proiezione stereografica dei poli dei set di discontinuità misurati in affioramento e ciclografica della scistosità media (stazione geomeccanica SG24).

Rapport géologique général – Relazione geologica generale

Unità geomeccanica	Litologia	UCS (MPa)		GSI		Copertura (m)		RQD		RMR		
		med.	MAX	med.	MAX	min	MAX	med.	min	MAX	min	MAX
UGD	TCS Calcemicascisti	72.4	117.5	61	69	0	165	-	-	60	52	67
	TPG Paragneiss	41.4	95.5	53	58	60	500	-	-	55	48	61

Unità geomeccanica	Litologia	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )		$E_i$ (GPa)*		$E_m$ (GPa)*		C (MPa)*		$\phi$ (°)*		Res. a trazione (MPa)	
		min	MAX	min	MAX	min	MAX	min	MAX	min	MAX	min	MAX
UGD	TCS Calcemicascisti	27.6	28.5	10.7	29.4	3.7	21	0.4	3.5	61	50	2.5	16.2
	TPG Paragneiss	26.3	28.4	1.1	28.6	0.3	13.6	0.2	3	40	50	4	16.2

Tabella 1 – Valori di riferimento (REF) e/o medi (moy / med) dei parametri geomeccanici principali per i calcemicascisti dell'area in studio; UCS-uniaxial compression strength, GSI-geological strength index, RQD-rock quality designation, RMR-Rock Mass Rating,  $\gamma$ -peso di volume,  $E_i$ - modulo d'elasticità per la roccia intatta,  $E_m$ - modulo di deformazione,  $R_t$ -resistenza a trazione,  $m_i^*$ .

Stazione geomeccanica	SG	cod	SG4	SG5	SG24	SG37	SG41	SG42	SG43	SG44
Resistenza a compressione monoassiale	UCS	Mpa	200	142	65	82	52	42	80	60
Numero di discontinuità per metro cubo	Jv	n°/m <sup>3</sup>	8	25	6	8-10	4	3-5	5	3
Geologic strength index (stimato)	GSI	-	80	50-55	70-80	75	70-90	4	70	60-70
Grado di alterazione dell'ammasso	-	-	debole	moderato	no	no	no	debole	no	debole
Condizioni di umidità dell'ammasso	-	-	asciutto	asciutto	umido	asciutto	umido	asciutto	asciutto	asciutto

Tabella 2 – Valori rilevati in corrispondenza delle stazioni geomeccaniche realizzate. I valori rilevati alla stazione SG24 sono i più rappresentativi per il settore del nodo Orsiera

Le caratteristiche dell'ammasso roccioso sono medie-buone: i paragneiss rientrano nella class RMR III, i calcemicascisti rientrano in una classe RMR di Bieniawski III prevalente, e classe II subordinata. Sono possibili fenomeni di distacco di cunei di roccia instabili in fase di scavo (richio di splaccaggio / risque de flambage de bancs) relativamente all'orientazione della scistosità rispetto all'asse del tunnel e al comportamento elastico dell'ammasso roccioso.

#### 4. Idrogeologia

La presenza delle gallerie autostradali e ferroviarie ha un'influenza rilevante rispetto alle condizioni idrogeologiche attese durante la realizzazione della galleria d'interconnessione. Entrambe le canne, infatti, sottopassano la galleria Prapontin e sono almeno parzialmente affiancate alla galleria Tanze.

Dal punto di vista idrogeologico, le gallerie di interconnessione saranno realizzate quindi in un contesto idrodinamico già perturbato e drenato dalle opere esistenti. Nella fase di realizzazione della galleria d'interconnessione, quindi, essa costituirà l'elemento di drenaggio posto a quota inferiore dell'acquifero in roccia di questo settore del versante. Nella fase successiva con la realizzazione del Tunnel dell'Orsiera, i flussi drenati dalla galleria d'Interconnessione saranno potenzialmente drenati verso il tracciato dell'opera principale.

Tuttavia, con il fine di neutralizzare le eventuali venute d'acqua in galleria, è prevista l'installazione di rivestimento definitivo full-round finalizzato ad annullare le venute d'acqua in galleria. Infatti, l'applicazione di tale tecnologia è permessa dalla stima dei carichi idraulici massimi attesi durante lo scavo delle gallerie d'interconnessione che saranno compresi ipoteticamente tra 5 e 10 bar considerando che la galleria Prapontin si trova a una quota compresa tra 20 e 50 metri al di sopra. E comunque ipotizzabile che, data la scarsa permeabilità del massiccio, la superficie piezometrica, seppur perturbata, non sia stata abbattuta fino alla quota della galleria esistente (vedi § 4.1).

I calcemicascisti dell'Unità Meana – M.te Muretto fanno parte del complesso idrogeologico degli scisti e calcemicascisti (*CHy 6b*) il cui grado di permeabilità per fratturazione è di grado basso e medio basso. In questo settore, non sono presenti sondaggi e misure dirette della permeabilità dell'ammasso roccioso. Per tale motivo, la definizione del grado di permeabilità è stata realizzata utilizzando i dati ottenuti dai sondaggi realizzati in formazioni sempre afferenti alle coperture del Massiccio Dora Maira (calcescisti, micascisti e scisti filladici) ma presenti sul versante sinistro di questa porzione della Valle di Susa. Si tratta dei sondaggi S8, S9, S12, S24 e S25.

I valori di permeabilità ottenuti dalle prove in foro restituiscono una permeabilità tra  $1^E-9$  e  $1^E-6$  m/s in relazione al grado di fratturazione dell'ammasso. In condizioni standard di fratturazione dell'ammasso, il valore di permeabilità caratteristico è di circa  $4^E-8$  m/s.

Tuttavia è probabile che l'ammasso roccioso nei primi 2 – 3 metri risulti alterato per effetto dell'idratazione dei feldspati e dei fillosilicati con conseguente creazione di bande con permeabilità maggiore soprattutto in corrispondenza delle zone originariamente più fratturate.

Anche se non sono state rilevate in superficie porzioni di ammasso particolarmente fratturato, potenziali circolazioni idriche potranno verificarsi principalmente lungo le zone a maggior fratturazione associate alle strutture fragili anche minori che caratterizzano il versante. In particolare, lineamenti anche regionali sono stati osservati tramite analisi remote sensing e con direzione circa NNE – SSO e ENE – OSO ; lungo tali direttrici si è impostato il reticolo

idrografico del versante (Rio Corrente e Rio Gerardo) e le forme di erosione glaciale che caratterizzano anche il settore di imbocco di Traduerivi.

Tali strutture, inoltre, possono essere in contatto idraulico con le vaste porzioni di versante interessate da DGPV che ne rappresentano le potenziali aree di alimentazione. Tuttavia, lungo il versante a monte non sono presenti sorgenti di rilievo che testimonino la presenza di acquiferi produttivi.

#### **4.1 Ritorno d'esperienza della galleria autostradale Prapontin**

Lungo le canne della galleria autostradale Prapontin le venute d'acqua sono concentrate nel settore d'imbocco lato Susa (Traduerivi) all'interno dei depositi di conoide del Rio Corrente dove si registrano venute di comprese tra 0.5 e 1.5 l/s. Nel tratto scavato all'interno del Massiccio Dora Maira, la galleria presenta una sostanziale assenza di venute d'acqua e si registrano solamente stillicidi confermando bassa permeabilità del massiccio. Tuttavia, si osservano 2 venute puntuali in corrispondenza di settori di fratturazione e con portate stabilizzate tra 0.5 e 3.5 l/s. Tali portate sono registrate in un settore più a est compreso tra circa 500 e 1000 metri di distanza rispetto al punto in cui le canne della galleria d'interconnessione sottopassano le canne della Prapontin.

### **5. Criticità previste per la tratta in esame**

In relazione alla complessità delle soluzioni di tracciato e ai possibili effetti di queste ultime si menzionano gli elementi di criticità relativi alle due fasi distinte.

#### **5.1 FASE 1 – Scavo delle canne della galleria d'interconnessione e sottopasso della galleria autostradale Prapontin esistente**

L'interasse fra le due canne dell'interconnessione e quelle della galleria Prapontin risulta abbastanza ampio da considerare l'interazione tra i raggi plastici determinati dallo scavo pressoché nulla.

È giudizioso ritenere, in assenza di misure dirette, che l'estensione del raggio plastico nell'intorno dei cavi sia pari 1 diametro massimo.

I diametri delle gallerie sono circa pari a 10 metri. La differenza tra la quota del piedritto delle gallerie autostradali e la quota della calotta delle sottostanti gallerie d'interconnessione è di circa 25 metri.

Tuttavia si ritiene opportuna la realizzazione di indagini geognostiche specifiche come sondaggi a pertire dalla galleria esistente Prapontin e che si spingano in profondità fino alla quota di realizzazione delle gallerie d'interconnessione. Tali indagini potranno verificare lo stato di fratturazione di possibile allentamento del massiccio roccioso in corrispondenza dei setti che separeranno le due opere. Oggi, infatti, non sono disponibili dati per definire la caratterizzazione geomeccanica di dettaglio.

Le indagini previste saranno realizzate nelle fasi di progetto successivo al Progetto Definitivo.

#### **5.2 FASE 2 – Scavo delle canne del tunnel dell'Orsiera in corrispondenza del sottopasso delle canne delle gallerie d'interconnessione**

In questa fase, le canne del tunnel dell'Orsiera saranno realizzate a distanza ravvicinata rispetto alle canne dell'interconnessione. In particolare, il setto roccioso che separa le due opere ha spessore compreso tra 0.5 e 1.4 metri circa. L'interazione tra gli scavi successivi è quindi certa.

In questa fase di progetto è prevista la realizzazione di opportune travi-ponte in calcestruzzo armato che permettano di scaricare le sollecitazioni durante lo scavo del tunnel dell'Orsiera.

