

# LIASON 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

### GEOLOGIE – GEOLOGIA

### GALLERIE DE INTERCONNECTION – GALLERIA DI INTERCONNESSIONE ZONE BUSSOLENO – ZONA BUSSOLENO

GEOLOGIE, HYDROGEOLOGIE, GEOTECHNIQUE – GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA, GEOTECNICA

Rapport géologique, hydrogéologique et géotechnique

Relazione geologica, idrogeologica, geomorfologica e geotecnica

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	M. STRA I. STRINGA (SEA)	R. TORRI C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
A	31/01/2013	Révision suite aux commentaires LTF / Revisione a seguito commenti LTF Passage au statut AP / Passaggio allo stato AP	G. AIROLDI, M. STRA, I. STRINGA (SEA)	R. TORRI C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO

 **Tecnimont**  
Civil Construction  
Dott. Ing. Aldo Mancarella  
Ordine Ingegneri 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>7</b>	<b>A</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	<b>C3B</b>	//	//	<b>65</b>	<b>10</b>	<b>01</b>	<b>10</b>	<b>01</b>
------------------------------	------------	----	----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

<b>ECHELLE / SCALA</b>
-

  
**LYON TURIN FERROVIAIRE**

LTF sas - 1091 Avenue de la Boisse - BP 80631 - F-73006 CHAMBERY CEDEX (France)  
Tél : +33 (0)4.79.68.56.50 - Fax : +33 (0)4.79.68.56.75  
RCS Chambéry 439 556 952 - TVA FR 03439556952  
Propriété LTF Tous droits réservés - Proprietà LTF Tutti i diritti riservati

Ce projet  
est cofinancé par  
l'Union européenne  
(DG-TREN)



Questo progetto  
è cofinanziato  
dall'Unione europea  
(TEN-T)



## SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO .....	3
1. INTRODUZIONE .....	5
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE .....	8
2.1 Substrato prequaternario .....	8
2.2 Depositi quaternari.....	11
2.2.1 Depositi glaciali .....	12
2.2.2 Depositi alluvionali di fondovalle.....	12
2.2.3 Depositi di conoide .....	12
2.2.4 Depositi detritico-colluviali .....	12
2.3 Contatto substrato prequaternario – depositi glaciali .....	12
3. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI .....	14
4. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	17
5. RISCHI NATURALI.....	17
5.1 Cedimenti in superficie.....	18
5.2 Attività fluviale-torrentizia .....	18
5.3 Attività di versante.....	22
ALLEGATO 1 – SONDAGGI GEOGNOSTICI.....	24
ALLEGATO 2 – STAZIONI GEOMECCANICHE .....	25

## RESUME/RIASSUNTO

Le rapport décrit le Modèle Géologique, Géomorphologique, Hydrogéologique et Géotechnique de la zone du portail de Bussoleno du tunnel d'interconnexion

Le tunnel d'interconnexion se développe entièrement dans les calcemicaschistes du Complexe de Meana – Monte Muretto (Massif Dora Maira). La couverture quaternaire est constituée des dépôts glaciaires qui remplissent spillway channels présents le long du versant, des dépôts du cône du rio Gerardo et des dépôts alluviaux du fond du val de la rivière Dora Riparia.

Le creusement du tronçon de la tête sera réalisé avec des couvertures réduites (de 5 à 30 mètres) dans un contexte de roche altérée sur une épaisseur de 2-3 mètres. De plus, la présence des dépôts meubles de remplissage des canaux d'érosion glaciaires pourrait déterminer les conditions de creusement avec front de taille mixte (roche / terrain meubles) sur les premiers 200 mètres.

Du point de vue géomorphologique, les activités de terrain et l'analyse des données disponibles ont permis d'évaluer les risques naturels de la zone du portail et de la traversée sur la rivière Dora Riparia. Les criticités principales sont liées à l'activité torrentielle de la rivière Dora riparia : le dimensionnement du pont sur la Dora connecté au portail en projet devra assurer le déflux des eaux de plaine extraordinaire. L'activité torrentielle du rio Gerardo, ainsi que l'activité de versant, ne présentent pas de criticités pour la zone du portail.

Aucune criticité importante n'a été reconnue en ce qui concerne le contexte hydrogéologique du site. La nappe phréatique des dépôts alluviaux de la Plaine de Suse se situe à une profondeur d'environ 30 mètres de la surface de la plaine et aucun impact direct n'a été reconnu. En ce qui concerne les nappes des dépôts de surface qui couvrent le massif rocheux du versant, aucune source importante n'a été observée ; ceci témoigne

La relazione descrive il Modello Geologico, Geomorfologico, Idrogeologico e Geotecnico della zona dell'imbocco Bussoleno del Tunnel di Interconnessione.

La galleria di interconnessione si sviluppa interamente entro i calcemicaschisti del Complesso di Meana - Monte Muretto (Massif Dora Maira). La copertura quaternaria è rappresentata dai depositi di origine glaciale e fluvio-glaciale che colmano valleciole parallele all'asse vallivo principale, interpretate come spillway channels, dai depositi di conoide del rio Gerardo e dai depositi alluvionali di fondovalle del fiume Dora Riparia.

Lo scavo della tratta d'imbocco avviene con coperture ridotte (da 5 a 30 metri) in un settore in cui l'ammasso roccioso si presenta alterato su almeno i primi 2-3 metri. Inoltre, la presenza di depositi sciolti di riempimento dei canali di erosione glaciale potrebbe determinare condizioni di scavo con fronte misto (roccia / depositi sciolti) sui primi 200 metri.

Dal punto di vista geomorfologico, le indagini di terreno e l'analisi delle banche dati disponibili hanno permesso di definire i rischi naturali relativi all'area di imbocco e all'attraversamento del fiume Dora Riparia. Le principali criticità sono da attribuire all'attività fluvio-torrentizia del fiume Dora Riparia: il dimensionamento del ponte sulla Dora connesso all'imbocco in progetto dovrà garantire il deflusso delle acque di piena straordinaria. L'attività torrentizia del rio Gerardo, così come l'attività di versante, non presenta rischi rilevanti per l'area di imbocco.

Non sono previste criticità maggiori connesse al contesto idrogeologico. Lungo il fondovalle della Dora Riparia, a monte del settore d'imbocco, la soggiacenza nei sondaggi realizzati lungo la SS24 è di 13 metri. Per quanto riguarda le falde ospitate nei depositi superficiali che affiorano lungo il versante, l'assenza di sorgenti di rilievo testimonia come non vi siano le condizioni per lo sviluppo di acquiferi importanti. Sono tuttavia previste

que les flux qui peuvent être vérifiés le long du versant ne sont pas à l'origine d'aquifères importants. Toutefois, des écoulements souterrains (même si temporaires) peuvent se vérifier à l'intérieur des dépôts glaciaires des canaux d'érosion qui pourraient recharger la nappe en roche notamment le long des bandes de fracturation intense. Au-delà, le massif rocheux se présente avec une faible perméabilité de l'ordre de  $1E-8$  m/s | circolazioni idriche, anche con carattere effimero, all'interno dei depositi glaciali di riempimento dei canali di erosione glaciale che potrebbero ricaricare in profondità e localmente l'aquifero in roccia che si sviluppa esclusivamente lungo le zone di fratturazione intensa. Al di fuori di queste, la permeabilità dell'ammasso roccioso è di grado basso ( $1E-8$  m/s).

## 1. Introduzione

La relazione descrive il Modello Geologico, Idrogeologico e Geotecnico della zona dell'imbocco verso Bussoleno del Tunnel di Interconnessione (binario pari e binario dispari).

Il modello deriva dai risultati delle indagini geologiche di superficie (rilevamenti di terreno) e sotterranee disponibili; in particolare sono presi in considerazione i sondaggi che derivano dalle campagne geognostiche nell'ambito della realizzazione della linea ferroviaria storica (galleria Tanze), dalla SITAF e quelle riportate nella banca dati Arpa Piemonte. Non sono tuttavia disponibili i risultati delle eventuali prove in foro e in laboratorio eseguite in queste campagne geognostiche.

I parametri geotecnici presentati nel presente documento sono il risultato di estrapolazione di dati ricavati da prove e analisi eseguite in altri settori seppur limitrofi a quello del sito di studio. Essi sono stati quindi stimati sulla base di dati bibliografici e dal confronto con terreni comparabili a quelli osservati in sito. Il grado di affidabilità del modello geologico elaborato, così come le analisi di tipo geomeccanico e idrogeologico, risente della mancanza di dati specificatamente prodotti per la progettazione della galleria d'interconnessione e quindi rimane generalmente basso.

Le criticità emerse in questa fase potranno tuttavia essere superate tramite la realizzazione di indagini dalla superficie che saranno realizzate in fase di Progetto Esecutivo. Inoltre, è prevista la realizzazione sistematica di indagini in corso di scavo che permetteranno di verificare le condizioni dell'ammasso roccioso in avanzamento e di poter scegliere le più adeguate misure di mitigazione qualora si presentassero condizioni di criticità (vedere Piano indagini proposte n° doc. PD2 C3B 0107 00-05-05 10-01).

Per la caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso ci si è quindi riferiti alle esperienze fatte durante lo scavo delle due canne della galleria autostradale Prapontin e soprattutto della galleria ferroviaria Tanze il cui imbocco si trova in posizione adiacente a quella delle due canne della galleria d'interconnessione (Cfr relazione geomeccanica cod. elaborato PD2 C3B TS3 0100 B AP NOT). Lo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso è stato inoltre definito dai rilievi geomeccanici puntuali di superficie (stazioni geomeccanico-strutturali).

L'assetto tettonostratigrafico della tratta d'imbocco nei primi 300 metri di galleria a basse coperture presenta una incertezza connessa alla mancanza di dati che definiscano in modo univoco il contatto tra il basamento roccioso e i depositi quaternari di riempimento dei canali di erosione glaciale che caratterizzano il settore di studio. È infatti possibile che lo scavo possa avvenire in condizioni di fronte misto roccia / terreni sciolti.

Nella tabella che segue sono elencate le indagini dirette (sondaggi) disponibili per la caratterizzazione dei terreni prospicienti il settore dell'imbocco.

L'ubicazione degli elementi geognostici è indicata nella Figura 1

Sondaggi GeoPortale ARPA Piemonte

codice sondaggio	prof. (m)	stratigrafia sintetica
B4 (55)	19	0-1,6 gl
		1,6 - 3,3 bs alt
		3,3-19 bs
S3A (85)	20,7	0-8,4 ant
		8,4-16,5 gl
		16,5-20,7 bs alt
S3B (86)	10,2	0-2 gl
		2-10,2 bs alt
S3C (87)	19,5	0-3 ant
		3-16,3 gl
		16,3-19,5 bs alt
S3D (88)	8,3	0-0,8 ant
		0,8-6,9 gl
		6,9-8,3 bs alt
S3E (89)	8,5	0-6,2 gl
		6,2-8,5 bs alt

LEGENDA	
cd	coltre detritico-colluviale
ant	depositi antropici
af	depositi alluvionali di fondovalle, recenti e antichi. Depositi torrentizi
cg	conglomerato poligenico da poco a moderatamente cementato
cd	coltre detritico-colluviale
gl	depositi glaciali
bs alt	basamento roccioso alterato
bs	basamento roccioso

Tabella 1 – Sintesi dei sondaggi utilizzati per la caratterizzazione dell'assetto litostratigrafico del settore prospiciente l'imbocco Bussoleno delle gallerie d'interconnessione

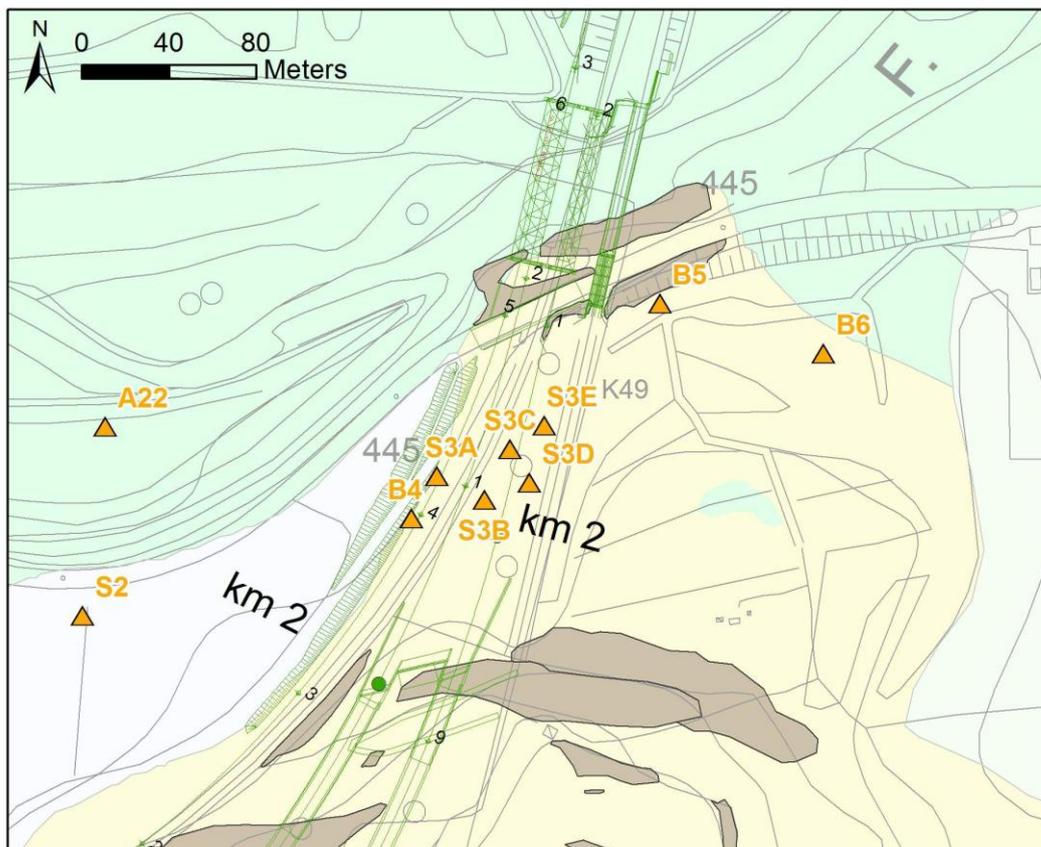


Figura 1 – Ubicazione delle indagini relativamente al settore d'imbocco Bussoleno

Gli elementi geologici descritti in questa relazione sono rappresentati negli elaborati grafici seguenti:

Titolo	scala	codice elaborato
Carta geologica di dettaglio	1:1000	PD2_C3B_0074_65-10-01_30-01
Carta geomorfologica di dettaglio	1:1000	PD2_C3B_0075_65-10-01_30-02
Profilo geologico di dettaglio	1:1000	PD2_C3B_0138_65-10-01_40-02
Sezioni trasversali	1:500	PD2_C3B_0076_65-10-01_40-01

Oltre ai dati prima descritti è stata consultata la seguente documentazione:

- geoportale del sito dell'arpa Piemonte (<http://webgis.arpa.piemonte.it>);
- cartografia Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Autorità di Bacino Fiume Po (<http://www.adbpo.it>).
- Piano Regolatore Generale Comune di Bussoleno;
- Piano Regolatore Generale Comune di Susa.

## 2. Inquadramento geologico e geomorfologico generale

La galleria d'interconnessione consiste di due canne con tracciato non parallelo che si sviluppano per circa due chilometri tra le località Traduerivi (Comune di Susa) e l'imbocco di valle della galleria ferroviaria Tanze (verso Bussoleno); la geologia dei due tracciati è omogenea e prevede lo scavo nei calcemicascisti dell'unità Dora Maira (Complesso di Meana – Monte Muretto), con copertura ridotta (valori massimi intorno a 165 m).

Oltre l'imbocco verso Bussoleno, il tracciato dell'interconnessione prevede la realizzazione di un ponte sulla Dora Riparia e di un rilevato fino all'attuale stazione ferroviaria di Bussoleno.

Le caratteristiche geologico - strutturali e morfologiche dei due imbocchi sono molto simili in quanto questi sono ubicati lungo lo stesso versante a distanza relativamente ridotta (meno di 2 km) intersecando le stesse strutture geologiche ma con angolo d'incidenza circa ortogonale l'uno rispetto all'altro.

Lo studio di terreno ha messo in evidenza un basamento roccioso caratterizzato da scistosità principale pervasiva con immersione mediamente verso N e inclinazione tra 20 e 60°. L'ammasso roccioso presenta alterazione superficiale ipoteticamente sviluppata su almeno i primi 2-3 metri di profondità per idratazione dei feldspati e fillosilicati che costituiscono i calce micascisti. Durante il rilevamento di terreno è stata osservata la presenza di sporadiche lenti di rocce basiche di dimensioni metriche e plurimetriche. La loro presenza è stata quantificata in circa 1% della massa rocciosa. Tramite analisi al microscopio ottico dei campioni prelevati in affioramento non è stata evidenziata la presenza di minerali amiantiferi.

I sondaggi realizzati nel settore prospiciente l'imbocco (S3B, S3C, S3D e S3E, riportati in allegato 1) indicano la presenza di una coltre di depositi glaciali con spessore variabile tra circa 2 e 16 metri che ricoprono il basamento roccioso alterato su uno spessore di 2 – 3 metri.

Dal punto di vista geomorfologico l'area dell'imbocco costituisce un settore roccioso rilevato rispetto al fondovalle di circa 40 m, caratterizzato dalla presenza di rocce montonate. In prossimità dell'area di imbocco è stato osservato un canale irriguo, che si sviluppa per un tratto a cielo aperto a monte della linea della ferrovia storica e fino all'imbocco dell'attuale galleria Tanze della linea ferroviaria, per poi proseguire verso est a tratti in sotterraneo e a tratti a cielo aperto.

Nel settore di fondovalle, in corrispondenza dei ponti ferroviari esistenti l'alveo attivo della Dora Riparia presenta una larghezza di circa 50 m con sponde naturali che raggiungono altezze di 4 m circa e soggette a modesti fenomeni di erosione spondale. Lungo la riva destra, 50 m circa a monte del ponte ferroviario, confluisce nella Dora Riparia il canale di restituzione della centrale idroelettrica di Coldimosso.

### 2.1 Substrato prequaternario

Le gallerie d'interconnessione si sviluppano entro i calcemicascisti del Dora Maira (Complesso di Meana – Monte Muretto). La scistosità principale in questo settore immerge verso NNW e NNE e ha valori d'inclinazione compresi tra 20° e 60°. L'ammasso roccioso è per lo più massivo e caratterizzato da un sistema di giunti impostato lungo la scistosità principale e due sistemi di fratture, generalmente chiuse e con persistenza e spaziatura comprese tra 1 e 3 metri.

La giacitura media della scistosità principale risulta quindi a franapoggio rispetto al versante e in corrispondenza dei fronti di scavo l'inclinazione apparente della scistosità risulterebbe con un angolo <50°. Non si escludono quindi fenomeni di crollo (splaccaggio) in relazione alla

direzione di scavo rispetto a quella della scistosità principale e al comportamento elastico dell'ammasso roccioso.

La tratta dell'imbocco verso bussoleno ricade, da un punto di vista geologico-strutturale, in una zona di transizione tra i domini strutturali Mompantero (verso ovest) e Orsiera (verso est). La proiezione dei poli delle superfici di scistosità misurate in questo settore (Figura 2 e Figura 3) mette in evidenza la presenza di due picchi di concentrazione: un picco, principale, relativo a superfici immergenti verso NNW e un picco secondario relativo a superfici immergenti verso W - NW.

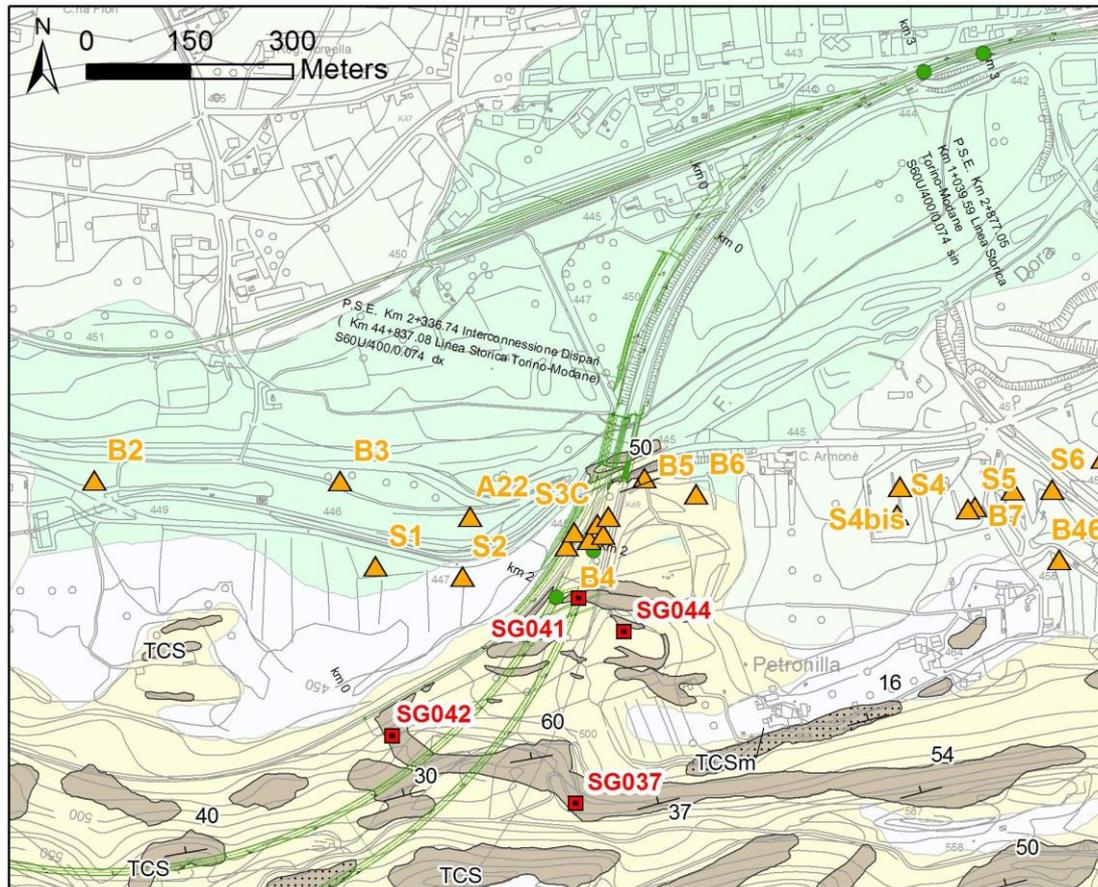


Figura 2 – Ubicazione delle stazioni geomeccaniche (in rosso) realizzate nel settore dell'imbocco verso Bussoleno

L'andamento delle superfici di scistosità, coerente con i caratteri generali del Dominio Strutturale Mompantero, potrebbe essere interpretato come dovuto a pieghe di tipo isoclinali (ad esempio di fase D2<sup>1</sup>) i cui fianchi presentano direzioni di immersione molto simili. Locali dispersioni potrebbero essere invece dovute all'effetto di fasi plicative successive (D3) ( *Sue and Tricart, 1999; Fügenschuh et al., 1999* ).

Tale interpretazione appare confermata dall'orientazione degli assi di piega di fase D2 (Figura 4), per lo più concentrati secondo la direzione E-W.

<sup>1</sup> Bertrand, J. M., R. T. Pidgeon, J. Leterrier, F. Guillot, D. Gasquet, and M. Gattiglio (2000), SHRIMP and IDTIMS U-Pb zircon ages of the pre-Alpine basement in the Internal Western Alps (Savoy and Piemonte), Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen = Bulletin Suisse de Mineralogie et Petrographie, 80(3), 225-248.

Rapport géologique, hydrogéologique et géotechnique – Relazione geologica, idrogeologica, geomorfologica e geotecnica

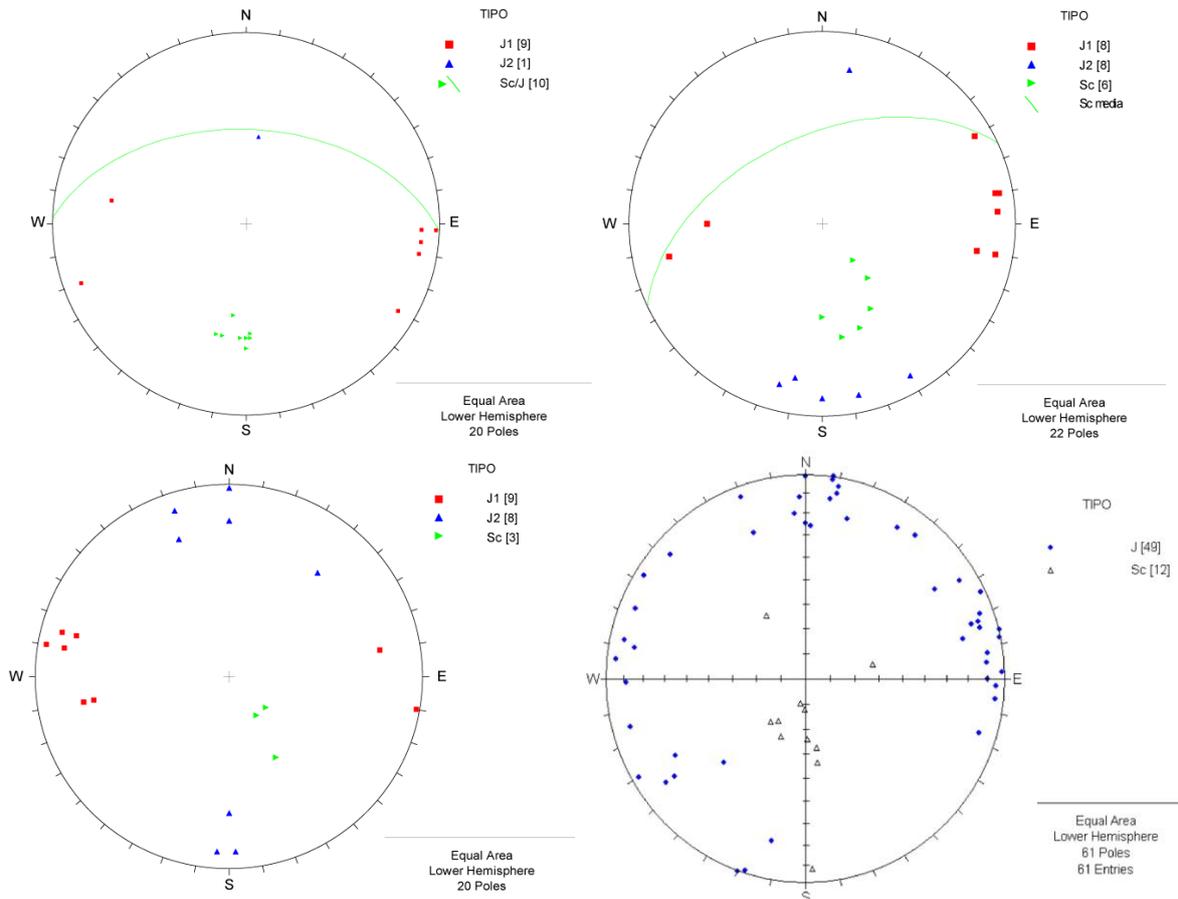


Figura 3 - Proiezione dei poli dei piani di scistosità e cerchio massimo relativo al picco di concentrazione dei poli di scistosità (in senso orario dall'alto a sx SG041, SG042, SG044 e SG037)

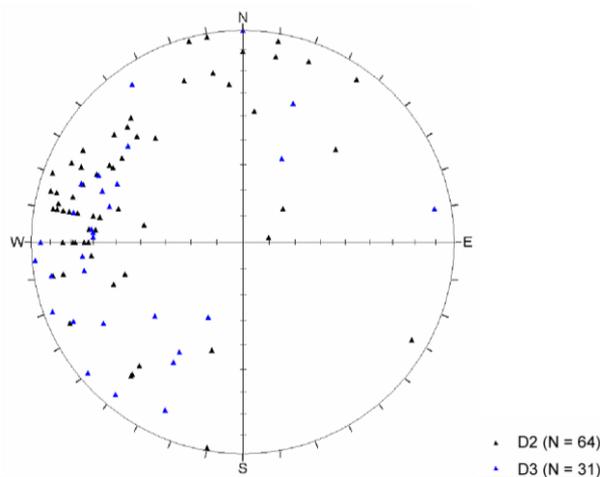


Figura 4 - Proiezione degli assi di piega di fase D2 e di fase D3 (reticolo equiarea di Schmidt, emisfero inferiore)

La sovrapposizione di queste due fasi coassiali da origine alla tipica ondulazione della scistosità che in questo settore ha favorito, presumibilmente, l'azione di erosione glaciale con

la formazione di canali (spillway channels) con direzione WSW – ENE la cui base potrebbe interferire con lo scavo dei primi 200 metri di galleria, tratto in cui la copertura al di sopra delle due canne è ridotta (circa 10-15 metri).

Nell'area sono stati realizzati alcuni stendimenti strutturali (stazioni strutturali SG037, SG041, SG042 e SG044) mirati a caratterizzare l'ammasso roccioso. I risultati degli stendimenti sono riportati come allegato a fine testo (allegato 2).

L'ammasso è caratterizzato dalla presenza di due sistemi principali di giunti (**Error! Reference source not found.** e **Error! Reference source not found.**) con persistenza e spaziatura comprese tra <1 e 3 metri. Un primo sistema immerge verso E a medio-alto angolo (direzione N-S, inclinazione media di 70°); un secondo set ha immersione media verso S – SW (direzione E-W) e inclinazioni comprese tra 75° e 50°.

In affioramento si osservano inoltre sistemi di giunti con direzioni NW-SE e NE-SW; anche se generalmente secondari, questi ultimi due sistemi di giunti possono presentarsi localmente come principali. Tutti questi sistemi sono presenti con piani coniugati, indicati con le notazioni 'a' o 'b' negli elaborati ai quali fa riferimento questa relazione (sezione longitudinale alla scala 1:1000: PD2\_C3B\_0138\_65-10-01\_40-02; sezioni trasversali alla scala 1:500: PD2\_C3B\_0076\_65-10-01\_40-01).

Le condizioni dei giunti nell'ammasso roccioso sono condizionate dal grado di alterazione; in affioramento si può infatti riscontrare la presenza di riempimento di materiale sabbioso e/o roccia fratturata, o anche solo di modeste tracce di ossidazione delle pareti dei giunti. Nel complesso l'ammasso roccioso si presenta da non alterato a moderatamente alterato.

La caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso in corrispondenza dell'imbocco è stata definita sulla base dei parametri delle stazioni geomeccaniche. Sulla base delle misure eseguite sulle superfici delle discontinuità, i valori di UCS (resistenza alla compressione uniassiale) variano tra 50 e 60 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).

Unità geomeccanica	Litologia	UCS (MPa)			GSI			Copertura (m)			RQD			RMR		
		med.	min	MAX	med.	min	MAX	med.	min	MAX	med.	min	MAX	med.	min	MAX
UGD 1	TCS Calcemicascisti	72.4	42.8	117.5	61	52	69	82.4	0	165	-	-	-	60	52	67

Unità geomeccanica	Litologia	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )		$E_i$ (GPa) *		$E_m$ (GPa) *		C (MPa) *		$\phi$ (°) *		Res. a trazione (MPa)		mi *
		min	MAX	min	MAX	min	MAX	min	MAX	min	MAX			
UGD 1	TCS Calcemicascisti	27.6	28.5	10.7	29.4	3.7	21	0.4	3.5	61	50	2.5	16.2	7

Tabella 2 – Parametri geomeccanici attribuiti ai calcemicascisti e i paragneiss del Complesso Meana – M.te Muretto.

## 2.2 Depositi quaternari

Il settore antistante l'imbocco delle canne della galleria d'interconnessione è caratterizzato dalla presenza di depositi sciolti di età quaternaria e di origine glaciale e detritico-colluviale direttamente a contatto con il basamento roccioso come testimoniato dai sondaggi disponibili dell'imbocco Tanze.

Oltre l'immediato intorno dell'area d'imbocco affiorano prevalentemente i depositi alluvionali della Dora Riparia e del lembo occidentale del conoide del rio Gerardo.

Di seguito sono descritti separatamente i depositi quaternari che affiorano in questo settore.

### **2.2.1 Depositi glaciali**

I depositi glaciali sono stati osservati in affioramento un centinaio di metri a SE dell'imbocco. Le osservazioni di terreno condotte, unite all'analisi delle stratigrafie di sondaggi eseguiti nell'area per il collegamento Torino-Bardonecchia (disponibili sul sito Arpa Piemonte) (Figura 1), indicano che i depositi glaciali consistono in sabbie limose e limi sabbiosi con trovanti plurimetrici rappresentati prevalentemente da calcescisti.

### **2.2.2 Depositi alluvionali di fondovalle**

I depositi alluvionali affiorano nel fondovalle del Fiume Dora Riparia. Si tratta di depositi prevalentemente *matrix supported* di colore grigio chiaro, costituiti da ciottoli da centimetrici a pluridecimetrici immersi in una matrice sabbioso-limosa presente in percentuale variabile (Figura 5).



Figura 5 – Depositi alluvionali attuali di fondovalle.

### **2.2.3 Depositi di conoide**

Ad est dell'area di imbocco è presente un apparato conoidale formato dall'attività fluvio-torrentizia del rio Gerardo. I depositi di conoide sono costituiti da clasti da sub-arrotondati ad arrotondati di dimensioni variabili, da centimetriche a decimetriche, immersi in una matrice ghiaioso-sabbiosa di colore grigio.

### **2.2.4 Depositi detritico-colluviali**

I depositi detritico-colluviali sono presenti in maniera ubiquitaria lungo il versante dell'area di imbocco. La loro formazione è legata al rimaneggiamento, dovuto all'azione dei processi morfo-climatici, di depositi sciolti preesistenti, quali ad esempio i depositi quaternari, e dalla disgregazione e alterazione delle rocce del substrato affiorante. Generalmente, in corrispondenza dei depositi eluvio-colluviali attecchisce un folta e rigogliosa vegetazione.

## **2.3 Contatto substrato prequaternario – depositi glaciali**

L'assetto geomorfologico generale dell'area, definito anche attraverso la fotointerpretazione e la distribuzione dei depositi glaciali nelle zone esterne alla galleria in progetto, confermano la

presenza di spillway channel parzialmente sepolti da una coltre di depositi glaciali, fluvioglaciali e colluviali (Figura 6).

Lo scavo potrebbe quindi avvenire in condizioni di fronte misto roccia / depositi sciolti, quindi con rischio di cedimenti in superficie (fornelli).

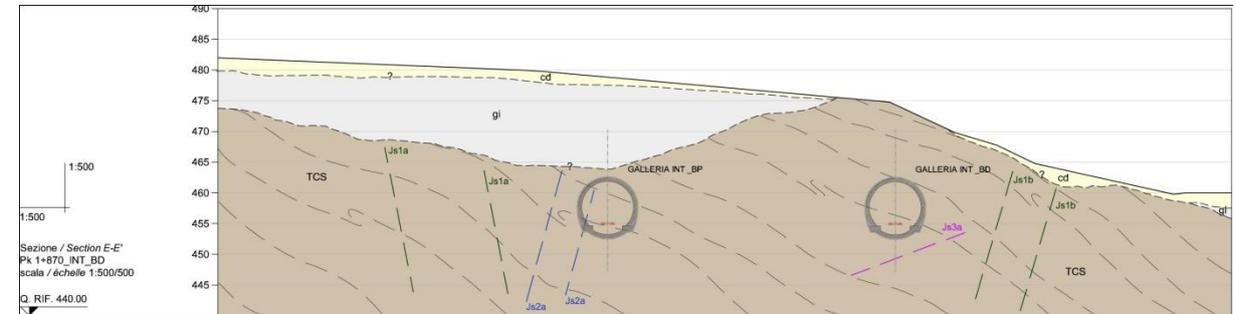


Figura 6 – Profili geologici trasversale all'imbocco verso Bussoleno con evidenza della possibile interazione durante lo scavo con i depositi di riempimento dei canali d'erosione glaciale (estratto da elaborato PD2 C3B 0076 65-10-01 40-01)

La criticità connessa alla possibilità di intercettare durante lo scavo la superficie di contatto tra il basamento roccioso e i sovrastanti depositi sciolti di origine glaciale (o mista glaciale e detritica) è emersa dai soli dati di superficie. Non sono infatti disponibili indagini specifiche che abbiano verificato la potenza dei depositi sciolti in profondità.

In ogni caso, la copertura al di sopra di entrambe le canne della galleria d'interconnessione risulta ridotta (< 5 m) almeno per i primi 50 metri rispetto all'imbocco in galleria naturale. La possibilità che si verifichi un fronte misto resta quindi alta dato che non si dispone di indagini dirette che forniscano indicazioni certe nel tratto di galleria naturale.

Le stratigrafie dei sondaggi realizzati all'imbocco della galleria Tanze (Figura 1) nel settore d'imbocco della galleria Tanze indicano uno spessore dei depositi glaciali variabile tra 2 e 16 metri circa, confermando la presenza di canali sepolti. In particolare, si tratta dei seguenti sondaggi:

codice	profondità contatto basamento / terreni sciolti (m dal piano campagna)
S3A (85)	16.5
S3B (86)	2
S3C (87)	16.9
S3D (88)	6.9
S3E (89)	6.2

Tabella 3 – Potenze dei depositi quaternari misti (detritico-colluviali e glaciali) rilevate nei sondaggi realizzati nell'area prospiciente l'imbocco

Sulla base della proiezione in profondità dei dati delle osservazioni in superficie e dal fatto che la galleria ferroviaria Tanze, che imbecca nello stesso settore, è stata scavata completamente in roccia, si può presumere che lo scavo avverrà totalmente in roccia una volta che la copertura al di sopra della galleria sia maggiore di 15 metri.

Per quanto riguarda la galleria Tanze, tuttavia si precisa che il suo tracciato è localizzato al di sotto di un costone roccioso che degrada rapidamente verso ovest (Figura 7).

Resta dunque un margine d'incertezza nei tratti in cui la galleria sarà realizzata con coperture comprese tra 0 e 15 metri e in assenza di affioramenti rocciosi in superficie.

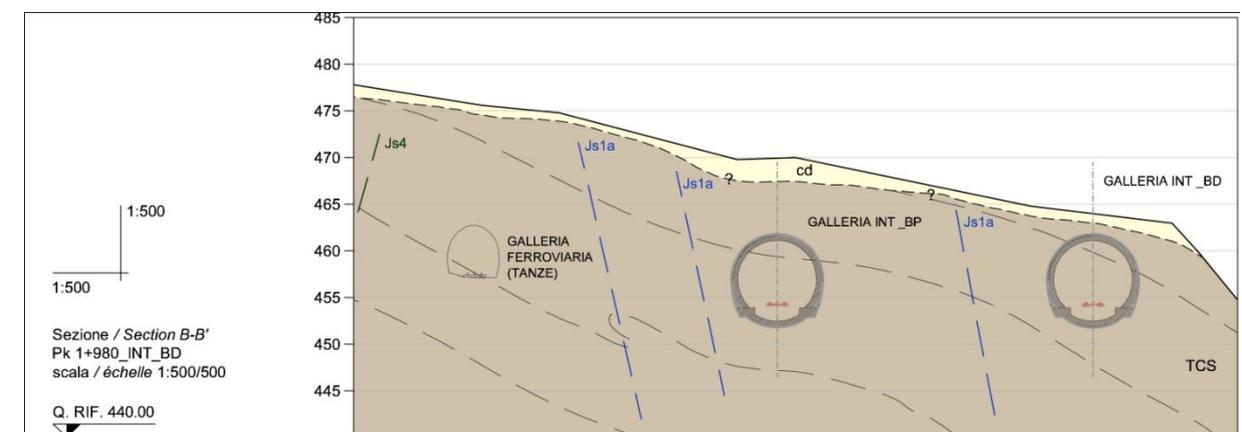


Figura 7 – Profili geologici trasversale all'imbocco verso Bussoleno della galleria Tanze e delle canne della galleria d'interconnessione

### 3. Caratteristiche geotecniche dei terreni

I sondaggi reperiti per il settore d'imbocco permettono di ricostruire il modello stratigrafico. Sono inoltre disponibili su due sondaggi prove SPT

Alcuni terreni prima descritti sono stati indagati mediante indagini geognostiche realizzate nel settore della Piana di Susa. Una sintesi dei risultati di tali indagini, nonché la caratterizzazione geotecnica dei terreni investigati e il modello geotecnico di riferimento che ne deriva sono esposti nella relazione geotecnica della Piana di Susa a cui si rimanda (elaborato C3B-TS30098B-APNOT). Qui di seguito vengono riportati i valori dei parametri geotecnici proposti per i terreni presenti nella zona di imbocco Bussoleno (Tabella 5).

Al fine di completare la caratterizzazione dei depositi glaciali di riempimento dei canali d'erosione glaciale che caratterizzano il settore d'imbocco, è stato consultato il web database dell'ARPA Piemonte<sup>2</sup> per i dati geotecnici storici disponibili nel settore di studio. Nella tabella che segue sono indicati i valori delle prove SPT con la profondità relativa (Tabella 4).

<sup>2</sup> <http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/index.php/it/archivio-notizie/5-geologia-e-dissesto/124-banca-dati-geotecnica.html>

Codice Perforazione	Profondità (m)	N1	N2	N3	NSPT
B5 (56)	1.5	2	5	6	11
B5 (56)	3	-999	0	0	-999
B5 (56)	4.5	-999	0	0	-999

Codice Perforazione	Profondità (m)	N1	N2	N3	NSPT
B6 (57)	1.5	3	7	9	16
B6 (57)	3	4	15	18	33

Codice Perforazione	Profondità (m)	N1	N2	N3	NSPT
S3A (85)	8.4	3	6	8	14
S3A (85)	11.8	5	4	7	11
S3A (85)	13.5	6	7	5	12

Codice Perforazione	Profondità (m)	N1	N2	N3	NSPT
S3C (87)	7.5	3	4	6	10
S3C (87)	9.5	5	7	9	16
S3C (87)	12.5	7	5	9	14

Tabella 4 – Risultati delle prove SPT realizzate nei sondaggi del settore d'imbocco Bussoleno (fonte database ARPA Piemonte). Il valore -999 indica che la prova è andata a rifiuto.

I valori di NSPT indicano terreni scarsamente coesivi. L'angolo di attrito per i depositi glaciali di riempimento dei canali di erosione glaciale, ottenuto con il metodo di Demello<sup>3</sup>, risulta mediamente di 28° considerando un peso di volume pari a 20 kN/m<sup>3</sup>.

Qui di seguito vengono riportati i valori dei parametri geotecnici proposti per i terreni presenti nella zona di imbocco Bussoleno:

- Depositi di origine antropica (Kr) corrispondenti ai depositi indicati come *ant* nel profilo geologico;
- Depositi alluvionali grossolani (Kb1) corrispondenti ai depositi definiti come *af* nel profilo geologico;
- Depositi alluvionali più fini (Kb2) definiti come *af* nel profilo geologico;
- Depositi di conoide (Kd) indicati come *ac* nel profilo geologico;
- Depositi glaciali (Kg) indicati come *gl* nel profilo geologico;
- Coltre colluviale-detritica (Kc) indicati come *cd* nel profilo geologico.

<sup>3</sup> De Mello V.F.B (1971). The Standard Penetration Test. SOA Report, Proc. IV Panamerican Conf. on SMFE, San Juan, Puerto Rico.

Rapport géologique, hydrogéologique et géotechnique – Relazione geologica, idrogeologica, geomorfologica e geotecnica

Unità geotecniche	Litotipo	Tenore in acqua (%)			$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )			E (GPa)			C' (MPa)			$\phi'$ (°)			$\mu$ (Poisson)
		min	max	valore proposto	min	max	valore proposto	min	max	valore proposto	min	max	valore proposto	min	max	valore proposto	-
<b>Kb1</b>	depositi alluvionali grossolani af1, af2, af3	6.9	7.7	7.2	19.2	20.4	19.8	0.1	0.2	0.1	0	0.01	0	31	35	32	0.3*
<b>Kb2</b>	depositi alluvionali fini af4, af5	ND	ND	ND	-	-	20*	-	-	0.1*	-	-	0*	-	-	30*	0.3*
<b>Kc</b>	Coltre colluviale detritica cd	ND	ND	ND	-	-	20*	-	-	0.1*	-	-	0*	-	-	30*	0.3*
<b>Kd</b>	depositi di conoide ac	ND	ND	ND	-	-	20*	0.05	0.2	0.05	-	-	0*	30	30	30	0.3*
<b>Kg</b>	depositi glaciali gl	ND	ND	ND	-	-	20*	-	-	0.05*	0	0.01	0	27	32	28	0.3*
<b>Kr</b>	Terreno di riporto ant	ND	ND	ND	-	-	19.4	0.05	0.2	0.1	0	0.01	0	30	30	30	0.3*

Tabella 5 – Parametri geotecnici proposti per i terreni presenti nella zona di imbocco Bussoleno. \*parametri stimati sulla base dei dati bibliografici e delle osservazioni di terreno.

#### 4. Inquadramento idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico le rocce cristalline afferenti alle coperture dell'unità Dora Maira sono caratterizzate da permeabilità di grado generalmente basso ( $K=1E-8$  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.

Lungo il versante a monte dell'area di imbocco non sono presenti sorgenti.

La criticità idrogeologica principale è legata agli acquiferi presenti nei depositi glaciali, con permeabilità di grado medio - alto, che colmano gli spillway channels la cui esatta estensione in profondità non è nota. È comunque possibile che queste falde abbiano carattere effimero e che vengano ricaricate solo in occasione dei periodi piovosi. In questo senso, è possibile interpretare l'assenza di falda freatica registrata nei sondaggi S3B, S3C, S3D e S3E (Figura 1 e allegato 1), realizzati in corrispondenza dell'imbocco verso Bussoleno della galleria d'interconnessione e consultati nella banca dati geotecnica dell'ARPA Piemonte. Questi sondaggi attraversano depositi di origine glaciale con potenza variabile tra circa 2 e 17 metri che poggiano su un basamento fratturato e alterato per i restanti 2 metri perforati.

Tali acquiferi porosi, quindi, possono costituire dei corpi di ricarica dell'acquifero fratturato in roccia. La soggiacenza misurata storicamente nel settore d'imbocco, nei sondaggi B5 (56) e B6 (57) (Figura 1) è di circa 3-4 metri all'interfaccia tra i depositi glaciali e detritico-colluviali e il basamento roccioso alterato.

Il fondovalle della Piana di Bussoleno è costituito da depositi alluvionali e torrentizi recenti, non cementati, e da depositi alluvionali di conoide, che presentano un coefficiente di permeabilità mediamente tra  $1E-05$  e  $1E-06$  m/s (prove Lefranc nei sondaggi S65 e S67).

La soggiacenza della falda freatica è stata valutata solo sulla base di dati storici (sito web ARPA Piemonte). Lungo il fondovalle della Dora Riparia, quindi, a monte del settore d'imbocco, la soggiacenza nei sondaggi realizzati lungo la SS24 è di 13 metri. Il punto di misura è stato censito per il monitoraggio LTF (punto AST462) ma è attualmente interrato e le misure non sono più possibili.

#### 5. Rischi naturali

I rischi naturali connessi con l'opera in questione sono stati valutati da rilievi di terreno di dettaglio, e dalla consultazione delle banche dati disponibili (PAI - Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, IFFI/SIFRAP - Sistema Informativo dei fenomeni FRANosi in Piemonte e RERCOMF – REte Regionale Controllo Movimenti Franosi, SIVA - Sistema Informativo VALanghe).

I rischi naturali riscontrabili sono riconducibili a:

- Cedimenti in superficie (fornelli);
- Attività fluviale-torrentizia: rio Gerardo, fiume Dora Riparia;
- Attività di versante.

L'analisi dei rischi naturali è stata eseguita in coerenza con le metodologie descritte nei seguenti documenti:

- **Fontan D. (2008)** - *Relazione e cartografie del Piano Regolatore Comunale del Comune di Susa*. Sea Consulting s.r.l.

- **Fontan D, Stringa S. & Dematteis A. (2004)** - *Alluvial fan hazard: evaluation and zonation*. 10° Congresso Interpraevent, Riva del Garda 24-27.05.2004.
- **Franchi, S., Novarese, V., Mattiolo, E., Stella, S. (1913)** - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, F° 55- Susa*. SE.L.CA. Firenze, 1959.
- **Marco F., Forlati F. (2002)** - *Pericolosità geologica in conoide: ricerca bibliografica e analisi critica*. A cura del Settore Studi e ricerche Geologiche Sistema Informativo Prevenzione Rischi. Regione Piemonte. Collana informativa tecnico-scientifica. Quaderno n. 18, 246 pp.

### 5.1 Cedimenti in superficie

In asse alle gallerie sono presenti depositi sciolti di origine glaciale, il cui spessore non è determinabile dai rilievi di superficie ma deve essere definito mediante indagini dirette. Lo spessore dei depositi potrebbe risultare critico per lo scavo del primo tratto dell'Interconnessione, che è previsto con coperture molto ridotte, localmente inferiori a 10 m (vedere § 2.1).

Data l'indeterminatezza dello spessore dei depositi non si può escludere che essi si ritrovino anche parzialmente alla quota di scavo. In questo settore d'imbocco, quindi, lo scavo potrebbe avvenire in condizioni di fronte misto, con forte probabilità di cedimenti in superficie (fornelli).

### 5.2 Attività fluviale-torrentizia

Per quanto riguarda l'imbocco e la tratta d'interconnessione a monte di Bussoleno, le criticità sono connesse alla dinamica fluviale della Dora Riparia: il tracciato dell'opera infatti si sviluppa quasi completamente all'interno delle Fasce Fluviali A, B e C (Figura 8). In particolare, l'imbocco è ubicato in un settore topograficamente rialzato rispetto al fondovalle.

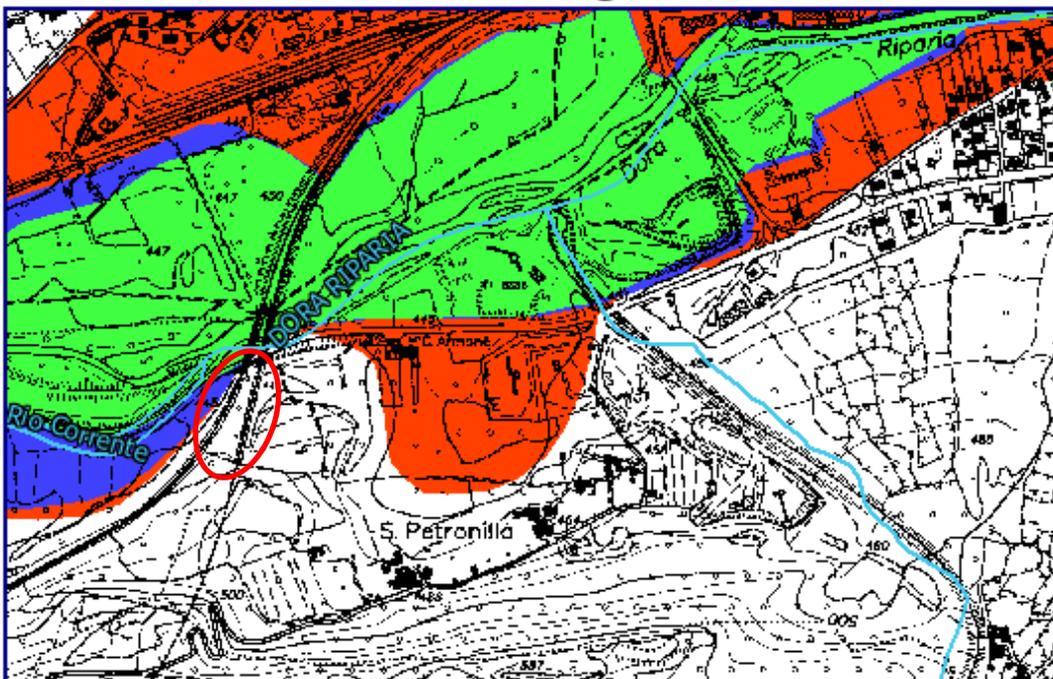


Figura 8 – Stralcio carta delle fasce fluviali del PAI: in verde fascia A, in blu fascia B, in rosso fascia C (Fonte: sito web [http://www.adbpo.it/maplab\\_projects/webgis](http://www.adbpo.it/maplab_projects/webgis) consultato in settembre 2012). L'ovale rosso indica l'area dell'imbocco e l'attraversamento sul fiume Dora Riparia

Questo settore è stato interessato da fenomeni alluvionali durante gli eventi alluvionali del 1957, del 1977 e del 2000 (Figura 10). Il fiume Dora Riparia ha mobilitato sedimenti su un'area più vasta rispetto al suo alveo ordinario, espandendosi specialmente verso N, e danneggiando localmente le strutture viarie e ferroviarie esistenti.

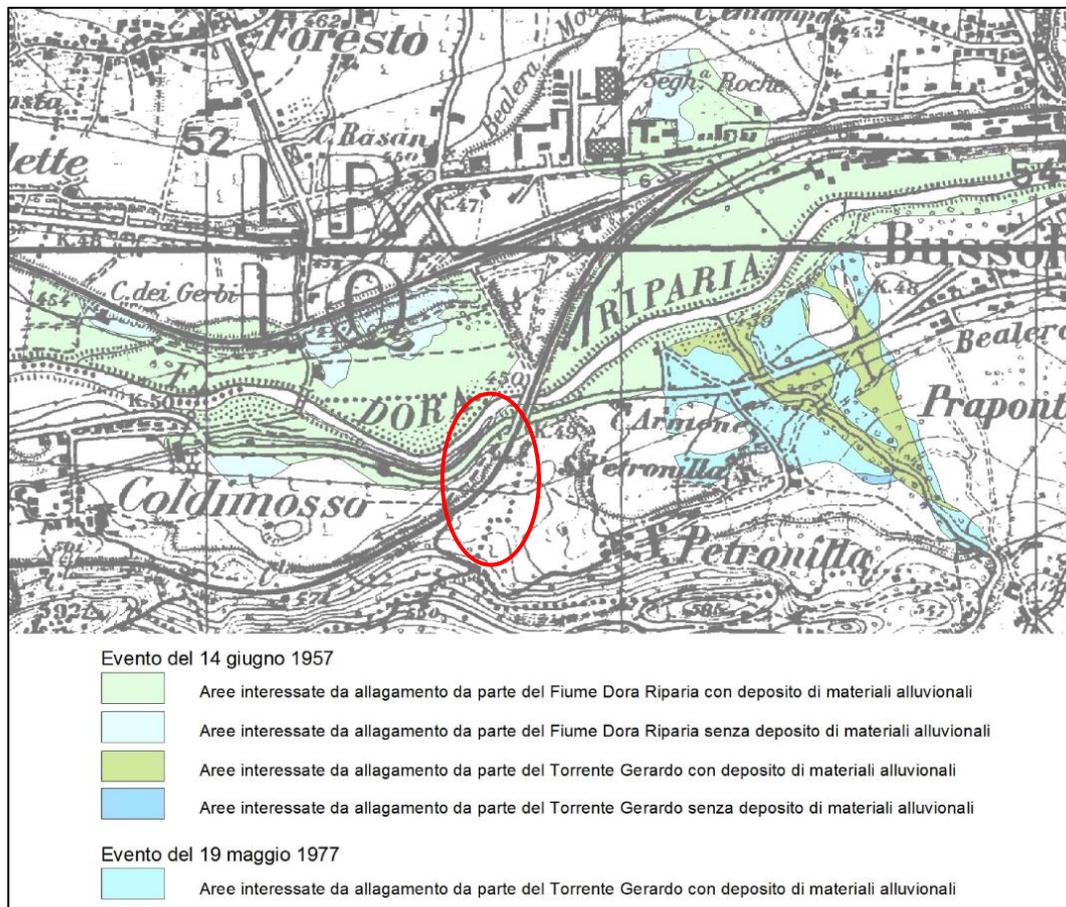


Figura 9 – Stralcio tavola VI el PRGC di Bussoleno: Carta deli eventi alluvionali 1957 e 1977. L'ovale rosso ubica l'area d'imbocco.

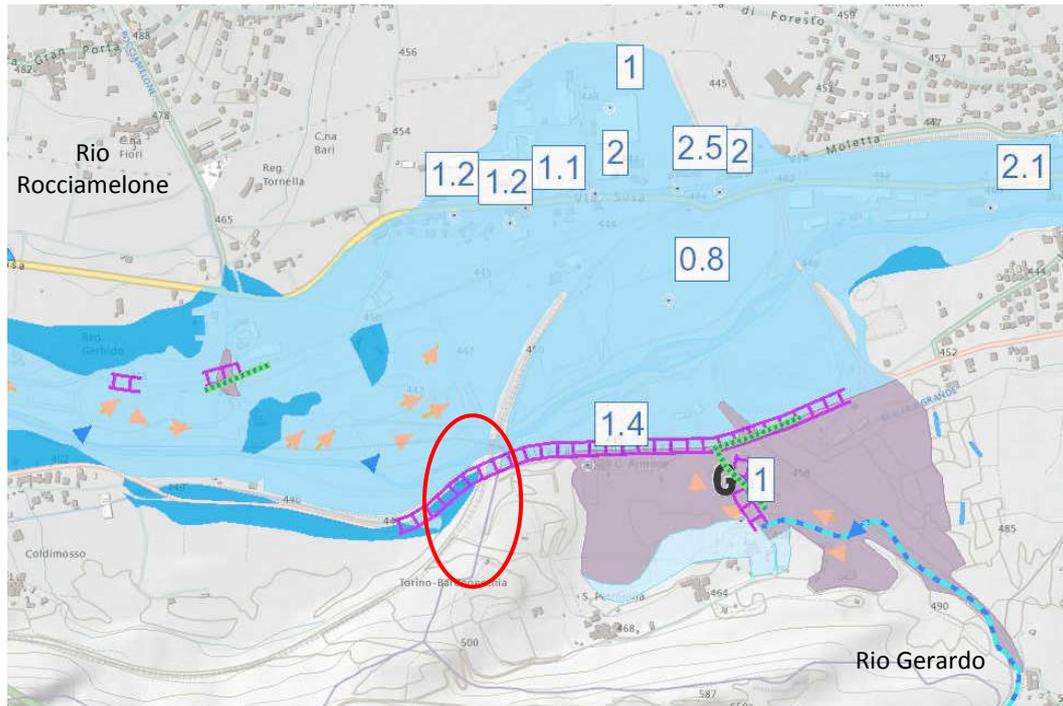


Figura 10 – Stralcio carta dell'evento alluvionale del 2000 (fonte: sito web <http://webgis.arpa.piemonte.it> consultato in agosto 2012): in azzurro aree caratterizzate da intensa mobilizzazione di sedimenti; in blu aree inondate/allagate, in viola/grigio aree interessate da deposito grossolano; linee fucsia e verdi: rete ferroviaria /viaria danneggiata; frecce arancioni: direzione di deflusso durante la piena; i numeri indicano le altezze idrometriche. L'ovale rosso indica l'area dell'imbocco.

In particolare, durante l'evento 2000 la criticità principale è stata determinata dall'esonazione della Dora Riparia presso la confluenza del Rio Rocciamelone, che ha interessato principalmente la sponda sinistra. In corrispondenza dell'argine presente a monte della ferrovia (linea arancione piena in Figura 11), ora non più efficiente, le acque si sono divise in due rami principali (frecce rosse in figura): il primo ha scavalcato l'argine sul lato settentrionale ed è proseguito verso nord interessando l'abitato di Bussoleno; il secondo ha scavalcato l'argine a sud, ed è rientrato nell'alveo della Dora in corrispondenza del ponte della ferrovia. A valle di questo ponte la Dora ha esondato nuovamente da entrambe le sponde ma principalmente sulla sponda sinistra.

A valle di questo evento alluvionale sono state progettate nuove opere di protezione dell'abitato di Bussoleno, come previsto dall'Autorità di Bacino del Po (argini di progetto lungo il limite dell'attuale Fascia B di progetto, in corso di completamento. Si specifica che la sezione del ponte di attraversamento sulla Dora Riparia previsto deve essere tenere conto del nuovo assetto del fondovalle a seguito del completamento degli argini di progetto, considerando anche la presenza dell'argine trasversale, la cui efficacia viene progressivamente ridotta a causa della deposizione di materiale sul lato di monte in occasione di ogni evento alluvionale significativo.

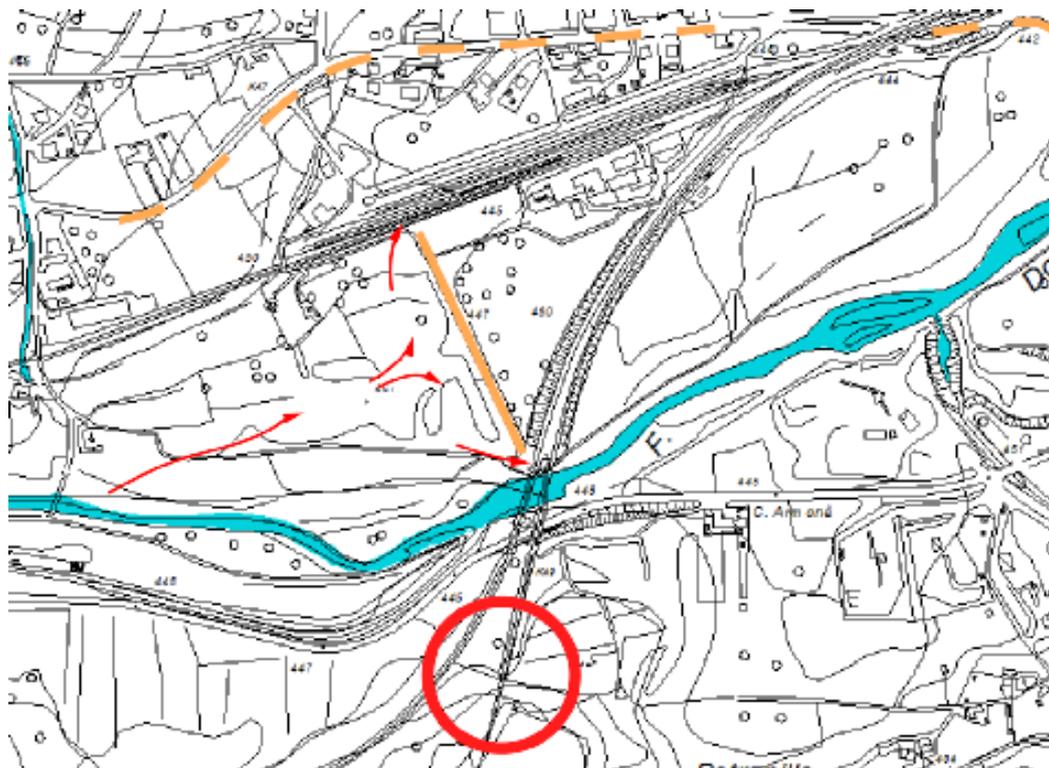


Figura 11 – Stralcio area a monte di Bussoleno, con dinamica semplificata dell'evento 2000. Si veda il testo per la descrizione e la legenda.

Come per la Piana di Susa, l'interazione delle opere con gli eventi di piena determina la necessità per la loro realizzazione di garantire il deflusso delle acque di piena straordinaria. I ponti saranno realizzati con opere di difesa a protezione delle spalle del ponte.

Attualmente la linea ferroviaria attraversa il fiume Dora Riparia per mezzo di due ponti di 50m di lunghezza ciascuno: quello posto più a monte (linea storica) è caratterizzato da tre campate ciascuna di circa 10 m di larghezza e 6 m di altezza; quello posto più a valle è a campata unica di altezza di circa 8 m (Figura 12).



Figura 12 – Ponti ferroviari esistenti sulla Dora Riparia: a campata unica (primo piano) e a tre campate (in secondo piano) (foto da valle verso monte).

Per quanto riguarda l'attività torrentizia, ad est dell'imbocco è presente il rio Gerardo, classificato ad elevata pericolosità nella cartografia del PAI (Ee); il suo apparato conoidale è stato classificato come attivo e non protetto da opere di difesa (Ca) (Figura 13). Durante

l'evento alluvionale del 2000 il conoide del rio Gerardo è stato affetto da deposizione grossolana coinvolgendo un'area posta a 160 m ad E dell'imbocco (Figura 10). Nel 1977 il Rio Gerardo ha causato pressochè gli stessi effetti dell'evento 2000 ma in misura meno estesa (Figura 9).

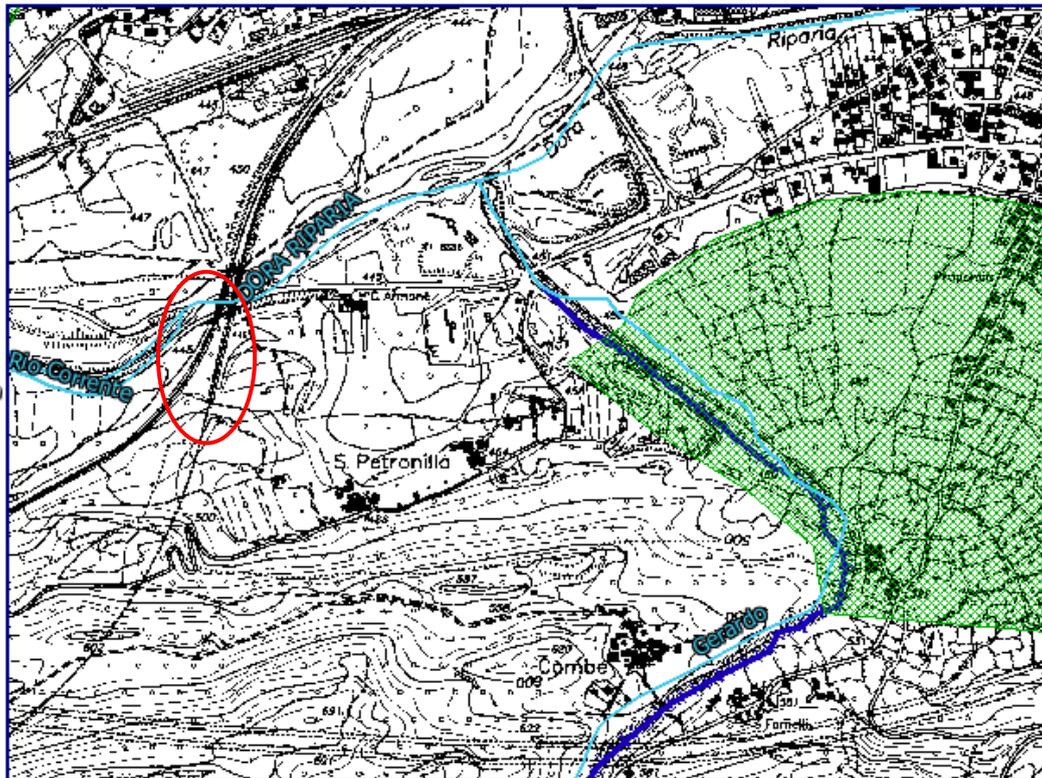


Figura 13 – Stralcio carta dei dissesti e pericolosità geomorfologica del PAI: in verde il conoide attivo non protetto del rio Gerardo Ca, in blu scuro zone a pericolo molto elevato per inondazione Ee (Fonte: sito web [http://www.adbpo.it/maplab\\_projects/webgis](http://www.adbpo.it/maplab_projects/webgis) consultato in settembre 2012). Il cerchio rosso indica l'area dell'imbocco e l'attraversamento sul fiume Dora Riparia.

Nella carta geomorfologica redatta in scala 1:1000 e allegata al presente studio (cod elaborato PD2-C3B-TS3-0075) l'estensione del conoide è stata aumentata verso W, coincidendo pressappoco con l'area esondata nel 2000.

L'attività fluvio-torrentizia del rio Gerardo non presenta criticità nei confronti dell'opera in progetto, in quanto esterna al conoide: l'opera è infatti ubicata a circa 160 m ad W del limite del conoide e 600 m ad W dell'alveo attivo, e circa 20 m più in alto. Durante l'evento 2000, a causa di criticità di deflusso del ponte sulla SS24, le acque del Rio Gerardo si sono spinte fino all'area di Cascina Armone – S. Petronilla, a circa 200 m ad est dell'area di imbocco.

### 5.3 Attività di versante

La cartografia del progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia), consultata sul sito dell'Arpa Piemonte, riporta due colamenti a 500 m di distanza verso SW dall'imbocco. Di questi, il più orientale è stato ripерimetrato nella carta geomorfologica, e risulta legato all'evento alluvionale del 2000 (Figura 14). Non sono stati osservati fenomeni franosi attivi o quiescenti direttamente interessanti l'area dell'imbocco Bussoleno.

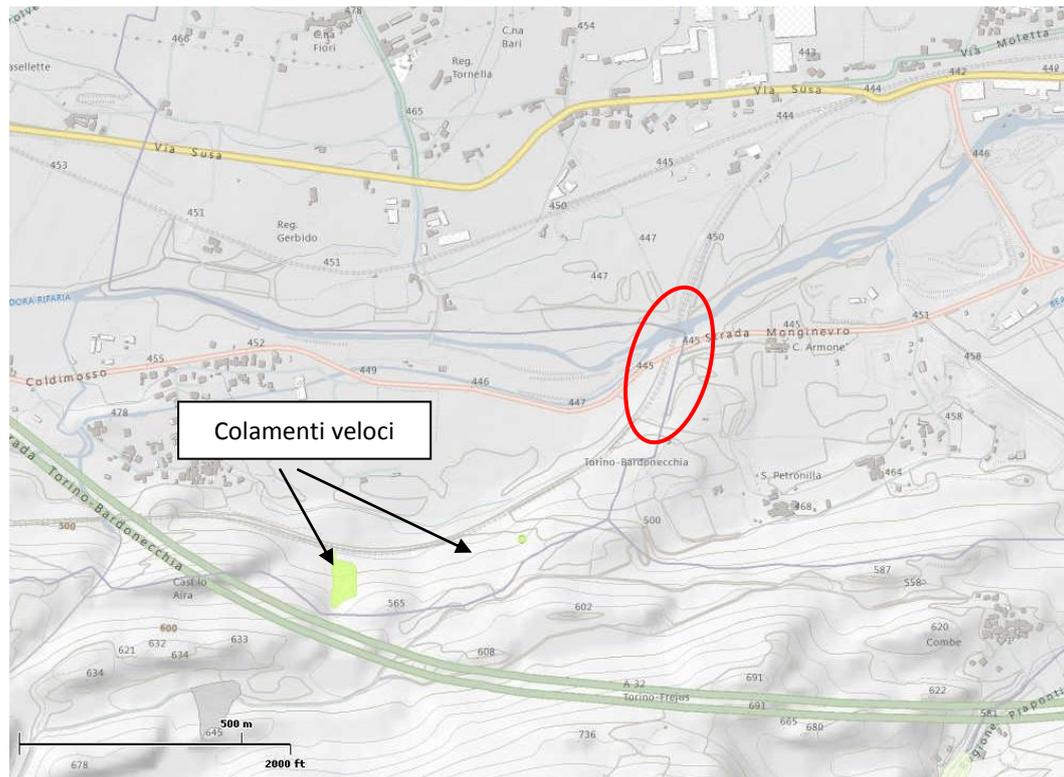


Figura 14 – Stralcio cartografia IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) (Fonte: sito web <http://webgis.arpa.piemonte.it> consultato in settembre 2012). Il cerchio rosso indica l'area dell'imbocco e l'attraversamento sul fiume Dora Riparia.).

Il progetto per la realizzazione dell'imbocco prevede lo sbancamento e la realizzazione di tagli parzialmente in roccia e parzialmente in deposito quaternari, di altezza variabile fino a 18 m. I tratti di scarpate in roccia dovranno essere stabilizzati mediante idonee chiodature, la cui spaziatura e profondità dovrà essere determinata sulla base dei risultati dei rilievi strutturali riportati a fine testo, e dalla posa di reti paramassi aderenti. Si ricorda inoltre che la scistosità principale è disposta a franapoggio verso il fondovalle. I tratti di scarpata in depositi quaternari dovranno essere stabilizzati mediante realizzazione di appositi sistemi di sostegno. Le geometrie delle scarpate, ancorchè temporanee, dovranno essere verificate mediante specifiche verifiche di stabilità. Sono inoltre da prevedere interventi di raccolta delle acque di ruscellamento (canalette superficiali) finalizzate ad allontanare le acque di ruscellamento dal ciglio delle scarpate e di limitare l'infiltrazione sul versante a tergo delle stesse. Si consiglia anche di prevedere drenaggi nell'ammasso roccioso nel tratto basale delle scarpate.

**Allegato 1 – Sondaggi geognostici (l'insieme delle stratigrafie è riportato nel documento PD2 C3B 0019 00-05-05 10-02 – Indagini esistenti)**

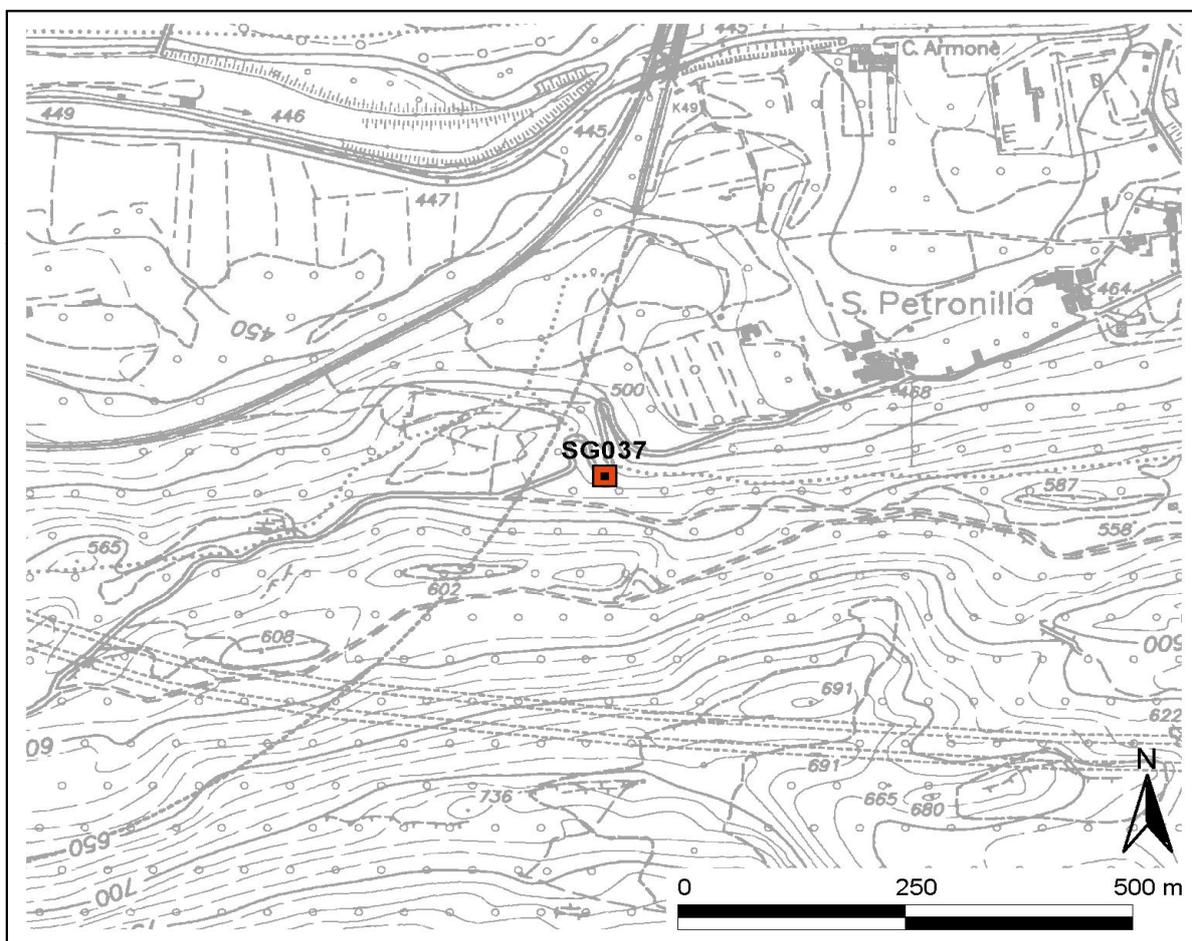
## **Allegato 2 – Stazioni geomeccaniche**

## RILIEVO GEOMECCANICO SG037

### Ubicazione indagine

<b>Committente</b>	LTF
<b>Commessa</b>	08-112 LTF_GEO_ITA
<b>Località</b>	S. Petronilla
<b>Data</b>	26/03/09
<b>Area di rilievo geomeccanico</b>	S. Petronilla

### Planimetria ubicazione del rilievo





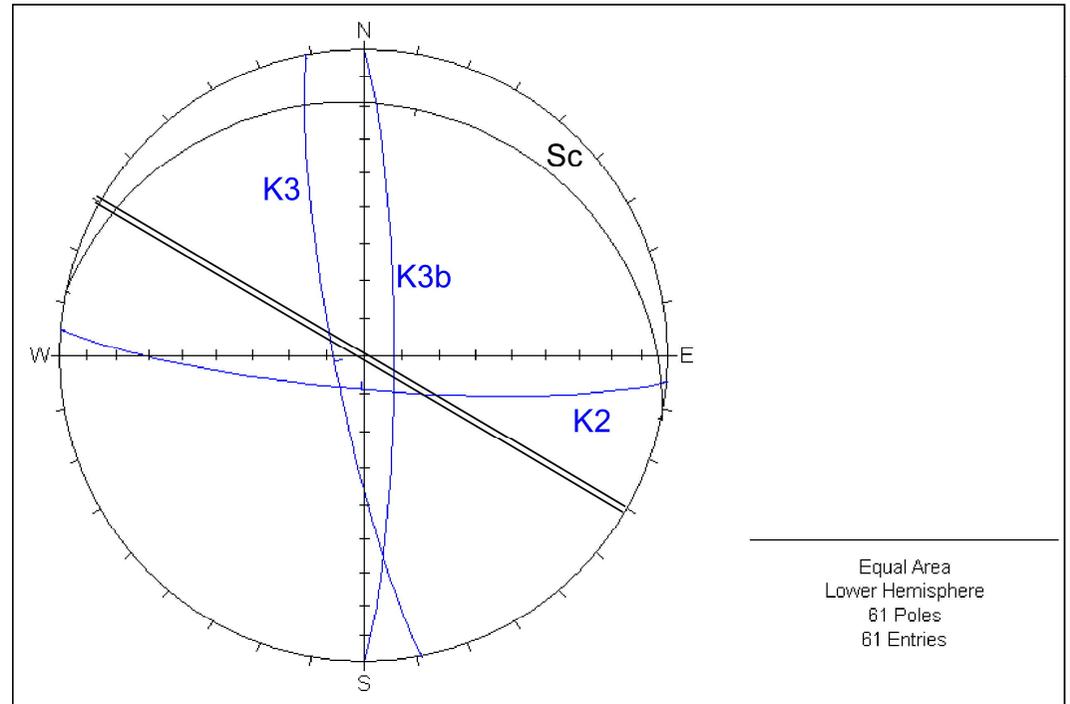
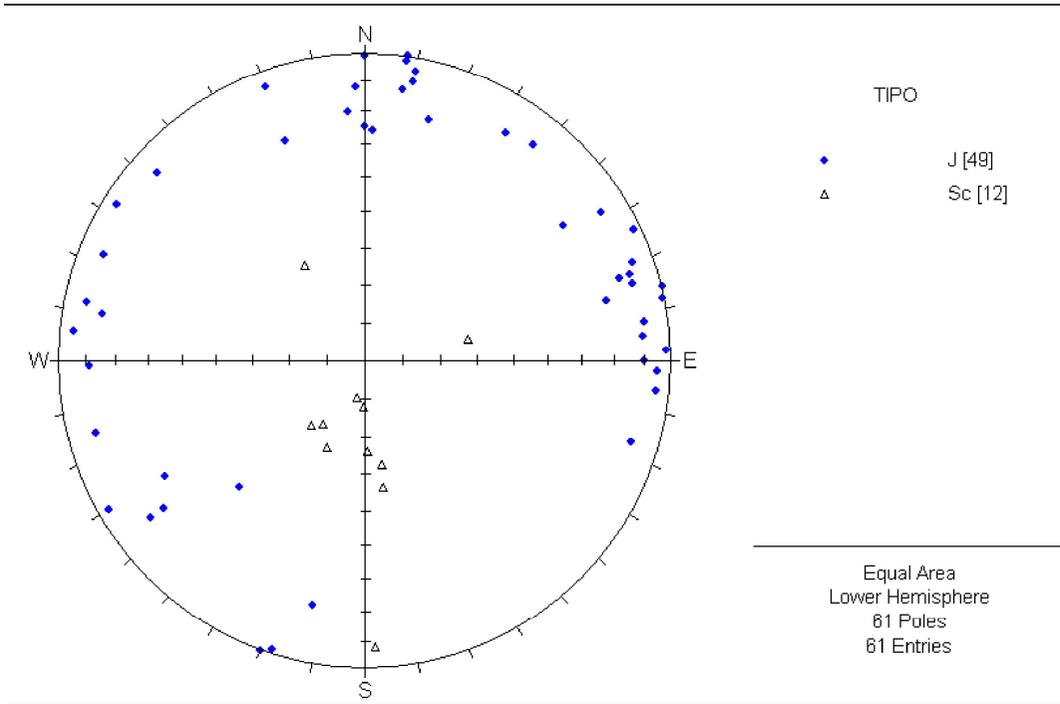
**RILIEVO GEOMECCANICO SG037**  
**Proiezioni stereografiche**

<b>Committente</b>	LTF
<b>Commessa</b>	08-112 LTF_GEO_ITA
<b>Località</b>	S. Petronilla
<b>Coordinate (x/y)</b>	0352633 - 4998920 ( $\pm 10$ m)
<b>Quota (m.s.l.m)</b>	518 m
<b>Data</b>	26/03/09
<b>Area di rilievo geomeccanico</b>	S. Petronilla

Proiezioni stereografiche dei poli e delle ciclografiche dei set di discontinuità

Sc = stratificazione  
 J = giunto

/// Direzione media del tunnel



TIPO	IMM.	INCL.	DISTANZA	lunghezza	Apertura	scabrezza		JRC	Riempim.	alterazione		
<b>J</b>	(°)	(°)	(cm)	<b>A</b> se <1 m	<b>A</b> se = 0 mm	clas	Jr	Barton	<b>R</b> = rigido, granul.	clas	Ja	
<b>Sc</b>				<b>B</b> se 1 - 3	<b>B</b> se < 0.1					<b>P</b> = plast, coesivo		
...				<b>C</b> se 3 -10	<b>C</b> se 0.1 -1							
<b>altro</b>				<b>D</b> se 10-20	<b>D</b> se 1 - 5							
				<b>E</b> se > 20	<b>E</b> se > 5							

Riga di esempio

	235	32	235	D	7	I	1	9	R	L	6
--	-----	----	-----	---	---	---	---	---	---	---	---

J	12	70	0-0,25	A	B	E	1.5	4-6		A	0.75
J	75	80	0,25-0,45	A	A	E	1.5	6-8		A	0.75
J	20	90	0,45-0,6	A	A	E	1.5	6-8		A	0.75
J	60	86	0,6-0,9	A	A	E	1.5	6-8		A	0.75
Sc	2	12	0.9	B	B	B	3	4-6		A	0.75
J	272	85	0,9-1,3	A	B	E	1.5	4-6		A	0.75
Sc	351	28	1,3-1,6	B	E	B	3	4-6		A	0.75
J	268	88	1,6-2,2	A		E	1.5	6-8		A	0.75
J	18	88	2,2-2,6	A	C	B	3	6-8		A	0.75
J	132	80	2,6-2,9	A	A	E	1.5	4-6		A	0.75
J	218	78	2,9-3,1	A		B	3	6-8		A	0.75
J	100	76	3.1	A	C	E	1.5	4-6		A	0.75
Sc	40	22	3,1.3,5	A	A	B	3	4-6		A	0.75
J	287	80	3.5	A	A	E	1.5	4-6		A	0.75
Sc	40	22	3,5-3,6	A	A	B	3	4-6		A	0.75
J	122	85	3.6	A	C	E	1.5	4-6		A	0.75
J	190	85	3,6-4,3	A		E	1.5	6-8		A	0.75
Sc	24	25	4,3-5,2	D	B	B	3	4-6		A	0.75
J	45	48	5,2-6	A	A	B	3	6-8		A	0.75
J	236	67	6.0	A	C	E	1.5	4-6		A	0.75
J	182	64	6-6,3	A		E	1.5	4-6		A	0.75
J	112	81	6.3	A	C	E	1.5	4-6		A	0.75
J	180	65	6,4-6,45	A		E	1.5	4-6		A	0.75
J	265	80	6.45	A	E	E	1.5	4-6		A	0.75
J	182	64	6,45-6,6	A		E	1.5	4-6		A	0.75
J	254	80	6,6-7,4	B	A	E	1.5	4-6		A	0.75
J	190	81	7,4-7,5	A		E	1.5	6-8		A	0.75
J	252	80	7.5	B	A	E	1.5	4-6		A	0.75
Sc	352	34	7,5-7,9	D	B	B	3	4-6		A	0.75
J	270	80	7.9	B	D	E	1.5	6-8		A	0.75
J	188	78	7,9-8,6	A		E	1.5	8-10		A	0.75
J	276	85	8.6	B	C	F	1	2-4		B	1
J	176	70	8,6-8,7	A		E	1.5	8-10		A	0.75
J	262	81	8.7	B	C	F	1	2-4		B	1
J	195	70	8,7-9	A		E	1.5	8-10		A	0.75
J	250	82	9.0	A	D	E	1.5	2-4		B	1
Sc	358	24	9-9,6	D	A	B	3	4-6		A	0.75
J	89	79	9.6	B	D	E	1.5	2-4		B	1
Sc	358	82	9,6-9,7	D	A	B	3	4-6		A	0.75
J	96	85	9,7-9,8	B	E	E	1.5	4-6		A	0.75
J	258	89	9,8-10,2	A		E	1.5	6-8		B	1
J	178	78	10,2-10,6	A		E	1.5	8-10		A	0.75
J	244	87	10,6-10,8	A	C	E	1.5	4-6		B	1
J	160	65	10,8-11,2	A		E	1.5	8-10		A	0.75
J	212	76	11,2-12,1	A	A	B	3	2-4		A	0.75

TIPO	IMM.	INCL.	DISTANZA	lunghezza	Apertura	scabrezza			JRC	Riempim.	alterazione	
						clas	Jr	Barton			clas	Ja
<b>J</b>	(°)	(°)	(cm)	<b>A</b> se <1 m	<b>A</b> se = 0 mm					<b>R</b> = rigido, granul. <b>P</b> = plast, coesivo		
<b>Sc</b>				<b>B</b> se 1 - 3	<b>B</b> se < 0.1							
...				<b>C</b> se 3 -10	<b>C</b> se 0.1 -1							
<b>altro</b>				<b>D</b> se 10-20	<b>D</b> se 1 - 5							
				<b>E</b> se > 20	<b>E</b> se > 5							
Sc	34	20	12,1-13	D	A	B	3	4-6			A	0.75
J	238	80	13.0	A	B	E	1.5	4-6			B	1
J	180	89	13-13,6	A		E	1.5	6-8			A	0.75
J	256	70	13.6	B	D	E	1.5	2-4	Vn qtz		B	1
Sc	12	10	13,6-14,3	D	A	B	3	4-6			A	0.75
J	54	75	14,3-14,8	A	A	E	1.5	2-4			A	0.75
J	102	82	14.8	B	D	E	1.5	4-6			A	0.75
Sc	148	30	14,8-15,9	D	A	B	3	4-6			A	0.75
J	60	64	15.9	A	B	E	1.5	4-6			A	0.75
J	160	84	15,9-16,1	A		E	1.5	4-6			A	0.75
J	54	70	16.1	A	A	E	1.5	6-8			A	0.75
J	188	88	16,1-16,4	A		E	1.5	4-6			A	0.75
J	252	76	16,4-16,5	A	A	E	1.5	4-6			A	0.75
J	188	90	16,5-16,75	A		E	1.5	4-6			A	0.75
J	256	90	16,75-16,8	A	A	E	1.5	4-6			A	0.75
Sc	258	28	16,8-17	D	A	B	3	4-6			A	0.75

clas.	Alterazione delle superfici di giunto	Ja
-------	---------------------------------------	----

SUPERFICI DI GIUNTO A CONTATTO	A	contatto ben saldo tra le superfici di giunto	0.75
	B	pareti del giunto non alterate, superfici ossidate	1
	C	pareti del giunto leggermente alterate, coperte da un sottile strato di minerali non ammorbidenti tipo particelle sabbiose o particelle di roccia fratturata	2
	D	sottile strato con frazione argillosa limitata	3
	E	strato superficiale di materiali argillosi ammorbidenti o a bassa resistenza attritiva (anche mica, clorite, talco, gesso, grafite, ecc.)	4

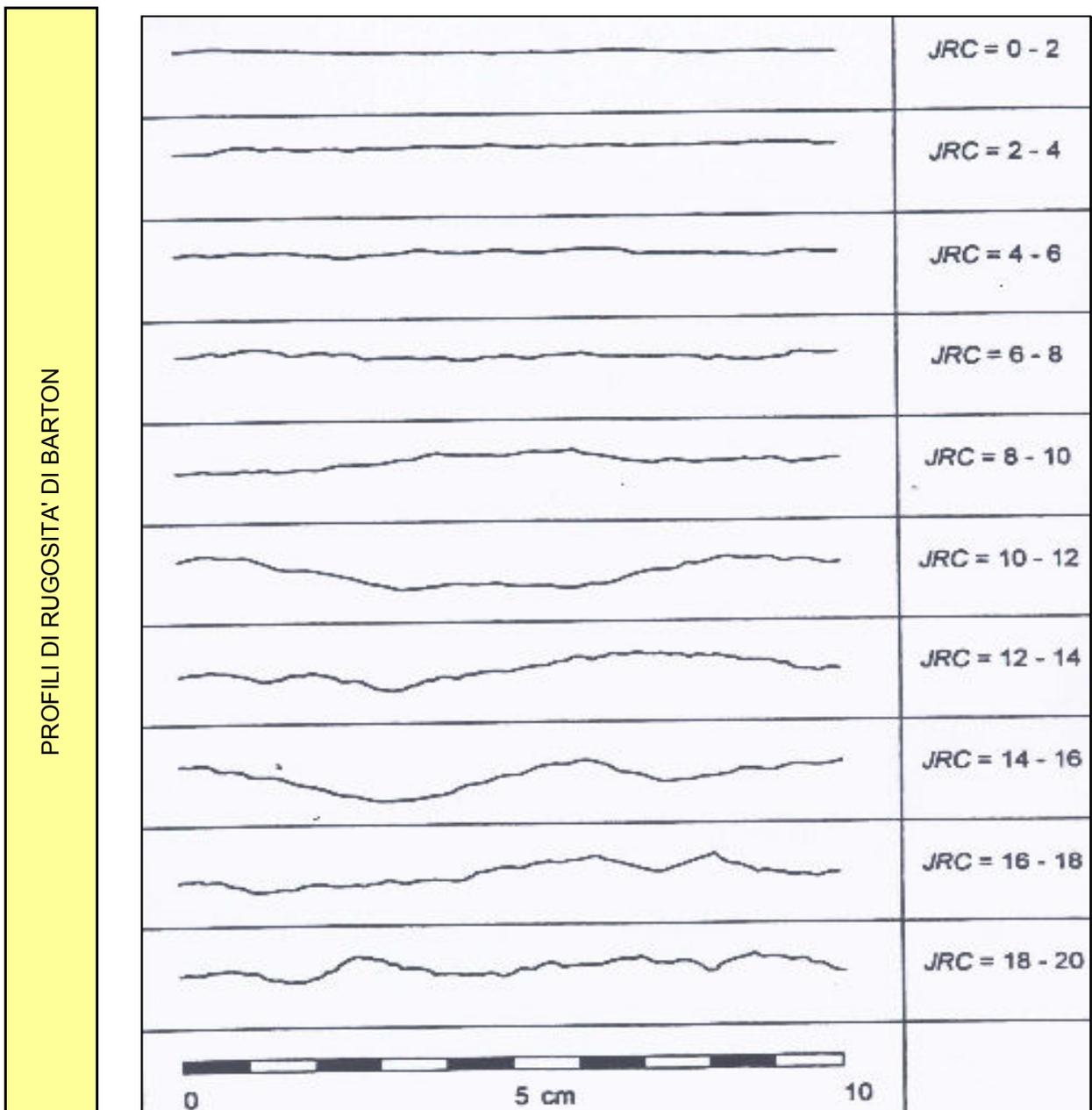
SUPERFICI DI GIUNTO A CONTATTO PER SCORRIMENTI <10 CM	F	riempimento di particelle sabbiose, materiali di disgregazione della roccia privi di particelle argillose	4
	G	riempimento di minerali argillosi non ammorbidenti fortemente sovraconsolidati, con spessori <5 mm	6
	H	riempimento di minerali argillosi ammorbidenti, con spessori <5 mm	8
	I	riempimento di minerali argillosi rigonfianti, con spessori <5 mm (min. se ho poca % rigonfiante e poca acqua, max. se ho molti rigonfianti ed eccesso d'acqua)	8 - 12

ASSENZA DI CONTATTO FRA LE SUPERFICI DI GIUNTO ANCHE A SEGUITO DI SCORRIMENTI	L	zone o bande di roccia disgregata	6
	M	zone o bande di roccia macinata	8
	N	zone o bande di roccia macinata e con argilla (min. se non ammorbidente, max. se rigonfiante)	8 - 12
	O	zone o fasce di argilla limosa o sabbiosa non ammorbidente	10
	P	zone continue e spesse con fasce di argilla (min. se non ammorbidente, max. se rigonfiante)	10 - 20

<b>clas.</b>	<b>Scabrezza delle superfici di giunto</b>	<b>Jr</b>
--------------	--	-----------

SUPERFICIE DI GIUNTO A CONTATTO, O A CONTATTO PER SCORRIMENTI <10 CM	A	giunti discontinui	4
	B	scabri o irregolari, ondulati	3
	C	lisci, ondulati	2
	D	levigati, ondulati	1.5
	E	Scabri o irregolari, piani	1.5
	F	Lisci, piani	1
	G	Levigati, piani	0.5

ASSENZA DI CONTATTO FRA LE SUPERFICIE, ANCHE NEL CASO DI SCORRIMENTI	H	minerali argillosi di riempimento con spessore sufficiente a prevenire il contatto tra le superfici	1
	I	zona sabbiosa o brecciata con spessore sufficiente a prevenire il contatto fra le superfici	1

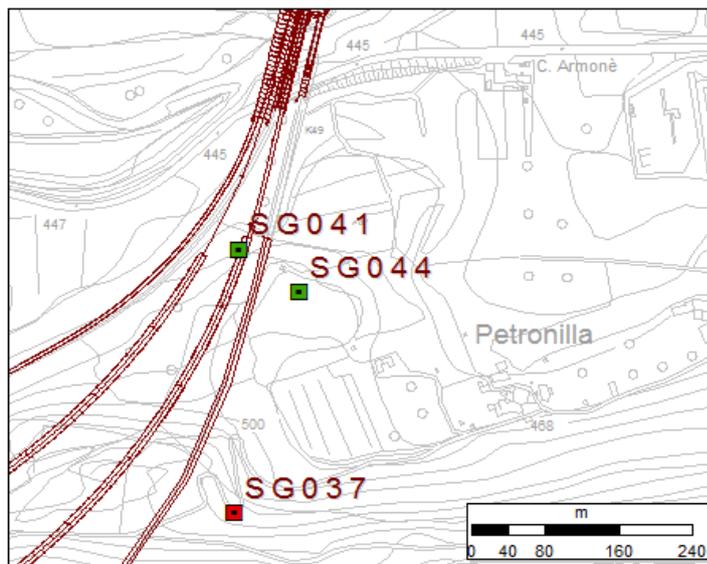


**RILIEVO GEOMECCANICO SG041**

**Ubicazione indagine**

<b>Committente</b>	LTF
<b>Commessa</b>	11-124 LTF_C3_PD
<b>Località</b>	Bussoleno
<b>Coordinate [WGS84]</b>	352.641,115                      4.999.222,325
<b>Quota (m.s.l.m)</b>	465 ± 3 m
<b>Data</b>	08/03/2012
<b>Area di rilievo geomeccanico</b>	Interconnessione Imbocco E - Galleria Storica

**Planimetria ubicazione del rilievo**





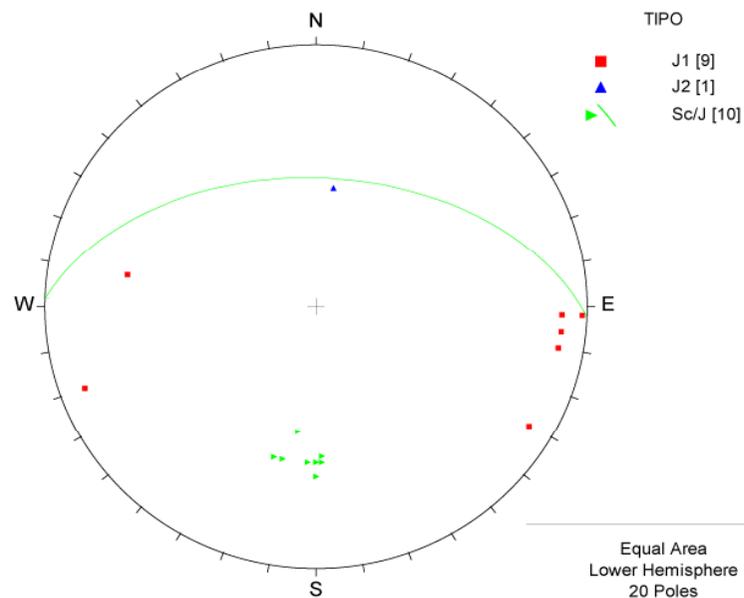
**RILIEVO GEOMECCANICO SG041**  
**Proiezioni stereografiche e analisi spaziate**

<b>Committente</b>	LTF	
<b>Commessa</b>	11-124 LTF_C3_PD	
<b>Località</b>	Bussoleno	
<b>Coordinate [WGS84]</b>	352.641,115	4.999.222,325
<b>Quota (m.s.l.m)</b>	465 ± 3 m	
<b>Data</b>	08/03/2012	
<b>Area di rilievo geomeccanico</b>	Interconnessione Imbocco E - Galleria Storica	

Proiezione stereografica dei poli dei set di discontinuità misurati in affioramento e ciclografica della scistosità media

Sc = scistosità  
 J = giunto

Direzione media del tunnel N010°E



Interconnessione Imbocco E - Galleria Storica

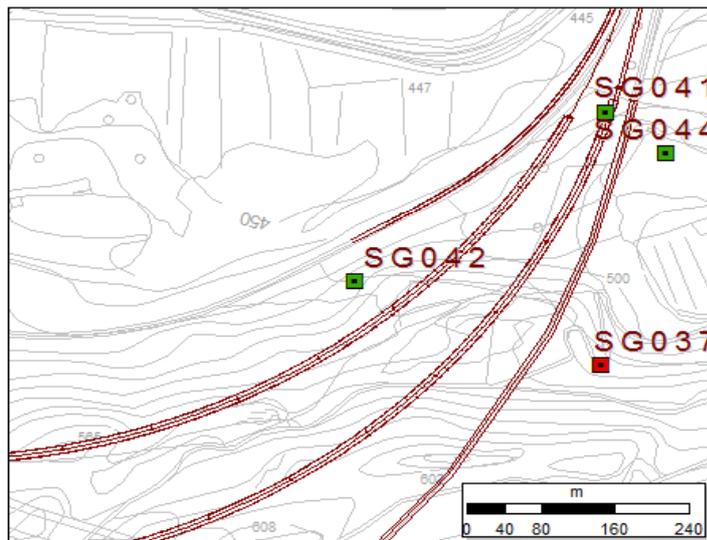
SPAZIATURA	SET	IMM.	INCL.	DISTANZA	lunghezza	Apertura	scabrezza		JRC	Riempim.	alterazione	
							clas	Jr			Barton	clas
(cm)	1	(°)	(°)	(cm)	A se < 1 m	A se = 0 mm				R = rigido, granul. P = plast., coesivo		
	2				B se 1 - 3	B se < 0.1						
	...				C se 3 - 10	C se 0.1 - 1						
	altro				D se 10-20	D se 1 - 5						
					E se > 20	E se > 5						
-	Sc/J	358	48	0 - 530	C	A	C	2	8 - 10	-	A-B	0.75 - 1
-	J1	100	60	530	B	A	E	1.5	2 - 4	-	C	2
22.75	Sc/J	0	50	530 - 650	C	A	C	2	8 - 10	-	A-B	0.75 - 1
118.10	J1	272	88	650	B	B	F	1	0 - 2	-	A-B	0.75 - 1
5.15	Sc/J	0	55	650 - 710	C	A	C	2	6 - 8	-	A-B	0.75 - 1
59.05	J1	70	80	710	B	B	F	1	0 - 2	-	A-B	0.75 - 1
2.58	Sc/J	0	55	710 - 740	C	A	C	2	8 - 10	-	A-B	0.75 - 1
29.53	J1	272	80	740	B	B	F	1	0 - 2	-	A-B	0.75 - 1
1.29	Sc/J	358	50	740 - 840	C	A	C	2	8 - 10	-	A-B	0.75 - 1
98.42	J1	276	80	840	B	B	F	1	0 - 2	-	A-B	0.75 - 1
4.29	Sc/J	358	50	840 - 1070	C	A	C	2	6 - 8	-	A-B	0.75 - 1
226.37	J1	280	80	1070	B	B	F	1	0 - 2	-	A-B	0.75 - 1
-	J2	188	38	1070 - 1100	A	D	B	3	4 - 6	P	E	4
29.53	J1	280	80	1100	B	B	F	1	0 - 2	-	A-B	0.75 - 1
11.16	Sc/J	3	50	1100 - 1330	C	A	C	2	8 - 10	-	A-B	0.75 - 1
187.00	J1	280	80	1290	B	B	B	3	4 - 6	-	A	0.75
21.03	Sc/J	8	40	1330 - 1410	C	A	C	2	6 - 8	-	A-B	0.75 - 1
3.43	Sc/J	15	50	1410 - 1680	C	A	C	2	8 - 10	-	A-B	0.75 - 1
374.00	J1	300	80	1670 - 1680	B	B	F	1	0 - 2	-	A-B	0.75 - 1
11.59	Sc/J	12	50	1680 - 1800	C	A	C	2	8 - 10	-	A-B	0.75 - 1

**RILIEVO GEOMECCANICO SG042**

**Ubicazione indagine**

<b>Committente</b>	LTF
<b>Commessa</b>	11-124 LTF_C3_PD
<b>Località</b>	Imbocco E - Sopra Ferrovia
<b>Coordinate [WGS84]</b>	352.368,271                      4.999.019,614
<b>Quota (m.s.l.m)</b>	529 ± 4 m
<b>Data</b>	08/03/2012
<b>Area di rilievo geomeccanico</b>	Interconnessione Imbocco E - Sopra Ferrovia

**Planimetria ubicazione del rilievo**



**RILIEVO GEOMECCANICO SG042**

Scheda di rilievo

<b>Committente</b>	LTF	
<b>Commessa</b>	11-124 LTF_C3_PD	
<b>Località</b>	Bussoleno	
<b>Coordinate [WGS84]</b>	352.368,271	4.999.019,614
<b>Quota (m.s.l.m)</b>	529 ± 4 m	
<b>Data</b>	08/03/2012	
<b>Area di rilievo geomeccanico</b>	Interconnessione Imbocco E - Sopra Ferrovia	



**Condizioni generali dell'ammasso roccioso**

Giacitura del fronte di misura	[°/°]	185	50			
		270	60			
Giacitura generale del pendio	[°/°]	280	20			
		280	30			
Dimensioni dell'area di rilievo geomeccanico	[m x m]	3	11			
		3	7			
Volume roccioso unitario medio	[dimensioni]	2*1*1.5				
		1*0.6*0.35				
	[forma]	[-]				
Resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia	[MPa]	42				
Numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso - J <sub>v</sub>	[n°/m <sup>3</sup> ]	3 - 5	1			
		4	1			
Geologic strength index (stimato)		60 - 70				
Grado di alterazione dell'ammasso		non alterato	debolm. alterato	moder. alterato	molto alterato	decom. posto
			X			
Condizioni di umidità dell'ammasso		asciutto	umido	bagnato	stillicidio	flusso
		X				

Litologia e descrizione geologica generale	
Calcemicascisti Dora Maira	
NOTE:	

Definizione delle componenti litologiche negli ammassi complessi:	lito1	-	-	-	-
	lito2	-	-	-	-
	%di lito 2 sul totale dell'ammasso	0			

**Geometria delle linee di misura**

	Direz.	Lungh. [m]
Linea di misura 1	N080°W	11
Linea di misura 2	N010°E	7
	-	-

**Schema delle famiglie di frattura individuabili in sito**

set	inclin.	imm.	spaz.	Pers. Lung.
(n°)	(°)	(°)	(m)	(m)
Sc	38	337	0.00	10.00
J1	80	265	0.5 - 2	1 - 3
J2	75	000	0.5 - 5	1 - 3

Sclerometro												
α	R1	R2	R3	R4	R4	R5	R5	R6	R7	R8	R9	R10
90	25	40	25	25	25	20	20					
90	20	30	20	20	30	20	20	30	30	25	30	
90	25	32	20	35	20	50	25	40	20	20	20	35
				-			-					

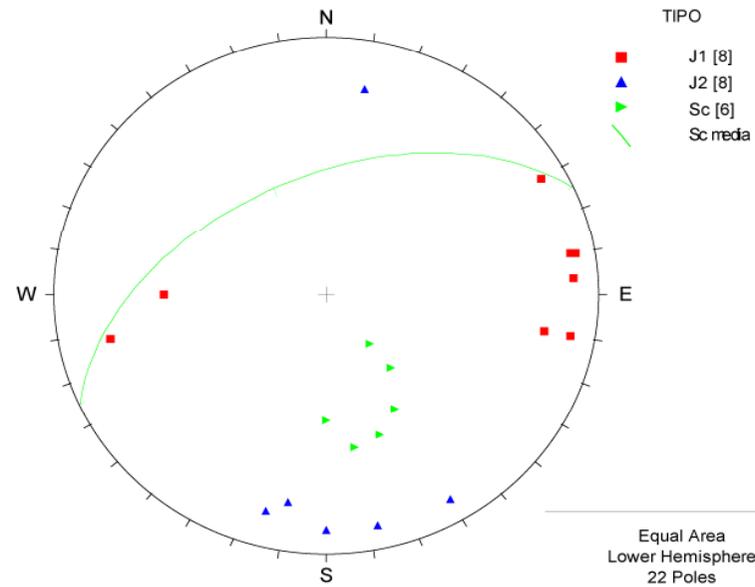
**RILIEVO GEOMECCANICO SG042**  
**Proiezioni stereografiche e analisi spaziture**

<b>Committente</b>	LTF	
<b>Commessa</b>	11-124 LTF_C3_PD	
<b>Località</b>	Imbocco E - Sopra Ferrovia	
<b>Coordinate [WGS84]</b>	352.368,271	4.999.019,614
<b>Quota (m.s.l.m)</b>	529 ± 4 m	
<b>Data</b>	08/03/2012	
<b>Area di rilievo geomeccanico</b>	Interconnessione Imbocco E - Sopra Ferrovia	

Proiezione stereografica dei poli dei set di discontinuità misurati in affioramento e ciclografica della scistosità media

Sc = scistosità  
 J = giunto

Direzione media del tunnel N035°E



**Interconnessione Imbocco E - Sopra Ferrovia**

SPAZIATURA	SET	IMM.	INCL.	DISTANZA	lunghezza	Apertura	scabrezza		JRC	Riempim.	alterazione	
							clas	Jr			Barton	clas
(cm)	<b>1</b>	(°)	(°)	(cm)	<b>A</b> se <1 m	<b>A</b> se = 0 mm				<b>R</b> = rigido, granul. <b>P</b> = plast., coesivo		
	<b>2</b>				<b>B</b> se 1 - 3	<b>B</b> se < 0.1						
	...				<b>C</b> se 3 -10	<b>C</b> se 0.1 -1						
	<b>altro</b>				<b>D</b> se 10-20	<b>D</b> se 1 - 5						
					<b>E</b> se > 20	<b>E</b> se > 5						

*Linea di misura 1*

-	Sc	320	20	0	D	A	B	3	4 - 6	-	B	1
67.89	J1	280	70	60	B	E	B	3	2 - 4	-	B	1
5.05	J2	190	70	60	B	A	B	3	8 - 10	-	B	1
300.65	J1	280	80	380	B	C	B	3	4 - 6	-	B	1
26.94	J2	0	80	380	B	A	B	3	8 - 10	-	B	1
135.78	J1	260	80	520	B	C	B	3	4 - 6	-	B	1
11.79	J2	348	80	520	B	C	B	3	4 - 6	-	B	1
48.49	J1	266	80	570	B	C	B	3	4 - 6	-	B	1
167.79	Sc	320	30	570	D	B	B	3	4 - 6	-	B	1
21.05	J2	330	80	770	B	D	E	1.5	8 - 10	-	B	1
-	J2	0	80	770	C	D	E	1.5	8 - 10	-	B	1
514.02	J1	260	82	1100	B	C	B	3	4 - 6	-	B	1

*Linea di misura 2*

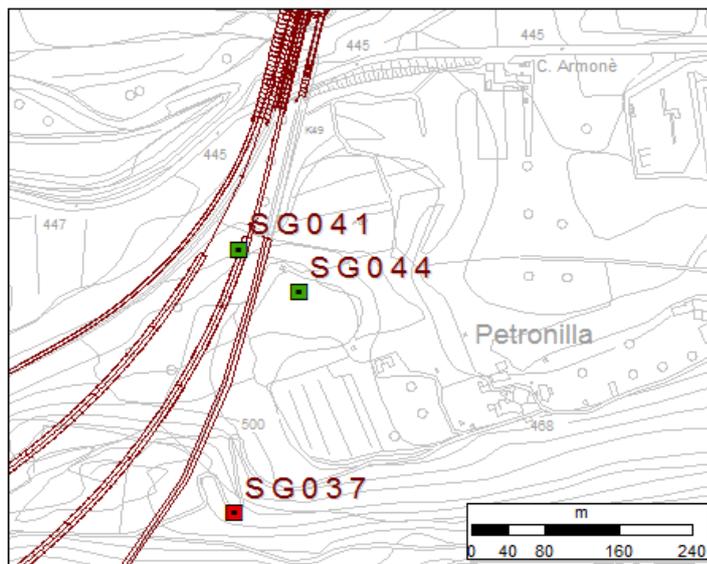
-	Sc	0	40	0	D	A	B	3	10 - 12	-	B	1
6.01	J1	78	70	70	A	-	E	1.5	8 - 10	-	B	1
39.87	Sc	350	50	70	D	A	B	3	4 - 6	-	B	1
193.19	J2	15	75	200	B	E	B	3	2 - 4	-	B	1
74.04	Sc	330	42	200	D	A	B	3	4 - 6	-	B	1
23.17	J1	90	50	340	B	D	B	3	2 - 4	-	B	1
6.01	J1	240	80	410	C	D	B	3	4 - 6	-	B	1
405.69	J2	0	80	620	B	D - E	B	3	2 - 4	-	B	1
239.19	Sc	340	48	620	D	A	B	3	4 - 6	-	B	1
86.93	J2	10	70	710	B	D	B	3	2 - 4	-	B	1

**RILIEVO GEOMECCANICO SG044**

**Ubicazione indagine**

<b>Committente</b>	LTF
<b>Commissa</b>	11-124 LTF_C3_PD
<b>Località</b>	Bussoleno
<b>Coordinate [WGS84]</b>	352.705,782                      4.999.171,633
<b>Quota (m.s.l.m)</b>	481 ± 4 m
<b>Data</b>	08/03/2012
<b>Area di rilievo geomeccanico</b>	Interconnessione Imbocco E - Casetta

**Planimetria ubicazione del rilievo**



**RILIEVO GEOMECCANICO SG044**

**Scheda di rilievo**

<b>Committente</b>	LTF	
<b>Commessa</b>	11-124 LTF_C3_PD	
<b>Località</b>	Bussoleno	
<b>Coordinate [WGS84]</b>	352.705,782	4.999.171,633
<b>Quota (m.s.l.m)</b>	481 ± 4 m	
<b>Data</b>	08/03/2012	
<b>Area di rilievo geomeccanico</b>	Interconnessione Imbocco E - Casetta	

**Condizioni generali dell'ammasso roccioso**

Giacitura del fronte di misura	[°/°]	170	80
Giacitura generale del pendio	[°/°]		
Dimensioni dell'area di rilievo geomeccanico	[m x m]	14	2
Volume roccioso unitario medio	[dimensioni] [m x m x m]	0.7*0.7*0.7	
	[forma]		
Resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia	[MPa]	60	
Numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso - J <sub>v</sub>	[n°/m <sup>3</sup> ]	3	1
Geologic strength index (stimato)		60 - 70	
Grado di alterazione dell'ammasso		non alterato	debolm. alterato
			moder. alterato
			molto alterato
			decom- posto
Condizioni di umidità dell'ammasso		asciutto	umido
			bagnato
			stillicidio
			flusso



**Litologia e descrizione geologica generale**

Calcemicascisti Dora Maira

NOTE:

Definizione delle componenti litologiche negli ammassi complessi:	lito1	-	-
	lito2	-	-
	%di lito 2 sul totale dell'ammasso		

**Geometria delle linee di misura**

	Direz.	Lungh. [m]
Linea di misura 1	N090°E	14
Linea di misura 2		

**Schema delle famiglie di frattura individuabili in sito**

set	inclin.	imm.	spaz.	Pers. Lung.
(n°)	(°)	(°)	(m)	(m)
<b>Sc/J</b>	27	322	-	14.00
<b>J1</b>	73	95	0.2 - 2	1 - 3
<b>J2</b>	73	171	1 - 3	1 - 3

**Sclerometro**

α	R1	R2	R3	R4	R4	R5	R5	R6	R7	R8	R9	R10
90	30	30										
90	50	30	30	30	30	40	45	40	52			
90	35	30	40	35	35	35	30	25	30			

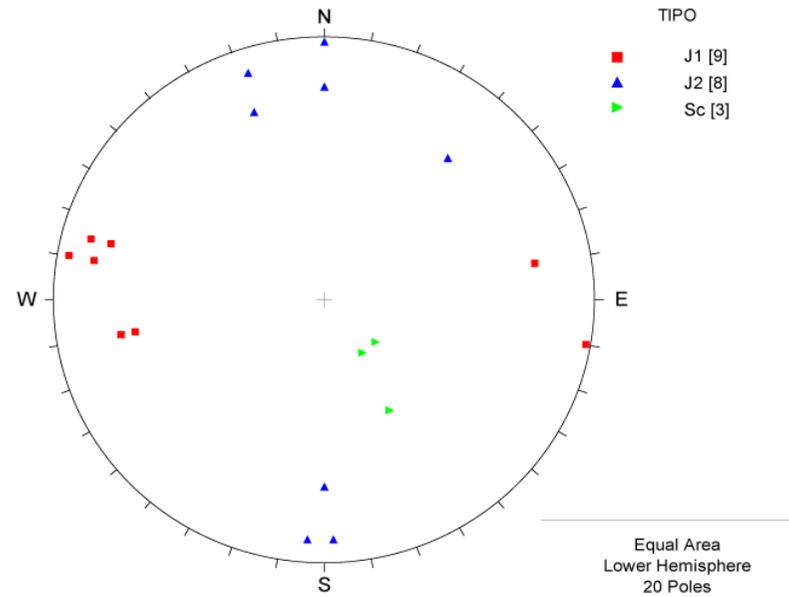
**RILIEVO GEOMECCANICO SG044**  
**Proiezioni stereografiche e analisi spazature**

<b>Committente</b>	LTF	
<b>Commessa</b>	11-124 LTF_C3_PD	
<b>Località</b>	Bussoleno	
<b>Coordinate [WGS84]</b>	352.705,782	4.999.171,633
<b>Quota (m.s.l.m)</b>	481 ± 4 m	
<b>Data</b>	08/03/2012	
<b>Area di rilievo geomeccanico</b>	Interconnessione Imbocco E - Casetta	

Proiezione stereografica dei poli dei set di discontinuità misurati in affioramento

Sc = scistosità  
J = giunto

Direzione media del tunnel      N035°E



**Interconnessione Imbocco E - Cassetta**

SPAZIATURA	SET	IMM.	INCL.	DISTANZA	lunghezza	Apertura	scabrezza		JRC	Riempim.	alterazione	
							clas	Jr			Barton	clas
(cm)	<b>1</b>	(°)	(°)	(cm)	<b>A</b> se < 1 m	<b>A</b> se = 0 mm				<b>R</b> = rigido, granul. <b>P</b> = plast., coesivo		
	<b>2</b>				<b>B</b> se 1 - 3	<b>B</b> se < 0.1						
	...				<b>C</b> se 3 - 10	<b>C</b> se 0.1 - 1						
	<b>altro</b>				<b>D</b> se 10-20	<b>D</b> se 1 - 5						
						<b>E</b> se > 20	<b>E</b> se > 5					

-	J2	0	60	0 - 150	B	E	B	3	8 - 10	R - qtz	B	1
88.31	J1	80	60	150	B	D	B	3	8 - 10	R - carb	B	1
29.80	J2	358	80	150 - 260	B	E	B	3	8 - 10	R - qtz	B	1
-	Sc/J	310	20	260 - 310	D	C	B	3	8 - 10	-	B	1
94.20	J1	80	65	310	B	D	B	3	8 - 10	-	B	1
31.79	J2	160	65	310 - 340	B	E	B	3	8 - 10	R - qtz	B	1
23.55	J1	80	65	350	B	D	B	3	8 - 10	R - carb	B	1
7.95	J2	162	80	350 - 550	B	E	B	3	8 - 10	-	B	1
117.75	J1	105	70	550	B	D	B	3	8 - 10	R - carb	B	1
61.81	Sc/J	330	40	550 - 680	D	C	B	3	8 - 10	-	B	1
76.54	J1	260	68	680	B	D	B	3	8 - 10	-	B	1
65.57	J2	180	88	680 - 870	B	E	B	3	8 - 10	R - qtz	B	1
111.86	J1	280	88	870	B	D	B	3	8 - 10	-	B	1
37.75	J2	180	70	870 - 950	B	E	B	3	8 - 10	R - qtz	B	1
47.10	J1	100	85	950	B	D	B	3	8 - 10	R - carb	B	1
15.90	J2	4	80	950 - 1050	B	E	B	3	8 - 10	R - qtz	B	1
58.88	J1	105	78	1050	B	D	B	3	8 - 10	-	B	1
19.87	J2	220	60	1050 - 1220	B	E	B	3	8 - 10	-	B	1
100.09	J1	100	75	1220	B	D	B	3	8 - 10	R - carb	B	1
142.80	Sc/J	325	20	1220 - 1400	D	C	B	3	8 - 10	-	B	1