

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

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

SISTEMAZIONE SUPERFICIE E STRADA DI ACCESSO POZZO DI AERAZIONE INTERCONNESSIONE III VALICO – VOLTRI A PK 0+370,00

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. N. Meistro	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 4	E	C V	R O	I N 9 F 0 0	0 0 1	A

Progettazione :								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	GDP <i>[Signature]</i>	25/07/2014	Rocksoil <i>[Signature]</i>	28/07/2014	A. Palomba <i>[Signature]</i>	30/07/2014	
A01	Revisione generale	GDP <i>[Signature]</i>	24/04/2015	Rocksoil <i>[Signature]</i>	27/04/2015	A. Palomba <i>[Signature]</i>	30/04/2015	
A02	Modifica lotto costruttivo a seguito 2°A.M.	GDP <i>[Signature]</i>	12/12/2016	Rocksoil <i>[Signature]</i>	12/12/2016	A. Mancarella <i>[Signature]</i>	12/12/2016	

n. Elab.:	File: IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02
-----------	---------------------------------------

RELAZIONE GEOLOGICA, *GEOMORFOLOGICA* ED IDROGEOLOGICA

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02</p>	<p>Foglio 3 di 31</p>

INDICE

INDICE.....	3
1 PREMESSA	5
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3 ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO	5
4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	6
4.1 Corrispondenza tra le unità descritte nel PD/PE e le unità CARG	7
4.2 L'unità tettonometamorfica Figogna	9
4.2.1 Serpentiniti del Bric dei Corvi ("Serpentiniti, serpentinoscisti e oficalci" nella cartografia PE).....	11
4.2.2 Metaoficalciti di Pietralavezzara.....	11
4.2.3 Metabasalti del M. Figogna.....	11
4.2.4 Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia.....	12
4.2.5 Metacalcari di Erzelli	12
4.2.6 Argille a Palombini del Passo della Bocchetta aP, AGI, AGF (Cretaceo inf.).....	13
4.3 Evoluzione strutturale	14
4.3.1 Gli eventi deformativi D1 e D2	15
4.3.2 L'evento deformativo D3.....	15
4.3.3 L'evento deformativo D4.....	18
4.3.4 Contatti tra le unità.....	18
4.3.5 Deformazione fragile.....	19
4.4 Depositi quaternari	20
4.4.1 Coltre detritico colluviale	20
4.4.2 Depositi di frana	21
4.4.3 Depositi alluvionali	21
5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	21
5.1 Considerazioni generali	21
5.2 Complessi idrogeologici.....	24
5.2.1 Complesso 4 (c, d, aF)	24
5.2.2 Complesso 17 (B', B'', mG)	25
6 ASPETTI CORRELATI ALLA GEOMORFOLOGIA E ALLA GEOLOGIA DEL QUATERNARIO	26
7 PROBLEMATICHE CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DELL'OPERA.....	26
BIBLIOGRAFIA.....	28

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02

Foglio
4 di 31

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02	Foglio 5 di 31

1 PREMESSA

Il presente rapporto fa parte del Progetto Esecutivo del nuovo collegamento AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi" e riguarda la realizzazione dell'opera identificata dal codice WBS IN9F, che si riferisce alla sistemazione superficie e strada di accesso al Pozzo di Areazione dell'interconnessione Il Valico-Voltri alla pk 0+370,000.

Il settore entro cui è previsto l'intervento si trova lungo il versante idrografico destro del T. Polcevera, lungo un tratto della rete stradale esistente.

La presente nota descrive in sintesi quanto rappresentato negli elaborati grafici allegati e costituisce una revisione e un aggiornamento degli studi geologici eseguiti in fase di Progetto Definitivo, rispetto alla quale sono stati eseguiti ex novo alcuni rilievi geologici integrativi di superficie.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il presente rapporto fa riferimento alla seguente documentazione:

- D.M. 11.03.1988 e s.m.i. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e le scarpate, i criteri generali, e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"
- Circ. LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483 Legge 02/02/74, n.64 art.1. D.M. 11/03/1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione".

L'opera è in deroga alla normativa successiva all'anno 2005. Per quanto riguarda gli aspetti inerenti la sismicità del settore interessato dal progetto, si rimanda alla relazione di inquadramento sismico dell'intera opera (doc. n. IG51-02-E-CV-RH-GE00-01-001-A00).

3 ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO

Lo studio geologico-geomorfologico e idrogeologico del sito di intervento ha previsto:

- l'esecuzione di una ricerca bibliografica;
- il rilevamento di terreno e l'acquisizione dei dati geologici, geomorfologici ed idrogeologici relativi alle aree di intervento;
- l'analisi ed interpretazione delle immagini aeree disponibili;
- la revisione critica dei dati della campagna geognostica del Progetto Definitivo approvato nel 2005, nonché delle relazioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del medesimo Progetto Definitivo (PD);
- l'esame dei dati dei sondaggi e delle indagini integrative richieste in sede di Progettazione Esecutiva (ove disponibili);

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 6 di 31</p>

- l'interpretazione dei dati raccolti sul terreno alla luce dell'insieme delle informazioni disponibili;
- la redazione degli elaborati geologici del Progetto Esecutivo (PE).

L'elaborazione dei dati è stata eseguita in ottemperanza alle specifiche tecniche di progettazione e alle richieste di approfondimento riportate nella delibera CIPE n. 80/2006, relative alle opere in oggetto.

Il gruppo di lavoro è così costituito:

- coordinamento generale: Dott. Geol. L. Delle Piane (responsabile di progetto);
- supervisione e controllo elaborati: Dott. Geol. L. Delle Piane, Dott. Geol. P. Perello;
- rilevamento geologico-strutturale, sedimentologico-stratigrafico e geomorfologico: Dott. Geol. L. Delle Piane, Dott. Geol. P. Perello, Dott. Geol. A. Damiano, Dott.sa Geol. A. Giorza, Dott.sa Geol. A. Musso, Dott. Geol. D. Varrone;
- idrogeologia, modellazione idrogeologica numerica, idrogeochimica: Dott. Geol. P. Perello, Dott. Geol. A. Baietto, Dott.sa Geol. A. Giorza;
- elaborazioni GIS e CAD: Dott.sa Geol. A. Musso, Dott.sa Geol. A. Giorza, Dott. Geol. D. Varrone.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di studio si colloca nella zona di giustapposizione tra i domini orogenici alpino e appenninico (Figura 1), nota in letteratura come "nodo collisionale ligure" (Laubscher *at. al.*, 1992); questo settore ad elevata complessità strutturale è stato recentemente oggetto di una dettagliata revisione cartografica con la realizzazione del nuovo foglio CARG n° 213-230 "Genova" in scala 1:50.000 (Capponi *et al.*, 2009).

Nell'area del Foglio Genova è possibile distinguere, da W verso E, tre settori caratterizzati dall'associazione di unità di crosta oceanica e di mantello, unità di margine continentale e unità costituite da flysch (Figura 1):

1. le **unità tettonometamorfiche¹ Voltri e Palmaro-Caffarella** ("*Gruppo di Voltri*" *auct.*): sono costituite dalle associazioni pre-cenomaniane di ofioliti e metasedimenti carbonatici del dominio oceanico ligure-piemontese. I litotipi dell'Unità Voltri hanno registrato un picco metamorfico eclogitico mentre la riequilibratura metamorfica delle rocce dell'Unità Palmaro-Caffarella è limitata alla facies scisti-blu (Federico *et al.* 2004). La distinzione sicura tra i litotipi delle due unità è in genere possibile solo a scala microscopica, in base ai caratteri mineralogico-petrografici.
2. la **Zona Sestri-Voltaggio** *auct.* (nel seguito ZSV): è costituita da tre unità tettonometamorfiche, di cui due ofiolitiche (Cravasco-Voltaggio e Figogna) e una di margine

¹ Con il termine di "unità tettonometamorfica" si intende un volume roccioso caratterizzato da incompatibilità metamorfiche e strutturali rispetto ai volumi adiacenti.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 7 di 31</p>

continentale (Gazzo-Isoverde). Il livello del metamorfismo è progressivamente decrescente passando dalle unità Cravasco-Voltaggio e Gazzo-Isoverde (facies scisti blu) all'Unità Figogna (facies pumpellyite-actinolite).

3. Il **dominio dei Flysch Appenninici**: è rappresentato dalle quattro unità tettoniche Mignanego, Montanesi, Ronco e Antola, sovrapposte con vergenza europea. Procedendo verso est, il grado metamorfico decresce da basso a bassissimo nelle prime tre unità fino ad arrivare a condizioni di diagenesi per l'Unità Antola.

La Zona Sestri-Voltaggio è in contatto, a est, con le unità tettoniche di basso grado che compongono il dominio dei Flysch Appenninici e, a ovest, con le unità tettonometamorfiche Voltri e Palmaro-Caffarella. Il contatto occidentale è sottolineato da una discontinuità regionale con direzione N-S, nota in bibliografia come *Linea Sestri-Voltaggio*; questo lineamento strutturale è classicamente ritenuto il limite fisico tra la catena alpina e quella appenninica, anche se le interpretazioni sulla sua natura sono spesso state tra loro discordanti: faglia trascorrente (Elter & Pertusati, 1973), sovrascorrimento (Cortesogno & Haccard, 1984) o faglia estensionale (Hoogerduijn Strating, 1994).

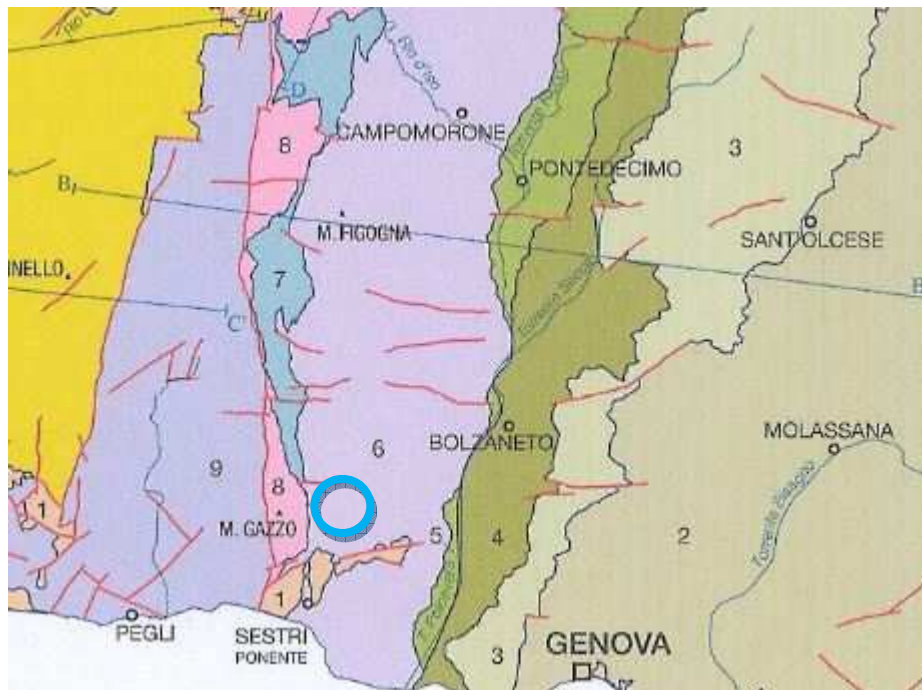
Attualmente la ZSV è ritenuta un canale di concentrazione preferenziale della deformazione tettonica che, lungo di essa, si è ripetutamente scaricata in momenti diversi della storia evolutiva della catena e in regimi tettonici corrispondenti a livelli strutturali differenti (Capponi et al., 2008).

Il tracciato della linea AC/AV Milano-Genova si sviluppa, in territorio ligure, a cavallo delle unità tettonometamorfiche Palmaro-Caffarella e Sestri-Voltaggio. A scala locale, il territorio in cui si colloca il sito di intervento è ubicato nell'areale di affioramento della ZSV e più precisamente entro la formazione delle "Argille a Palombini del Passo della Bocchetta" (aP), dell'unità tettonometamorfica Figogna.

Le sigle e le età geologiche riportate a fianco dei nomi delle formazioni descritte fanno riferimento alla legenda adottata nel Progetto Definitivo della linea Milano-Genova (2004); viene inoltre riportato, per completezza, il corrispondente codice adottato nella cartografia CARG (Capponi et al., 2008).

4.1 Corrispondenza tra le unità descritte nel PD/PE e le unità CARG

Nell'intento di garantire una continuità tra la terminologia adottata in fase di Progetto Definitivo e Esecutivo, senza tuttavia tralasciare le informazioni derivanti dai dati di letteratura più recenti, è stata realizzata una tabella (Tabella 1) in cui è messa a confronto la nomenclatura derivante dalla cartografia ufficiale (Foglio CARG "Genova"; Capponi et al., 2009) e quella adottata in base agli studi pre-2009 e utilizzata nell'ambito del Progetto Definitivo (2004) e del presente Progetto Esecutivo. Delle unità citate, solo quella delle Argille a Palombini del Passo della Bocchetta (aP) interessa il settore in cui si situa l'intervento in progetto.



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

Figura 1 - Schema tettonico dell'area interessata dal progetto (tratto dal foglio CARG "Genova"). In azzurro, la WBS oggetto di studio. Con BB' è indicata la traccia della sezione geologica rappresentata in Figura 3.

Foglio 213-230 Genova Cartografia Geologica d'Italia Scala 1:50.000			Tratta AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi" Progetto Definitivo			Tratta AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi" Progetto Esecutivo		
Unità Figogna	Argilloscisti di Murta	AGF	Unità Timone – Bric Teiolo	Argilliti a Palombini del passo della Bocchetta	aP	Unità Figogna	Argille a Palombini del passo della Bocchetta	aP
	Argilloscisti di Costagiutta	AGI		Calcarei di Erselli	cE		Metacalcarei di Erselli	cE
	Metacalcarei di Erzelli	ERZ		Scisti silicei	d'		Metasedimenti silicei della madonna della Guardia	dM
	Metasedimenti silicei della madonna della Guardia	MHF		Metabasalti	B'		Metabasalti del Monte Figogna	B'
	Metabasalti del Monte Figogna	MBF		Serpentiniti, serpentinoscisti e oficalci	Se'		Serpentiniti del Bric dei Corvi	Se'
	Serpentiniti del Bric dei Corvi	SPF		-	-		Metaoficalciti di Pietralavezzara	of'
	Metaoficalciti di Pietralavezzara	PLV						
Unità Cravasco-Voltaggio	Scisti filladici del monte Larvego	LRV	Unità Cravasco-Voltaggio	Metargilliti filladiche	f	Unità Cravasco-Voltaggio	Argilloscisti filladici del monte Larvego	f
	Calcarei di Voltaggio	VOL		Calcarei di Voltaggio	cV		Calcarei di Voltaggio	cV
	Metasedimenti silicei dell'Osteria dello zucchero	MHC		-	-		Metasedimenti silicei dell'Osteria dello zucchero	d''
	Metabasalti di Cravasco	CVS		Metabasalti	B''		Metabasalti di Cravasco	B''
	Metagabbri del Monte Lecco	MGC		Metagabbri	mG		Metagabbri	mG
	Serpentiniti di Case Bardane	SPV		Serpentiniti e serpentinoscisti	Se''		Serpentiniti di Case Bardane	Se''
				Metaoficalciti	of''			
Unità Gazzo-Isuverde	Meta-argilliti di Bessega	MBG	Unità Monte Gazzo-Isuverde	Metargilliti nere	Mn	Unità Gazzo - Isuverde	Meta-argilliti di Bessega	Mn
	Calcarei di Lencisa	LEN		Calcarei di Gallaneto	cG		Calcarei di Lencisa	eN
	Calcarei di Gallaneto	GLL		Gessi, anidriti e carniole	gc		Calcarei di Gallaneto	cG
	Gessi del Rio Riasso	GSR		Calcarei dolomiti del Monte Gazzo	dG		Gessi, anidriti e carniole (Gessi del Rio Riasso)	gc
	Dolomie del Monte Gazzo	MDG					Dolomie del Monte Gazzo	dG

Tabella 1 - Tabella nomenclaturale riassuntiva delle unità litostratigrafiche della Zona Sestri-Voltaggio presenti in letteratura, messi a confronto con i termini e le sigle adottate nelle fasi di progettazione Definitiva ed Esecutiva.

4.2 L'unità tettonometamorfica Figogna

L'unità tettonometamorfica Figogna è costituita da un basamento metaofiolitico e dalla relativa copertura metasedimentaria; la successione-tipo presenta alcuni caratteri peculiari rispetto alle sequenze di crosta oceanica delle altre unità: nei basalti, generalmente con tessitura a *pillow*, sono presenti livelli di ialoclastiti e brecce più o meno rimaneggiate, filoni basaltici e dioritici. I gabbri, generalmente ben rappresentati nelle altre unità, sono volumetricamente molto ridotti.

L'unità Figogna corrisponde all'unità denominata "Timone - Bric Teiolo" dagli autori pre-CARG, denominazione adottata anche nel Progetto Definitivo (2004); essa include le seguenti unità:

- Argille a Palombini del Passo della Bocchetta (aP) (suddivise nella cartografia CARG nelle due sottounità degli "argilloscisti di Murta, AGF" e degli "argilloscisti di Costagiutta, AGI");
- Metacalcarei di Erzelli;
- Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia;
- Metabasalti del M. Figogna;
- Serpentiniti del Bric dei Corvi (zona di deformazione di Scarpino).

Uno schema sintetico dei rapporti stratigrafici all'interno dell'unità Figogna è presentato nella successiva Figura 2, da cui si osserva come la successione scisti silicei / metacalcari / argilloscisti costituisca la copertura del substrato ofiolitico costituito essenzialmente da metabasalti + serpentiniti.

Nel Foglio CARG Genova l'unità Figogna è interpretata come una serie ofiolitifera rovesciata, posizionata lungo il fianco inverso di una piega anticlinale plurichilometrica coricata, successivamente ripiegata a formare una struttura regionale sinforme; infatti, come si nota dal profilo geologico di Figura 3 (traccia BB' in Figura 1), la successione basalti / scisti silicei / calcari / argilloscisti rappresentata nella colonna stratigrafica di Figura 2 è rovesciata: infatti i basalti si trovano in posizione geometricamente soprastante, formando la culminazione della dorsale spartiacque e così via gli altri litotipi fino agli argilloscisti, che rappresentano il termine geometricamente più basso.

Secondo gli autori inoltre, le fasi deformative più recenti riattiverebbero i contatti tra le singole formazioni, generando superfici di scollamento lungo cui si determina una strutturazione a sovrascorrimenti interni all'unità (Capponi et al., 2008; cfr. Figura 3).

I metabasalti, relativamente indisturbati, sono interessati, nel settore occidentale dell'unità, da numerose faglie transpressive dirette N-S e a vergenza W, che determinano dei raddoppiamenti (duplex) della sequenza serpentiniti-metabasalti. Queste strutture sviluppano, soprattutto nelle serpentiniti, tessiture cataclastiche che sembrano agire da orizzonte plastico, assorbendo la maggior parte della deformazione. Al limite occidentale dell'unità si osservano inoltre scaglie di termini sedimentari bacinali, pinzate tra le metabasiti e le adiacenti unità Cravasco-Voltaggio e Gazzo.

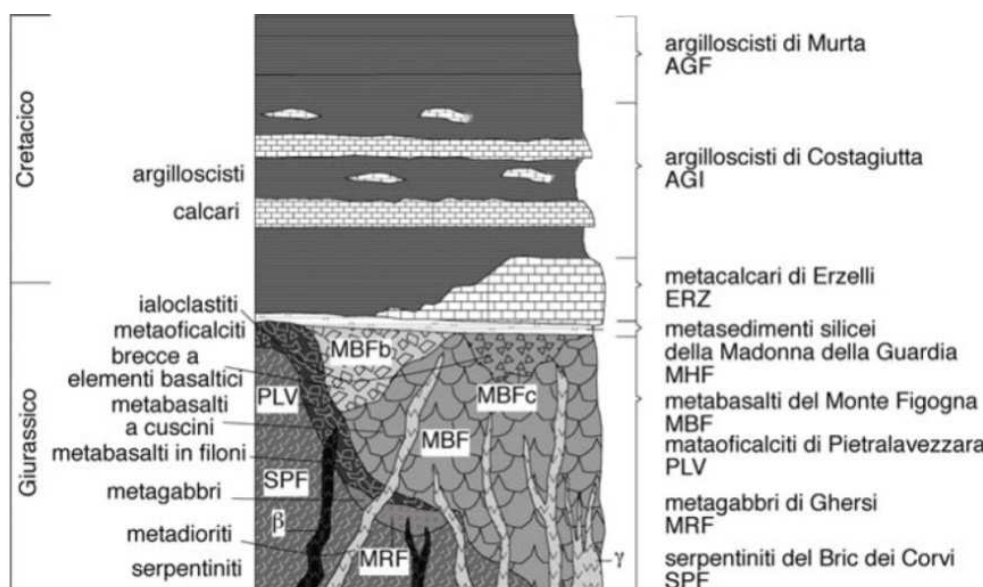


Figura 2 – Schema dei rapporti stratigrafici tra le varie formazioni che costituiscono l'unità tettonometamorfica Figogna (Capponi et al., 2008).

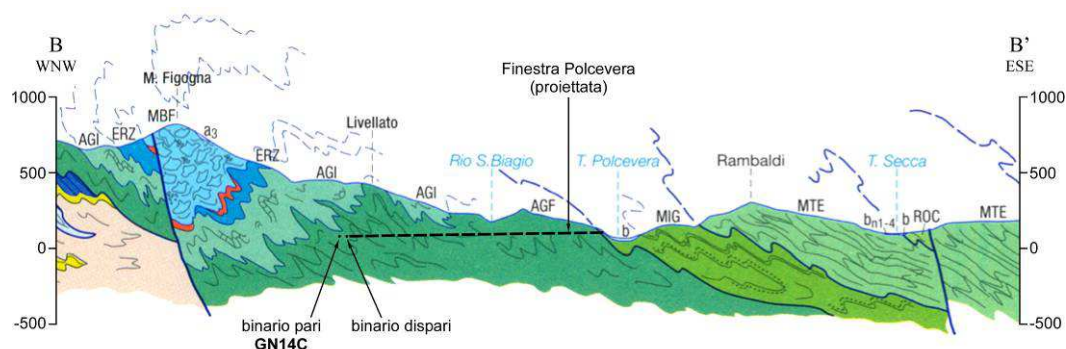


Figura 3 – Stralcio del profilo geologico BB’ attraverso la Val Polcevera e la dorsale del M. Figogna, estratto dal Foglio CARG “Genova”. È riportata la traccia della Finestra Polcevera, ubicata circa 450 m a N della sezione geologica. Per la legenda litologica (sigle) si veda la Tabella 1.

La parte occidentale dell’unità Figogna ricade all’interno di una potente fascia di deformazione tettonica, che arriva a comprendere le dolomie del M. Gazzo, ed è caratterizzata da due piani di deformazione cataclastica di estensione regionale, riferibili a un regime deformativo di tipo transpressivo: la *zona di deformazione di Timone*, coincidente con le “serpentiniti di Case Bardane” della cartografia CARG e la *zona di deformazione di Scarpino*, coincidente con le “serpentiniti del Bric dei Corvi” della cartografia CARG).

4.2.1 *Serpentiniti del Bric dei Corvi (“Serpentiniti, serpentinoscisti e oficalci” nella cartografia PE)*

SPF, Dogger–Malm (Se’ nella cartografia di PE)

Serpentiniti a crisotilo, antigorite e lizardite, a tessitura cataclastica con fenomeni di deformazione duttile legati a pieghe di trascinamento disarmoniche e a strutture di flusso cataclastico sviluppate attorno a litoni di relitti lherzolitici, serpentinitici o di oficalci. Sono localmente presenti filoni di metabasalti rodingitizzati.

Sono distribuite sul fianco occidentale del M. Figogna e allungate in direzione N-S a definire una fascia di taglio cataclastico di potenza pluriettometrica, immergente verso E con inclinazioni medie comprese tra 45° e 65°.

4.2.2 *Metaoficalciti di Pietralavezzara*

of’, Dogger? – Malm? (PLV nella cartografia CARG)

Brecce tettoniche di fondo oceanico, talvolta rimaneggiate, a clasti prevalentemente serpentinitici e a cemento carbonatico, in corpi di dimensioni da decametriche a chilometriche affioranti principalmente tra Pietralavezzara e il Passo della Bocchetta.

4.2.3 *Metabasalti del M. Figogna*

B’, Malm? (MBF nella cartografia CARG)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02 Foglio 12 di 31

Si tratta di metabasalti massivi e a pillow, con orizzonti di breccie basaltiche a tessitura fluidale, più raramente in filoni massicci a tessitura doleritica e con locali filoni decimetrico-metrici di metadioriti. I metabasalti si presentano poco deformati; un accenno di scistosità è più evidente dove si osserva lo stiramento dei pillow, che raramente è accentuato.

Nelle parti centrali della formazione si osservano breccie basaltiche non deformate, con matrice a tessitura fluidale evidenziata da tessiture vacuolari primarie preservate. Presso la cresta spartiacque del M. Figogna sono osservabili facies ialoclastitiche vere e proprie. Più a S, nella cava di Borzoli, ubicata nella parte bassa in asse alla struttura, sono presenti orizzonti di oficalci, interessati da campi di fratture tensionali suturate da calcite.

I metabasalti, relativamente indisturbati da Borzoli al M. Figogna, sono interessati, nel settore occidentale, da numerose faglie transpressive dirette N-S e a vergenza W, che delimitano dei duplex della sequenza serpentiniti-metabasalti. Queste strutture sono associate a tessiture cataclastiche, soprattutto nelle serpentiniti, che nella sequenza serpentinite/basalto sembrano agire da orizzonte plastico, assorbendo la maggior parte della deformazione. A ridosso del limite occidentale dell'unità si osservano nuovamente scaglie dei termini bacinali sedimentari, pinzate tra le metabasiti e le unità Cravasco-Voltaggio e Gazzo. A nord del M. Figogna i metabasalti affiorano in lembi allungati e discontinui di origine tettonica, all'interno della formazione degli argilloscisti di Costagiutta (§ 0), dove sono frequentemente associati a lembi di metasedimenti silicei (§ 4.2.4), metacalcari (§ 4.2.5) e metaoficalciti.

L'opera in progetto ricade interamente all'interno di questa unità.

4.2.4 Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia

dM, Malm? (MHF nella cartografia CARG)

Formano lembi sottilissimi e discontinui, sempre in associazione con i basalti nella caratteristica posizione stratigrafica che questi depositi conservano nelle successioni ofiolitifere. Possono essere rappresentati da scisti silicei, rossi o più raramente verdi e da ftniti zonate con sporadici livelli radiolaritici, oppure da scisti quarzosi rosso-rosati, fittamente foliati e con giunti. Il loro spessore medio non supera di solito i pochi metri (Marini, 1998). Localmente sono intercalati a peliti grigie e possono presentare livelli inquinati da prodotti vulcanoclastici (zona ad ovest del M. Figogna; Cortesogno & Haccard, 1984). Differiscono dai diaspri appartenenti alle serie Liguridi, in quanto queste ultime mostrano caratteri marcatamente propri di radiolariti e selci.

4.2.5 Metacalcari di Erzelli

cE, Malm? - Cretacico Inf.? (ERZ nella cartografia CARG)

Si tratta di calcari microcristallini finemente arenacei di spessore fino a pluridecimetrico, talora foliati, con giunti pelitici; in alcuni strati sono osservabili tracce di gradazione torbiditica (Marini,

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02 Foglio 13 di 31

1998). Questa formazione è stata definita anche come "calcareniti" (Cortesogno & Haccard, 1984), e "*calcaires en bancs*" (Haccard, 1976).

La formazione è costituita da una sequenza serrata di strati deformati di calcari grigi a patina d'alterazione bianco-cinerina; sono riferibili a calcari micritici, spesso impuri per una più o meno abbondante frazione terrigena silicoclastica (soprattutto argilla e quarzo detritico) e con giunti di emipelagiti argillose nere; nelle zone ove questi sono più importanti, gli strati calcarei si presentano spesso boudinati. Accentuati processi di ricristallizzazione sono evidenziati dalla presenza di strati foliati con livelli di fillosilicati concentrati nell'intervallo pelitico maggiormente marnoso.

Gli strati calcarei maggiormente arenacei conservano alla base evidenti laminazioni sedimentarie e mostrano le caratteristiche di originarie torbiditi; la non trascurabile componente terrigena torbiditica farebbe presumere ambienti di deposizione pericontinentali (Marini, 1998).

La potenza è stimata in poche decine di metri, non superando i 50-60 metri nelle zone di migliore affioramento (Est di Erzelli; M. Figogna).

4.2.6 Argille a Palombini del Passo della Bocchetta aP, AGI, AGF (Cretaceo inf.)

L'unità delle "Argille a Palombini del Passo della Bocchetta", descritta come un complesso litostratigrafico unico dagli autori pre-CARG e dal Progetto Definitivo, è stata successivamente suddivisa nel foglio CARG Genova in due sottounità (cfr. Figura 2):

- argiloscisti di Costagiutta (codice CARG: AGI);
- argiloscisti di Murta (codice CARG: AGF).

Per coerenza con il Progetto Definitivo e per evitare eccessive confusioni, si è scelto di mantenere la terminologia e il codice pre-CARG (aP), indicando, dove possibile, l'attribuzione dei litotipi affioranti all'una o all'altra delle due sottounità CARG sopra citate e distinguendo cartograficamente, sempre ove possibile, le due litofacies principali.

Le due sottounità AGI e AGF occupano posizioni strutturalmente e litostratigraficamente distinte: gli argiloscisti di Costagiutta in posizione soprastante, gli argiloscisti di Murta in posizione sottostante; i rapporti reciproci a scala regionale sono esemplificati dal profilo geologico di Figura 3, estratto dal foglio CARG "Genova". Il profilo ha un'orientazione E-W e passa per la sommità del M. Figogna, appena a sud del tracciato della finestra Polcevera. I rapporti geometrico-strutturali tra le due unità sono complicati dalla presenza di sistemi di pieghe ovest-vergenti, riferibili in gran parte all'evento deformativo D3 (§ 4.3.2).

Dal punto di vista litostratigrafico, la sottounità degli **argiloscisti di Costagiutta** è costituita da alternanze di argiloscisti e di calcari cristallini ("Palombini" auct.), metapeliti scistose grigio-nerastre, più o meno siltose, metasiltiti e metaareniti in strati centimetrici, con intercalazioni di metacalcilutiti siltose più o meno marnose, di colore grigio o grigio-bruno in strati e banchi, più frequenti alla base della successione. I cosiddetti "Palombini" sono rappresentati da calcari cristallini comprendenti calcari micritici silicei, di colore grigio scuro tendente al grigio azzurro, a tessitura massiva, più

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02 Foglio 14 di 31

raramente stratificata, calcari arenacei e meno frequenti calcari marnosi, che formano strati e banchi di potenza variabile da pochi cm a 1.5-2 m.

Lo spessore degli strati è generalmente centimetrico, ma nella parte alta della sequenza si osserva una stratificazione più irregolare con strati decimetrici e interstrati pelitici foliati. Sono frequenti noduli allungati e liste di quarzo microcristallino biancastro.

L'assenza di contenuto paleontologico non consente di determinare con precisione l'età della formazione che, per analogia con le Argille a Palombini delle successioni Liguri, è ipotizzata barremiano-albiana (Capponi et al., 2009).

Le giaciture individuate sono frequentemente la media di una stratificazione disturbata da serie di pieghe più o meno frammentate; la scistosità descrive frequentemente pieghe a ginocchio con cerniere più o meno acute e pieghe serrate, a scala da centimetrica a pluridecimetica. Gli argilloscisti di Costagiutta affiorano diffusamente a E della dorsale del M. Figogna e, in misura minore, sul suo lato occidentale, dove sono in contatto tettonico con le unità Gazzo e Cravasco-Voltaggio. Nel settore meridionale del Foglio Genova affiorano soprattutto lungo il T. Chiaravagna e sono segnalati in scavi di fondazione e sondaggi; nel settore settentrionale si estendono diffusamente oltre il confine regionale, da Pietralavezzara a Fraconalto (AL).

Gli **Argilloscisti di Murta** a differenza dei precedenti sono privi dei caratteristici interstrati calcarei, i "Palombini" auct. che hanno dato il nome all'intera formazione. Sono rappresentati da un'alternanza di argilloscisti filladici color grigio scuro e grigio argenteo, a patina sericitica, con intercalazioni di sottili straterelli calcarei, di metasiltiti e di metaareniti fini, color grigio chiaro, nocciola in alterazione, con laminazioni piano-parallele localmente convolute. Gli strati hanno generalmente spessore da centimetrico a decimetrico; sono presenti orizzonti con strati fino a 30 cm di argilliti e metasiltiti.

Il rapporto stratimetrico meta-areniti/meta-peliti è di 1:2. Le superfici di strato su roccia fresca sono normalmente lucide, con veli di sericite talcosa al tatto, talvolta con tracce di scorrimento interstrato e aspetto vetrificato (fenomeni di dinamometamorfismo); possono essere presenti noduli allungati e liste di quarzo microcristallino biancastro. I contatti con le unità sopra- e sottostanti sono di tipo tettonico.

L'unità affiora in una fascia allungata N-S, da Sampierdarena a Campomorone e oltre, in territorio piemontese, separando verso est gli argilloscisti di Costagiutta dall'unità flyschoide di Mignanego (dominio dei Flysch Appenninici). L'età presunta è cretacea.

Le giaciture della stratificazione sono vergenti ad E presso il contatto con il Flysch di Mignanego, mentre nella direzione opposta (verso W) le giaciture sono raramente significative, poiché la stratificazione è disturbata da fitte sequenze di pieghe strizzate alla macroscale con assi orientati circa NNE-SSW.

4.3 Evoluzione strutturale

All'interno dell'unità Figogna i limiti stratigrafici originari sono sovente trasposti ma localmente possono ancora essere considerati come contatti stratigrafici.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02 Foglio 15 di 31

L'evoluzione strutturale che caratterizza le unità tettonometamorfiche presenti nell'area è definita da quattro eventi deformativi principali (Capponi & Crispini, 1997). Le associazioni strutturali legate a questi quattro eventi sono riferibili a traiettorie seguite dai volumi rocciosi attraverso livelli cristallini via via più superficiali.

4.3.1 Gli eventi deformativi D1 e D2

I primi due eventi, definiti D1 e D2, hanno caratteri geometrici simili e sono rappresentati da sistemi di pieghe isoclinali-traspositive a tutte le scale, cui si accompagna lo sviluppo di una superficie composita, pervasiva a scala regionale, che è generalmente quella più evidente alla scala dell'affioramento (scistosità principale o SP).

Le pieghe D1/D2 hanno assi orientati tra NNW-SSE e NNE-SSW e piani assiali immergenti a medio-alto angolo generalmente verso E; l'inclinazione della SP aumenta procedendo da W a E, fino a divenire subverticale in corrispondenza della Zona Sestri-Voltaggio.

Le pieghe D1/D2 sono distinguibili tra loro con certezza solo quando sono sovrapposte geometricamente e possono assumere geometrie variabili tra le pieghe cilindriche e le pieghe a guaina. Nell'unità Figogna, le paragenesi metamorfiche sin-D1/D2 sono quelle tipiche della facies a pumpellyite-actinolite (Crispini & Capponi, 2001).

4.3.2 L'evento deformativo D3

L'evento deformativo D3, sviluppatosi in condizioni metamorfiche comprese tra le facies scisti verdi e scisti verdi inferiore, è caratterizzato dalla coesistenza di sistemi di pieghe e zone di taglio, che testimoniano una progressiva transizione delle unità tettonometamorfiche verso livelli cristallini più superficiali (Capponi & Crispini, 2002).

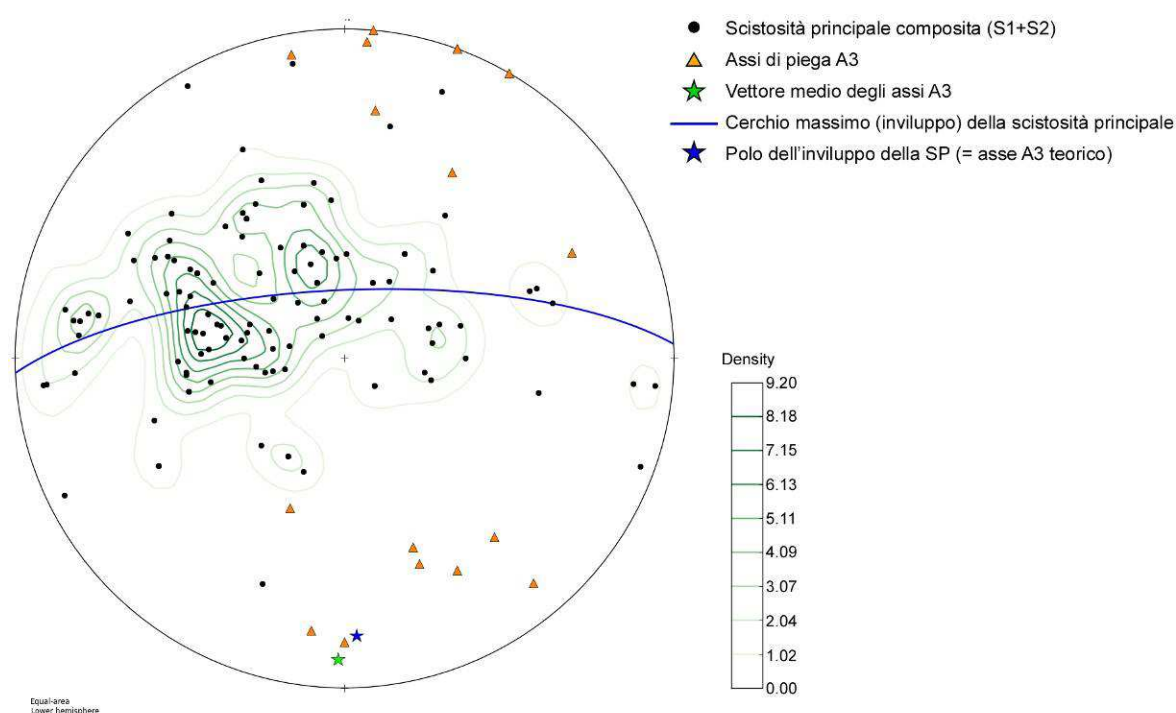
Le pieghe D3 sono strutture aperte da submillimetriche a pluriometriche (es. Figura 5), con assi debolmente inclinati sia verso NNE che verso SSW. Questa fase deformativa verticalizza la foliazione regionale SP e i fianchi delle strutture D1/D2 e si esprime in modo abbastanza eterogeneo.

Alle pieghe di piegamento D3 si associano, soprattutto in zona di cerniera e lungo i fianchi rovesciati, zone di taglio duttile-fragile, a basso angolo e con cinematismo inverso; queste zone sono subparallele ai piani assiali 3 con direzione WNW-ESE e hanno caratteri che testimoniano un'intensa attività di fluidi carbonatici tipica di sistemi idrotermali a controllo tettonico. L'azione metasomatica è stata tale da idratare e carbonatare le rocce trasformandole; le serpentiniti, ad esempio, sono state trasformate in scisti a clorite, tremolite e actinolite, oppure in serpentiniti carbonatate.

Queste zone di taglio si sono probabilmente sviluppate progressivamente, in un ampio intervallo di tempo: esse possono infatti sia tagliare le pieghe D3, sia essere piegate da queste. L'analisi cinematica condotta dagli autori citati suggerisce per l'evento D3 una direzione regionale di raccorciamento finito con direzione NW-SE.

4.3.2a La deformazione D3 nelle Argille a Palombini dell'area di studio

L'assetto strutturale della formazione delle "Argille a Palombini" è caratterizzato dalla presenza di una scistosità composita (S1+S2) pervasiva, con orientazione molto dispersa ma nel complesso con disposizione media tangente a un cerchio massimo ("best-fit girdle" in Figura 4) con giacitura 358/73. Questa disposizione della SP, che determina in affioramento giaciture immergenti sia verso E sia verso W, è determinata da una fitta successione di pieghe con stile da aperto a serrato, sovente disarmoniche e con fianchi rovesciati, ad asse mediamente diretto N-S, riferibili all'evento deformativo D3 precedentemente descritto.



file: [P(dd)] SP_Polcevera Sud.txt
n = 125

Data do not significantly from uniform at the 0.95 level

file: [L] A3_Polcevera Sud.txt
n = 17

Data differ significantly from uniform at the 0.95 level

Expected Distribution: Cluster
Preferential Orientation: Weak

Expected Distribution: Girdle
Preferential Orientation: Weak

Eigenvector 3: azimuth/plunge = 177.5 / 16.9
Best-fit Girdle: dipdir/dip = 357.5 / 73.1

Eigenvector 1: azimuth/plunge = 181.2 / 9.5

Figura 4 – Proiezione stereografica equiareale di Schmidt (emisfero inferiore) relativa ai dati strutturali misurati negli argilloscisti affioranti nel settore di studio. Le giaciture misurate sul terreno sono individuate dai seguenti simboli: cerchi (SP), quadrati (SP+1), triangoli (A3).

In superficie si osservano serie di pieghe decimetrico-metriche a tutte le scale (Figura 5), che interessano in maniera pervasiva l'ammasso roccioso e che si associano allo sviluppo di un clivaggio spaziatto di piano assiale (SP+1), localmente passante a una vera e propria scistosità (S3) che occasionalmente oblitera quasi la SP composita preesistente.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02	Foglio 17 di 31

Nel settore della WBS in esame i piani assiali D3 e la foliazione S3 associata immergono mediamente verso E tra 20 e 70° ca. L'involuppo delle giaciture della SP composita identifica un asse di piega A3 (teorico) con giacitura 178/17 (asterisco blu in Figura 4).

L'asse A3 teorico (che coincide con il polo del "best fit girdle") è in ottimo accordo con la giacitura degli assi di piega A3 misurati sul terreno, identificati dai simboli a triangolo in Figura 4.

Le più antiche pieghe isoclinali D1+D2 associate allo sviluppo della SP formano per lo più cerniere intrafoliali trasposte, visibili a scala decimetrica o centimetrica; non sono individuabili strutture di maggiori dimensioni riferibili alle fasi deformative precoci.

Nel complesso quindi, l'ammasso roccioso presenta una forte anisotropia data dalla scistosità principale pervasiva, con struttura molto eterogenea a scala metrico-decametrica, ma relativamente uniforme alla scala dell'intera opera. Allo stato attuale delle conoscenze, l'assetto geologico in corrispondenza della WBS in oggetto si può comunque ritenere noto con sufficiente precisione, data la notevole omogeneità litologica della formazione degli Argilloscisti di Murta (AGF).

Il modello geologico di riferimento locale è supportato dai dati derivanti da alcuni sondaggi eseguiti in fase di PP e di PD nelle immediate vicinanze dell'opera, in particolare i sondaggi AA301G047, AA301G050 e AA301G049 (PP) e SC21 (PD).

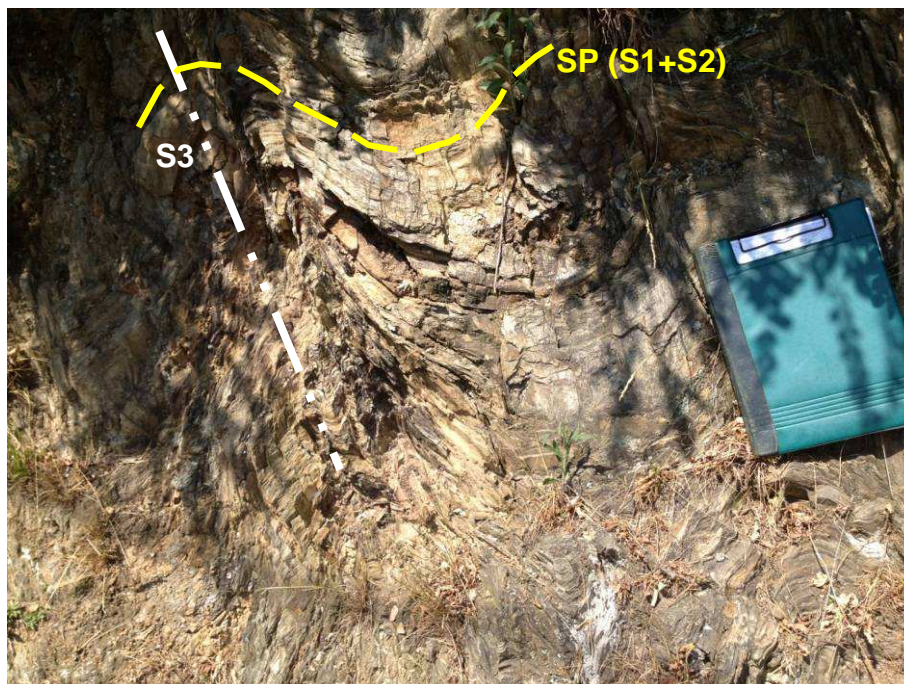


Figura 5 – Argilloscisti pieghettati dalla fase D3 nel settore a W della borgata di Trasta. Si nota un evidente clivaggio di piano assiale, con spaziatura centimetrica, legato alle pieghe D3.

Sulla base di tutte le informazioni disponibili, il modello geologico di riferimento è da considerare sufficientemente affidabile, pur tenendo conto dell'estrema variabilità strutturale, in particolare per quanto riguarda la giacitura della foliazione principale che per effetto di pieghe aperte di fase D3 a scala decametrica e/o per la possibile presenza di zone di faglia e/o piani di taglio cataclastico non individuati sul terreno e in sondaggio.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02 Foglio 18 di 31

Si tratta comunque di differenze relativamente poco significative rispetto al quadro di riferimento generale delineato nel presente rapporto.

Per quanto riguarda la presenza in profondità di lenti di metabasalti e associati scisti silicei, questa appare un'evenienza alquanto improbabile, poiché tali intercalazioni di natura tettonica si rinvenivano nell'unità delle Argille a Palombini esclusivamente a nord del settore M. Figogna / Campomorone.

4.3.3 *L'evento deformativo D4*

L'evento deformativo D4 è espresso omogeneamente da un'associazione strutturale di pieghe, sovrascorrimenti e sistemi di faglie.

Le pieghe D4 sono strutture aperte plurichilometriche, con assi suborizzontali diretti tra N-S e NW-SE. I piani assiali sono inclinati verso W e sono talora associati a clivaggi che sviluppano minerali della facies a zeoliti. Si tratta di strutture fortemente asimmetriche, con una marcata vergenza tra E e NE.

Le pieghe D4 deformano i livelli di età oligocenica del Bacino Terziario Piemontese (Capponi et al., 2001) senza tuttavia coinvolgere i termini del Miocene inferiore; grazie a questi vincoli stratigrafici è possibile delimitare l'evento D4 alle fasi iniziali del Miocene inferiore.

I fianchi delle pieghe D4 sono frequentemente riattivati come sovrascorrimenti, con direzione di trasporto tra E e NE, associati allo sviluppo di rocce di faglia di potenza fino a decametrica. Queste strutture sono caratterizzate da fronti con persistenza chilometrica e sono associate a mineralizzazioni a zeolite, clorite e carbonati, indicative di livelli crostali piuttosto superficiali.

4.3.4 *Contatti tra le unità*

Secondo Capponi et al. (2008) il contatto tettonico tra l'unità Figogna e le due unità adiacenti Cravasco-Voltaggio e Gazzo-Isoverde è posteriore alla fase composita D1+D2 ed è caratterizzato da zone di taglio milonitiche e cataclastiche sviluppate principalmente nei litotipi argillitici delle diverse unità.

Lungo la foliazione milonitica degli argilloscisti dell'unità Figogna sono presenti lenti da decametriche a chilometriche di metaofioliti, calcari e gessi che, secondo Capponi et al. (2008), costituiscono dei *boudin* trasposti lungo zone di taglio milonitico antecedenti alla deformazione D3, dalla quale risultano piegati.

Le unità tettoniche orientali, composte da flysch non metamorfici, sono sovrapposte tettonicamente all'unità tettonometamorfica Figogna secondo superfici immergenti verso est, anche se il riconoscimento dei contatti è problematico per la convergenza litologica dei litotipi e per la scarsa percentuale di affioramento.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02 Foglio 19 di 31

4.3.5 Deformazione fragile

All'evento D4 vengono riferiti alcuni sistemi di faglie ad alto angolo, organizzati in due diversi domini strutturali (Capponi et al., 2009), a nord e a sud del settore di contatto tra l'Unità Voltri e la Zona Sestri-Voltaggio. Nel dominio settentrionale le faglie hanno direzioni NW-SE e NE-SW, mentre in quello meridionale sono presenti faglie dirette N-S e NE-SW. L'andamento della Zona Sestri-Voltaggio, delimitata da queste strutture, è caratterizzato a N da direzioni NW-SE, al centro da direzioni NNE-SSW e infine a S da direzioni N-S.

Gli indicatori cinematici forniscono sensi di movimento prevalentemente trascorrenti destri, molte volte con componente inversa. Nelle zone di faglia N-S e NW-SE sono inoltre comuni strutture "a fiore" positivo.

Le faglie del sistema NE-SW sono solitamente meno persistenti e possono tagliare i sistemi di faglie N-S e NW-SE. Queste strutture sono localmente molto frequenti, definendo zone di concentrazione della deformazione, che possono agire come svincoli meccanici (*tear faults*) dei sovrascorrimenti D4.

Sistemi minori di faglie normali dirette NNE-SSW e WSW-ENE ed E-W, con persistenza anche chilometrica, possono tagliare tutte le strutture precedenti. In tutti i sistemi di faglie sono comuni fenomeni di riattivazione tardiva con movimenti di tipo normale.

Le associazioni strutturali D4 (pieghe + faglie) sono geometricamente e cinematicamente congruenti con un raccorciamento regionale di direzione NE-SW, correlato all'instaurarsi di un regime transpressivo destro attivo fino all'inizio del Miocene inferiore. Questo quadro cinematico sarebbe in accordo con il contesto geodinamico oligocenico-miocenico di questo settore della catena alpina, caratterizzato da una tettonica transpressiva legata alla convergenza obliqua delle placche europea e adriatica. In particolare, la zona Sestri-Voltaggio rappresenterebbe un sistema di svincolo destro di ordine minore, necessario ad accomodare la trascorrenza regionale sinistra del bordo meridionale della placca Adria (Capponi et al., 2008).

4.3.5a La deformazione fragile nell'area di studio

Nell'area di studio non sono state individuate in affioramento faglie significative, anche e soprattutto perché le condizioni di affioramento non sono favorevoli alla loro osservazione e gli indizi morfologici e fotogeologici non appaiono sufficienti, da soli, a stabilire se nell'area siano presenti o meno delle strutture fragili importanti.

Le riprese aeree disponibili consentono comunque di individuare alcuni fotolineamenti, ad esempio brusche variazioni della direzione degli alvei, tratti di impluvio approssimativamente rettilinei o scarpate con andamento lineare, che potrebbero corrispondere, almeno in alcuni casi, a zone di maggiore debolezza del substrato individuate da faglie e fratture, lungo le quali si imposta di preferenza l'erosione. La bassa percentuale di affioramento non consente tuttavia una verifica efficace dei singoli fotolineamenti sul terreno.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02 <table border="1" style="float: right; margin-left: 20px;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Foglio 20 di 31</td> </tr> </table>	Foglio 20 di 31
Foglio 20 di 31		

I principali set di lineamenti identificati hanno direzione ENE-WSW (L1), WNW-ESE (L3), NNE-SSW (L4) e NNW-SSE (L5); il set L2 con direzione N-S identificato nel settore della Val Polcevera verso Genova, non appare qui rappresentato.

Ai fotolineamenti osservati si aggiungono alcune faglie, individuate dalla cartografia CARG, che sono da considerare solo presunte, in quanto sul terreno non vi è una chiara evidenza della loro presenza; infatti, l'apparente dislocazione delle unità litostratigrafiche lungo tali strutture, indicata nel Foglio "Genova", spesso non è chiaramente determinabile sul terreno, a causa della bassa percentuale di affioramento e potrebbe essere spiegata altrettanto efficacemente con semplici variazioni della giacitura legate alla deformazione duttile.

Per tale motivo, allo stato attuale delle conoscenze, la loro presenza è solo presunta ma non accertata.

Per quanto riguarda le discontinuità minori, si può osservare che:

- piccoli piani di taglio a medio-basso angolo non cartografabili (mesofaglie), associati a cataclasi di spessore centimetrico, sono talora osservabili negli argilloscisti in associazione a clivaggi di piano assiale di pieghe aperte D3; l'associazione tra piani assiali D3 e zone di taglio cataclastico a cinematismo inverso è riconosciuta in diversi altri settori della Val Polcevera.
- Zone di relativo incremento della deformazione fragile ed eventualmente di cataclasi possono infine essere associate a scorrimenti interstrato (*slip* flessurale), anch'essi legati al piegamento D3.

In definitiva, è molto probabile che l'ammasso roccioso possa essere interessato da alcune strutture fragili che, in base a quanto si osserva sul terreno e in sondaggio, dovrebbero essere di potenza relativamente ridotta (alcuni metri) e non dovrebbero determinare un peggioramento diffuso delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso, al di fuori della *damage zone* loro associata.

4.4 Depositi quaternari

4.4.1 Coltre detritico colluviale

La coltre detritica ha, nell'area considerata, caratteri litologici fortemente condizionati dalla litologia del substrato. I Metabasalti (B') si presentano intensamente fratturati, soprattutto in superficie e la coltre detritico-colluviale che si origina da questi litotipi ha, sui versanti e nelle zone di cresta, uno spessore esiguo, inferiore a 1 m; negli impluvi e al piede dei versanti, processi di dissesto superficiale possono accumulare spessori di materiale detritico più consistenti (da 3 a 6 m).

Nell'area di studio, il detrito di versante è costituito da elementi ruditici da medi a grossolani, con matrice fine da scarsa ad assente; sulla base delle osservazioni effettuate in sito lo spessore medio di questi depositi può essere cautelativamente valutato in circa 1-3 m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02 <table border="1" style="float: right;"> <tr> <td>Foglio 21 di 31</td> </tr> </table>	Foglio 21 di 31
Foglio 21 di 31		

4.4.2 Depositi di frana

Nell'area rilevata per lo studio della WBS in oggetto non sono state osservate frane della tipologia descritta, né ve ne sono segnalate/riportate nella cartografia ufficiale consultata; tuttavia, poichè questi dissesti perdono rapidamente l'evidenza morfologica, sia a causa della densa vegetazione, sia a causa del progressivo rimodellamento delle nicchie di distacco e dei corpi di accumulo, non si può escluderne la locale presenza.

4.4.3 Depositi alluvionali

Sono costituiti principalmente da ghiaie medie e grossolane a matrice sabbiosa e da ghiaie e sabbie limose.

I torrenti minori dell'area, tributari del Polcevera, presentano sempre depositi alluvionali discontinui e di spessore ridotto, per lo più inferiore a 1 m, costituiti da ghiaie sabbiose e sabbie limose; i corsi d'acqua presenti nell'area di studio e, più in generale, in tutto il settore della Val Polcevera, sono caratterizzati da una marcata attività erosiva e da alvei in costante approfondimento, per cui il letto di questi corsi d'acqua è in gran parte caratterizzato dall'affioramento del substrato prequaternario.

La Val Polcevera è occupata in buona parte da depositi alluvionali grossolani, poiché riceve apporti dallo smantellamento dei rilievi impostati non solo nelle formazioni argillitiche e flyschoidi, ma anche nelle rocce metamorfiche della ZSV. Dati di sondaggi mettono comunque in evidenza anche settori con matrice a forte componente limosa e subordinatamente argillosa, a conferma dell'alimentazione molto eterogenea. Verso lo sbocco a mare tali livelli raggiungono un notevole spessore (pluridecamentrico). Lo spessore dei depositi alluvionali della Val Polcevera (risalenti fino al Pliocene inferiore) è per lo più irregolare poiché essi colmano una superficie erosionale che, verso il settore a mare, può raggiungere i - 30/- 35 m rispetto all'attuale livello marino.

5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

5.1 Considerazioni generali

La zona interessata dallo sviluppo della linea MI-GE è stata suddivisa su base litologica in diversi *complessi idrogeologici* (cfr. § 5.2) a permeabilità differente. I sistemi di flusso idrico sotterraneo possono svilupparsi all'interno di un solo complesso idrogeologico, quando questo è limitato lateralmente da complessi meno permeabili, oppure possono attraversare più complessi permeabili adiacenti.

In generale sono stati distinti complessi permeabili per porosità e complessi permeabili per fratturazione. I primi sono essenzialmente i complessi costituiti da depositi sciolti superficiali (depositi quaternari) dove, essendo assenti fenomeni di cementazione o di metamorfismo, è presente una porosità primaria significativa. I secondi sono i complessi sviluppati in litotipi del substrato prequaternario che, essendo caratterizzati da fenomeni di cementazione (Bacino Terziario Piemontese) o di metamorfismo (substrato metamorfico alpino), possiedono una permeabilità

primaria per porosità non significativa o, comunque, di diversi ordini di grandezza inferiore rispetto alla permeabilità per fratturazione.

La permeabilità delle unità di basamento prequaternario nell'area di interesse è molto spesso anisotropa e il flusso avviene preferenzialmente lungo discontinuità più o meno diffuse al loro interno. A rigore in contesti di questo tipo dovrebbero essere definite le permeabilità lungo i sistemi di frattura, ma ciò di fatto non è realistico per i seguenti motivi:

- alla scala dei tunnel e ancor di più alla scala del massiccio, le permeabilità delle singole fratture, o dei singoli sistemi di fratture, non sono particolarmente significative, poiché la circolazione sotterranea avviene sempre lungo percorsi misti, che sfruttano più sistemi di fratture variamente interconnessi.
- Per definire il grado di permeabilità dei singoli sistemi di fratture sarebbero necessari studi di estremo dettaglio sullo stato di fratturazione, che varia da zona a zona, studi evidentemente non realizzabili nell'ambito di opere lineari di lunghezza di diverse decine di chilometri.
- Le prove idrauliche in foro, strumento principale attraverso cui viene definito il grado di permeabilità, restituiscono valori medi calcolati in una camera di prova che comprende generalmente più fratture.

Per le precedenti ragioni si è ritenuto opportuno introdurre una semplificazione, riconducendo la permeabilità discontinua dell'ammasso roccioso a quella di un mezzo poroso e facendo quindi riferimento al concetto di "permeabilità equivalente", ovvero ad un tensore di permeabilità, del quale per la classificazione è stato considerato il valore maggiore.

Nel presente capitolo ai fini descrittivi si farà riferimento alle classi di permeabilità indicate nella successiva Tabella 2.

Classe	Conducibilità idraulica in m/s	Descrizione
K1	$> 10^{-4}$	molto alta
K2	10^{-5} a 10^{-4}	alta
K3	10^{-6} a 10^{-5}	medio-alta
K4	10^{-7} a 10^{-6}	media
K5	10^{-8} a 10^{-7}	bassa
K6	$< 10^{-8}$	molto bassa

Tabella 2 – Descrizione delle classi di conducibilità idraulica utilizzate (N.B.: la classificazione non è valida per le rocce carsiche, per le quali è necessaria una valutazione specifica).

Nell'ambito degli studi idrogeologici eseguiti e quindi, anche, nel presente rapporto, in luogo del termine "permeabilità", ove si fa riferimento a valori fisici numericamente definiti, è stato di solito più correttamente impiegato il termine di "conducibilità idraulica" (K, espressa in m/s), dal momento che i valori fisici a cui si fa riferimento tengono conto delle proprietà del mezzo acquoso (densità unitaria, temperatura di 20°C ecc.), mentre la "permeabilità" (k, espressa in m²) sarebbe in realtà una proprietà intrinseca dell'acquifero, indipendentemente dal fluido che lo permea. Si continuerà invece ad utilizzare il termine "permeabilità" o "grado di permeabilità" per indicare genericamente e

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02 Foglio 23 di 31

a livello concettuale le proprietà idrogeologiche dei diversi ammassi, senza specifici riferimenti a valori fisici numericamente definiti.

Un'ulteriore premessa a carattere più generale è che, con riferimento alla permeabilità nel substrato cristallino, indipendentemente dagli aspetti legati alla litologia, si possono distinguere due diversi contesti:

1. ammasso roccioso in normali condizioni di fratturazione;
2. zone di faglia.

Il contesto di tipo 1 è quello largamente dominante; la permeabilità è indotta dalla presenza di un reticolo di fratture poco persistenti lateralmente (metri-decametri), o al più da faglie discrete con zona di tettonizzazione cataclastica di spessore modesto (dell'ordine del metro) e persistenza anch'essa modesta (metri-decametri). Ciò significa che a scala decimetrica, o metrica, talora, si possono avere permeabilità anche piuttosto elevate, determinate dalla presenza di singole fratture aperte o faglie discrete, ma a scala decametrico-ettometrica la permeabilità media risulta per lo più bassa, poiché le fratture hanno un grado d'interconnessione reciproca non molto elevato.

Il contesto di tipo 2 è subordinato e correlato alla presenza di zone di faglia cataclastiche principali di spessore plurimetrico fino a decametrico, in cui oltre a una densità di fratturazione molto elevata, possono essere presenti anche livelli di brecce tettoniche (materiale pseudo-poroso). In questo contesto la permeabilità è generalmente piuttosto alta, poiché il grado di interconnessione tra le fratture è elevato e sovente le fratture presentano riempimenti granulari poco coesivi (brecce e microbrecce). Si deve comunque tenere conto del fatto che nelle zone di faglia le rocce cataclastiche più permeabili costituiscono due salbande dette "zone di danneggiamento" poste sui due lati di una fascia maggiormente deformata detta "zona di nucleo". In questa fascia può essere presente una maggior quantità di materiale a grana fine (gouge) poco permeabile. La zona di nucleo può pertanto costituire un setto poco permeabile più o meno potente, interno alla fascia permeabile.

L'attribuzione del grado di permeabilità ad ogni complesso idrogeologico attraversato dal tracciato di progetto è basata sui dati di conducibilità misurati nei sondaggi e disponibili in letteratura. Laddove non sono disponibili valori misurati o quando i dati disponibili non garantiscono un'adeguata rappresentatività statistica, la stima della conducibilità è stata basata su una analisi critica dei dati geologici terreno e sull'analogia con formazioni con caratteristiche idrodinamiche simili. Durante le fasi di rilevamento di terreno è stata prestata particolare attenzione alla descrizione dello stato di fratturazione e del grado di cementazione.

Va inoltre specificato che i valori di conducibilità idraulica forniti si riferiscono ad una scala decametrica o pluridecametrica, significativa per la dimensione delle opere in progetto. A piccola scala (metrica o plurimetrica), come già ricordato in precedenza, potrebbero essere incontrati valori anche più elevati di quelli indicati nel presente rapporto e negli elaborati correlati, dal momento che a tale scala la permeabilità potrebbe essere governata dalle caratteristiche idrauliche di singole fratture. Questi elementi tuttavia spesso risultano poco interconnessi a scala maggiore, risultando ininfluenti per considerazioni idrogeologiche a scala medio-grande quale quella di interesse per il presente lavoro.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02
	Foglio 24 di 31

Durante la fase di perforazione dei sondaggi geognostici del PP e del PD sono state eseguite prove di tipo Lefranc e Lugeon (campagne geognostiche 1992-1993, 1996, 2001-2002 e 2004). I valori di conducibilità, espressi in Unità Lugeon e in m/s, sono stati dedotti dall'interpretazione delle prove idrauliche.

I terreni testati presentano, nella maggior parte dei casi, un grado di permeabilità primario basso o molto basso; il deflusso idrico sotterraneo è quindi determinato dalla permeabilità per fratturazione, condizionata dal grado di interconnessione dei sistemi di fratture.

Per quanto riguarda più strettamente l'opera in progetto, questa è interamente realizzata all'interno del substrato prequaternario, che rappresenta un acquifero dalla produttività e dalla connettività idraulica limitate.

L'acquifero residente nei depositi quaternari superficiali è confinato, alla base, all'orizzonte superiore del substrato prequaternario più alterato e detensionato, che ha una permeabilità più elevata del substrato indisturbato.

5.2 Complessi idrogeologici

La zona interessata dal progetto della linea del III Valico è stata suddivisa, su base litologica, in diversi *complessi idrogeologici* a permeabilità differente.

I sistemi di flusso idrico sotterraneo possono svilupparsi all'interno di un solo complesso idrogeologico, quando questo è limitato lateralmente da complessi meno permeabili, oppure possono attraversare più complessi permeabili adiacenti.

I complessi interessati dall'opera in progetto sono descritti di seguito.

5.2.1 Complesso 4 (c, d, aF)

In quest'area i depositi quaternari dominanti sono quelli della coltre detritico-colluviale che si forma a spese del substrato sottostante. La coltre ha spessore variabile, compreso tra 1 e 3 metri, a seconda della posizione rispetto al versante e del substrato da cui deriva. Solo localmente raggiunge lo spessore di 15-20 metri.

La coltre, nelle porzioni più pellicolari, è costituita da elementi litoidi di taglia da subcentimetrica a decimetrica, immersi in matrice limoso-sabbiosa, e con caratteristiche variabili in funzione del litotipo di provenienza; per questo tipo di depositi si può parlare di conducibilità idraulica per porosità primaria. In profondità, dove il deposito consiste principalmente del substrato disarticolato si passa ad un contesto misto di permeabilità per fratturazione e porosità a seconda del grado di allentamento dell'ammasso roccioso.

Non sono disponibili prove di tipo idraulico per i depositi quaternari ma sembra comunque ragionevole presupporre una conducibilità stimata compresa tra 1×10^{-6} e 1×10^{-8} m/s; localmente si potrebbero riscontrare conducibilità maggiori (fino a 1×10^{-5} m/s).

5.2.2 Complesso 17 (B', B'', mG)

I litotipi di questo complesso idrogeologico presentano un comportamento reologico generalmente più fragile rispetto a quello dei litotipi della maggior parte degli altri complessi. Ciò determina una maggior persistenza e spesso anche pervasività delle fratture; pertanto il grado di permeabilità, anche in condizioni di normale stato di fratturazione (ovverosia fuori dalle zone di faglia), risulta maggiore che negli altri complessi.

I test idraulici disponibili sull'intera area di progetto indicano per l'ammasso roccioso al di fuori delle zone di faglia, conducibilità idrauliche prevalenti variabili tra 1×10^{-6} e 1×10^{-7} m/s come evidenziato dal diagramma di Figura 6.

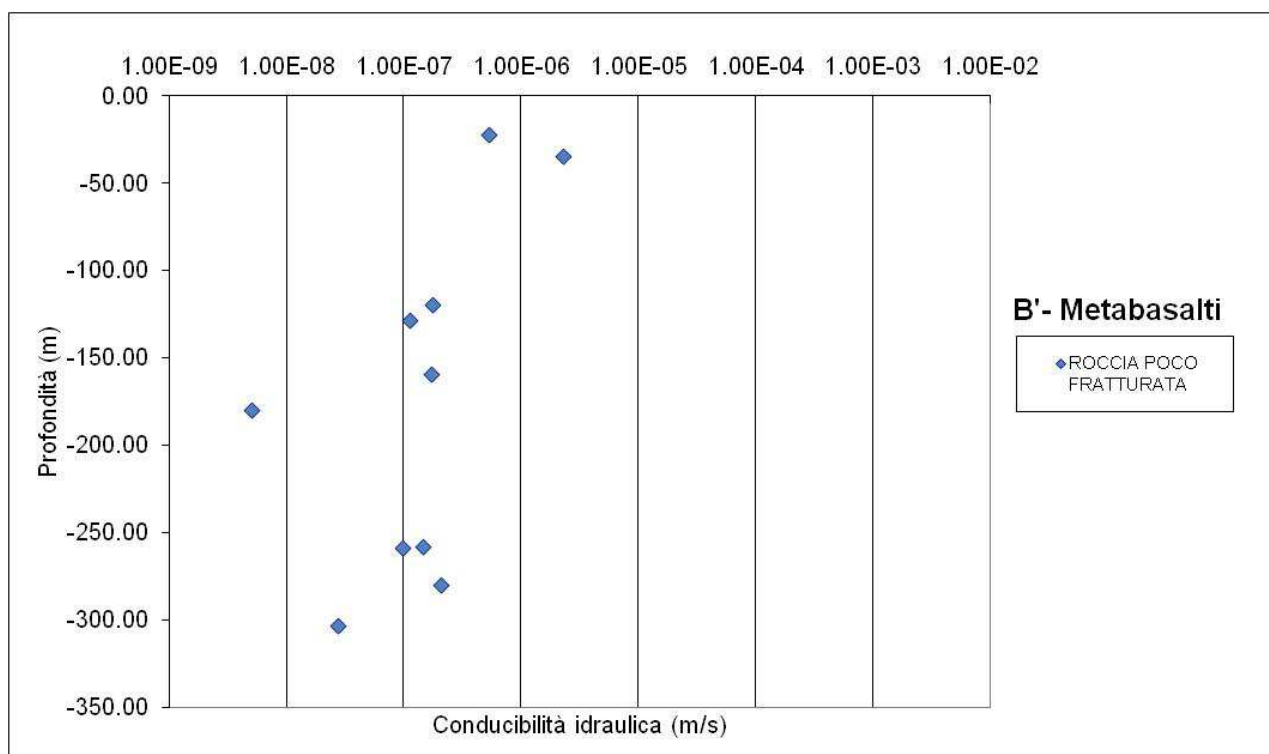


Figura 6. Grafico delle conducibilità idrauliche per i metabasalti da prove in foro di sondaggi del progetto preliminare e definitivo.

Localmente si sono riscontrate anche conducibilità minori (fino a 1×10^{-8} m/s), che possono essere correlate a un basso stato di fratturazione o a una scarsa apertura delle fratture legata alla elevata copertura topografica.

Nelle zone di faglia non sono stati eseguiti test idraulici. Per questi elementi tettonici sono comunque state stimate delle conducibilità idrauliche dell'ordine dei $1 \times 10^{-4}/1 \times 10^{-7}$ m/s. Infatti le osservazioni di terreno hanno messo in luce la presenza di faglie mediamente caratterizzate da un'ampia zona di danneggiamento in cui il grado di fratturazione e quindi la permeabilità, sono più elevate. La zona di nucleo generalmente non è caratterizzata dalla presenza di rocce di faglia ma da un piano di frattura principale con permeabilità analoghe a quelle della zona di danneggiamento.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 26 di 31</p>

Pertanto fenomeni di compartimentazione lungo la faglia, pur non potendo essere esclusi, sono ritenuti poco probabili.

6 ASPETTI CORRELATI ALLA GEOMORFOLOGIA E ALLA GEOLOGIA DEL QUATERNARIO

L'area indagata si localizza lungo il versante idrografico destro del T. Polcevera. Le principali espressioni morfologiche del settore sono correlate all'evoluzione dei versanti per gravità e alla dinamica fluviale.

I corsi d'acqua sono in generale fase di arretramento per erosione regressiva dei settori di testata, il che determina una graduale tendenza all'approfondimento anche lungo la parte intermedia dell'asta. Il marcato ringiovanimento del reticolo è evidenziato da fenomeni accentuati di erosione spondale e di fondo, spesso all'origine di fenomeni di instabilità dei versanti immediatamente affacciati sui corsi d'acqua.

I versanti dell'area di studio sono relativamente acclivi. In corrispondenza degli Argilloscisti di Murta (AGF) o le Argilliti di Mignanego (MIG) predominano versanti con acclività del 30-50%, con suscettibilità al dissesto potenzialmente più elevata rispetto agli altri settori, date le scadenti caratteristiche geomeccaniche e geotecniche degli ammassi rocciosi (soprattutto per quanto riguarda lo strato di alterazione superficiale, che può raggiungere alcuni metri di spessore) e dei terreni di copertura da essi derivati.

L'inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) reperibile sul sito dell'ISPRA (193.206.192.136/cartanetiffi) e i dati relativi al PAI non segnalano particolari fenomeni di dissesto o di pericolosità idrogeologica.

Dal punto di vista della dinamica fluviale i processi erosivi dovuti alle acque di ruscellamento e alla dinamica dei corsi d'acqua sono piuttosto intensi; si osservano frequenti fenomeni di ruscellamento diffuso, erosione concentrata di fondo lungo gli impluvi e dilavamento dei versanti con asportazione parziale della coltre di suolo superficiale.

7 PROBLEMATICHE CONNESSE ALLA REALIZZAZIONE DELL'OPERA

L'opera in progetto andrà ad insistere in parte su un livello costituito da i) depositi detritico colluviali; ii) limitati settori con materiale di riporto di 1-2 metri di spessore circa; iii) Metabasalti del M. Figogna (B').

I depositi detritico colluviali a supporto di clasti di metabasalti in scarsa matrice costituita da limi sabbiosi; sulla base delle osservazioni effettuate in sito lo spessore medio di questi depositi può essere cautelativamente valutato in circa 1-3 m.

I metabasalti del M. Figogna sono costituiti da metabasalti massivi e a pillow, con orizzonti di brecce basaltiche a tessitura fluidale, più raramente in filoni massicci a tessitura doleritica e con locali filoni

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 27 di 31</p>

decimetrico-metrici di metadioriti. I metabasalti si presentano poco deformati; un accenno di scistosità è più evidente dove si osserva lo stiramento dei pillow, che raramente è accentuato.

Dal punto di vista geologico e geotecnico non sussistono, criticità particolari. L'unico elemento da tenere in considerazione è la scarsa qualità geotecnica e i) della coltre detritico colluviale (ed eventuale materiale di riporto) presente nell'area. Soprattutto nei settori in cui questi depositi presentano spessore maggiore ed in cui il versante è maggiormente acclive sarà necessario eseguire le opportune valutazioni circa la stabilità del versante durante tutte le fasi di cantierizzazione.

L'inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) reperibile sul sito dell'ISPRA (193.206.192.136/cartanetiffi) e i dati relativi al PAI non segnalano particolari fenomeni di dissesto o di pericolosità idrogeologica in corrispondenza dell'opera in progetto.

Dal punto di vista idrogeologico non sono state riscontrate problematiche particolarmente significative in relazione alla realizzazione dell'opera e ciò tanto per la fase di cantierizzazione e costruzione quanto per la fase di esercizio. Dato il tipo di intervento previsto in quest'area, è comunque possibile escludere ogni forma di interferenza tra l'opera e le sorgenti esistenti, tanto in fase di cantierizzazione quanto in fase di esercizio.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 28 di 31</p>

BIBLIOGRAFIA

- Amorosi A., Ricci Lucchi F. & Tateo F. (1995) - The Lower Miocene siliceous zone: a marker in the palaeogeographic evolution of the northern Apennines. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 118: 131-149.
- Barelli, V. (1835) - Cenni di statistica mineralogica degli stati di S.M. il Re di Sardegna. Tipografia Fodratti, Torino.
- Biella G., Polino R., De Franco R., Rossi P.M., Clari P., Corsi A. & Gelati R. (1997) - The crustal structure of the western Po plain: reconstruction from the integrated geological and seismic data. *Terra Nova*, 9: 28-31.
- Biella G.C., Gelati R., Lozej A., Rossi P.M. & Tabacco I. (1988) - Sezioni geologiche nella zona limite Alpioccidentali-Appennino settentrionale ottenute da dati geofisici. *Rend. Soc. Geol. It.*, 11: 287-292.
- Boni A. & Casnedi R. (1970) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000: Fogli 69 e 70 "Asti" e "Alessandria". Poligrafica & Carte Valori, Ercolano: 64 pp.
- Briano, G., Isella, L., Restagno, S., Rodino, A., Trimboli, M. & Vigo, M. (2011) - Problematiche idrogeologiche, geotecniche e di gestione del rischio, associate alle vecchie aree estrattive in ambito urbano nei gessi di Isoverde. Convegno di Geologia Urbana (Genova), Poster. <http://www.sggconsult.it>
- Capponi, G. & Crispini, L. (1997) - Progressive shear deformation in the metasediments of the Voltri Group (Ligurian Alps, Italy): occurrence of structures recording extension parallel to the regional foliation. *Boll. Soc. Geol. It.*, 116, 267 - 277.
- Capponi, G. & Crispini, L. (2002) - Structural and metamorphic signature of alpine tectonics in the Voltri Massif (Ligurian Alps, northwestern Italy). *Eclogae Geol. Helv.*, 95, 31-42.
- Capponi, G., Crispini, L., Giammarino, S., Bruzzo, D., Garofano, M., Lano, M., Piazza, M., Vigo, E., Del Tredici, S. & Pacciani, G. (2007) - Carta Geologica d'Italia. Foglio 231-214 Genova. Progetto CARG, Università di Genova/Dip.Te.Ris., Regione Liguria.
- Capponi, G., Crispini, L., Piazza, M. & Amandola, L. (2001) - Field constraints to the Mid-Tertiary kinematics of the Ligurian Alps. *Ophioliti*, 26(2b), 409-416.
- Capponi, G., Crispini, L., Cortesogno, L., Gaggero, L., Firpo, M., Piccazzo, M., Cabella, R., Nosengo, S., Bonci, M.C., Vannucci, G., Piazza, M., Ramella, A., Perilli, N., et alii (2009) - Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 213-230 - Genova.
- Castellarin A. (1994) - Strutturazione eo- e mesoalpina dell'Appennino settentrionale attorno al "nodo ligure". *Studi Geol. Camerti*, vol. spec., CROP 1-1A: 99-108.
- Castello, B., Moro, M., Chiarabba, C., Di Bona M., Doumaz F., Selvaggi G., Amato A. (2004) - Carta della sismicità in Italia. Centro Nazionale Terremoti - INGV.
- Chiarabba, C., Jovane, L. & Di Stefano, R. (2005) - A new view of Italian seismicity using 20 years of instrumental recordings. *Tectonophysics*, 395, 251-268.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 29 di 31</p>

- Cortesogno L., Di Battistini G., Lucchetti G. & Venturelli G. (1979) - Metamorphic assemblages of two high pressure-low temperature ophiolitic units of central-western Liguria: mineralogical and chemical features and tectonic significance. *Ofioliti*, 4 (2): 121-156.
- Cortesogno L. & Haccard D. (1984) - Note illustrative alla carta geologica della zona Sestri-Voltaggio. *Mem. Soc. Geol. It.*, 28: 115-150.
- Crispini, L. & Capponi, G. (2001) - Tectonic evolution of the Voltri Group and Sestri Voltaggio Zone (southern limit of the NW Alps): a review. *Ofioliti*, 26(2a), 161-164.
- D'Atri A. & Tateo F. (1994) - Volcano-sedimentary beds of Oligocene age from the Tertiary Piedmont Basin (NW Italy): biostratigraphy and mineralogy. *Giornale di Geologia*: III, 56/1, 79-95. Bologna.
- Dela Pierre F., Piana F., Fioraso G., Boano P., Bicchi E., Forno M.G., Violanti D., Clari P. & Polino R. (2003) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 157 "Trino". APAT Roma: 147 pp.
- Dematteis, A., Kalamaras, G. & Eusebio, A. (1999) - A systems approach for evaluating springs drawdown due to tunneling. *Atti del convegno AITES ITA*, 69 Hudson, 1992.
- Elter P. & Pertusati P. (1973) - Considerazioni sul limite Alpi-Appennino e sulle sue relazioni con l'arco delle Alpi occidentali. *Mem. Soc. Geol. It.*, 12, 359-375.
- Falletti P., Gelati R. & Rogledi S. (1995) - Oligo-Miocene evolution of Monferrato and Langhe, related to deep structures. In: R. POLINO & R. SACCHI (Ed.) *Atti Convegno Rapporti Alpi-Appennino*. Acc. Naz. Sci., Sc. Doc., 14: 1-19.
- Fantoni R., Bello M., Ronchi P. & Scotti P. (2002) - Po Valley oil play: from the Villafortuna-Treccate field to South Alpine and Northern Apennines exploration. *EAGE Conf. Florence, Extended Abstracts Book*: 4 pp.
- Federico, L., Capponi, G., Crispini, L., & Scambelluri, M. (2004) - Exhumation of alpine high-pressure rocks: insights from petrology of eclogite clasts in the Tertiary Piedmontese basin (Ligurian Alps, Italy). *Lithos*, 74, 21-40.
- Festa A., Boano P., Irace A., Lucchesi S., Forno M.G., Dela Pierre F., Fioraso G. & Piana F. (2009a) - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 156 Torino Est. ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca ambientale, Roma.
- Fusinieri, A., in AA.VV. (1831) - *Annali delle Scienze del Regno Lombardo Veneto*. Tomo 1. Padova, tipografia del Seminario.
- Galbiati B. (1977) - La successione oligo-miocenica tra Rigoroso e Carrosio (Bacino ligure-piemontese). *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, 26: 30-48.
- Gelati R. (1967) - Osservazioni stratigrafiche sull'Oligo-Miocene delle Langhe (Piemonte-Italia). *Pubbl. Ist. Geol. Univ. Milano*, 236: 1-18.
- Gelati R. (1968) - Stratigrafia dell'Oligo-Miocene delle Langhe tra le valli dei fiumi Tanaro e Bormida di Spigno. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, 74: 865-967.
- Ghibaud G., Clari P. & Perello M. (1985) - Litostratigrafia, sedimentologia ed evoluzione tettonico-sedimentaria dei depositi miocenici del margine Sud-Orientale del Bacino Terziario Ligure-Piemontese (Valli Borbera, Scrivia e Lemme). *Boll. Soc. Geol. It.*, 104: 349-397.
- Gnaccolini M., Gelati R. & Falletti P. (1999) - Sequence Stratigraphy of the "Langhe" Oligo-Miocene Succession, Tertiary Piedmont Basin, Northern Italy. In: DE GRACIANSKY P.C., HARDENBOL J,

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 30 di 31</p>

JACQUIN T. & VAIL P. (Eds.), Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins. SEPM, Spec. Publ., 60: 233-244.

- Haccard, D. (1976) - Carte géologique au 1:50000 de Sestri-Voltaggio. Pubblicazione CNR, Pisa.
- Hoogerduijn Strating E.H. (1994) - Extensional faulting in an intraoceanic subduction complex - working hypothesis for the Paleogene of the Alps-Appennine system. Tectonophysics, 238: 255-273.
- Laubscher H.P., Biella G.C., Cassinis R., Gelati R., Lozej A., Scarascia S. & Tabacco I. (1992) - The collisional Knot in Liguria. Geol. Rund., 81: 275-289.
- Marini, M. (1998) - Carta geologica della Val Polcevera e zone limitrofe (Appennino Settentrionale) alla scala 1:25.000. Note illustrative. Atti Ticinensi di Scienze della Terra, 40, 33-64.
- Mosca P., Polino R., Rogledi S. & Rossi M. (2009) - New data for the kinematic interpretation of the Alps-Appennines junction (Northwestern Italy). Int. J. Earth Sc., 99, 833-849.
- Mutti E., Papani L., Di Biase D., Davoli G., Mora S., Segadelli S. & Tinterri R. (1995) - Il Bacino Terziario Epimesoalpino e le sue implicazioni sui rapporti tra Alpi ed Appennino. Mem. Sci. Geol., 47: 217-244.
- Piana, F., Falletti, P., Fioraso, G., Irace, A., Mosca, P., et alii (in prep.) - Carta geologica del Piemonte in scala 1:250.000. Consiglio Nazionale delle Ricerche, IGG Torino; Università degli Studi di Torino, DST; Politecnico di Torino, DIATI.
- Piana F. & Polino R. (1995) - Tertiary structural relationships between Alps and Apennines: the critical Torino Hill and Monferrato area, Northwestern Italy. Terra Nova, 7: 138-143.
- Piccardo, G.B. (1984) - Le ofioliti metamorfiche del gruppo di Voltri, Alpi Liguri: caratteri primari ed interpretazione geodinamica. Mem. Soc. Geol. It., 28, 11, 95-114.
- Pieri M. & Groppi G. (1981) - Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy, Quad. CNR, Prog. Fin. Geodinamica, Roma: 1-13.
- Polino, R., Clari, P., Crispini, L., D'Atri, A., Dela Pierre, F., Novaretti, A., Piana, F., Ruffini, R. & Timpanelli, M. (1995) - Rapporti Alpi-Appennino e guide alle escursioni. Atti del Convegno: "Rapporti tra Alpi e Appennino", Accademia Nazionale delle Scienze, 14, 531-593.
- Principi, G. & Treves, B. (1984) - Il sistema corso-appenninico come prisma d'accrescimento. Riflessi sul problema generale del limite Alpi-Appennini. Mem. Soc. Geol. It., 28, 10, 549-576.
- Protezione Civile (2004) - Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- Ramsay, J.G. (1967) - Folding and fracturing of rocks. Mc Graw-Hill New York, 568 pp.
- Rebora, G. (1990) - Massi erratici sulle argilliti nell'area Bocchetta-Voltaggio (Alessandria). Il Naturalista, 3, 3.
- Roure F., Polino R. & Nicolich R.P. (1990) - Early Neogene deformation beneath the Po plain: constraints on the post-collisional Alpine evolution. Mém. Soc. Géol. France N. S., 156: 309-322.
- Roure F., Bergerat F., Damotte, B., Mugnier, J.L. & Polino R. (1996) - The ECORS-CROP Alpine seismic traverse. Mem. Soc. Géol. France, 170: 1-113.
- Scholle, P.A. (1970) - The Sestri-Voltaggio Line: a transform fault induced tectonic boundary between the Alps and the Apennines. American Journal of Science, 269, 343-359.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p style="text-align: center;">IG51-04-E-CV-RO-IN9F-00-001-A02</p> <p style="text-align: right;">Foglio 31 di 31</p>

- Schumacher, M. E. & Laubscher, H. P. (1996) - 3D crustal architecture of the Alps-Appennines join - a new view on seismic data. *Tectonophysics*, 260, 349-363.
- Sibson, R.H. (1977) - Fault rocks and fault mechanisms. *J. Geol. Soc. Lond.*, 133, 191-213.
- Sturani, C. (1975) - Explanatory notes on the Western Alps (from the Sestri-Voltaggio line to the Val d'Ossola). *Quaderni de "La ricerca scientifica"*, 90, 28.
- Sturani, C. (1973) - Considerazioni sui rapporti tra Appennino Settentrionale ed Alpi Occidentali. Estratto dal quaderno n. 183. *Atti del Convegno sul tema: "Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino"*, 183, 119-142.
- Tateo F. (1992) - Studio mineralogico-geochimico di sedimenti vulcanoderivati (Oligocene-Miocene inferiore) nell'appennino settentrionale. PhD Thesis, Univ. Bologna, 216 pp.
- Tamponi, M. (1994) - Very-low and low grade metamorphism in Internal Ligurid units (northern Apennines, Italy). *Plinius*, 11, 190-194.
- Vanossi, M., Cortesogno, L., Galbiati, B., Messiga, B., Piccardo, G. & Vannucci, R. (1984) - Geologia delle Alpi Liguri: dati, problemi, ipotesi. *Mem. Soc. Geol. It.*, 28, 11, 5-75.