

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

SCATOLARE RIO TRASTA KM 1+179.50

Geologia

Relazione geologico-geomorfologica ed idrogeologica

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio Cociv Ing. G. Guagnozzi	

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

Progettazione :								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
	Emissione	Rocksoil <i>Emilio Maria</i>	17/09/2012	Ing. F. Colla <i>F. Colla</i>	19/09/2012	E. Pagani <i>Ep</i>	21/09/2012	Dott. Geol. E. De Mattei

n. Elab.:	File: IG5101ECVRGIN1X0X002A00
-----------	-------------------------------

CUP: F81H92000000008

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00	Foglio 3 di 31

INDICE

INDICE.....	3
1. PREMESSA.....	4
2. NORMATIVA E STRUMENTI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO	6
3. ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO.....	7
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	8
4.1. Unità tettonometamorfica Figogna.....	11
4.1.1. Serpentiniti del Bric dei Corvi	11
4.1.2. Metabasalti del Monte Figogna	11
4.1.3. Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia	12
4.1.4. Metacalcari di Erzelli	12
4.1.5. Metaoficalciti di Pietralavezzara	13
4.1.6. Argilloscisti di Costagiutta	13
4.1.7. Argilloscisti di Murta	13
4.2. Depositi pliocenico-quadernari.....	14
4.2.1. Coltri superficiali di versante	14
4.2.2. Accumuli di frana	14
4.2.3. Depositi alluvionali	15
4.3. Assetto geologico-strutturale regionale.....	15
4.4. Corrispondenza tra le unità descritte nel PD e le unità CARG	16
5. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DELL'AREA DI INTERVENTO.....	17
5.1. Aspetti geologici.....	17
5.2. Aspetti geomorfologici.....	18
6. ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO	20
6.1. Unità idrogeologiche	20
7. SISMICITA'	23
7.1. Dati disponibili	23
7.2. Caratteri generali della sismicità regionale	23
7.3. Classificazione sismica dell'area di progetto	27
7.4. Stima delle proprietà sismiche dei terreni interessati dal progetto	28
7.4.1. Caratteri litostratigrafici.....	28
7.4.2. Classificazione topografica secondo le NTC 2008	29
8. CONCLUSIONI	30
9. BIBLIOGRAFIA	31

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00 Foglio 4 di 31

1. PREMESSA

Il presente rapporto si inquadra nell'ambito del Progetto Esecutivo della nuova linea ferroviaria AC/AV Milano-Genova "Terzo Valico dei Giovi", e più nello specifico si inserisce nel complesso di interventi complementari sulla viabilità nei territori interessati dallo sviluppo del tracciato, da realizzare sia per esigenze cantieristiche sia come interventi di compensazione.

In dettaglio, il rapporto riguarda l'intervento identificato dal codice WBS IN1X, che comporta il posizionamento di un attraversamento scatolare in c.a. avente sezione rettangolare di dimensioni $b \times h \times L = 8 \times 6 \times 25$ m, lungo il Rio Trasta, affluente minore di destra del T. Polcevera, nel territorio del Comune di Genova. Nel tratto in esame la linea ferroviaria AV/AC Milano-Genova incrocia il corso del Rio Trasta alla pk 1+175, passando sopra al corso d'acqua per un tratto della lunghezza complessiva di circa 75 m.

L'opera si articola in due sezioni:

- una sezione iniziale e finale ("A" nel profilo longitudinale di Figura 1), con sezione trasversale ad "U" e con una platea di fondo di larghezza variabile da 8.0 m a 5.0 m, racchiusa da due muri perimetrali (uno per sponda) di altezza variabile;
- una sezione centrale ("B" in Figura 1), della lunghezza di 25 m, che corrisponde allo scatolare vero e proprio, di larghezza di 8.0 m e di altezza di 6.0 m, che sostiene la sede dei binari.

La pendenza del fondo della struttura è del 3.2 %.

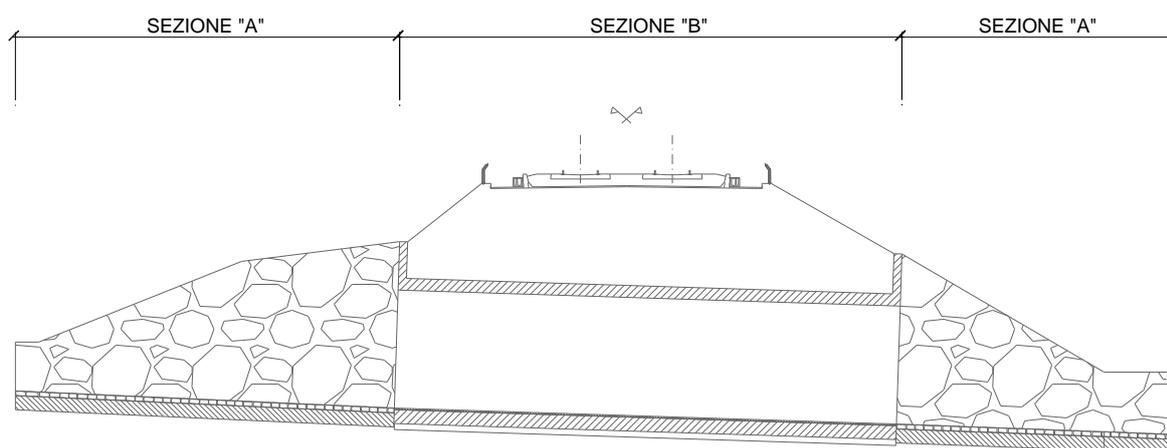


Figura 1 – Profilo longitudinale (parallelo all'alveo del Rio Trasta) dell'opera.

La relazione analizza, nel rispetto di quanto previsto dalla normativa in materia, le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area di interesse.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00 <table border="1" data-bbox="1420 232 1532 286"> <tr> <td>Foglio 5 di 31</td> </tr> </table>	Foglio 5 di 31
Foglio 5 di 31		

E' importante precisare che, la presente nota revisiona ed integra, ove ritenuto necessario, gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici eseguiti in precedenza e descritti in Progetto Definitivo.

Rispetto alla fase di PD, alla data odierna, non sono disponibili nuove indagini per un affinamento della caratterizzazione geologica e geomorfologica dell'area.

Gli approfondimenti stratigrafici sono stati quindi basati solo sui dati del rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio; questo comporta che i contatti stratigrafici riportati nelle sezioni geologico-geotecniche mantengano un certo grado di incertezza sul loro andamento nel sottosuolo e sulla profondità a cui sono stati ipotizzati.

La presente relazione descrive quanto rappresentato negli elaborati grafici allegati:

- Carta geologico – geomorfologica con ubicazione indagini geognostiche in scala 1:1000 (elaborato IG51-01-E-CV C7 IN 1X 0 X 001 A00),
- Carta geologico – geomorfologica con ubicazione indagini geognostiche in scala 1:1000 (elaborato IG51-01-E-CV C7 IN 1X 0 X 002 A00),
- Sezioni geologico – geotecniche in scala 1:500 (elaborato IG51-01-E-CV W8 IN 1X 0 X 001 A00).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5101ECVRGIN1X0X002A00</p> <p>Foglio 6 di 31</p>

2. NORMATIVA E STRUMENTI TERRITORIALI DI RIFERIMENTO

Il presente rapporto fa riferimento alla seguente documentazione:

- R.D. 3267/1923 “Boschi e foreste” (vincolo idrogeologico).
- 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. 24/09/1988 n. 30483 “Norme tecniche per terreni e fondazioni - Istruzioni applicative”.
- L.R. Liguria 22/01/1999 n° 4 “Norme in materia di foreste e di assetto idrogeologico”.
- OPCM 3274 del 20/03/2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- “Piano di bacino del T. Polcevera” approvato con D.C.P. n. 14 del 02/04/2003 e modificato con D.C.P. n. 38 del 30/09/2004.
- D.M. 14/01/2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- D.G.R. Liguria 24/10/2008 n° 1308 “Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria”.

L’analisi della normativa e degli strumenti territoriali di riferimento ha evidenziato quanto segue:

- dal punto di vista della sismicità il territorio del Comune di Genova rientra, secondo la classificazione adottata dalla Regione Liguria con D.G.R. n°1308/2008, in zona 3b (pga = 0.100 g).

Il Piano di Bacino del T. Polcevera inquadra l’area di intervento come segue:

- nella “Carta della suscettività al dissesto” l’area in esame viene classificata in generale con “suscettività media”;
- l’area rientra nelle zone sottoposte a vincolo idrogeologico;
- sono riportate due zone cartografate come “frana attiva” e frana quiescente, potenzialmente interferenti con il tracciato stradale.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5101ECVRGIN1X0X002A00</p> <p>Foglio 7 di 31</p>

3. ORGANIZZAZIONE DELLO STUDIO

Le attività inerenti lo studio geologico-geomorfologico e idrogeologico del sito di intervento hanno 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);
- 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.

Al momento della redazione della seguente relazione non sono disponibili dati di sondaggi.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00
	Foglio 8 di 31

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

L'area di studio si colloca nella zona di giustapposizione tra i domini orogenici alpino e appenninico (Figura 2), 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 ovest verso est, tre settori caratterizzati dall'associazione di unità di crosta oceanica e di mantello, unità di margine continentale e unità costituite da flysch (Figura 2):

- 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.
- 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 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).
- 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 ZSV è in contatto a W con le unità tettonometamorfiche Voltri e Palmaro-Caffarella lungo 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 discordanti: faglia trasforme (Elter & Pertusati, 1973), sovrascorrimento (Cortesogno & Haccard, 1984) o faglia estensionale (Hoogerduijn Strating, 1994).

Questa zona di deformazione regionale è attualmente ritenuta un canale di concentrazione preferenziale della deformazione 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.* 2009).

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 style="text-align: center;">IG5101ECVRGIN1X0X002A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 9 di 31</p>

Ad E, la Zona Sestri-Voltaggio è in contatto con le unità tettoniche di basso grado che compongono il dominio dei Flysch Appenninici.

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

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00 Foglio 11 di 31

4.1. Unità tettonometamorfica Figogna

Include le formazioni degli argilloscisti di Murta, degli argilloscisti di Costagiutta, dei metacalcari di Erzelli, dei metasedimenti silicei della Madonna della Guardia, dei metabasalti del M.Figogna e delle serpentiniti del Bric dei Corvi (zona di deformazione di Scarpino). Di queste, solo la prima interessa direttamente il tratto del Rio Trasta in cui si situa l'intervento in progetto.

Nel Foglio Genova del progetto CARG l'unità Figogna è interpretata come una serie ofiolitifera rovescia (fianco rovescio di una piega plurichilometrica coricata), successivamente ripiegata a formare una struttura regionale sinforme; le fasi deformative più recenti riattiverebbero i contatti tra le singole formazioni, costituendo superfici di scollamento principali lungo cui si determina un thrusting vero e proprio interno all'unità.

Secondo un'ipotesi alternativa, più coerente con osservazioni inedite di terreno (dati non pubblicati), 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 (zona di deformazione di Timone, coincidente con le serpentiniti di Case Bardane e zona di deformazione di Scarpino, coincidente con le serpentiniti del Bric dei Corvi).

Sulla base della ricostruzione dell'andamento regionale di queste zone di taglio, appare verosimile che la presunta struttura a piega rovesciata sia in realtà una zona a scaglie dove la sequenza dei litotipi è ripetuta per sovrascorrimento in un contesto regionale transpressivo, come del resto già messo in evidenza dalle note illustrative del CARG.

4.1.1. *Serpentiniti del Bric dei Corvi*

SPF, Dogger-Malm

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°.

4.1.2. *Metabasalti del Monte Figogna*

MBF, Malm

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 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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00 Foglio 12 di 31

Nelle parti centrali della formazione si osservano brecce 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.

A N della dorsale del M. Figogna, i metabasalti affiorano in lembi allungati e discontinui, all'interno della formazione degli argilloscisti di Costagiutta (§ 4.1.6), dove sono frequentemente associati a lembi di metasedimenti silicei (§ 4.1.3), metacalcari (§ 4.1.4) e metaoficalciti (§ 4.1.5).

4.1.3. Metasedimenti silicei della Madonna della Guardia

MHF, Malm?

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.

4.1.4. Metacalcari di Erzelli

ERZ, Malm? – Cretacico Inf.?

Calcari microcristallini finemente arenacei di spessore fino a pluridecimetrico, talora foliati, con giunti pelitici; in alcuni strati sono osservabili tracce di gradazione torbiditica (Marini, 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 Erselli; M. Figogna).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00 Foglio 13 di 31

4.1.5. Metaoficalciti di Pietralavezzara

PLV, Dogger? – Malm?

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.

4.1.6. Argilloscisti di Costagiutta

AGI, Cretacico inf.

Alternanze di argilloscisti e di calcari cristallini, 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.

Lo spessore degli strati è generalmente centimetrico, ma nella parte alta della sequenza si osserva stratificazione più irregolare con strati decimetrici ed interstrati pelitici foliati. Sono frequenti noduli allungati e liste di quarzo microcristallino biancastro. Le giaciture individuate sono frequentemente la media di una stratificazione disturbata da serie di pieghe più o meno frammentate; la scistosità descrive pieghe ad "S" decimetriche e pieghe strizzate centimetriche. Nel settore verso la Val Polcevera, la formazione mantiene una vergenza analoga alle altre unità riconosciute nella valle. L'unità affiora diffusamente ad E della dorsale del M. Figogna e in misura minore sul suo lato occidentale, dove il limite tettonico inferiore è il contatto con le unità Gazzo e Crvasco-Voltaggio. Nel settore meridionale affiora soprattutto lungo il T. Chiaravagna ed è segnalata in scavi di fondazione e sondaggi. Nel settore settentrionale si estende diffusamente fin oltre il confine regionale, da Pietralavezzara fin oltre Fraconalto.

4.1.7. Argilloscisti di Murta

AGF, Cretacico inf.

Alternanza di argilloscisti filladici grigio scuro e grigio argenteo, a patina sericitica, con intercalazioni di sottili straterelli calcarei di spessore centimetrico (1-2 cm), di metasiltiti e metaareniti fini di colore 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 centimetri di argilliti e metasiltiti.

Il rapporto stratimetrico metaareniti/metapeliti è di 1:2. Le superfici di strato su roccia fresca sono normalmente lucide, con veli di sericite talcosa al tatto; presentano talvolta tracce di scivolamento ed aspetto vetrificato (fenomeni di dinamometamorfismo).

Possono essere presenti noduli allungati e liste di quarzo microcristallino biancastro. I limiti con le Unità sopra e sottostanti sono di tipo tettonico.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00 Foglio 14 di 31

Al suo interno l'unità presenta giaciture vergenti ad E, presso il limite con il Flysch di Mignanego; spostandosi verso W le giaciture seguono l'andamento delle pieghe alla macroscale, ma sono raramente significative, poiché la stratificazione è disturbata da fitte sequenze di pieghe strizzate a piccolo raggio con assi orientati circa NNE-SSW.

L'unità mostra intensi fenomeni di alterazione, infatti l'orizzonte pedogenizzato può superare i 4 m di spessore, senza contare l'accumulo di detrito di versante. I processi pedogenetici conferiscono alle superfici sericitiche un tipico aspetto di color nocciola grigiastro chiaro.

4.2. Depositi pliocenico-quadernari

L'area di studio presenta caratteristiche differenti a seconda dei litotipi che costituiscono il substrato. Non essendo mai stata soggetta a glaciazioni, i meccanismi evolutivi predominanti sono guidati dalla pedogenesi, dalla gravità e dalle acque superficiali.

4.2.1. Coltri superficiali di versante

Hanno caratteri differenti a seconda della litologia del substrato:

- in generale metabasalti, lherzoliti e serpentiniti sono caratterizzati da coltri di detrito di versante di spessore esiguo, a granulometria grossolana, con affioramenti frequenti e di buon rilievo morfologico;
- serpentiniti tettonizzate, calcescisti e metagabbri sono invece marcatamente soggetti ai fenomeni pedogenetici; spesso in affioramento si osserva l'orizzonte C del suolo -denudato dall'erosione- in cui si riconoscono ancora i principali caratteri tessiturali (foliazione, pieghe) e il litotipo originario si presenta argillificato. In queste condizioni sulle parti basse dei versanti si accumulano depositi medio-fini con spessori anche superiori ai 3-4 m.
- I litotipi argillitici e flyschoidi della Val Polcevera sono molto sensibili alla pedogenesi; e in tutta l'area l'orizzonte di decarbonatazione si spinge nel substrato fino a 3-4 m di profondità ad eccezione delle aree di cresta, maggiormente soggette all'erosione, dove è possibile individuare affioramenti più estesi; la parte bassa dei versanti presenta coperture di detrito di versante (tipicamente un diamicton a supporto di matrice limoso-sabbioso-argillosa) che superano generalmente i 3 m di spessore.

4.2.2. Accumuli di frana

Nelle successioni di argilloscisti della Val Polcevera i depositi di frana sono generalmente poco potenti, impostati nei depositi di versante a granulometria fine e costituiti da una frazione limoso-argillosa non trascurabile, quindi almeno parzialmente coesivi; si attivano per lo più come colate, ma perdono rapidamente evidenza morfologica a causa della densa vegetazione.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00 <table border="1" style="float: right; margin-left: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Foglio 15 di 31</td> </tr> </table>	Foglio 15 di 31
Foglio 15 di 31		

Modesti corpi franosi interessano i versanti impostati nelle metabasiti e metaultrabasiti, dove sono solitamente costituiti da accumuli caotici di ciottoli e blocchi in matrice ghiaioso-sabbiosa localmente scarsa o assente.

Locali depositi di frana di crollo sono presenti alla base delle pareti rocciose e sono costituiti da blocchi di pezzatura da decimetrica a plurimetrica in scarsa o assente matrice ghiaioso-sabbiosa, non coesiva.

4.2.3. 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 (che è il principale corso d'acqua dell'area e quello in cui i depositi alluvionali sono più sviluppati), presentano sempre materassi alluvionali costituiti da ghiaie sabbiose di spessore per lo più inferiore a 1-2 m lungo i tratti d'asta montani, che aumenta rapidamente allo sbocco sulla stretta fascia costiera.

La Val Polcevera è occupata in buona parte da depositi alluvionali grossolani, con spessori che variano da pochi metri fino a decine di metri di profondità. Dati di sondaggi mettono in evidenza anche settori con matrice a forte componente limosa e subordinatamente argillosa. Verso lo sbocco a mare tali livelli raggiungono un notevole spessore (pluridecamentrico). Lo spessore dei depositi alluvionali (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.

4.3. Assetto geologico-strutturale regionale

Le diverse unità tettonometamorfiche presenti nell'area sono caratterizzate da un'evoluzione polifasica definita da almeno quattro eventi deformativi principali, le cui tracce sono sia osservabili direttamente in affioramento (pieghe e associazioni strutturali correlate), sia deducibili indirettamente in base a considerazioni cartografico-strutturali (eventi deformativi D3 e D4 nelle unità flyschoidi; Capponi & Crispini, 1997).

Le associazioni strutturali legate ai diversi eventi deformativi sono chiaramente riferibili a traiettorie seguite dai volumi rocciosi attraverso livelli cristallini progressivamente più superficiali.

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

Il successivo evento deformativo D3, coevo con facies metamorfiche comprese tra scisti verdi e scisti verdi inferiore, risulta caratterizzato dalla coesistenza di sistemi di pieghe aperte anche chilometriche e di zone di taglio inverse da duttili a fragili-duttili, le cui caratteristiche testimoniano un'evoluzione progressiva della deformazione verso livelli strutturali più superficiali (Capponi &

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00	Foglio 16 di 31

Crispini, 2002). Le analisi cinematiche condotte dagli autori citati suggeriscono per l'evento D3 una direzione regionale di raccorciamento finito diretta NW-SE.

L'evento deformativo D4 è espresso in modo omogeneo da un'associazione strutturale costituita da pieghe, sovrascorrimenti e sistemi di faglie.

Le pieghe D4 hanno profili aperti, lunghezza d'onda plurichilometrica e assi sub-orizzontali diretti tra N-S e NW-SE. Grazie a una serie di 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 direzioni di trasporto ENE, associati allo sviluppo di rocce di faglia. Al medesimo evento sono associati sistemi di faglie subverticali con direzioni dominanti NW-SE, NE-SW e N-S e con senso di movimento prevalentemente destro, molte volte inverso. In tutti i diversi sistemi di faglie sono comuni fenomeni di riattivazione tardiva con movimenti di tipo normale.

Le associazioni strutturali D4 sono geometricamente e cinematicamente congruenti con un raccorciamento regionale NE-SW, responsabile di un regime transpressivo destro attivo fino all'inizio del Miocene inferiore, coerente con una tettonica transpressiva dominata dalla convergenza obliqua delle placche europea e adriatica. 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. 2009).

4.4. Corrispondenza tra le unità descritte nel PD e le unità CARG

All'interno dell'unità Figogna i limiti stratigrafici originari sono sovente trasposti ma localmente possono ancora essere considerati come contatti stratigrafici; di seguito viene riportata una tabella comparativa in cui vengono indicate le corrispondenze tra la terminologia geologica derivante dalle interpretazioni più aggiornate contenute nelle note illustrative del Foglio CARG "Genova" (Capponi et al., 2009) e la terminologia adottata in base agli studi pre-2009 e utilizzata nell'ambito del Progetto Definitivo (2004).

Unità Figogna ("unità Timone Bric - Teiolo" auct. e PD 2004):

<i>definizione PD (2004)</i>		<i>definizione CARG (2009) e PE (2012)</i>	
- meta-argilliti a Palombini del Passo della Bocchetta	aP	- argilloscisti di Costagiutta	AGI
- calcari di Erselli	cE	- metacalcari di Erzelli	ERZ
- metabasalti	B'	- metabasalti del Monte Figogna	MBF
- serpentiniti, serpentinoscisti e oficalci	Se'	- serpentiniti di Bric dei Corvi	SPF
		- metaoficalciti di Pietralavezzara	PLV

Tabella 1 - Corrispondenza tra la terminologia geologica adottata nel Foglio CARG "Genova" (Capponi et al., 2009) e nel presente progetto, e la terminologia adottata nell'ambito del Progetto Definitivo (2004).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00 Foglio 17 di 31

5. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area oggetto d'intervento corrisponde a un tratto d'alveo del Rio Trasta della lunghezza di 230 m ca., situato 200 m a monte della confluenza tra il Rio Trasta e il Rio Ciliegia.

In questo settore, la linea ferroviaria attraversa l'asta torentizia per un breve tratto sopraelevato, tra l'imbocco N della Galleria Campasso e l'imbocco S della Galleria di Valico. Vengono di seguito esaminati gli aspetti di natura geologica, geomorfologica e idrogeologica.

5.1. Aspetti geologici

Dal punto di vista geologico, l'area d'intervento ricade interamente all'interno della formazione degli argilloscisti di Murta (Argilliti a Palombini auct.) dell'Unità tettonometamorfica Figogna (§4.1.7). Il substrato prequaternario è coperto da depositi alluvionali, localizzati essenzialmente nel letto del corso d'acqua principale (cfr. cartografia allegata).

Le unità litologiche che caratterizzano l'area d'intervento sono quindi costituite da:

- **Argilloscisti di Murta** (unità tettonometamorfica Figogna): si tratta principalmente di alternanze di argilloscisti e di calcari cristallini, metapeliti più o meno siltose, scistose, grigio-nerastre e metasiltiti. Lo spessore degli strati è generalmente centimetrico o subcentimetrico, la foliazione ha spaziatura da subcentimetrica a submillimetrica; sono presenti frequenti noduli allungati e/o liste di quarzo microcristallino biancastro.

Le giaciture misurate in sito rappresentano frequentemente la media di una foliazione composita S1+S2 (con riferimento agli eventi deformativi D1 e D2 precedentemente descritti), interessata da serie di pieghe ad "S" decimetriche più o meno armoniche, localmente disomogenee, probabilmente riferibili all'evento deformativo D3; nel complesso le giaciture della foliazione principale immergono verso E-SE con inclinazione medie di 50°.

Gli affioramenti di argilloscisti sono molto alterati nei primi 1,5-2 m ca. dalla superficie, principalmente per ossidazione e per argillificazione parziale delle fasi feldspatiche.

- **Depositi alluvionali attuali**, confinati all'alveo del T. Trasta, hanno granulometria ghiaioso-sabbiosa molto grossolana, con spessori esigui che vanno da 0,5 a 1,0 m ca. Localmente i depositi sono assenti e il corso d'acqua scorre direttamente sul substrato roccioso erodendolo.
- **Detrito di versante/depositi di frana**: sono costituiti da limi argillosi localmente sabbiosi, inglobanti elementi litoidi da centimetrici a pluridecimetrici costituiti da frammenti di argilliti. In assenza di sondaggi in questo settore, si ritiene sulla base delle osservazioni effettuate in sito che lo spessore medio di questi depositi possa essere cautelativamente valutato in circa 3 m.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00 Foglio 18 di 31

5.2. Aspetti geomorfologici

Il bacino in esame ricade in una regione collinare con quota massima di 90 m. I versanti sono moderatamente acclivi, con pendenze più elevate sul versante meridionale del bacino. Il settore in esame non è stato soggetto al glacialismo pleistocenico, per cui le uniche espressioni morfologiche sono correlate all'evoluzione dei versanti per gravità e per erosione fluviale torrentizia.

In base ai dati contenuti negli elaborati del Piano di Bacino del T. Polcevera, la confluenza tra il Rio Ciliegia e il Rio Trasta è caratterizzata da diffusa instabilità superficiale e da una potenziale pericolosità in relazione a fenomeni di esondazione con tempo di ritorno cinquecentennale.

Dal punto di vista della dinamica fluviale, i processi erosivi dovuti alle acque di ruscellamento che scorrono sui versanti del bacino e all'azione del corso d'acqua principale sono piuttosto intensi, con frequenti fenomeni di ruscellamento diffuso, erosione concentrata di fondo lungo gli impluvi laterali e dilavamento dei versanti, con asportazione parziale della coltre di suolo superficiale; tali fenomeni sono più accentuati in corrispondenza delle zone di affioramento dei litotipi più teneri, quali gli argilloscisti.

Come già accennato, l'erosione di fondo è attiva sia nel settore di testata sia lungo il reticolo idrografico minore, costituito in prevalenza da aste a deflusso stagionale o temporaneo. Il reticolo è poco evoluto e soggetto a un generale processo di ringiovanimento, presumibilmente per cause prevalentemente neotettoniche. L'assenza locale di depositi alluvionali lungo il corso del Rio Trasta conferma la tendenza erosiva anche per quest'ultimo.

Il rilevamento geologico di terreno è stato indirizzato, fra l'altro, a verificare lo stato di dissesto dei versanti, in particolare per quei fenomeni segnalati dal Piano di Bacino come potenzialmente interferenti con il corso d'acqua. Il rilevamento ha messo in luce come i versanti destro e sinistro del T. Trasta, in corrispondenza del previsto attraversamento da parte della linea ferroviaria, presentino una potenziale suscettibilità al dissesto determinata dalle relativamente mediocri caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso (soprattutto per la presenza di uno strato di alterazione superficiale, che può raggiungere uno spessore di alcuni metri), e per gli scadenti parametri di resistenza dei terreni della coltre detritica superficiale, derivati dalla disgregazione del substrato e caratterizzati da granulometria prevalentemente fine.

La "Carta della franosità reale in scala 1:10.000" (Tavola 7), allegata al Piano di Bacino del T. Polcevera (<http://www.cartografiarl.regione.liguria.it/>) segnala, nell'area di intervento, la presenza di un settore in frana per "scorrimento o scivolamento" in stato "quiescente", che si sviluppa in sponda destra del Rio Trasta.

Per contro, la perimetrazione dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) reperibile sul sito dell'ISPRA (193.206.192.136/cartanetiffi) non riporta nessun fenomeno franoso nell'area.

Analoga discrepanza con il dato IFFI si riscontra dalla "Carta della suscettività al dissesto in scala 1:10.000" (Tavola 15) allegata al medesimo Piano di Bacino, da cui si nota un'area con suscettibilità da "media" ad "alta" correlabile all'areale della frana sopra citata.

Il rilevamento geomorfologico di superficie (cfr. cartografia allegata) ha permesso di evidenziare i seguenti aspetti principali:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00	Foglio 19 di 31

- in corrispondenza dell'imbocco N della Galleria Campasso (sponda destra del Rio Trasta) è presente una nicchia di distacco di frana per scivolamento della coltre detritica superficiale; la frana, relativamente recente, presenta un corpo di accumulo, costituito da un deposito caotico parzialmente vegetato al piede del pendio (3). Il deposito è caratterizzato da matrice con frazione limoso-argillosa non trascurabile, inglobante clasti litoidi di dimensioni variabili da centimetriche a metriche, generalmente costituiti da argilloscisti del substrato.
- In sponda sinistra è presente una zona di rilascio tensionale del pendio (area in frana incipiente e/o in soliflusso) impostata sul versante a W dell'imbocco della galleria di Valico; il pendio è caratterizzato da una morfologia ondulata e da locali ristagni d'acqua, favoriti dalla granulometria fine del terreno detritico e dalla sua scarsa capacità drenante; all'epoca del rilievo non si è riscontrato un affioramento della falda di versante, date le generali condizioni di siccità; l'esistenza di ristagni è tuttavia dimostrata dalla presenza di vegetazione idrofila, soprattutto nella porzione intermedia del versante.
- Entrambi i versanti a lato del rio sono caratterizzati da modesti fenomeni di ruscellamento diffuso, che si concentrano soprattutto nella parte alta, in prossimità degli impluvi laterali e delle aree a maggiore acclività; qui si osservano localmente scarpate di erosione regressiva che incidono i depositi detritici della coltre favorendone la destabilizzazione locale.



Figura 3 – Accumulo di frana quiescente e relativa nicchia di distacco in sponda destra del Rio Trasta.

6. ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO

Il Rio Trasta è un affluente di destra del T. Polcevera, nel quale si immette all'altezza di Bolzaneto, nel Comune di Genova. L'area interessata dall'attraversamento della linea ferroviaria, circa 200m a monte della confluenza con il torrente Ciliegia, copre una superficie di circa 0.9kmq. Il bacino del Rio Trasta ha forma allungata in direzione WNW-ESE; è delimitato a N dal bacino del Rio Ciliegia, a W dal bacino del Torrente Chiaravagna e a S dai bacini minori subaffluenti del T. Polcevera.

Il reticolo idrografico superficiale è caratterizzato dalla presenza di un'asta principale poco ramificata e da una serie di piccoli impluvi con direzione subperpendicolare all'alveo principale, che incidono entrambi i versanti. L'asta principale ha lunghezza di circa 1.8 km e pendenza media del 25% ca, mentre la pendenza media dei versanti è del 50% circa. Il tratto di alveo oggetto di studio, della lunghezza complessiva di 230m ca., ha pendenza media del fondo alveo dell'8.5% ca.

In base ai dati del Piano di Bacino del T. Polcevera, la portata di massima piena con ricorrenza cinquecentennale è pari a 118mc/s; l'area di intervento ricade in un settore indicato come esondabile, in riferimento a tale tempo di ritorno.

6.1. Unità idrogeologiche

Dal punto di vista idrogeologico il settore in cui si collocano gli interventi in progetto è caratterizzato dalla presenza di tre complessi a comportamento differenziato:

- **depositi alluvionali attuali:** depositi sciolti con frazione ghiaioso-sabbiosa dominante e permeabilità medio-alta; le prove di permeabilità effettuate durante le precedenti fasi progettuali indicano valori compresi tra 10^{-5} e 10^{-6} m/s (Figura 4);

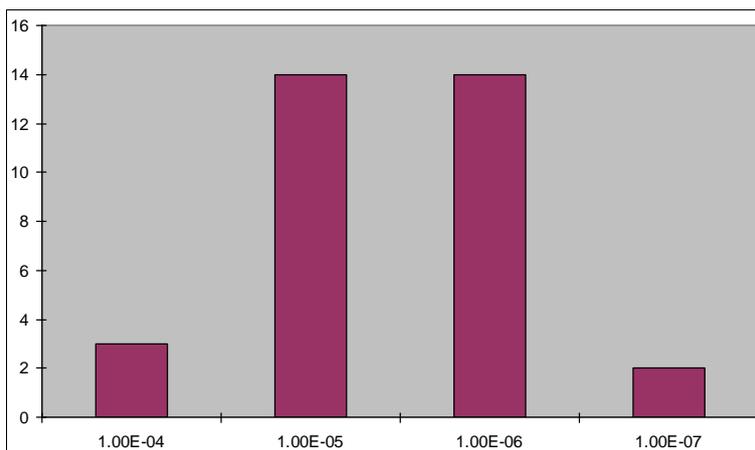


Figura 4 – Distribuzione dei valori di permeabilità ottenuti da prove in foro per i depositi alluvionali attuali e recenti.

- **coltre detritico-colluviale di versante e depositi di frana:** i depositi riferibili alla coltre detritica di versante presentano condizioni di permeabilità molto variabili; l'area

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00 Foglio 21 di 31

di intervento insiste su una copertura detritica di spessore intorno a 3-4 metri, caratterizzata da una percentuale non trascurabile di materiale fine (limo \pm argilla).

La permeabilità per porosità è condizionata principalmente dalla presenza della frazione fine; i dati dei test di permeabilità forniscono valori intorno a 10^{-6} m/s (permeabilità media) con alcuni termini spostati verso permeabilità più basse.

La coltre può essere sede di una circolazione idrica rilevante soprattutto in relazione all'influenza che il contenuto in acqua dei terreni ha sulla stabilità dei pendii; in particolare, nel caso di precipitazioni prolungate, la permeabilità non elevata può rapidamente portare a saturazione porzioni più o meno estese e continue di coltre, contribuendo a innescare movimenti lenti e diffusi a carico della parte superficiale delle sponde; localmente, tali fenomeni possono evolvere per frana, se le condizioni di saturazione superano il limite critico, in relazione alle caratteristiche geotecniche del materiale. Da qui la generalizzata propensione al dissesto, già rilevata nell'ambito degli studi di bacino.

- **Argilloscisti di Murta:** complesso idrogeologico a permeabilità da bassa a molto bassa, essenzialmente per fratturazione; in corrispondenza delle principali intercalazioni calcaree è prevedibile che il grado di permeabilità per fratturazione possa essere leggermente più elevato, poiché questi livelli hanno un comportamento reologico relativamente più rigido; tuttavia, poiché l'ammasso roccioso nel suo insieme è sempre molto poco permeabile, risulta che anche questi orizzonti non possono costituire degli acquiferi significativi.

I dati di permeabilità relativi a questo complesso (argilloscisti s.l.), presentati nel Progetto Definitivo indicano valori dell'ordine di 10^{-8} m/s, quindi piuttosto bassi (Figura 5).

La presenza di un orizzonte superficiale di alterazione e di maggiore fratturazione per rilascio tensionale dell'ammasso può causare un aumento localizzato della permeabilità, che tuttavia costituisce un fattore discontinuo e difficilmente prevedibile; questo orizzonte più permeabile rimane comunque confinato a spessori esigui, al massimo favorendo una circolazione idrica discontinua, all'interfaccia con i soprastanti terreni di copertura; tali variazioni di permeabilità risultano ininfluenti ai fini progettuali.

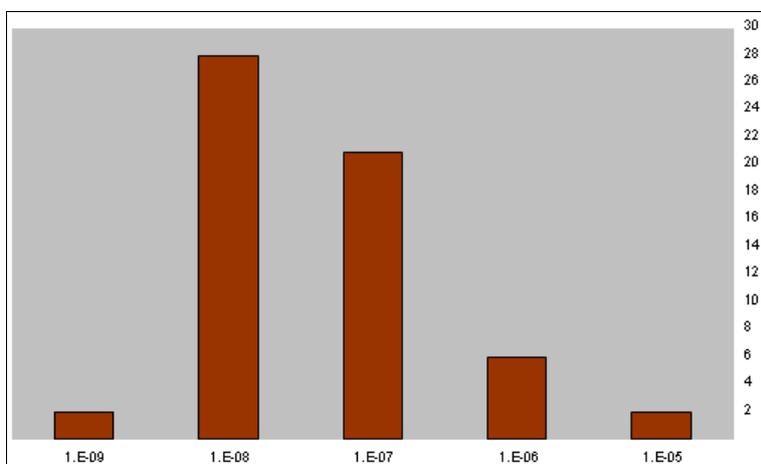


Figura 5 – Distribuzione dei valori di permeabilità ottenuti da prove in foro per gli Argilloscisti di Murta (AGF).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00 Foglio 23 di 31

7. SISMICITA'

7.1. Dati disponibili

L'area studiata si inserisce nel quadro del progetto della nuova linea AV/AC Milano-Genova "III Valico dei Giovi", il cui tracciato per la parte di valico si sviluppa attraverso il territorio delle regioni Piemonte e Liguria e comprende, da sud a nord, i comuni di Genova, Ceranesi, Campomorone (provincia di GE), Voltaggio, Fraconalto, Gavi, Arquata Scrivia, Serravalle Scrivia, Novi Ligure e Pozzolo Formigaro (provincia di AL).

A livello bibliografico, per caratterizzare dal punto di vista generale la sismicità regionale, sono facilmente reperibili online le seguenti informazioni di base:

- carta della sismicità in Italia, prodotta dal Centro Nazionale Terremoti dell'INGV;
- mappa della pericolosità sismica di riferimento, prodotta dall'INGV per l'intero territorio nazionale e relativa alla nuova classificazione sismica dei comuni italiani;
- nuova mappa della classificazione sismica dei comuni italiani aggiornata al 2010.

A livello normativo, l'OPCM n° 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" ("nuova classificazione sismica" in Tabella 2) ha ridefinito la classificazione sismica del territorio italiano proposta dal D.M. 14 luglio 1984 e s.m.i ("vecchia classificazione sismica" in Tabella 2).

La Regione Liguria ha fatto propria la classificazione di cui all'OPCM 3274, con alcune modifiche, attraverso l'adozione del D.G.R. 24/10/2008 n°1308 "Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Liguria".

Gli interventi in progetto non prevedono la realizzazione di strutture particolarmente importanti dal punto di vista delle dimensioni e della complessità. I ridotti valori di accelerazione sismica prevedibili per l'area di intervento fanno sì che non siano ipotizzabili situazioni di particolare criticità, soprattutto in relazione alla tipologia delle opere. Si fornisce di seguito una caratterizzazione sintetica del settore di interesse, con la classificazione dei terreni ai sensi delle NTC 2008.

7.2. Caratteri generali della sismicità regionale

La catena alpina sud-occidentale è caratterizzata da una sismicità attuale generalmente modesta per intensità, in gran parte solo di tipo strumentale, ma con una frequenza piuttosto significativa. Gli epicentri lungo l'arco alpino meridionale seguono due direttrici principali, corrispondenti rispettivamente al margine interno della catena (limite fra le unità penniniche e la pianura padana) e all'allineamento dei massicci cristallini esterni (fronte penninico).

Fra queste due zone, in particolare nel settore tra Savona e La Spezia, è presente una fascia a frequenza sismica molto bassa, in cui ricade il settore interessato dal progetto della tratta di valico

della linea AV/AC Milano-Genova (Figura 6), evidenziata nella mappa del territorio nazionale (Figura 7) da una fascia a bassa pericolosità sismica, di direzione approssimativamente N-S.

La mappa di Figura 8 fornisce una stima dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante $a(g)$; tale parametro rappresenta l'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante che, in un intervallo di tempo di 50 anni, ha una probabilità del 10% di superare il valore indicato (cfr. scala colore), per effetto di sismi di intensità maggiore rispetto a quelli considerati per la classificazione del territorio.

A livello locale, una mappa più dettagliata di $a(g)$ è consultabile sul sito dell'istituto all'indirizzo "<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>" (Figura 8). Dall'analisi delle mappe si può in definitiva osservare che l'area interessata dal tracciato della tratta di valico della Linea AC/AV Milano-Genova presenta valori di $a(g)$ compresi tra 0,050 nel settore genovese e 0,100 g nel settore di spartiacque e piemontese.

La seguente Tabella 2 riporta la classificazione sismica dei diversi comuni interessati dal progetto, in base alle normative sopra citate.

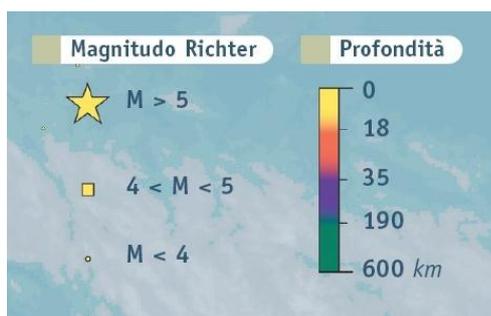
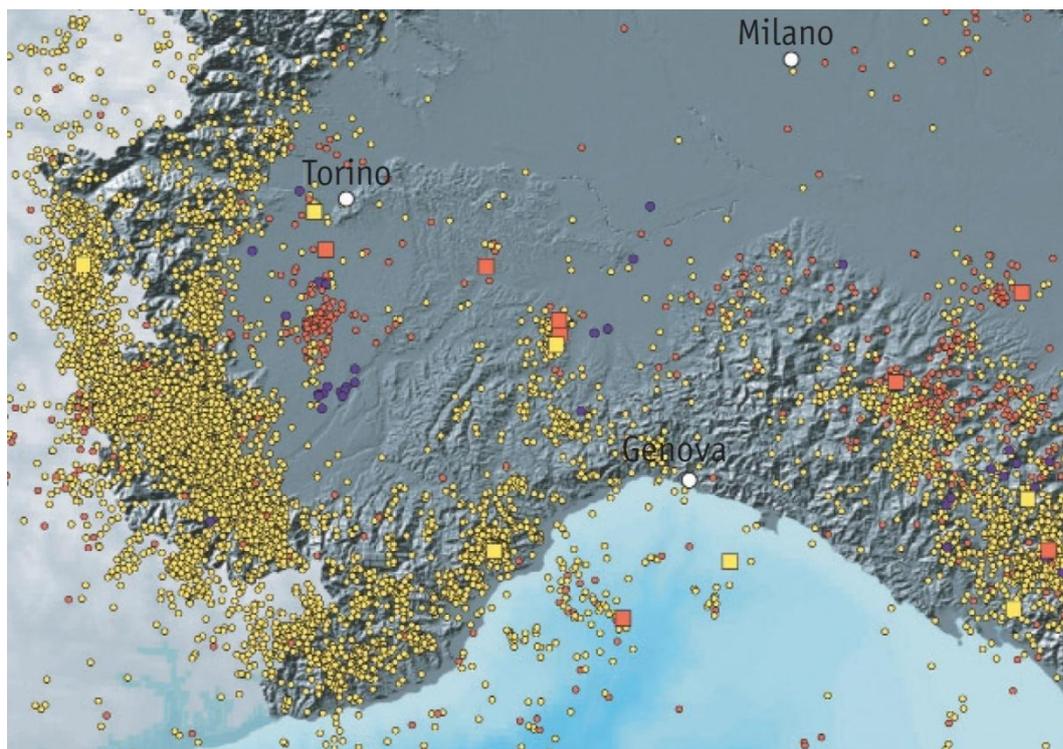


Figura 6 – Stralcio della Carta della sismicità in Italia tratta dal sito dell'INGV: <http://csi.rm.ingv.it/>

Il rettangolo rosso individua l'area di progetto.

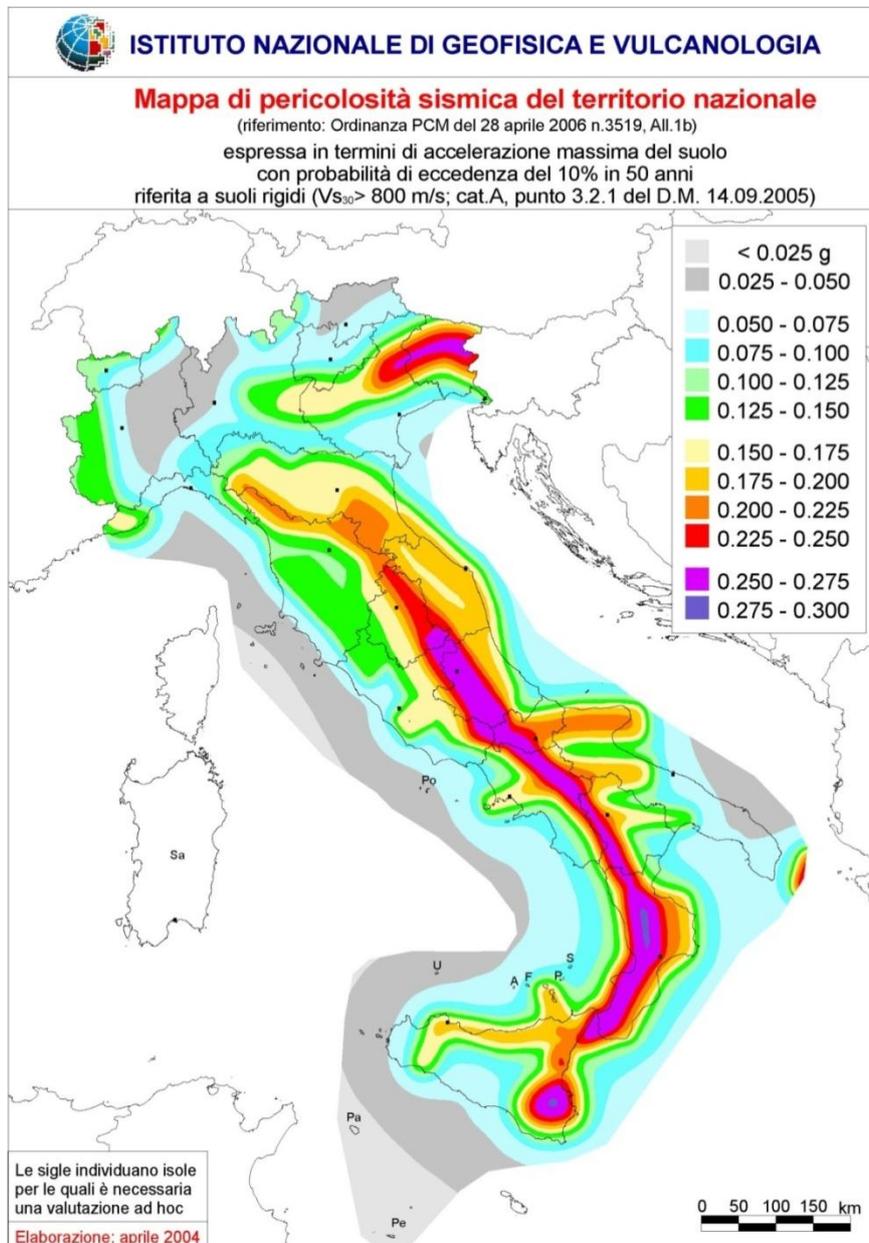
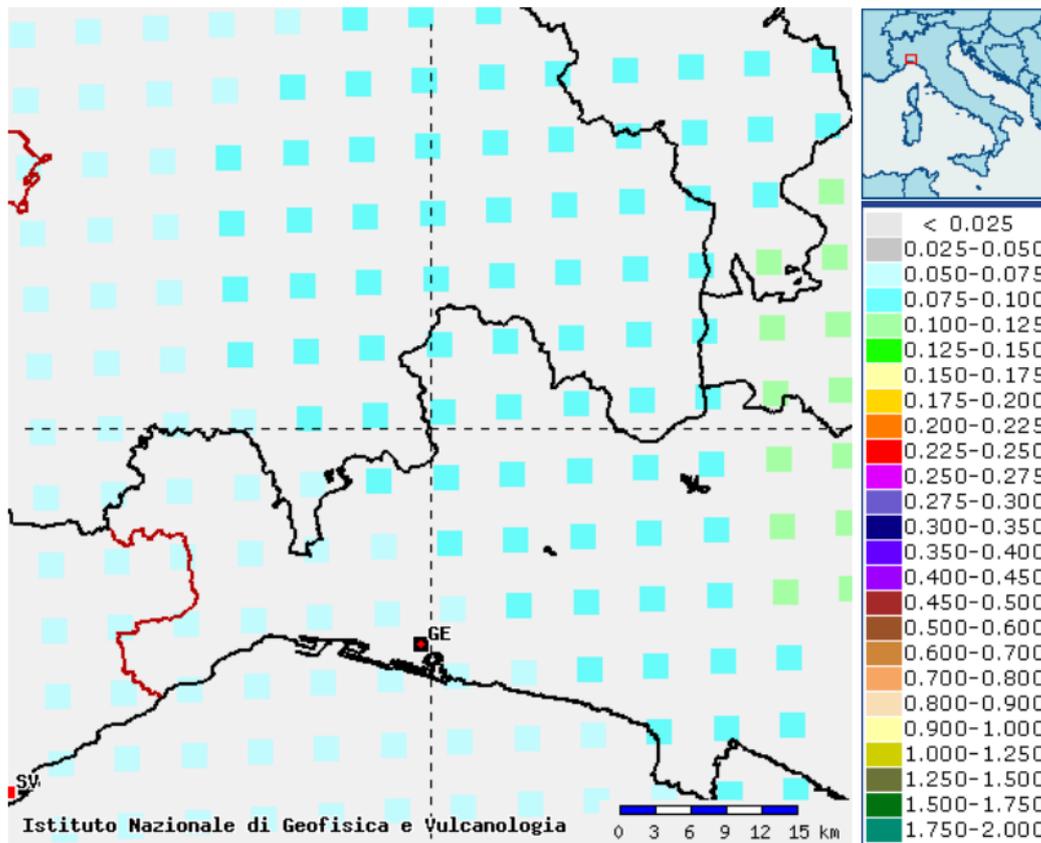


Figura 7 - Mapa di pericolosità sismica dell'intero territorio nazionale redatta dall'INGV. La figura è stata tratta dal sito dell'INGV: <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>



Selezione mappa

	Parametro dello scuotimento:	Probabilità in 50 anni:	Percentile:	Periodo spettrale (sec):
<input checked="" type="checkbox"/> Visualizza punti della griglia riferiti a:				
<input type="checkbox"/> Ridisegna mappa	a(g) ▾	10% ▾	50 ▾	0.50 ▾

Figura 8 - Mappa di pericolosità sismica dell'area studiata redatta dall'INGV. La figura è stata tratta dal sito dell'INGV: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

Regione	Comune	vecchia classificazione sismica	nuova classificazione sismica	D.G.R. Liguria 24/10/2008	D.G.R. Piemonte 19/01/2010
Piemonte	Arquata Scrivia	4	3		3
	Fraconalto	4	3		3
	Gavi	4	3		3
	Novi Ligure	4	4		3
	Pozzolo Formigaro	4	3		3
	Serravalle Scrivia	4	3		3
	Voltaggio	4	3		3
Liguria	Campomorone	4	4	3b	
	Ceranesi	4	4	3b	
	Genova	4	4	3b	
	Mignanego	4	4	3b	
	Ronco Scrivia	4	3	3b	

Tabella 2 - Elenco dei comuni interessati dal tracciato con indicazione del rischio sismico secondo la normativa nazionale e regionale.

7.3. Classificazione sismica dell'area di progetto

Sulla base della classificazione sismica dei comuni italiani contenuta entro l'Allegato 1 dell'OPCM n°3274 del 20/3/2003, con le rispettive delibere n°13058-790 del 19/1/2010 e n°1308 del 24/10/2008, le regioni Piemonte e Liguria hanno recepito le indicazioni contenute entro l'ordinanza ministeriale mediante le già citate D.G.R. 24/10/2008 n° 1308 (Regione Liguria) e 19/01/2010 n° 11-13058 (Regione Piemonte).

La seguente Tabella 2 riporta la classificazione sismica dei diversi comuni interessati dal progetto AC/AV Milano-Genova, in base alle normative sopra citate; tale classificazione fa riferimento ai valori di accelerazione sismica $a(g)$ con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, visualizzati cartograficamente in Figura 7 e Figura 8 così definiti:

- Zona 1: $a(g) > 0.25 g$
- Zona 2: $0.15 g < a(g) \leq 0.25 g$
- Zona 3: $0.05 g < a(g) \leq 0.15 g$
- Zona 4: $a(g) \leq 0.05 g$

Dalla Tabella 2 si osserva in generale un approccio più cautelativo nelle normative regionali rispetto alla classificazione nazionale, con il passaggio di alcuni comuni dalla zona 4 alla zona 3. Il Comune di Genova ricade in Zona 3b, corrispondente a valori di $a(g) = 0.1 g$.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00 Foglio 28 di 31

7.4. Stima delle proprietà sismiche dei terreni interessati dal progetto

7.4.1. Caratteri litostratigrafici

In base ai contenuti della relazione geologica, l'assetto geologico dell'area studiata è caratterizzato dalla presenza di un substrato roccioso costituito da:

- scisti filladici e/o carbonatico-filladici di vario tipo con intercalazioni carbonatiche (metacalcari, metacalcareniti) da centimetriche a plurimetriche;

La coltre quaternaria nel tratto interessato dall'opera è costituita da:

- detrito di versante in accumuli di spessore fino a una decina di metri, costituito da frammenti da centimetrici a decimetrici in matrice sabbioso-limosa, localmente sabbioso-limoso-argillosa;
- depositi alluvionali costituiti da ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose sciolte.
- depositi quaternari: depositi alluvionali antichi del T. Scrivia (fluviale antico, fl1): depositi ghiaiosi in matrice limoso-sabbiosa giallo-ocra, di potenza stimata inferiore a 5 m;

I rilievi di terreno eseguiti hanno permesso di delineare il seguente quadro generale:

- la potenza dei depositi quaternari di varia origine rilevati nell'area è in generale < 10-15 m;
- nella successione litostratigrafica studiata sono assenti livelli altamente compressibili e/o potenzialmente soggetti a liquefazione;
- l'ammasso roccioso è spesso degradato per alcuni metri dalla superficie; lo stato di fratturazione non è molto elevato, poiché buona parte degli stress tettonici è accomodata da piccoli scorrimenti lungo la foliazione;
- dato il quadro litostratigrafico generale, non è ipotizzabile la presenza di orizzonti di inversione della velocità sismica;
- non si ipotizzano particolari interazioni tra opere di fondazione e specifici livelli stratigrafici.

In base alle categorie di suolo di fondazione individuate dal D.M. 14.01.2008, in relazione alla prevedibile azione sismica di progetto stimata sulla base del parametro "Vs30", ossia della velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità², riportate nella successiva Tabella 3, è possibile valutare che, dato lo spessore della coltre detritica, dei depositi alluvionali e della coltre di alterazione del substrato, che caratterizzano il primo sottosuolo dell'area in esame e in

² Sebbene la normativa sismica si affidi in molti paesi al parametro Vs30, sono recentemente stati sollevati molti dubbi sulla sua capacità di prevedere l'amplificazione del suolo; esso non risulterebbe uno strumento affidabile del fattore di amplificazione in caso di terremoto. L'errore sulla stima di Vs30 è dell'ordine del 20-30% e le abituali modalità di rappresentazione del Vs30 secondo una regressione lineare standard che correla il parametro velocità al fattore di amplificazione portano a mettere in evidenza una correlazione inesistente (Castellaro & Mulargia, 2007).

considerazione delle velocità V_s (> 800 m/s) che caratterizzano il substrato prequaternario, si attribuisce cautelativamente all'area di intervento la categoria sismica E.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Tabella 3 - Categorie di sottosuolo definite dal D.M. 14.01.2008, Norme tecniche per le costruzioni.

7.4.2. Classificazione topografica secondo le NTC 2008

Per quanto riguarda la determinazione della categoria topografica del sito di intervento, le valutazioni sono state basate sulla correlazione dei dati geomorfologici a disposizione per con i dati riportati nel paragrafo 3.2.2 delle NTC 2008 (Tabella 4). Sulla base di tali correlazioni le condizioni topografiche corrispondono rispettivamente alla categoria T4 (versanti di rilievi con inclinazione media $> 30^\circ$).

Condizioni topografiche (§ 3.2.2 NTC-08)

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (**Tab. 3.2.IV** delle NTC-08):

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 4 - Condizioni topografiche ai fini della classificazione sismica di sito.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG5101ECVRGIN1X0X002A00 Foglio 30 di 31

8. CONCLUSIONI

Sulla base delle analisi effettuate in fase di progettazione esecutiva e delle risultanze delle indagini, è possibile concludere quanto segue:

- il settore di studio presenta nell'insieme una moderata propensione al dissesto, che si esprime sotto forma di limitati scivolamenti superficiali della coltre detritica;
- si suggeriscono interventi di consolidamento dei settori in frana e di stabilizzazione delle sponde, preferendo tecniche di ingegneria naturalistica (palizzate, biostuoie armate per il contenimento dell'erosione, ecc.);
- si suggerisce di procedere alla modellizzazione del comportamento geotecnico dei terreni di copertura, finalizzata alla determinazione delle interazioni opera/terreno, in condizioni di saturazione;
- data la bassa permeabilità dei terreni della coltre detritica e la conseguente difficoltà di tali terreni a smaltire le acque di infiltrazione, si suggerisce di prevedere un drenaggio sistematico dei pendii circostanti le opere da realizzare, mediante tecniche di ingegneria naturalistica (es. canalette drenanti in legname e pietrame);
- il dimensionamento della sezione di deflusso deve essere compatibile con la dinamica torrentizia; il corso d'acqua presenta accumuli di detrito a granulometria fine, dello spessore in genere < 1.5 m, sia in alveo sia sulle sponde, che testimoniano l'esistenza di un trasporto solido non particolarmente intenso ma non del tutto trascurabile; le opere in progetto dovranno quindi essere verificate anche in relazione al trasporto solido, prevedendo anche l'eventualità che in occasione di eventi di piena la sezione di deflusso possa essere ostruita da vegetazione.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG5101ECVRGIN1XOX002A00</p> <p style="text-align: right;">Foglio 31 di 31</p>

9. BIBLIOGRAFIA

- 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., Piazza, M. & Amandola, L. (2001) - *Field constraints to the Mid-Tertiary kinematics of the Ligurian Alps*. Ofioliti, 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*.
- Castellaro, S, Mulargia, F. (2007) - *Vs30, stimatore obbligatorio ma inefficace dell'amplificazione sismica*. NGTGS. Roma, 15 Novembre 2007
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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 Palaeogene of the Alps-Appennine system*. Tectonophysics, 238, 255-273.
- Laubscher, H., Biella, G.C., Cassinis, R., Gelati, R., Lozej, A., Scarascia, S. & Tabacco, I. (1992) - *The collisional Knot in Liguria*. Geologische Rundschau, 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.
- 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.