

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

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

**GALLERIA NATURALE
Finestra Cravasco
Relazione Idrogeologica**

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

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

Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	PRIMA EMISSIONE	Bollettinari <i>Bollettini</i>	15/07/2013	CASSANI <i>Cassani</i>	15/07/2013	A. Palomba <i>Palomba</i>	19/07/2013	
B00	Revisione a seguito istruttoria IG5102E69ROGN14H0001A	Bollettinari <i>Bollettini</i>	15/10/2013	Bollettinari <i>Bollettini</i>	15/10/2013	A. Palomba <i>Palomba</i>	16/10/2013	

n. Elab.:	File: IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00
-----------	---------------------------------------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 3 di 37

INDICE

1	PREMESSA E CONTENUTI.....	5
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	9
3	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DELL'AREA.....	13
3.1	Fotointerpretazione e rilievi in sito.....	13
3.2	Descrizione del tracciato.....	16
4	ASSETTO GEOLOGICO LUNGO L'OPERA IN PROGETTO.....	17
4.1	Tratta pk 0.00 – 330.00 ca.	17
4.2	Tratta pk 330.00 – 430.00 ca.	17
4.3	Tratta pk 430.00 – 755.00 ca.	18
4.4	Tratta pk 755.00 - 1180 ca.	19
4.5	Tratta pk 1180 – 1255 ca.	20
4.6	Tratta pk 1255 – termine galleria	21
4.7	Camerone di innesto della Finestra Cravasco alla Galleria di Linea.....	21
5	CARATTERISTICHE DI PERMEABILITÀ DEGLI ACQUIFERI.....	23
5.1	Prove di permeabilità eseguite in foro di sondaggio	23
5.2	Caratteristiche dei punti d'acqua dell'area.....	24
5.3	Caratteristiche del reticolo idrografico	28
5.4	Ricostruzione del profilo piezometrico.....	29
5.5	Valutazione delle portate drenate	30
6	POSSIBILE IMPATTO SULLE RISORSE IDRICHE	33
7	CONFRONTO TRA I DUE DIFFERENTI TRACCIATI (DI P.D. E P.E.) E CONCLUSIONI.....	35
8	BIBLIOGRAFIA.....	37

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00
Relazione Idrogeologica

Foglio
4 di 37

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica</p> <p style="text-align: right;">Foglio 5 di 37</p>

1 PREMESSA E CONTENUTI

La presente relazione costituisce un approfondimento degli studi condotti nell'ambito del Progetto Definitivo del Terzo valico dei Giovi, relativamente ai lavori del II Lotto, e più in particolare per la redazione del Progetto Esecutivo della Finestra Cravasco.

Il territorio interessato dal progetto è caratterizzato da rilievi collinari e montuosi che si estendono altimetricamente tra il rilievo montuoso del Monte Carlo e i rilievi collinari di Pietralavezzara

Sono analizzate le problematiche inerenti gli aspetti idrogeologici del tracciato con particolare riferimento alle possibili interferenze con i punti d'acqua di superficie.

Gli approfondimenti effettuati in sito, tuttora in corso nell'ambito della OV41 – “Studio delle aree carsiche dell'area Cravasco Isoverde” (prescrizione CIPE 80/2006), riguardano il censimento delle sorgenti, il censimento delle cavità carsiche, la definizione dell'assetto strutturale delle formazioni attraversate dal tracciato della Finestra con particolare riferimento ai limiti tra le due unità carbonatiche (Carcari dolomitici di M. Gazzo e Calcari di Gallaneto - acquiferi) e tra questi ultimi e le Metargilliti nere (acquicludo), la caratterizzazione geochimica delle sorgenti e dei corsi d'acqua, il regime idrologico di sorgenti e corsi d'acqua, i livelli idrici e le principali direttrici di flusso idrico.

I dati fin qui raccolti che a breve saranno arricchiti da sondaggi a carotaggio continuo ci hanno consentito di raggiungere un sufficiente quadro conoscitivo circa gli aspetti idrogeologici dell'area e di proporre una variante al tracciato di Progetto Definitivo per la finestra Cravasco.

Quest'ultimo tracciato ponendosi in posizione più parietale rispetto al tracciato di P.D. e attraversando per un più breve tratto le unità carbonatiche, coinvolge porzioni di acquifero più contenute. La modifica planimetrica che pone il tracciato più a sud rispetto al precedente, a valle delle principali direttrici di flusso idrico, determina un minore impatto sulle risorse idriche dell'area in parte utilizzate da privati e fonte dei principali afflussi idrici nell'alveo del Rio Rizzolo.

Anche la gestione delle acque drenate in fase di scavo risulta meno gravosa in quanto le portate idriche da gestire con il nuovo tracciato saranno più contenute.

Nella relazione sono esaminati i seguenti aspetti:

Geomorfologia

- Analisi foto interpretativa di foto aeree del volo IGM del 1951 a scala 1:16.000 ca., a verifica dei macro elementi geomorfologici di natura carsica e degli aspetti tettonico-strutturali che condizionano le direttrici di deflusso idrico dell'area.

Idrogeologia

- descrizione geolitologica dell'area;
- definizione delle caratteristiche degli acquiferi presenti nell'area di interesse;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 6 di 37

- censimento delle sorgenti;
- definizione della piezometrica di progetto;
- analisi del reticolo idrografico di superficie;
- analisi delle portate idriche previste in fase di scavo;
- analisi delle possibili interferenze sulle risorse idriche;

Di seguito vengono elencate tutte le attività conoscitive svolte ad integrazione di quanto contenuto nell'ambito del Progetto definitivo. Si tratta di studi concepiti in modo tale da ottenere un aggiornamento delle conoscenze geomorfologiche e idrogeologiche anche in base alle risultanze delle campagne di indagine eseguite nel 2005 nell'area.

Raccolta dei dati pregressi

Sono stati acquisiti dati dalle seguenti fonti:

- bibliografia citata al termine della relazione;
- fotografie aeree (volo IGM a scala 1:16.000 ca. del 1951 realizzato a copertura della fascia di territorio che va da Sestri Ponente a Novi Ligure);
- dati geognostici relativi ad aree esterne al tratto qui considerato acquisiti nell'ambito della progettazione preliminare e definitiva;
- dati relativi alle prove di permeabilità in foro effettuate in aree esterne al tratto qui considerato.

Analisi delle fotografie aeree

Lo studio geomorfologico è stato eseguito utilizzando anche le metodologie di analisi stereoscopica dei fotogrammi aerei per il riconoscimento degli aspetti tettonico-strutturali, della morfologia carsica e della rete idrografica minore. La scelta di effettuare lo studio su foto aeree datate è stata fatta, oltre che per la grande scala, per la totale assenza, in quegli anni (1951), di copertura arborea. Le stesse hanno consentito di individuare le zone di imbocco delle miniere di gesso che venivano sfruttate nei pressi di Isoverde, alla confluenza tra i torrenti Verde e Rizzolo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 7 di 37

Rilevamenti in sito

Durante la campagna di rilevamenti in sito sono state eseguite le seguenti attività:

- censimento e raccolta inerente le risorse idriche dell'area, sostanzialmente solo sorgenti;
- misure di portata delle sorgenti soprattutto dei punti idrici situati sul versante nord e sud del rilievo dolomitico del M. Carlo interessato dallo scavo.
- rilevamento geomorfologico di dettaglio volto a controllare ed integrare le informazioni ricavate dall'analisi fotointerpretativa, relativamente ai processi carsici e agli elementi tettonico-strutturali che possono condizionare i deflussi ed i flussi idrici.

L'attività di rilevamento si è svolta nel periodo Gennaio Giugno 2013, spesso in condizioni di ridotta copertura vegetale il che ha favorito tale attività.

Nel periodo compreso tra Gennaio e Marzo 2013 è stato completato il censimento dei punti d'acqua e sono state effettuate misure di portata su alcune delle sorgenti dell'area. I punti censiti, nell'ambito del bacino idrografico del Torrente Verde e quelli oggetto di monitoraggio sono riportati in una nella cartografia di progetto esecutivo.

Sintesi dei contenuti della relazione

Nella presente relazione e nella cartografia allegata (planimetria e profili) sono contenuti i risultati degli studi eseguiti. Il capitolo 3 tratta degli aspetti geomorfologici dell'area. Nel capitolo 4 viene esaminato l'assetto geologico lungo il tracciato descritto per fasce omogenee mentre nel capitolo 5 sono esaminate le caratteristiche di permeabilità delle formazioni che ricadono nell'area di studio. Dopo aver esaminato le caratteristiche litologiche generali delle formazioni sono state analizzate le caratteristiche della fratturazione dei tratti indagati cercando delle correlazioni con posizione piano altimetrica e portata delle sorgenti. Nell'analisi delle sorgenti, eseguita basandosi sui pochi dati di monitoraggio, si è cercato di correlare la portata con l'area di affioramento, distinguendo fra quelle che emergono su roccia in posto e quelle che emergono da coltri di detrito. L'insieme dei dati raccolti ha permesso di ricostruire un modello concettuale di filtrazione per le formazioni di M. Gazzo, Gallaneto e Argilloscisti che è poi stato utilizzato per eseguire la stima delle portate drenate dalla Finestra Cravasco. Per l'analisi a breve termine, basandosi sullo schema concettuale di filtrazione si è suddivisa la galleria in zone omogenee e, utilizzando i carichi idraulici ante operam ricostruiti sulla base della posizione delle sorgenti e del loro regime idrologico, è stata calcolata la portata complessiva drenata. Le valutazioni a medio e lungo termine non sono state eseguite in quanto appaiono carenti i dati relativi alla portata delle sorgenti e dei corsi d'acqua e quindi non definibile con sufficiente precisione il coefficiente di infiltrazione. Anche i dati di pioggia desumibili

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica	Foglio 8 di 37

dall'unica stazione meteo situata a 300 m s.l.m. appaiono scarsamente significativi visto che tutto il bacino idrografico del T. Verde si sviluppa a monte di tale quota.

E' stata eseguita infine una valutazione della pericolosità di isterilimento delle risorse idriche dell'area sottesa dalla finestra ed è stato proposto un piano di monitoraggio ante operam A.O. (già avviato), da proseguire in corso d'opera C.O..

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 9 di 37

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di studio si colloca nella zona di giustapposizione tra i domini orogenici alpino e appenninico (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), nota in letteratura come "nodo collisionale ligure" (Laubscher et 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 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**):

- 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 riequilibrio 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 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.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 11 di 37

Assetto geologico-strutturale locale

Alla scala locale, l'area di intervento si colloca in una stretta fascia di contatto tra le unità Figogna a ESE, Cravasco-Voltaggio nel settore centrale e Gazzo-Isoverde a WNW.

Il settore compreso tra Isoverde e il Passo della Bocchetta costituisce una zona particolarmente importante a causa della sua complessità geologica. In questo settore affiora il contatto tra l'unità Figogna ("Unità Timone - Bric Teiolo" auct.), costituita prevalentemente da meta-argilliti e l'unità Gazzo-Isoverde, costituita in prevalenza da rocce carbonatiche, che ospita alcuni sistemi carsici di notevole interesse (cfr. § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Verso nord, è presente anche il contatto tra l'unità Gazzo-Isoverde e l'unità Cravasco-Voltaggio, composta da rocce basiche e meta-argilliti.

La natura tettonica dei contatti tra le tre unità affioranti nell'area è chiara, in base ai numerosi lavori svolti nell'area, parte dei quali è citata in bibliografia. Da questi lavori, e dai rilievi geologici eseguiti nello specifico per il progetto AV/AC Milano-Genova, emerge chiaramente come i diversi contatti non possano essere definiti come superfici individuali, ma piuttosto come volumi rocciosi, o fasce, di potenza decametrico–ettometrica, che rappresentano zone di taglio duttile con struttura a scaglie tettoniche; queste zone di taglio inglobano litotipi provenienti dalle unità limitrofe e presentano quindi una notevole eterogeneità litologica.

Più in particolare l'unità Gazzo–Isoverde è separata verso S e SE dall'unità Figogna, attraverso una zona di taglio duttile o zona a scaglie a direzione circa WSW-ENE, con immersione verso SE nel settore di Isoverde, che ruota progressivamente fino ad orientarsi con direzione SSW-NNE e immersione verso ESE nel settore di Pietralavezzara.

Verso N la medesima unità Gazzo-Isoverde, è separata dall'unità Cravasco-Voltaggio da una zona di taglio duttile a scaglie del tutto analoga alla precedente, di cui rappresenta un ramo con diversa orientazione, che ha direzione media WSW-ENE e immersione verso SE.

Le due zone di taglio convergono fino a congiungersi nel settore a nord di Pietralavezzara, elidendo l'Unità Triassico–Liassica verso est.

Come detto in precedenza queste zone di taglio sono elementi deformativi di tipo duttile con riattivazioni o evoluzione in regime duttile-fragile e sono costituite da *miloniti* derivate dai litotipi originariamente appartenenti alle unità messe a contatto dalle zone di taglio stesse e da scaglie dei medesimi litotipi con minor grado di deformazione interna e parziale o totale preservazione delle strutture pre-milonitiche.

Vi prevalgono quindi meta-argilliti fortemente laminate, di aspetto filladico, derivate sia dalle meta-argilliti dell'unità Figogna, sia dalle meta-argilliti liassiche dell'unità Gazzo-Isoverde. Le scaglie

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>CODIV Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica</p> <p>Foglio 12 di 37</p>

(litoni), di dimensioni da decametriche a ettometriche, sono costituite da serpentinoscisti, gessi e carniole, calcari e metabasalti laminati.

Nel presente rapporto, per quanto riguarda le caratteristiche litologiche dei litotipi affioranti nell'area di intervento, si può fare riferimento alle descrizioni riportate nella parte generale (Capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), dal momento che i nuovi rilevamenti di dettaglio eseguiti nell'ambito del Progetto Esecutivo non hanno determinato particolari revisioni di tale aspetto. Per le tematiche geologico-strutturali si può invece fare riferimento ai paragrafi che seguono, dal momento che per questi aspetti i nuovi rilevamenti eseguiti hanno apportato nuove informazioni rilevanti ai fini della definizione geometrica tridimensionale dei diversi corpi geologici.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p>  <p>Consorzio Collegamenti Integrati Veloci</p>	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica</p> <p style="text-align: right;">Foglio 13 di 37</p>

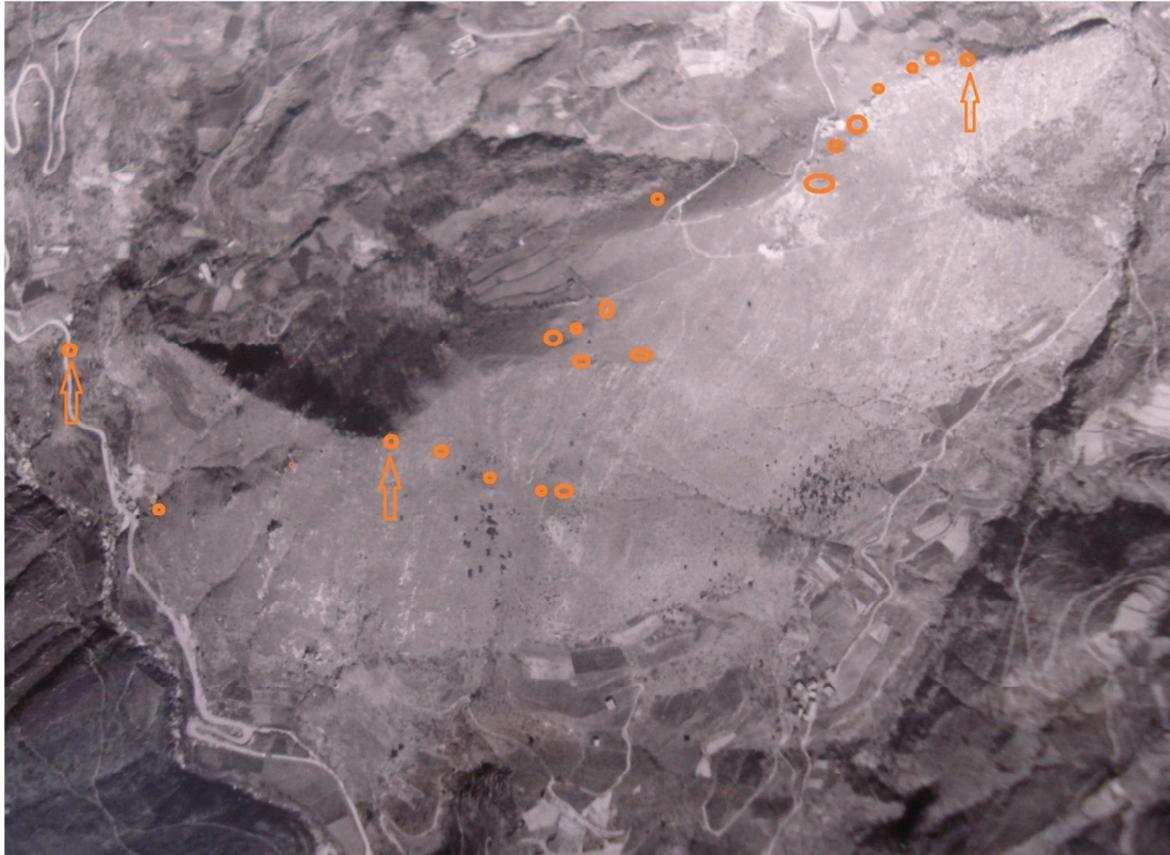
3 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DELL'AREA

L'area in esame è stata analizzata sotto il profilo geomorfologico, al fine di discriminare e riconoscere l'insieme delle forme, in questo contesto carsiche, che possono determinare un significativo incremento delle portate idriche in galleria. Tale studio è stato condotto preliminarmente tramite l'analisi di fotografie aeree, a cui è seguita un'indagine bibliografica e un puntuale rilievo di campagna. Sono state altresì ricercate, nell'intorno dell'abitato di Isoverde, su base foto interpretativa, tutte le evidenze morfologiche legate alle passate attività estrattive nei gessi che appaiono evidenti almeno fino al 1951, data del volo IGM a scala 1:16.000 circa. Si tratta di cavità di accesso alle gallerie di coltivazione, di varia forma e dimensione che non rivestono comunque alcuna importanza per gli aspetti progettuali. Hanno invece implicazioni per quanto attiene la stabilità di alcuni manufatti (edifici e strade) e per gli aspetti idrologici e idrogeologici, anch'essi non trascurabili, perché in grado di modificare localmente la circolazione idrica superficiale e sotterranea (ad es. il tratto del Rio Rizzolo compreso tra il cimitero di Isoverde e la confluenza con il T. Verde). Gli elementi geomorfologici individuati sono evidenziati su alcuni stralci delle foto aeree utilizzate per lo studio geomorfologico.

Il territorio presenta estesi affioramenti del substrato roccioso alle alte quote e in corrispondenza dei solchi vallivi mentre è caratterizzato da coperture detritiche più o meno ampie e spesse sui medi versanti. Particolarmente estese in destra Rizzolo, nei dintorni degli edifici rurali di quota 290 (ora dei ruderi), ove sono presenti anche ampie superfici terrazzate. Su questo stesso versante è riconoscibile un antico accumulo di frana che da quota 330 si estende fino all'alveo del Rio Rizzolo. Nell'ambito delle aree di affioramento delle formazioni carbonatiche sono stati individuati lineazioni riconducibili ad elementi tettonico-strutturali e della macrofratturazione. Tra questi si ha particolare evidenza della stratificazione disposta secondo piani ad orientazione NE-SW particolarmente evidenti sul versante SE del M. Carlo. Evidenti anche le discontinuità ad orientazione trasversale alla stratificazione (WNW-ESE) sub-parallele alle due linee di faglia principali che attraversano la sommità del rilievo, una poco a sud della cima di quota 550 e l'altra più a nord che interseca il Rizzolo a 478.8 m di quota e il crinale a 565.9 m di quota. Ben riconoscibili infine alcuni lineamenti che solcano lo stesso versante con orientazione NW-SE poco a nord dei ruderi di Case Rizzolo.

3.1 Fotointerpretazione e rilievi in sito

Lo studio di foto aeree a grande scala derivanti dal volo IGM 1951 ha consentito di rilevare oltre alle forme strutturali, gli elementi tettonici principali (faglie, macrofratture), alcune forme concave verosimilmente legate ai processi di dissoluzione carsica (inghiottitoi e piccole doline) visibili nelle parti più elevate del M. Carlo, lungo i principali contatti tettonici.



Il rilievo montuoso del M. Carlo ripreso dal volo IGM del 1951 – Sono evidenziate le forme di probabile origine carsica. Depressioni sub circolari e a ciotola. Sono indicate con freccia alcune cavità a pozzo individuate durante i sopralluoghi. Gran parte di queste forme sono disposte lungo le principali direttrici tettoniche.

Nell'area di Isoverde sono ben evidenti le aree oggetto di coltivazione dei gessi attualmente del tutto obliterate da riporti e rimodellamenti effettuati dopo il 1951. La presenza di queste cavità si ripercuote però su opere idrauliche, strade ed edifici alcune delle quali fondate proprio sulle aree di antica coltivazione.



Abitato di Isoverde ripreso dal volo IGM del 1951 – Sono evidenziate le aree estrattive dei gessi situate sui fondovalle dei torrenti Rizzolo e Verde.

3.1.1 Forme e depositi dovuti all'azione della gravità

L'area in esame presenta poche aree caratterizzate da coperture detritiche attribuibili a corpi di frana. Una localizzata in destra Rizzolo tra i 320 m di quota e l'alveo, in vicinanza di un antico agglomerato rurale abbandonato, rimodellata con ampi terrazzamenti delimitati da muri a secco, ha coinvolto parte dei Calcari di Gallaneto e parte degli Argilloscisti neri.

La seconda, più modesta, ma più recente, in destra Rizzolo, innescata dall'erosione al piede dello stesso torrente, ha interessato gli Argilloscisti filladici.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 16 di 37

La prima ha rilevanza per gli aspetti idrogeologici in quanto è alla base di questa, in prossimità del torrente, che si rinviene la sorgente SCM370.

Un altro accumulo è situato sul versante settentrionale del M. Carlo nella valle del Rio Barbun. Parte del coronamento di questa appare coincidente con la linea di faglia che solca il rilievo montuoso poco a sud della cima.

3.2 Descrizione del tracciato

Finestra Cravasco

Nell'ambito del presente paragrafo si descrivono gli elementi geologici e geomorfologici con preciso riferimento all' opera in progetto.

La galleria che ha una lunghezza di 1291 m imbocca su un fronte di una cava impostata sui Calcari dolomitici di M. Gazzo (dG) a 292 m di quota e raggiunge quota 146 in corrispondenza dell'innesto con la galleria di linea, lato binario pari.

La finestra dopo un primo tratto rettilineo di circa 360 m che si mantiene parallelo al versante sinistro del T. Verde descrive un'ampia curva fino a disporsi intorno a pk 1+140 parallelamente al tracciato della galleria di linea, fino all'innesto alla progressiva chilometrica 1+291.

La ricostruzione geologica, in assenza di sondaggi, è stata effettuata con i soli rilievi di superficie, favoriti dal fatto che almeno nel primo tratto, ove sono presenti le formazioni calcaree e calcareo-dolomitiche, l'assetto molto inclinato della stratificazione e dei limiti formazionali favorisce la ricostruzione dei contatti in sottterraneo.

Le coperture variano tra un minimo di 24 m in corrispondenza del sottoattraversamento del Rio Rizzolo, a pk 0+660, ai 250 m circa del camerone di innesto alla galleria di linea.

Sono state di recente definite le posizioni di alcuni sondaggi che una volta realizzati, forniranno più precise informazioni su tali contatti in sottterraneo, soprattutto circa i limiti tra formazioni acquifere e acquicludi (Argillocisti neri Mn e Argillocisti filladici f).

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 17 di 37

4 ASSETTO GEOLOGICO LUNGO L'OPERA IN PROGETTO

4.1 Tratta pk 0.00 – 330.00 ca.

Litotipi attraversati

La tratta si sviluppa interamente all'interno delle Dolomie del Monte Gazzo (dG), costituite da calcari dolomitici e dolomie metamorfici grigi ben stratificati, da microcristallini a saccaroidi, di colore grigio chiaro, con livelli di brecce intraformazionali a clasti di calcari dolomitici.

Presenza di faglie e stato di fratturazione

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

Lo stato di fratturazione generale dell'ammasso è caratterizzato da una densità delle superfici di discontinuità piuttosto elevata, poiché il corpo dolomitico del Monte Gazzo ha reagito alle deformazioni principalmente sviluppando clivaggi di dissoluzione con orientazione estremamente variabile da una zona all'altra.

Presenza di acqua

In questa tratta è possibile una percolazione di acqua nel non saturo e una circolazione idrica nel saturo attraverso condotti carsici e/o zone di dissoluzione.

Anche l'orientazione della stratificazione è favorevole alle ingressioni di acqua in quanto le linee di flusso sono prevalentemente orientate lungo strato, dal momento che essa è da subverticale a molto inclinata e con direzione sub-perpendicolare all'asse della galleria.

4.2 Tratta pk 330.00 – 430.00 ca.

Litotipi attraversati

La tratta si sviluppa interamente all'interno dei calcari di Gallaneto (cG), rappresentati da meta-calcari grigi e scisti carbonatici grigio-argentei, passanti localmente a bancate con prevalenti calcari cristallini biancastri di aspetto tegulare. Localmente, presso il contatto con gli argilloscisti neri (mN) possono essere presenti anche bancate di calcari scuri, di potenza da pluri-metrica a decmetrica, con scistosità meno marcata e quindi più massicci e con elevata densità di vene carbonatiche.

Presenza di faglie e stato di fratturazione

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

Lo stato di fratturazione generale dell'ammasso è caratterizzato da una densità delle superfici di discontinuità relativamente modesta; una densità di fratturazione media o medio-alta può essere tuttavia presente nelle bancate più carbonatiche, reologicamente più competenti e rigide.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 18 di 37

Presenza di acqua – Lo scavo procederà in un ammasso caratterizzato da un’anisotropia relativamente elevata, poiché i calcari di Gallaneto sono costituiti da interstrati scistosi e carbonatici non scistosi con differente comportamento reologico. L’orientazione delle scistosità e dei contatti litologici tra le bancate è prevalentemente ad alto angolo con una direzione quasi perpendicolare al tracciato. Non sono comunque da escludersi anche locali giaciture a basso angolo legate a zone di cerniera di pieghe.

In questo caso la circolazione idrica a quota galleria avviene tutta nel saturo con direttrici di flusso disposte prevalentemente lungo la scistosità/ stratificazione.

Anche in questa tratta, sebbene con minor probabilità rispetto alla precedente, non sono da escludersi fenomeni carsici, con presenza di microcarsismo diffuso lungo scistosità e fratture. Si ritiene comunque improbabile la presenza di condotti o cavità di grandi dimensioni, dal momento che i calcari presentano sempre degli interstrati fillosilicatici che limitano la propagazione laterale di tali fenomeni.

4.3 Tratta pk 430.00 – 755.00 ca.

Litotipi attraversati

In questo settore saranno attraversati prevalentemente livelli riferibili agli argillocisti neri (mN), consistenti in scisti carbonatici neri, calcari impuri grigio–nerastri passanti lateralmente a scisti calcarei fortemente foliati di colore grigio scuro-argenteo. Le bancate maggiormente carbonatiche non superano in genere il metro di spessore e solo localmente esse sono presenti in quantità consistente, mentre più sovente prevalgono gli scisti. All’interno della successione si intersecheranno anche livelli milonitici, con tessitura fortemente foliata e più fissili delle facies non milonitiche.

Presenza di faglie e stato di fratturazione

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

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

Presenza di acqua – Lo scavo procederà in un ammasso caratterizzato da un’anisotropia meccanica elevata a causa della foliazione che risulta essere molto pervasiva.

L’orientazione delle scistosità e dei contatti litologici tra le bancate è quasi ortogonale al tracciato nel tratto compreso tra la pk 445.00 e la pk 580.00, mentre l’incidenza si riduce man mano che si

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 19 di 37

procede verso la pk 755.00, poiché il tracciato curva e va a disporsi quasi parallelamente alla scistosità. La circolazione idrica è estremamente limitata e confinata a quelle porzioni di ammasso più carbonatiche che costituiscono acquiferi confinati all'interno degli argilloscisti. Venute idriche fino a qualche litro/secondo, in rapido esaurimento sono possibili all'interno di questi corpi idrici. Solo nei tratti caratterizzati da basse coperture quali ad esempio nel tratto di sottoattraversamento del Rizzolo, in presenza di una continuità tra superficie e cavo, si potranno avere modeste venute e stillicidi diffusi e persistenti.

4.4 Tratta pk 755.00 - 1180 ca.

Litotipi attraversati

In questo settore saranno attraversati prevalentemente livelli riferibili agli argilloscisti filladici (f), in facies milonitica, consistenti in scisti micacei di colore grigio-argenteo o grigio scuro, con vene trasposte di quarzo e rare intercalazioni di meta-calcarei micacei a tessitura fortemente laminata e trasposta a causa di intensi fenomeni milonitici. La presenza di bancate con minor deformazione milonitica è possibile; in questo caso la scistosità, pur risultando meno pervasiva, presenta una partizione meno fitta. All'interno di questa fascia di deformazione duttile sarà possibile intersecare anche livelli milonitici derivanti da argilloscisti neri (mN), e scaglie di potenza metrica o decametrica derivanti da altri litotipi a composizione basaltica, serpentinitica, calcarea o evaporitica, con tessitura più o meno laminata.

Presenza di faglie e stato di fratturazione

E' prevista la possibile intersezione con una zona di faglia nell'intorno della pk 1100.00. Si tratta comunque di un elemento strutturale con fascia di deformazione piuttosto circoscritta, dell'ordine di 10-20m di spessore e caratterizzata da rocce di faglia scistose a tessitura caotica. Nella zona di nucleo della faglia sarà possibile intersecare livelli a granulometria fine (gouge) di spessore modesto (1-2 m al massimo). L'angolo d'intersezione con la discontinuità è piuttosto favorevole, poiché essa taglia la galleria con direzione sub-perpendicolare o comunque con alto angolo di incidenza. L'inclinazione della faglia è ad alto angolo.

Presenza di acqua

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

Il tracciato ha un'orientazione conforme alla scistosità e ai contatti litologici tra le bancate. L'inclinazione degli strati è prevalentemente a medio-alto angolo verso SE, ma sono possibili sporadici rovesciamenti o giaciture a basso angolo in ragione della presenza di pieghe. Alla luce di

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 20 di 37

questi aspetti si ritiene molto modesta la possibilità di intercettare acqua. Possibili venute modeste e stillicidi in presenza di bancate maggiormente carbonatiche e inclusi litici quali calcari, anidriti, basalti e serpentiniti in rapido esaurimento.

4.5 Tratta pk 1180 – 1255 ca.

Litotipi attraversati

Questa zona deve essere distinta dal settore precedente poiché, sulla base delle osservazioni di superficie sembra essere più probabile la presenza di lenti serpentinitiche e radiolaritiche all'interno delle miloniti.

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

Presenza di faglie e stato di fratturazione

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

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

Presenza di acqua

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

La presenza di fronti misti, con contatti litologici tra litotipi a differente competenza meccanica è probabile in tutto il settore qui considerato, poiché è attesa la presenza di scaglie all'interno delle miloniti. In questo contesto si ritiene molto limitata la possibilità di intercettare acqua ad esclusione di quei tratti scavati all'interno degli inclusi che potrebbero determinare venute idriche comunque modeste e stillicidi in rapido esaurimento.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 21 di 37

4.6 Tratta pk 1255 – termine galleria

Litotipi attraversati

In questo settore è previsto l'attraversamento di livelli riferibili agli argilloscisti filladici (f) in facies milonitica, consistenti in scisti micacei di colore grigio-argenteo o grigio scuro con vene trasposte di quarzo e rare intercalazioni di meta-calcarei a tessitura fortemente laminata e trasposta a causa dell'intensa milonizzazione.

Non è altresì da escludere che all'interno della fascia milonitica intercettata in questa tratta vengano incontrate anche scaglie di potenza metrica e deca metrica derivanti da altri litotipi a composizione basaltica, calcarea, evaporitica con struttura più o meno laminata.

Presenza di faglie e stato di fratturazione

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

Lo stato di fratturazione generale dell'ammasso è caratterizzato da una densità delle superfici di discontinuità bassa.

Presenza di acqua

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

L'orientazione delle scistosità e dei contatti litologici tra le bancate è moderatamente favorevole, poiché la galleria intercetta la scistosità con un angolo di incidenza obliquo

In questo contesto viste le caratteristiche dell'ammasso roccioso a permeabilità molto bassa anche in considerazione delle coperture e dello stato tensionale la presenza di acqua appare del tutto limitata.

4.7 Camerone di innesto della Finestra Cravasco alla Galleria di Linea

Il tracciato del camerone di innesto della Finestra Cravasco alla Galleria di linea ha una disposizione ortogonale a finestra e gallerie di linea. I litotipi attraversati sono prevalentemente riferibili agli Argilloscisti filladici (f) in facies milonitica. All'interno di questa fascia di deformazione duttile sarà possibile intercettare anche livelli milonitici derivanti da argilloscisti neri costituiti da scisti carbonatici fortemente laminati. Non è possibile escludere la presenza, all'interno della fascia milonitica, di scaglie di potenza metrica e/o decametrica a composizione basaltica, serpentinitica, calcarea ed evaporitica con tessitura più o meno laminata.

Presenza di acqua

Lo scavo si pone trasversalmente alla direzione della scistosità che è prevalentemente ad alto angolo anche se non si possono escludere sporadici rovesciamenti o giaciture a basso angolo.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 22 di 37

Anche i contatti litologici, in accordo con la scistosità hanno analoga orientazione e pertanto lo scavo potrà intercettare tali inclusi trasversalmente. Verso ovest per l'ultimo tratto di camerone (tratto di circa 15 m) saranno intercettati gli argilloscisti neri (Mn) costituiti da scisti carbonatici neri passanti a scisti carbonatici fortemente foliati con frequenti livelli milonitici.

Alla luce di questi aspetti si ritiene che lo scavo avverrà in assenza di acqua anche se stillicidi e modeste venute, in rapido esaurimento, potranno manifestarsi in corrispondenza degli inclusi calcarei, basaltici e serpentinitici.

Per una stima delle portate in fase di scavo si può fare riferimento ai dati espressi per l'ultimo tratto della finestra in considerazione di battenti idraulici dell'ordine dei 190 m e di coefficienti di permeabilità dell'ordine di $3,4E-7$ m/s ma anche inferiori.

Con una portata q di 0,012 l/s/m la portata cumulata a scavo completato sarà dell'ordine dei 2 l/s.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica <table border="1" data-bbox="1428 235 1532 293"> <tr> <td>Foglio 23 di 37</td> </tr> </table>	Foglio 23 di 37
Foglio 23 di 37		

5 CARATTERISTICHE DI PERMEABILITÀ DEGLI ACQUIFERI

Le caratteristiche di permeabilità degli acquiferi sono state definite su base bibliografica e modificate sulla base di parametri che tengono conto delle portate idriche delle sorgenti e dall'estensione dei relativi bacini idrogeologici.

Dall'analisi dei dati relativi a permeabilità, distribuzione delle sorgenti e dalle osservazioni di superficie eseguite nell'area di studio e nelle aree adiacenti è stato elaborato uno schema concettuale che è servito da base per eseguire la previsione della portata drenata in fase di scavo. L'analisi dei dati si è concentrata principalmente sulle formazioni di M. Gazzo e di Gallaneto. Queste, infatti, costituiscono i principali acquiferi dell'area.

E' su questi acquiferi che potrebbero verificarsi fenomeni di interferenza a seguito del drenaggio operato dal cavo con le risorse idriche di superficie.

5.1 Prove di permeabilità eseguite in foro di sondaggio

Gli unici dati a cui riferirci per una valutazione diretta del coefficiente di permeabilità in profondità, sono quelli ricavati nelle prove Lugeon in foro sulle Argille a palombini realizzati nell'area di Campomorone. Dati che con qualche cautela possono essere utilizzati per una stima del coefficiente di permeabilità degli Argilloscisti neri (Mn) e degli Argilloscisti filladici (f)

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica		Foglio 24 di 37

Codice	Comune	Pk	Tipo	Prof. i	Prof. f	U.L	K (m/s)
AA301G052	Campomorone	7+950	Lu	101	104	1.1	0.66e-7
			Lu	107	111	0.9	0.54e-7
6A301G054	Campomorone	8+550	Lu	31.9	34.9	0.165	0.1e-7
			Lu	39.7	41.7	0.182	0.1e-7
			Lu	45.7	47	0.39	0.23e-7
			Lu	49	50.7	0.38	0.22e-7

Tab. 5.1 - Sintesi delle prove Lugeon eseguite nell'ambito delle campagne geognostiche su sondaggi verticali, sul tracciato delle gallerie di linea in comune di Campomorone. (Relazione idrogeologica di Progetto Definitivo).

5.2 Caratteristiche dei punti d'acqua dell'area

La tabella 4.3 riassume i dati del monitoraggio eseguito in corrispondenza di 24 sorgenti tra quelle presenti nel bacino idrografico del T. Verde, a monte di Isoverde. Sono in totale 43 le sorgenti censite nell'ambito dello stesso bacino idrografico. I dati raccolti da Gennaio a Giugno 2013 mostrano una spiccata variabilità con portate che, per quanto potuto accertare sulla base dei pochi dati disponibili (per alcune sorgenti si hanno minimi di portata che risalgono all'estate 2006), tendono a ridursi notevolmente nel periodo estivo.

Fa eccezione la sorgente SCM 368 (220 m s.l.m.), situata sul fondovalle del T. Verde, a valle dei tratti di alveo privi di acqua per perdite dal subalveo, che nel periodo estivo garantisce un certo deflusso idrico al torrente.

Delle 43 sorgenti individuate, 15 ricadono nell'area di interesse per il tracciato della finestra.

Si tratta delle sorgenti SCM368, SCM102, SCM103, SCM104, SCM369, SCM217, SCM219, SCM88, SCM89, SCM370, SCM220, SCM221, SCM374, SCM375 e SCM376.

Sorgente SCM368 – E' la sorgente più importante per l'area con portate che variano in ambito stagionale tra i 300 l/s del periodo invernale e primaverile e i 50 l/s dell'estate. Occasionalmente, in concomitanza con importanti eventi meteorici le portate possono raggiungere picchi importanti anche nel periodo estivo, come sotto documentato.

La sorgente è ubicata nei pressi dell'alveo del T. Verde a 220 m di quota e trae alimentazione dall'acquifero carsico costituito dai Calcari dolomitici di M. Gazzo che in quest'area hanno un assetto trasversale all'alveo con inclinazione accentuata intorno a 155/65. L'emergenza è localizzata lungo strato, in prossimità del limite con i Calcari di Gallaneto.

La sorgente è captata con un canale di derivazione sul quale è possibile effettuare le misure.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 25 di 37

Le variazioni di portata nel corso degli eventi meteorici più rilevanti sono repentine, così come le riduzioni di portata. Due gli eventi registrati che forniscono informazioni significative sul regime idrologico della sorgente nella fase di ricarica e nella fase di esaurimento.

Evento di Novembre 2012

Dato di portata di venerdì 9 novembre ore 16. 165 l/s

Dato di portata di lunedì 12 novembre ore 10. 225 l/s

Evento di Agosto 2012

Dato di portata del 28 Agosto 2012 ore 16. 60 l/s

Dato di portata del 31 Agosto 2012 ore 11. 305 l/s

Dato di portata del 31 Agosto 2012, ore 15. 185 l/s.

Sulla base dei primi dati geochimici disponibili, ma da verificare, e dei dati di conducibilità elettrica si evidenziano valori in linea con quelli registrati su sorgenti e corsi d'acqua situati nelle porzioni di bacino nordoccidentali per la presenza di acque con una bassa conducibilità elettrica rispetto alle sorgenti situate nell'intorno del Monte Carlo. Appare pertanto probabile che la maggior parte degli apporti idrici provenga da ovest (dal M. Carmelo).

Sorgenti SCM102 e SCM 103 – Si tratta di sorgenti non captate situate sul versante sinistro del T. Verde poco a monte di Isoverde a quote intorno a 264 m s.l.m.. Hanno origine dai Calcari dolomitici di M. Gazzo con emergenza lungo strato. Le sorgenti pur presentando caratteri di spiccata stagionalità con lunghi periodi privi di portata idrica sono significative in quanto danno indicazioni circa i livelli idrici massimi raggiunti entro l'acquifero fessurato e localmente carsificato. Si tratta di sorgenti situate al limite della porzione di ammasso attraversata da acque di percolazione ed è nei periodi in cui i quantitativi meteorici superano le capacità di deflusso dei punti di recapito situati in prossimità del fondovalle che si attivano punti di emergenza idrica, talora veri e propri condotti carsici, a quote superiori. Queste due sorgenti sono state utilizzate

Sorgenti SCM217 e SCM219 a quote rispettivamente di 255 m e 286 m

Si tratta di sorgenti captate situate sul versante destro del T. Verde, poco a monte di Isoverde posizionate lungo il contatto tra Calcari di Gallaneto (acquifero) e Argilloscisti neri (acquicludi).

La SCM 219, più alta in quota ha un regime idrologico estremamente variabile, tra i 10 l/s del periodo invernale e i 0,08 l/s del periodo estivo. Meno variabili le portate della SCM217, più bassa in quota che registra portate massime dell'ordine degli 8 l/s e portate estive intorno a 0,2 l/s.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica <table border="1" data-bbox="1428 235 1532 293"> <tr> <td>Foglio 26 di 37</td> </tr> </table>	Foglio 26 di 37
Foglio 26 di 37		

Sorgenti SCM88 e SCM89 a quote rispettivamente di 250 m e 265 m.

Si tratta di sorgenti captate situate sul basso versante del Rio Rizzolo in destra idrografica. Hanno portate generalmente modeste inferiori a 0,5 l/s con minimi estivi intorno a 0,06 l/s.

Traggono alimentazione da inclusi carbonatici e gessosi affioranti in superficie e confinati lateralmente dagli argilloscisti.

Sorgenti SCM370, SCM220 e area sorgentizia in fregio al T. Rizzolo a quote intorno a 260 m.

Si tratta di un allineamento di emergenze idriche alla base del versante destro del Rizzolo a valle dei ruderi di Case Rizzolo. E' probabile che i flussi idrici diretti da monte verso valle siano in quest'area guidati dalle macrodiscontinuità ad orientazione NW-SE presenti poco a nord di Case Rizzolo. Le emergenze idriche non sono probabilmente lì dove si osservano ma poco più a monte al contatto tra Calcari di Gallaneto e argilloscisti. La presenza di un accumulo di frana, di coltri detritiche e di terrazzamenti, al piede del versante maschera l'ubicazione dei punti di emergenza idrica. La sorgente principale, solo in parte captata è la SCM370. Questo gruppo di sorgenti, assieme alla SCM221, situata più a monte, garantisce un deflusso in alveo anche nei mesi estivi.

Sorgente SCM221 a 320 m di quota.

Si tratta di una sorgente solo in parte captata, al contatto tra Calcari dolomitici di M. Gazzo (acquifero) e i Calcari di Gallaneto che qui hanno caratteristiche di acquitardi. Appare evidente dalle osservazioni di campagna che le permeabilità lungo strato sono nettamente superiori a quelle poste trasversalmente per l'interposizione di interstrati argillitici. La portata della sorgente è solo parzialmente misurabile.

Nella tabella sottostante sono riportati sinteticamente i dati relativi alle sorgenti dell'area.

I dati di portata sono indicativi e da utilizzare come ordine di grandezza. Il monitoraggio attualmente in corso con cadenza mensile si concluderà a novembre 2013 (Prescrizione CIPE 80/2006). Dopo tale data il monitoraggio, su alcune delle sorgenti in elenco, come previsto dal P.M.A., A.O., avrà cadenza trimestrale.

Sorgente	Sigla	Quota (m s.l.m)	Portata max (l/s)	Portata min (l/s)	Cond.E. microS/cm
I Buggi	SCM 368	220	300 l/s	50 l/s	200
Rio Cravasco	SCM70	370		0,2	210
Isoverde	SCM88	250	0,6 l/s	0,05 l/s	600
Isoverde	SCM89	265	0,3 l/s	0,04 l/s	620
Mulino Cravasco	SCM90	430	0,7 l/s	-	250
Grandi	SCM87	370	Ca. 8 l/s	-	200
Rio Rizzolo	SCM370	257	5 l/s	1,5 l/s	500
Rio Rizzolo	SCM220	286	Ca. 7,0 l/s	-	504
Rio Rizzolo	SCM221	320	Ca. 6,0 l/s	-	570
Lason	SCM374	350	Ca. 1,0 l/s	-	410
Cravasco Cippo	SCM85	505	0,3 l/s	0,1 l/s	385
Ghigliotti	SCM84	425	1,2 l/s	0,2 l/s	148
Cà Mea	SCM82	470	Ca. 3,0 l/s	-	120
San Michele	SCM92	350	Ca. 2 l/s	0,3 l/s	320
Pietraia alta	SCM375	435	0,3 l/s	-	435
Pietraia bassa	SCM376	405	0,35 l/s	-	405
Parodi	SCM217	255	Ca. 4 l/s	0,1 l/s	460
Parodi	SCM219	286	Ca. 9 l/s	0,05 l/s	450
Cava bassa	SCM102	264	8 l/s	0,0 l/s	420
Isoverde	SCM103	266	7 l/s	0,0 l/s	410
Isoverde	SCM104	215	2 l/s	0,2	440
Isoverde	SCM369	218	2,5 l/s	0,1	450
Neppiane	SCM91	432	0,12 l/s	-	180
Campasso	SCM94	294	0,1 l/s	0,01	440

Tab. 5.2 - Dati massimi e minimi di portata idrica desumibili dal monitoraggio sorgenti. (-) Dati minimi estivi non disponibili.

Da una sommaria analisi dei dati di tabella, che dovranno trovare conferma, per le portate minime estive a partire da fine Agosto prossimo e dalle analisi geochimiche in corso, si evidenzia quanto segue.

- Le sorgenti afferenti ai sottobacini posti in destra idrografica del T. Verde (aree di affioramento dell'Unità tettonometamorfica di Voltri) hanno una bassa Conducibilità elettrica che si posiziona intorno a 110-180 microS/cm
- Le sorgenti afferenti ai sottobacini che occupano il settore centro-settentrionale del bacino del T. Verde (Rio Gambette, Rio Cravasco e Rio Vallette – aree di affioramento dell'Unità tettonometamorfica Cravasco-Voltaggio) hanno una conducibilità elettrica compresa tra 200 e 400 microS/cm.
- Le sorgenti afferenti ai bacini del Rio Rizzolo e porzione meridionale del T. Verde (aree di affioramento dell'Unità tettonometamorfica Gazzo-Isoverde) hanno una conducibilità elettrica superiore a 400 microS/cm.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 28 di 37

Sulla base di questi primi riscontri appare plausibile, per la sorgente carsica di Isoverde SCM368, (I Buggi) la cui conducibilità si attesta intorno a 200 microS/cm, un' alimentazione prevalente dai settori centro-settentrionali e occidentali dei sottobacini idrografici del T. Verde.

I valori di C.E. superiori a 600 microS/cm, riscontrati alle sorgenti SCM88 e SCM89, situate sul versante destro del Rizzolo, in prossimità dell'abitato di Isoverde, sono molto probabilmente legati alla presenza di lenti di gesso di cui vi è documentazione poco più a valle.

5.3 Caratteristiche del reticolo idrografico

Nella tratta di interesse l'idrografia superficiale è dominata dalla presenza di tre elementi idrografici principali: il Torrente Iso, il Torrente Verde, il Rio Rizzolo e il Rio Corneo (Gallaneto), tutti afferenti al bacino idrografico del T. Verde. Il Rizzolo è quello lungo il quale si sviluppa buona parte del tracciato di progetto.

L'idrografia superficiale entro il bacino del T. Verde è variamente articolata con aste torrentizie minori ad elevato grado di gerarchizzazione, disposte secondo un reticolo la cui geometria risulta in parte condizionata dai principali elementi tettonico-strutturali, soprattutto nel settore occidentale e orientale dell'area di studio (strutture nord sud dettate dalla orientazione delle strutture parallele alla linea Sestri Voltaggio), e per quanto attiene il pattern, dalla natura litologica del substrato. Tali corsi d'acqua mostrano un regime torrentizio con deflussi idrici che salvo rare eccezioni, come più avanti descritto, appaiono garantiti tutto l'anno.

I corsi d'acqua afferenti al bacino del T. Verde vengono qui descritti in quanto, su alcuni di questi e per alcuni tratti, si osservano riduzioni di portata idrica fino al totale azzeramento nei periodi estivi.

Da monte a valle e da ovest ad est, si rileva quanto segue:

- Il Rio dei Campi, situato a monte di Cravasco, alla base del versante del Bric di Guana, registra riduzioni di portata a partire da quota 375, nei pressi della cava di M. Carmelo, poco a valle del contatto tra Serpentinoscisti del Bric del Dente e Dolomie di M.Gazzo.
- Il Rio Gambette, situato a ovest di Cravasco, scorre su antichi depositi di frana (debris avalanche e debris flow) fin quasi alla confluenza con il Rio dei Campi; sulla base dei dati fin qui raccolti non evidenzia riduzioni di portata idrica.
- Il Rio Cravasco che attraversa l'omonimo centro abitato vede ridursi la portata, fino a seccarsi completamente nei mesi estivi, a valle del vecchio mulino di Cravasco (quota 420) e fino alla confluenza con il T.Verde nei pressi del piazzale della cava di M. Carmelo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 29 di 37

- Il Rio Vallette situato a est di Cravasco, ai piedi del versante settentrionale del Monte Carlo sul quale non si evidenziano al momento riduzioni di portata idrica.
- Il T. Verde nel tratto a valle della Cava di M. Carmelo e fino alla sorgente dei Buggi SCM 368, registra una progressiva riduzione di portata fino al totale disseccamento nei mesi estivi.
- Il tratto di torrente Verde a valle della sorgente I Buggi non evidenzia riduzioni di portata apprezzabili.
- Il Rio Corneo (Gallaneto) e più in particolare il suo affluente in sinistra posto alla base del M. Carmelo e che si diparte dal versante soprastante l'abitato rurale di Neppiane appare privo di acqua per gran parte dell'anno tra l'abitato e la confluenza con il Rio Corneo che avviene nei pressi della centrale idroelettrica di Mediterranea delle acque.. Lo stesso Rio conserva invece un certo deflusso idrico a monte di Neppiane.
- Il Rio Lago Scuro, così come gli altri affluenti in destra Corneo ha un regime idrologico del tutto normale in linea con gli apporti meteorici.
- Il Rio Rizzolo è interessato da riduzioni di portata nel tratto posto tra il Cimitero di Isoverde e la confluenza con il T. Verde, in un'area ove in passato erano presenti alcune gallerie minerarie per l'estrazione dei gessi (una corografia del bacino idrografico del T. Verde con ubicazione di sorgenti e alvei e riportata a fine testo).

5.4 Ricostruzione del profilo piezometrico

Posto che non si avevano a disposizione dati piezometrici, il profilo piezometrico longitudinale della Finestra Cravasco è stato ricostruito sulla base della quota e del regime idrologico delle sorgenti dell'area; sorgenti che sulla base di questi parametri sono connesse alla falda di base in equilibrio con i due corsi d'acqua principali Verde e Rizzolo. Pertanto i livelli massimi riportati su profili e sezioni longitudinali e trasversali al tracciato sono quelli ricostruiti sulla base delle emergenze più alte in quota, con portate temporanee o stagionali quali quelle che si osservano alle sorgenti SCM102 e SCM103. I livelli minimi sono stati ricostruiti sulla base del regime idrologico delle sorgenti più basse in quota e caratterizzate da portata estive anche modeste.

Il profilo piezometrico trasversale ad orientazione NE-SW, tracciato all'interno dei Calcari di Gallaneto in vicinanza del contatto con gli argilloscisti impermeabili ha seguito la stessa logica. Anche in questo caso sono state utilizzate le sorgenti alimentate dalla falda di base (SCM370, SCM220, SCM221) non utilizzando pertanto le sorgenti SCM88 e SCM89 alimentate da un

acquifero sospeso confinato a letto dagli argilloscisti. Tali profili, tracciati senza l'ausilio di dati piezometrici, sono ovviamente indicativi.

5.5 Valutazione delle portate drenate

Fase di cantiere

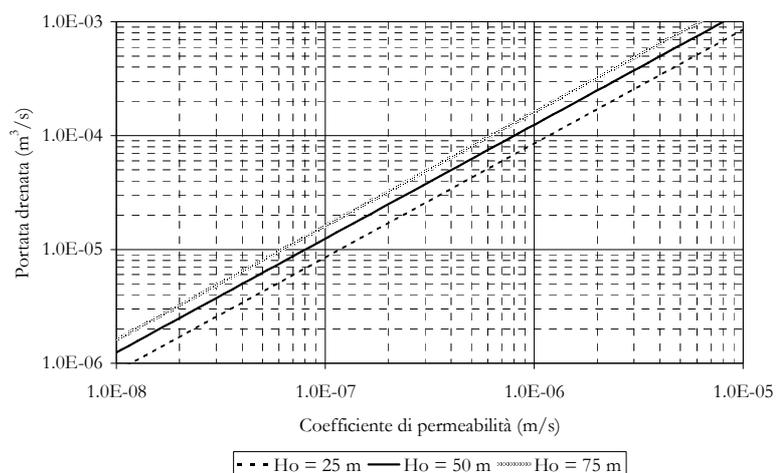
Per quanto sopra asserito circa le caratteristiche geologico-strutturali degli ammassi rocciosi interessati dallo scavo e la disposizione della superficie piezometrica, appare evidente che i maggiori apporti idrici saranno intercettati tra pk 0+160 e pk 0+420 nelle condizioni più sfavorevoli dettate dai massimi livelli idrici e tra pk 0+300 e pk 0+420 nelle condizioni meno gravose caratterizzate da livelli idrici minimi.

L'elevato grado di tettonizzazione dell'area interessata dalla galleria e la scarsità degli affioramenti conferisce incertezza alla valutazione delle portate drenate e alla stima dell'estensione dell'area di influenza e pertanto, non essendoci le condizioni per poter applicare metodi di calcolo più raffinati, è necessario ricorrere a formule semplificate. Nelle condizioni a breve termine la valutazione della portata drenata in fase di scavo può essere effettuata usando la formula di Goodman (1965). Tale formula permette di calcolare la portata drenata da una galleria scavata in un acquifero isotropo e omogeneo nel quale la piezometrica, che si suppone orizzontale, non ha ancora risentito degli effetti dello scavo.

In queste condizioni, esprimendo le lunghezze in metri e i tempi in secondi, la portata espressa m³/s drenata da un metro di galleria è calcolabile con la formula riportata in tabella 5.2.

$$Q = \frac{2\pi KH}{\ln \frac{2H}{R}}$$

Tab. 5.5 - Nomogramma per il calcolo con la formula di Goodman (1965) della portata drenata in funzione del coefficiente di permeabilità per carichi idraulici di 25, 50 e 75 m e raggio del cavo di 10 m. Q: portata drenata per unità di lunghezza di galleria; K: coefficiente di permeabilità dell'acquifero; H: carico idraulico in condizioni indisturbate; R: raggio della galleria.



Utilizzando i coefficienti di permeabilità ricostruiti sulla base degli schemi descritti in precedenza e la ricostruzione piezometrica indisturbata riprodotta nel profilo idrogeologico, considerando un raggio del cavo di 10 m e applicando la formula riportata in tabella 4.8, si otterrebbe nel breve termine una portata complessiva drenata dalla galleria di 70,7 litri/sec (tabella 5.9). Questo valore però nella realtà risulta sovrastimato in quanto le condizioni di piezometrica indisturbata si hanno solo in prossimità del fronte di scavo, mentre nei tratti già scavati il carico idraulico diminuisce già durante le fasi di cantiere. Per questa ragione durante le fasi di cantiere si può stimare per la Finestra Cravasco una portata drenata di circa litri/sec.

Ipotesi con piezometrica massima

da progr. (km)	a progr. (km)	lunghezza (m)	H medio (m)	K medio (m/s)	q (l/s/m)	Q (l/s)
0+000	0+120	120	0	2E-6	0	0
0+120	0+320	200	35	2E-6	0,23	46,1
0+320	0+420	100	60	1E-6	0,158	15,8
0+420	1+290	870	100	3.4E-6	0,012	8,8
0+000	1+290	1290	Portata complessiva drenata =			70,7

Tab. 5.6 - calcolo teorico della portata di filtrazione in fase di scavo applicando la formula di Goodman (1965)

Dai rilievi di superficie e dall'analisi delle carote del sondaggio SR11 a pk 10+500 ca. della galleria di linea è emerso che nell'ambito degli Argilloscisti dell'Unità metamorfica Cravasco Voltaggio sono presenti scaglie di metabasalti, serpentinoscisti, calcari stratificati, ecc.. E' pertanto possibile che lo scavo, negli Argilloscisti filladici, intersechi inclusi acquiferi saturi con volumetrie modeste che possono generare, venute d'acqua e stillicidi nell'ordine di qualche litro al secondo, destinate ad esaurirsi in tempi brevi.

Regime di equilibrio

La valutazione della portata complessiva drenata dalla galleria in regime di equilibrio si può effettuare partendo dal bilancio idrico locale, ipotizzando che tutta l'acqua infiltrata che va ad alimentare la falda venga restituita dalle sorgenti. In queste condizioni posto P la piovosità media annua e A l'area del bacino idrografico, noto il coefficiente di infiltrazione Ci, è possibile risalire all'infiltrazione (Inf) con la formula:

$$Inf = Q_{sorgenti} = A \cdot P \cdot Ci.$$

Al momento il monitoraggio eseguito nell'area della Finestra Cravasco contiene un numero di dati insufficiente per poter valutare la portata media annuale drenata dalle sorgenti e quindi per il calcolo

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 	
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica</p>	<p>Foglio 32 di 37</p>

del coefficiente di infiltrazione che si ritiene peraltro superiore, nell'ambito delle formazioni carbonatiche, a quanto indicato da alcuni Autori.

Risultano peraltro carenti anche i dati di pioggia in quanto l'unica stazione di misura presente su territorio è ubicata a circa 300 m di quota (Isoverde) e si ritiene pertanto, vista l'orografia del territorio, non sia del tutto rappresentativa delle aree di ricarica che sono ubicate ben al di sopra di tale quota.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 33 di 37

6 POSSIBILE IMPATTO SULLE RISORSE IDRICHE

Per le risorse idriche poste in prossimità della Finestra Cravasco (nuova ipotesi di tracciato di P.E.) sono previste interferenze su alcune delle sorgenti situate a quote superiori alla quota galleria, e a modesta distanza dal tracciato. I tratti che presentano le maggiori criticità sono quelli realizzati all'interno delle formazioni carbonatiche nei punti in cui la galleria intercetta una prima soglia di permeabilità tra Dolomie del M. Gazzo e Calcari di Gallaneto che dovrebbe posizionarsi a 320 m dall'imbocco e a 256 m di quota. La seconda soglia di permeabilità sovrimposta è quella corrispondente al limite tra Calcari di Gallaneto e Argilloscisti neri che dovrebbe essere intercettata a circa 400 m dall'imbocco e a 246 m di quota (i limiti in sottoterraneo di questi passaggi litologici saranno a breve indagati con sondaggi verticali e inclinati). Nel tratto successivo ove predominano gli Argilloscisti e dove gli acquiferi sono di dimensioni modeste e completamente confinati dalla "matrice" argillitica si escludono interferenze per via delle elevate coperture che appaiono decisamente superiori alle dimensioni degli inclusi acquiferi (carbonatici, basaltici, ecc). Questi peraltro, avendo una limitata possibilità di trarre alimentazione idrica dalla superficie, una volta intercettati, possono dar luogo a venute idriche fino a qualche litro/secondo, in rapido esaurimento. Le sorgenti ad elevata probabilità di isterilimento sono quelle a breve distanza dal tracciato e posizionate ad una quota superiore a quelle di progetto, nell'ambito delle soglie di permeabilità di cui sopra.

Si tratta in particolare della sorgente stagionale SCM103 situata in vicinanza del contatto tra Dolomie di M.Gazzo e Calcari di Gallaneto, e della sorgente SCM219 al contatto tra Calcari di Gallaneto e Argilloscisti neri. E' possibile una riduzione di portata per la sorgente SCM 215 situata in corrispondenza della stesa soglia di permeabilità, ad una distanza dal tracciato di 150 m e ad una quota del tutto simile a quella di progetto 255 m s.l.m..

Da escludere l'interferenza sulle sorgenti situate in analogo contesto idrogeologico sul fondovalle del Verde e in particolare sulla sorgente carsica dei Buggi di quota 220 per la quale rispetto alla quota della galleria (256 m s.l.m.) sussiste un franco di 36 m. Oltre a ciò occorre ricordare che i dati di monitoraggio fin qui raccolti indicano come zona di alimentazione di questa sorgente l'area di M. Carmelo e non il M. Carlo.

Le sorgenti situate sul fondovalle del Rizzolo (SCM370, SCM220 e SCM221) e l'area sorgentizia sottostante l'accumulo di frana di Case Rizzolo sono da considerare a bassa pericolosità di isterilimento perché traggono alimentazione da un acquifero situato a est dello spartiacque idrografico M. Carlo – Isoverde e perché alimentate da direttrici di flusso orientate da NW a SE e non intercettate dalla galleria. Si ricorda che queste sorgenti hanno una certa valenza ambientale in

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 34 di 37

quanto sono le uniche in grado di garantire un minimo deflusso idrico in alveo anche nel periodo estivo.

Le sorgenti SCM88 e SCM 89, a pk 0+500 ca., ad una distanza dal tracciato di 170 m, caratterizzate da portate modeste e che traggono alimentazione da inclusi acquiferi di modeste dimensioni sono da considerare a bassa pericolosità di isterilimento.

Per acquisire dati quantitativi significativi, tali da cogliere le anomalie dettate da possibili fenomeni di interferenza idrogeologica fra opera e acquifero è opportuno impostare un piano di monitoraggio che preveda misure di portata sulle sorgenti e sugli alvei presenti in vicinanza del tracciato.

Il piano di monitoraggio viene proposto tenendo in considerazione i seguenti criteri:

- presenza di una pericolosità d'interferenza dovuta al drenaggio operato dalla galleria;
- importanza del punto d'acqua, in particolar modo se il punto rappresenta l'unica risorsa per abitazioni non allacciate all'acquedotto;
- consistenza delle portate;
- vicinanza con le opere in progetto;
- contesto idrogeologico.

Sulla base di questi criteri si ritiene utile attivare un piano di monitoraggio idrogeologico ante operam (A.O.), in parte già in atto, nell'ambito delle attività previste nell'OV41, che preveda misure con cadenza trimestrale di portata, temperatura, conducibilità elettrica e PH, sulle sorgenti SCM368, SCM102, SCM217, SCM219, SCM88, SCM370, SCM221, SCM 374, SCM376. Oltre a queste, appare necessario proseguire con le misure di portata sul Rio Rizzolo, al punto di misura già attivo di quota 220.

In corso d'opera (C.O.) in presenza di venute modeste sarà possibile mantenere invariato il piano di monitoraggio, prevedendo delle intensificazioni nella frequenza delle letture nel caso in cui si manifestassero delle anomalie nel regime idrico dei punti. In corso d'opera occorrerà anche intensificare la frequenza delle letture nei piezometri che verranno a trovarsi in prossimità del fronte di scavo o, prevedere l'installazione di trasduttori di pressione per l'acquisizione automatica dei dati di livello.

Sarebbe anche opportuno prevedere al termine dell'estate in corso un sopralluogo su tutte le sorgenti censite per verificare i minimi di portata e i minimi di soggiacenza della falda nei piezometri che si andranno a realizzare.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica
	Foglio 35 di 37

7 CONFRONTO TRA I DUE DIFFERENTI TRACCIATI (DI P.D. E P.E.) E CONCLUSIONI

Nell'area interessata dalla realizzazione della Finestra Cravasco saranno intercettate per un tratto di circa 400 m rocce carbonatiche permeabili per fessurazione e localmente per carsismo con coefficienti di permeabilità stimati in un intervallo compreso tra $1E-6$ m/s e $2E-6$ m/s.

Le venute idriche stimate come modeste, in presenza di livelli piezometrici contenuti, quali quelli che si prospettano nel periodo estivo possono divenire consistenti in presenza di battenti idraulici di alcune decine di metri quali quelli che si prospettano per i mesi invernali. L'assetto strutturale di questo tratto favorisce peraltro la filtrazione lungo le direttrici più favorevoli ai flussi idrici, costituite dalla stratificazione che viene intercettata ortogonalmente dal tracciato. Occorre pertanto prevedere anche apporti idrici significativi nel non saturo per percolazione di acqua in concomitanza di precipitazioni consistenti. E' il caso di ricordare al riguardo l'evoluzione delle portate registrate alla sorgente dei Buggi SCM368, tra il 29 Agosto 2012 e il 31 Agosto 2012 ove si è passati da una portata di 60 l/s (il giorno 28 alle ore 16) ad una portata di 305 l/s il 31 Agosto alle ore 11 e ad una portata di 185 l/s alle ore 15 dello stesso 31 Agosto. L'evento meteorico che ha determinato questo consistente incremento delle portate si è verificato tra il 30 Agosto (46,6 mm di pioggia) e il 31 Agosto (138,6 mm): dati registrati alla stazione meteo ARPAL di Isoverde.

Oltre le formazioni carbonatiche e per il restante tratto saranno interessati dallo scavo litotipi argillitici (Argilloscisti neri e Argilloscisti filladici) per i quali è stato assunto un coefficiente K di $3,4E-7$ m/s. Le portate drenate saranno verosimilmente modeste anche se si ritiene possibile che vengano intercettati corpi acquiferi isolati all'interno degli argilloscisti quali basalti, calcari serpentinoscisti, con conseguente attivazione di venute d'acqua e stillicidi dell'ordine di qualche litro al secondo, destinate ad esaurirsi rapidamente.

Per quanto attiene la pericolosità di isterilimento delle sorgenti dell'area si evidenzia una medio-alta pericolosità di interferenza per alcune sorgenti a regime stagionale quale ad esempio la SCM103 e la sorgente SCM219, entrambe alimentate dagli acquiferi carbonatici. Si ritiene, invece, a pericolosità media la sorgente SCM215 in analogo contesto idrogeologico che è situata ad una quota comparabile con quella della galleria. Le altre sorgenti dell'area situate lungo la valle del Rizzolo (SCM370, SCM220, SCM221) sono da considerare a pericolosità da bassa a molto bassa.

Per una più puntuale valutazione delle portate drenate a breve e lungo termine e delle interferenze sui punti d'acqua di superficie, saranno comunque fondamentali i dati che si acquisiranno nel corso dei sondaggi e delle prove di permeabilità in foro da realizzarsi a breve e dei rilievi, in sotterraneo, durante lo scavo.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica</p> <p style="text-align: right;">Foglio 36 di 37</p>

Per quanto attiene il tracciato di Progetto definitivo si rileva quanto segue.

Il tracciato attraversa per un tratto di 500 m i Calcari dolomitici di M. Gazzo e per circa 80 m i Calcari di Gallaneto. Il tratto nei calcari è pertanto di 580 m a fronte dei 400 m del tracciato proposto in esecutivo.

Le portate drenate in questo stesso tratto, a fronte di uno stesso coefficiente di permeabilità, sono ovviamente maggiori. E sono maggiori anche perché il tracciato attraversa sia la porzione di acquifero posta a sud dello spartiacque M. Carlo-Isoverde sia quella posta a nord dello stesso spartiacque. Il tracciato di P.D. si pone poi a cavallo della fascia sorgentifera compresa tra le sorgenti SCM370 e SCM 220, che garantiscono, per il Rio Rizzolo, deflussi in alveo, pur modesti anche nel periodo estivo.

Per quanto attiene la pericolosità di isterilimento delle sorgenti, analogamente a quanto previsto per il tracciato di P.E., sono da considerare a medio alta probabilità di isterilimento le sorgenti del primo tratto SCM103 e SCM219 e a medio bassa pericolosità la SCM217. In questo caso sono a pericolosità medio alta le sorgenti situate in valle Rizzolo tra la SCM221 e la SCM370.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-RO-GN14-H0-002-B00 Relazione Idrogeologica</p> <p style="text-align: right;">Foglio 37 di 37</p>

8 BIBLIOGRAFIA

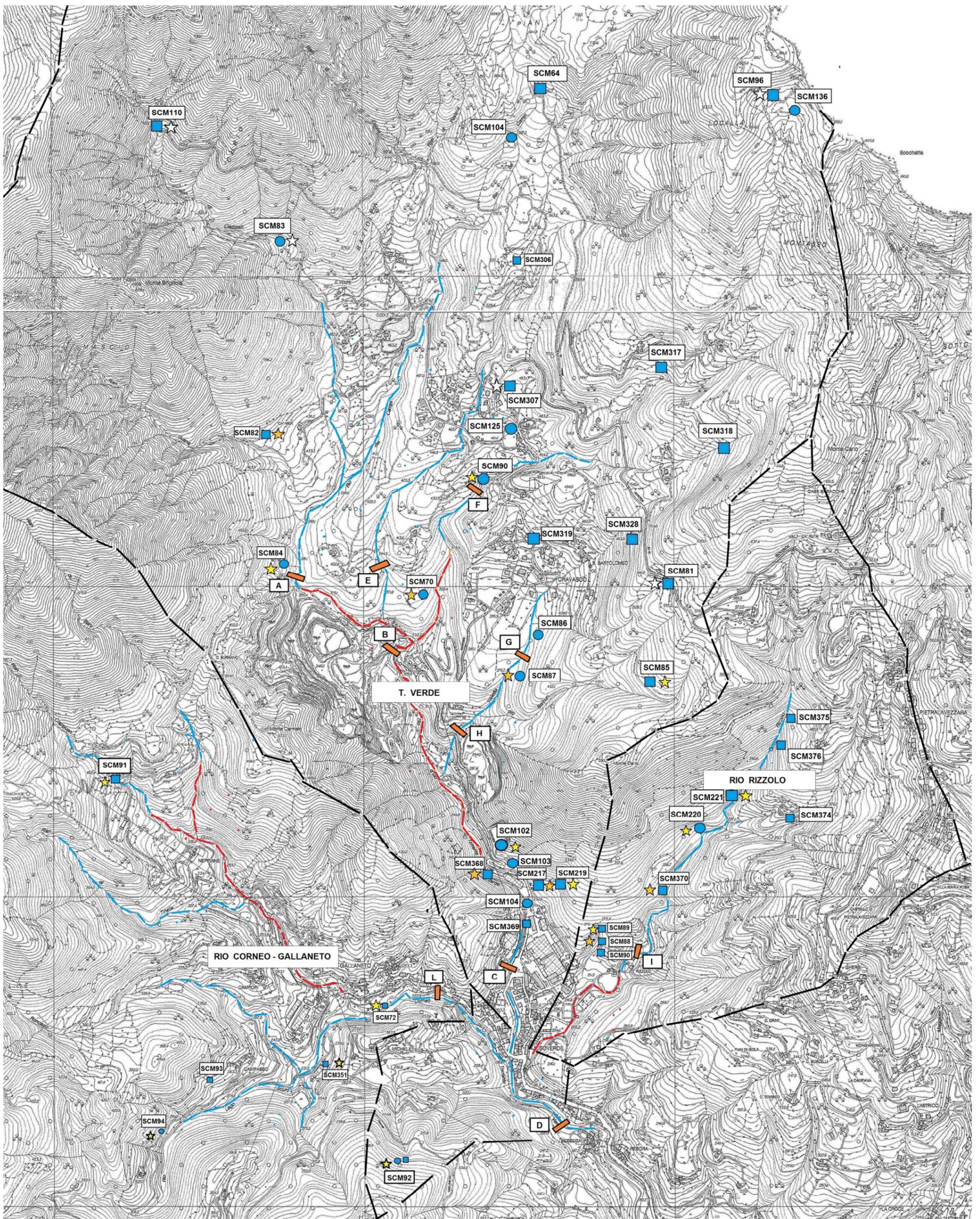
Goodman R.F., Moya D.G., Van Schaikwyk A & Javandel I. (1965): *Groundwater inflows during tunnel driving*. Bull. Int. Assoc. Eng. Geol., 2(1), pp. 39-56.

Pranzini G. (1991): *Distribuzione e portata delle sorgenti in alcune formazioni geologiche dell'Appennino settentrionale*. Atti del Convegno: "Ricerca e protezione delle risorse idriche sotterranee delle aree montuose", Brescia, 24-25 Ottobre 1991.

Strahler, A.N. (1958): *Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms*, Geological Society of America Bulletin, 69, 279-300.

Relazione Geologica geomorfologica IG5102ECVROGN14H0001 – (19.07.2013)

Carta Geologica d'Italia (Scala 1:50.000) (2008) – Foglio 213 Genova .- Ente realizzatore Regione Liguria - Servizio Geologico d'Italia. SELCA s.r.l. Firenze.



IDROGRAFIA

-  Corso d'acqua
-  Tratto asciutto o con portate ridotte per infiltrazione

AREA CRAVASCO ISOVERDE

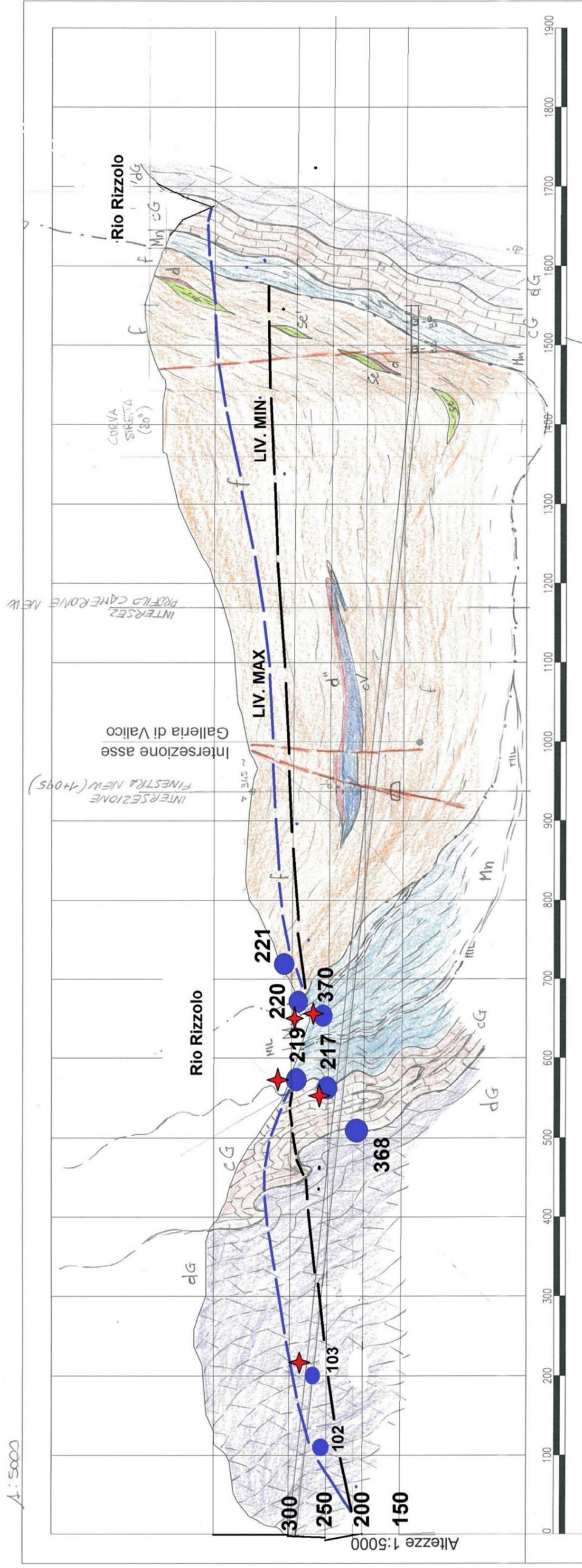
PUNTI DI MONITORAGGIO

-  CORSO D'ACQUA
-  SORGENTE CAPTATA
-  SORGENTE NON CAPTATA

**FINESTRA CRAVASCO TRACCIATO DI PROGETTO DEFINITIVO
REVISIONE GEOLOGICA (GDP)**

Profilo idrogeologico

- dG Dolomie di M. Gazzo cV Calcarei di Voltaggio
- cG Calcarei di Gallaneto
- Mn Argilloscisti neri
- f Argilloscisti filladici



q = 0,31 l/s/m	Q=120 l/s	q=0,012 l/s/m	Q=10 l/s
q = 0,17	q=0,012 l/s/m	q=0,012 l/s/m	Q=10 l/s
Q=14	Q=1,5 l/s	Q=10 l/s	Q=10 l/s

Stima delle portate idriche previste in fase di scavo (Per confronto con quanto previsto sul nuovo tracciato)

- **Sorgenti** Posizioni altimetriche corrette ma planimetricamente traslate per evidenziarne la posizione rispetto al Rio Rizzolo e rispetto al limite Gallaneto cG - Argilloscisti Mn e Dolomie dG - Calcarei cG



Sorgente a medio-alta pericolosità di isterilimento